



# REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK



**XXVIII. évfolyam  
2016. 1. szám**

# **REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK**

**NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM  
KATONAI REPÜLŐ INTÉZET  
TUDOMÁNYOS KIADVÁNYA**

**Online kiadás  
HU ISSN 1789-770X  
Nyomtatott kiadás  
HU ISSN 1417-0604**

## IMPRESSZUM

---

**Szerkesztőbizottság elnöke:**

Prof. Dr. Óvári Gyula ny. ezredes, CSc  
Nemzeti Közzolgálati Egyetem/National University of Public Service

**Szerkesztőbizottság elnökhelyettese:**

Dr. Békési Bertold alezredes, PhD  
Nemzeti Közzolgálati Egyetem/National University of Public Service

**Főszerkesztő:**

Dr. Békési Bertold alezredes, PhD  
Nemzeti Közzolgálati Egyetem/National University of Public Service

**Szerkesztő és webszerkesztő:**

Dr. Szilvássy László alezredes, PhD  
Nemzeti Közzolgálati Egyetem/National University of Public Service

**Szerkesztőbizottság tagjai és egyben rovatvezetők:**

Dr. Kavás László alezredes, PhD (Repülőműszaki)  
Nemzeti Közzolgálati Egyetem/National University of Public Service  
Dr. Békési Bertold alezredes, PhD (Üzemeltetés, karbantartás)  
Nemzeti Közzolgálati Egyetem/National University of Public Service  
Dr. Palik Mátyás alezredes, PhD (Légiközlekedés, légierő alkalmazás)  
Nemzeti Közzolgálati Egyetem/National University of Public Service  
Dr. Szilvássy László alezredes, PhD (Multidiszciplináris)  
Nemzeti Közzolgálati Egyetem/National University of Public Service  
Dr. Dunai Pál alezredes, PhD (Hallgatói)  
Nemzeti Közzolgálati Egyetem/National University of Public Service  
Dr. Bottyán Zsolt százados, PhD (Repülésmeteorológiai)  
Nemzeti Közzolgálati Egyetem/National University of Public Service  
Prof. Dr. Makkay Imre ny. ezredes, CSc (Pilotánélküli repülő-eszközök)

A REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK című folyóirat a NEMZETI KÖZZSOLGÁLATI EGYETEM HADTUDOMÁNYI ÉS HONVÉDTISZTKÉPZŐ KAR KATONAI REPÜLŐ INTÉZET, illetve jogelődjei által alapított folyóiratának jogutódja, a repüléstudomány tematikus kiadványa.

A folyóirat célja lehetőséget teremteni a kutatók, az oktatók, doktori, valamint a mester- és alapképzésben résztvevő hallgatók kutatási eredményeik közzétételére a repüléstudomány-, illetve az ehhez kapcsolódó területeken.

**MEGJELENÉS**

A kiadvány évente három alkalommal jelenik meg, a megjelenő írások lektoráltak. A közlésre szánt tanulmányokat Repüléstudományi Közlemények honlapján kell regisztrálni és feltölteni [http://www.repulestudomany.hu/index\\_rtk.html](http://www.repulestudomany.hu/index_rtk.html). További részletekért látogasson el honlapunkra.

**Kiadó:**

Nemzeti Közzolgálati Egyetem Katonai Repülő Intézet  
Kiadásért felelős: Dr. Palik Mátyás alezredes, PhD  
Szerkesztőség címe: 5008 Szolnok, Kilián út 1.  
Levelezési cím: NKE Repüléstudományi Közlemények 5008 Szolnok, Pf.: 1.  
Telefon: +36-56-510-535  
e-mail: RepTudKozl@uni-nke.hu  
HU ISSN 1789-770X (Online)  
HU ISSN 1417-0604 (Nyomtatott)

Borítón található fényképet Dr. Toperczer István készítette

## TARTALOM

---

<b>Bali Tamás</b> A helikopteres műszerrepülő képzés átalakítása	7
<b>Bali Tamás</b> A légijármű-vezetői szakmára való pályára irányítás átfogó megközelítése	17
<b>Károly Krisztián</b> Military Ballooning in Point of Hungarian Defense Force's Communication Support	27
<b>Tóth József</b> Компетентностный подход модернизации образования инженеров по эксплуатации современных летательных аппаратов	49
<b>Makkay Imre</b> Ultrakönnyű vitorlázó repülőgépek kezdők oktatására	55
<b>Maláta Gergő</b> A lopakodó technológia és az aktív álcázás alkalmazása repülőgépeken	65
<b>Gáspár Nikolett, Wantuch Ferenc</b> Nagy térségű légnyomási mező és a magyarországi repülőterek időjárásának kapcsolata	73
<b>Pánya Nándor</b> A pilóta nélküli légi járművek vizsgálata autonómia szempontjából	81
<b>Veréb Nándor</b> Az UAV-k fedélzetén alkalmazott szenzorok és ezek működése	95
<b>Hegedűs Krisztián</b> A pilóta nélküli légijárművek hajtóműrendszerei	109
<b>Gyurján László</b> A lopakodó technológia	123
<b>Számel Bence Domonkos, Szabó Géza</b> Időjárási jelenségek légiforgalmi irányítói munka terhelésre gyakorolt hatásának felmérése	135
<b>Vas Tímea</b> Magyar katonai légiforgalmi irányítók hadműveleti repülőtereken szerzett tapasztalatai	149

## TARTALOM

---

<b>Gajdos Máté, Fekete Csaba</b> <b>Rugalmas légtérhasználás új dimenzióban: a LARA</b>	<b>157</b>
<b>Sápi Lajos Zoltán</b> <b>A katonai légiforgalmi irányítók repülésirányítási tevékenysége, mint munkafolyamat</b>	<b>167</b>
<b>Csermely Ildikó, Palik Mátyás</b> <b>Javaslat a pilóta nélküli repülőgépek zajterhelésének vizsgálatára</b>	<b>173</b>
<b>Bödör Balázs, Nagy Rudolf</b> <b>A Forrestal repülőgép-hordozón bekövetkezett tűzeset vizsgálata</b>	<b>189</b>

## TARTALOM

---

## TARTALOM

---

## SZERZŐK – AUTHORS

---

BALI Tamás alezredes  
Bázisparancsnok helyettes  
MH 86 Szolnok Helikopter Bázis  
bali.tamas@hm.gov.hu  
orcid.org/0000-0001-6098-8602

Lt. Col. BALI Tamás  
Deputy base commander  
HDF 86th Szolnok Helicopter Base  
bali.tamas@hm.gov.hu  
orcid.org/0000-0001-6098-8602

---

BÖDÖR Balázs (BSc)  
hallgató  
Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonság-  
technikai Mérnöki Kar Gépészeti és Biztonságtudo-  
mányi Intézet Biztonságtechnikai Intézeti Tanszék  
szdcobra@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-2598-4811

BÖDÖR Balázs (BSc)  
student  
Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mechani-  
cal and Safety Engineering Institute of Mechanical  
Engineering and Security Sciences Department of  
Safety and Security Engineering  
szdcobra@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-2598-4811

---

CSERMELY Ildikó (MSc)  
Zajvédelmi szakértő, projektmenedzser  
Akusztika Mérnöki Iroda Kft.  
csermely.ildiko@akusztikakft.hu  
orcid.org/0000-0002-7332-2743

CSERMELY Ildikó (MSc)  
Noise protection expert, project manager  
Akusztika Mérnöki Iroda Kft.  
csermely.ildiko@akusztikakft.hu  
orcid.org/0000-0002-7332-2743

---

FEKETE Csaba Zoltán (MSc)  
gyakorlati oktató  
Nemzeti Közszolgálati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék  
fekete.csaba@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-1181-8276

FEKETE Csaba Zoltán (MSc)  
instructor  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aerospace Controller  
and Pilot Training  
fekete.csaba@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-1181-8276

---

GAJDOS Máté Ádám (BSc)  
gyakorlati oktató  
Nemzeti Közszolgálati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék  
gajdos.mate@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-3572-4637

GAJDOS Máté Ádám (BSc)  
instructor  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aerospace Controller  
and Pilot Training  
gajdos.mate@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-3572-4637

---

GÁSPÁR Nikolett  
egyetemi hallgató  
Debreceni Egyetem  
Meteorológiai Tanszék  
gaspar.nikolett0910@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-4339-3302

GÁSPÁR Nikolett  
Student  
National University of Debrecen  
Faculty of Meteorology  
gaspar.nikolett0910@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-4339-3302

---

GYURJÁN László  
Honvéd tisztjelölt  
Nemzeti Közszolgálati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
gyurjan.laszlo.1990@gmail.com  
orcid.org/0000-0001-5724-3992

GYURJÁN László  
Officer candidate  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
gyurjan.laszlo.1990@gmail.com  
orcid.org/0000-0001-5724-3992

---



## SZERZŐK – AUTHORS

---

HEGEDŰS Krisztián  
honvéd tisztjelölt  
Nemzeti Közszerológati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
krissz9403@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-4306-0890

HEGEDŰS Krisztián  
Officer Candidate  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
krissz9403@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-4306-0890

KÁROLY Krisztián főhadnagy  
doktorandusz  
Nemzeti Közszerológati Egyetem  
Katonai Műszaki Doktori Iskola  
krisztian.karoly@mil.hu  
orcid.org/0000-0002-5835-7980

Lt. KÁROLY Krisztián  
PhD aspirant  
National University of Public Service  
Doctoral School of Military Engineering  
krisztian.karoly@mil.hu  
orcid.org/0000-0002-5835-7980

MALÁTA Gergő  
honvéd tisztjelölt  
Nemzeti Közszerológati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Fedélzeti Rendszerek Tanszék  
hmg42@citromail.hu  
orcid.org/0000-0002-8146-6683

MALÁTA Gergő  
Officer candidate  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aircraft Onboard Systems  
hmg42@citromail.hu  
orcid.org/0000-0002-8146-6683

Dr. MAKKAY Imre CSc  
nyugalmazott egyetemi tanár  
drmi48@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-3513-1310

Dr. MAKKAY, Imre CSc  
professor emeritus  
drmi48@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-3513-1310

Dr. NAGY Rudolf mk. tű. ezredes PhD  
adjunktus  
Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonság-  
technikai Mérnöki Kar Gépészeti és Biztonságtudo-  
mányi Intézet Biztonságttechnikai Intézeti Tanszék  
nagy.rudolf@bgk.uni-obuda.hu  
orcid.org/0000-0001-5108-9728

Dr. NAGY Rudolf fire engineer Colonel PhD  
adjunct  
Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mechani-  
cal and Safety Engineering Institute of Mechanical  
Engineering and Security Sciences Department of  
Safety and Security Engineering  
nagy.rudolf@bgk.uni-obuda.hu  
orcid.org/0000-0001-5108-9728

Dr. PALIK Máttyás (PhD)  
egyetemi docens  
Nemzeti Közszerológati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Repülésirányító és Repülő-hajzó Tanszék  
palik.matyas@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-2304-372X

Dr. PALIK Máttyás (PhD)  
Associate Professor  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aerospace Controller and Pilot Train-  
ing  
palik.matyas@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-2304-372X

## SZERZŐK – AUTHORS

---

PÁNYA Nándor  
honvéd tisztjelölt  
Nemzeti Közszerológati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Fedélzeti Rendszerek Tanszék  
pnandi94@hotmail.com  
orcid.org/0000-0002-8947-2762

PÁNYA Nándor  
Officer Candidate  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aircraft Onboard System  
pnandi94@hotmail.com  
orcid.org/0000-0002-8947-2762

SÁPI Lajos Zoltán (MSc)  
tanársegéd  
Nemzeti Közszerológati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Repülésirányító és repülőhajózó tanszék  
sapi.lajos@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0003-2389-4476

SAPI Lajos Zoltan (MSc)  
Assistant professor  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of aerospace controller and pilot training  
sapi.lajos@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0003-2389-4476

Dr. SZABÓ Géza, PhD  
egyetemi docens  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar  
Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék  
szabo.geza@mail.bme.hu  
orcid.org/0000-0002-5956-0868

Dr. SZABÓ Géza, PhD  
Associate Professor  
Budapest University of Technology and Economics  
Faculty of Transportation Engineering and Vehicle  
Engineering Department of Control for Transportation  
and Vehicle Systems  
szabo.geza@mail.bme.hu  
orcid.org/0000-0002-5956-0868

SZÁMEL Bence Domonkos (MSc)  
PhD hallgató  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar  
Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék  
szamel.bence@mail.bme.hu  
orcid.org/0000-0002-2844-184X

SZÁMEL Bence Domonkos (MSc)  
PhD student  
Budapest University of Technology and Economics  
Faculty of Transportation Engineering and Vehicle  
Engineering Department of Control for Transportation  
and Vehicle Systems  
szamel.bence@mail.bme.hu  
orcid.org/0000-0002-2844-184X

TÓTH József  
alezredes, főiskolai docens  
Nemzeti Közszerológati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék  
toth.jozsef@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0001-8647-3404

TÓTH József  
Lieutenant Colonel, Associate Professor  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aircraft And Engine  
toth.jozsef@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0001-8647-3404

VAS Tímea (MSc)  
tanársegéd  
Nemzeti Közszerológati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Repülésirányító és repülő-hajózó tanszék  
vas.timea@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-0082-0370

VAS Tímea(MSc)  
Assistant professor  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department Airspace Control and Pilot Training  
vas.timea@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-0082-0370

## SZERZŐK – AUTHORS

---

VERÉB Nándor  
honvéd tisztjelölt  
Nemzeti Közszerológati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Fedélzeti Rendszerek Tanszék  
verebnandi@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-3216-3210

VERÉB Nándor  
Officer candidate  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aircraft Onboard Systems  
verebnandi@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-3216-3210

---

Dr. WANTUCH Ferenc, PhD  
meteorológus  
Nemzeti Közlekedési Hatóság  
Állami Légügyi Főosztály  
wantuch.ferenc@nkh.gov.hu  
orcid.org/0000-0001-7618-1336

---

Dr. WANTUCH Ferenc, PhD  
Meteorologist  
National Transport authority  
State Aviation Department  
wantuch.ferenc@nkh.gov.hu  
orcid.org/0000-0001-7618-1336

---

**Bali Tamás**

## A HELIKOPTERES MŰSZERREPÜLŐ KÉPZÉS ÁTALAKÍTÁSA

*A helikopter erők a Magyar Honvédség feladatrendszerének széles spektrumában jelen vannak. Összhaderőnemi műveleteket tekintve részt vesznek mind a harcbiztosításban, mind pedig a harctámogatásban. A feladatrendszernek való megfelelés alapvető záloga hogy a helikoptereket megfelelően képzett állomány üzemeltesse. Jelen cikk megírásával két céloom van: Egyrésztől be akarom mutatni a helikopteres fegyvernem jelenlegi bonyolult idős repüléseinek végrehajtásához szükséges műszerrepülő képzés helyzetét, az azt szabályzó dokumentumokat, a képzés eredményeit. Másrésztől egy koncepciózus jellegű lehetséges megoldást kívánok nyújtani a gépszemélyzet minimumainak csökkentésére.*

**Kulcsszavak:** helikopter, műszerrepülés, felhő, minimum, gépszemélyzet

### I. BEVEZETŐ

Az elmúlt időszakban, az ez év júliusától hazánkra nehezedő migrációs teher kezelése új feladatokat hárított a magyar haderőre. Első lépésként teljesítette az ideiglenes biztonsági határzár kiépítésével kapcsolatos feladatokat, majd a 2015. szeptember 21-én kihirdetett CXLII. törvény[1] 4 § h) bekezdésének felhatalmazása alapján közreműködött az államhatár őrzésében, az államhatár rendjét közvetlenül veszélyeztető konfliktushelyzet és a tömeges méretű migráció kezeléséhez szükséges intézkedések végrehajtásában, valamint az államhatár rendje ellen irányuló erőszakos cselekmények elhárításában. Mindezek a honvédelmi miniszter november 11-i nyilatkozatában<sup>1</sup> említett „Közös Akarat” elnevezésű feladat égisze alatt valósultak (és jelenleg is valósulnak) meg.

A helikopteres fegyvernem alkalmazási igénye a haderő alkalmazási volumenének növekedtével, illetve a repülési feladatok diverzifikációjával párhuzamosan fokozódott. A forgószárnyas támogatói feladatrendszerébe illeszkedően különböző jellegű repüléseket kellett teljesítenie. A végrehajtást azonban nehezítette, hogy a feladatokat döntően az őszi és téli időszakokban kellett megvalósítani, akkor, amikor az időjárási viszonyok (alacsony felhőalap és csökkent látástávolság) korlátozták a repüléseket. Nyilvánvalóan a korlátozó tényezők kezelhetők abban az esetben, ha a helikopteres fegyvernem megfelelő számú – ilyen időjárási viszonyok között repülési jogosultsággal (a repülő szakzsargonban használatos úgynevezett minimumokkal) rendelkező – kiképzett gépszemélyzettel rendelkezik. Ha azonban ez nem így van, például a kiképzésbe bevonható alacsony helikopterszám, vagy a szükségesnél kevesebb repülési idő biztosíthatósága miatt, akkor ez negatívan befolyásolja a helikopteres-, és ezzel együtt a támogatott erők műveleti képességét. Az előző mondatban példaként leírt tényezők így, összegésében, a haderő képességcsökkenéséhez vezetnek.

<sup>1</sup> <http://www.kormany.hu/hu/honvedelmi-miniszterium/hirek/tobb-mint-800-tartalekos-van-szolgalatban-a-honvedsegen> (2015.12.27).

A teljesítendő feladatokhoz mérten alacsony számú, megfelelő repülési jogosításokkal (minimumokkal) rendelkező helikopteres gépszemélyzetek hiányának problémája azonban nem újszerű a légierő haderőnemen belül.

A téma fontosságát kiemelve, szükségesnek tartom megemlíteni a forgószárnyas támogató képesség lehetőségeit a harcászati repülő fegyvernem tevékenységének biztosításában. Az 1971. évi 25. törvény [2] 25. cikkelye szerint kutató-mentő szolgáltatást kell biztosítani a Magyarországi légterében repüléseket végrehajtó, veszélybe kerülő légi járművek és azok személyzetei (utasai) részére. A kutatás és mentés a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóságának koordinációja mellett valósul meg több kormányzati szerv (Katasztrófavédelem, Magyar Honvédség, Rendőrség, Mentők) együtműködésében. A feladatrendszer légi elemét a 30/1998. (VI. 24.) BM-HM-NM-PM együttes rendelet [3] alapján a Magyar Honvédség forgószárnyas fegyverneme biztosítja 2 db helikopterével és a fedélzeti szakszemélyzetével<sup>2</sup>.

Alkalmazási szempontból<sup>3</sup> ideális az lenne, ha a helikopterek gyakorlatilag bármely napszakban és időjárási körülmény között képesek lennének e feladatra. Ez azonban a gépszemélyzetek kiképzettségi korlátai miatt nincs így. A képességfokozáshoz nyilvánvalóan szükség van a gépszemélyzetek minimumainak lehető legalacsonyabb értékre történő csökkentésére.

Az elmúlt időszak eseményei fokozottan mutattak rá arra, hogy felül kell vizsgálni annak lehetőségét, hogy hogyan lehet nappali és éjszakai minimum képességgel rendelkező gépszemélyzeteket kiképezni a jelenleg rendelkezésre álló erőforrások felhasználásával a lehető leggyorsabban. Ki kell dolgozni egy elgondolást a helikoptervezető gépszemélyzeteinek bonyolult időrepülési képességeinek fokozására.

## II. A HELIKOPTERVEZETŐK IDŐJÁRÁSI MINIMUMAIT, ILLETVE AZ AZOK MEGHATÁROZÁSÁT SZOLGÁLÓ DOKUMENTUMOK, BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A téma tisztázása megkívánja azt, hogy a minimumok kérdését szélesebb perspektívából vizsgáljam.

A repülések biztonságának szavatolása céljából a 3/2006. (II. 2.) HM rendelet [4] 27. § (1) bekezdése kimondja, hogy időjárási minimum értékeket a repülőterekre, a légi járművekre, a repülési feladatokra és a légi járművezetőkre is külön kell meghatározni.

A repülőtér időjárási minimuma meghatározza a fel- és leszálló manőverek végrehajtásának körzetében, a siklópályán a valóságos felhőalap, a ferde látás, a szélirány és erősség azon értékeit, amelyek a terep domborzatától, az akadályok magasságától – és a repülőtér berendezésétől függően – az adott repülőte-

---

<sup>2</sup> 1 fő helikoptervezető, 1 fő másod-helikoptervezető, 1 fő fedélzeti technikus, 1 fő kutató-mentő felcser, 2 fő kutató-mentő ejtőernyős.

<sup>3</sup> Erre a legegyszerűbb példa a harcászati repülő fegyvernem és annak pilótái, akik alacsonyabb minimumokkal rendelkeznek mint forgószárnyas kollegáik. Megtörténhet (mint ahogy meg is történik), hogy JAS-39 Gripennek nem hajtanak végre gyakorló repüléseket, mivel a helikopteres gépszemélyzetek minimumai nem teszik lehetővé számukra a légi kutató-mentő szolgáltatás biztosítását.

ren biztosítják a közel körzetben történő repüléseket és a fel és leszállást. A repülőterek időjárás minimumát a repülőtereken telepített híradó és fénytechnikai eszközök képességeinek figyelembevételével a légierő haderőnem főnöke határozza meg [5].

A légijármű időjárás minimuma meghatározza a leszálláshoz történő bejövételkor a valós felhőalap, a ferde látás<sup>4</sup>, a szélirány és erősség azon minimális értékeit, amelyek mellett az adott légijármű technikai lehetőségei és berendezései (az adott földi biztosító eszközökkel, vagy azok nélkül) biztosítják a leszálláshoz történő bejövételt a fel- és leszállást. A légijármű időjárás minimumát, valamint a minimum alatti felszállások időjárás értékeit (a repülőtér időjárás minimumához hasonlóan) szintén a légierő haderőnem főnöke határozza meg [5].

A repülési feladatok minimumainak témájában az üzembentartó a katonai légügyi hatóság egyetértésével, intézkedésben határozza meg az állami repülések céljára kijelölt légterekben végrehajtott repülések és az ezzel összefüggő tevékenységek irányelveit, a működési feltételeket és követelményeket. Többek között leírja a repülések engedélyezésének, és a jogosultságok megszerzésének irányelveit. A repülési feladatok minimumait a jellegük, a repülési részfeladatok profiljai definiálják. Nyilvánvaló az, hogy egy 200 m-en teljesülő iskolakör repülésnek más felhőalap korlátozása van, mint egy 1000 m-en végrehajtásra kerülő légtérrepülésnek. Természetszerűleg, például 300 m-es felhőalap mellett az iskolakör még lerepülhető, azonban a légtér feladat nem. Logikusan a feladatok minimumai (amelyeket végrehajtási feltételeknek nevezünk) abban a dokumentumban kell legyenek lefektetve, mely részleteiben tartalmazza a kiképzés folyamán lerepülendő feladatokat. Ez, figyelembe véve a jelenleg üzemeltetett forgószárnyas technikát, a Re/1320 Mi-8 Helikopter Harckiképzési Utasítás (a továbbiakban: HHKSZ-75) [7].

A légijármű-vezető időjárás minimuma meghatározza azt a valóságos időjárás minimum értéket (felhőalap és látástávolság figyelembe vételével), amely mellett az adott személy – az általa üzemeltetett légijárművön – biztonságosan képes végrehajtani repüléseit, a fel- és leszállásokat. Az időjárás minimum melletti biztonságos végrehajtás feltétele az, hogy a légijármű-vezető mind VMC<sup>5</sup>, mind pedig IMC<sup>6</sup> körülmények között teljesítse a repült típusra kidolgozott kiképzési utasításban foglalt műszerrepülő feladatokat.

Részleteiben. A HHKSZ-75 35. pontja alapján a helikoptervezetők a bonyolult időjárás viszonyok<sup>7</sup> közötti repülésre nappal és éjjel a helikopterre megállapított időjárás minimum mellett csak akkor engedhetők, ha alaposan elsajátították a leszálláshoz történő bejövetelek végrehajtásának technikáját, különösen a leszállóirányon műszerek alapján végrehajtott süllyedést az adott légijármű típusra meghatározott magasságig, valamint ha a tényleges (bonyolult) időjárás viszonyok között ellenőrizve lettek [7].

---

<sup>4</sup> Leszálláshoz történő bejövételkor a ferde látás értéke a leszállómező (éjszaka a kapufények) elejének felderítési, felismerési távolságát jelenti az adott típusú repülőeszközből a süllyedési pályán történő repülés közben. Ha a földön a talajmenti, vízszintes látás értéke kisebb, mint a ferdelátásé, akkor a kisebb értéket kell figyelembe venni.

<sup>5</sup> VMC = Visual Meteorological Conditions = A látvarepülést biztosító meteorológiai körülmények.

<sup>6</sup> IMC = Instrument Meteorological Conditions = A műszeres repülést biztosító meteorológiai körülmények [6].

<sup>7</sup> A ma használt repülési szakzsargon alapján ez IMC repülést jelent!

A légijármű-vezető időjárási minimumát – kiképzési szintjüktől függően – az érintett szervezet (alegység, egység) parancsnoka állapítja meg, azonban annak értéke nem lehet alacsonyabb az adott típusú légijármű időjárási minimumánál [4][5].

A repülési feladatok végrehajtásakor a négy minimumot együttesen kell figyelembe venni, amelyek közül a legmagasabb értékű a meghatározó, amelynél rosszabb időjárási körülmények között a repülést megkezdeni és végrehajtani tilos. Ez alól kivételt az időjárási minimum alatti felszállások képeznek, melyek közé a helikopterekkel végrehajtásra kerülő korlátozott látás melletti felhőalag alatti repüléseket kell sorolni. Ezen forgószárnyas repülések feltételeit az üzembehartó intézkedésben határozza meg. Tehát a szabályzás ez esetben a Magyar Honvédség Összhaderőnemi Parancsnokság parancsnokának jogköre.

A fentiek alapján két fontos megállapítás tehető:

1. az IFR kiképzés minden esetben IMC körülmények közötti repülésekhez van kötve. Azaz a kiképzés időtartama hosszú, annak folyamata szakadozott azáltal, hogy azt általában minden évben csak a késő őszi és téli időszakban lehet teljesíteni;
2. egy gépszemélyzetben belül előfordulhat, hogy míg a gépparancsnok kiváló kiképzettséggel (alacsony minimumokkal) rendelkezik, addig másodpilótája annál lényegesen rosszabbal. Tehát, repülési feladatok hiúsulhatnak meg az amúgy ilyen repülések folyamán tisztán navigációs feladatokat ellátó másodpilóta repülés-technikai képzetlensége miatt.

A Bevezetésben bemutatott hadműveleti követelményeknek való megfelelés, illetve a jelen kiképzési korlátokból adódó nehézségek leküzdése egyértelműen vetíti azt előre, hogy szükséges az IMC viszonyok közötti repülések rendjének koncepciózus jellegű megújítása a helikoptereken.

### III. AZ IMC VISZONYOK KÖZÖTTI REPÜLÉSEK RENDJÉNEK MEGÚJÍTÁSÁNAK KONCEPCIÓJA HELIKOPTEREKEN

A téma kapcsán – a helikopteres repülés sajátosságai okán – annak ellenére, hogy szorosan összekapcsolódnak, külön kell választani az és az IMC körülmények között végzett IFR és VFR repüléseket, illetve az azok végrehajtásához szükséges repülési jártasságok kialakítását és jogosítások megszerzését.

**III.1. IFR repülések:** Az IFR kiképzettséggel rendelkező helikopter gépszemélyzetek számát drasztikusan lehetne növelni azzal, ha a nyugati katonai-, illetve a közforgalmi repülésben alkalmazott kiképzési elvek analógiájára az IFR repülőképzés teljes spektrumát VMC körülmények között is teljesíteni lehetne. Ebben az esetben a műszerek szerinti repüléseket befüggönyözött kabinban kellene végrehajtani. A megközelítés és bejövétel a repülőtérré kidolgozott PAR<sup>8</sup> és NDB<sup>9</sup> eljárás alapján valósulna meg. Az a magasság ahol az oktató a fülkéből való kilátást korlátozó függönnyt a bejövétel során kihúzná, válna a képzés alatt lévő személy IFR jogosításának hajózó könyvbe beírható minimum értékévé. Ez az érték azonban nem lehetne kevesebb, mint a repülőtéren telepített leszállító rendszer képességeiből adódó eljárási minimum.

---

<sup>8</sup> PAR = Precision Approach Radar. Precíziós megközelítést biztosító radarberendezés.

<sup>9</sup> NDB = Non Directional Beacon. Középhullámon működő körsugárzó rádiójeladó.

## Bali Tamás: A helikopteres műszerrepülő képzés átalakítása

Mivel a hatályos harckiképzési szakutasítás tartalmazza a másod-helikoptervezetők műszerrepülő kiképzését, ezért az ő vonatkozásukban is megvalósulhat ez a képzési forma, de akár gépszemélyzet szinten is.

Ezt a képzési formát szimulátorral szükséges támogatni, melyre a szolnoki KTV Mi-8 gyakorló berendezés lehetőséget biztosít.

### III.1.1. Az elgondolás előnyei, hátrányai, kockázatai:

Előnyök	Hátrányok	Kockázatok
Az eljárás minimumokra <sup>10</sup> történő áttérés hazai és nemzetközi rendszerben is értelmezhető gépszemélyzet minimumokat eredményez, szemben a mostani „csak” katonai repülőtereken értelmezhető minimumokkal.	Nincs.	Valós IMC viszonyok közé kerülés nélkül IFR jogosítást szerezhethet egy adott helikoptervezető.
A gépszemélyzet minimumra történő áttérés erőforrás ráfordítása nélkül drasztikus hadrafoghatósági növekedést eredményez IMC viszonyok között.		Az elgondolásban leírt „új” rendszer ideológiájában eltér, és éppen ezért idegen a jelenlegi forgószárnyas fegyvernemi kultúrától. Bevezetése fokozott parancsnoki felügyeletet és repülésbiztonsági kockázat-elemzést kíván az első időszakban.
A kiképzés alatt álló gépszemélyzetek IFR képzésének időtartama jelentősen lecsökkenne (2-4 évről, 2-4 hónapra).		Mivel tanfolyamrendszerű „CRM” <sup>11</sup> felkészítés a helikopter gépszemélyzeteknek eddig még nem történt, ezért a gépszemélyzet szintű IFR képzésre történő átképzés komoly repülésbiztonsági kockázatot jelent.
A közforgalmi repülésbe beillesztett katonai IFR repülésekre történő kiképzés harmonizál a közforgalmi repülések rendszerével.		

### III.1.2. A megvalósítás feltételei:

#### III.1.2.1. Azonnali:

III.1.2.1.1. Üzembentartói (MH ÖHP) engedély a gépszemélyzet minimum, és az eljárás minimum rendszerére történő áttérésre,

III.1.2.1.2. Fenntartói szintű (vezérkar főnöki) engedély az alábbi HHKSZ -75-ben foglalt kifejezések módosítására:

III.1.2.1.2.1. „Bonyolult időjárási viszonyok” helyett „IMC (Instrument Meteorological Condition) körülmények”,

III.1.2.1.2.2. „korlátozott felhőalap és látástávolság” valamint „felhőalap alatti” helyett „IMC körülmények között végzett VFR (Visual Flight Rules)” valamint „IMC körülmények közötti VFR”,

III.1.2.1.2.3. „felhőben” helyett „IFR (Instrument Flight Rules)”.

<sup>10</sup> Az általános repülési szabályokat (GAT - General Air Traffic) követő repülések kapcsán, a repülőterek megközelítéséhez, az azokra történő bejövetelek és leszállások támogatására olyan IFR eljárásokat dolgoztak ki, melyek egységesen értelmezhetőek. A katonai célú IFR repülési szabályok (OAT - Operational Air Traffic) ezektől lényegesen eltér. Ha egy ország csak OAT IFR elveknek megfelelően hajtja végre repüléseit, akkor annak személyzetei egy nemzetközi repülőter megközelítését szabályosan nem képesek teljesíteni.

<sup>11</sup> CRM = Crew Resource Management. A gépszemélyzet tagok együttműködését támogató rendszer.



### III.1.2.2. Rövidtávon:

III.1.2.2.1. CRM képzés a teljes helikoptervezetői állomány részére,

III.1.2.2.2. A gépszemélyzetenként félévenkénti 1 hetes szimulátoros továbbképzés bevezetése.

**III.2. IMC körülmények között végzett VFR repülések:** A jelenleg érvényben lévő harcképzési szakutasítás (a továbbiakban: HHKSZ-75) szerint ilyen típusú repüléseknek kell tekinteni a 107. sz. gyakorlat végrehajtására meghatározott nappal 150 m-es felhőalap és 1 km-es látástávolság, éjjel pedig a 307. sz. gyakorlatnál leírt 250 m-es felhőalap és 1.5 km-es látástávolsági végrehajtási feltételek melletti repüléseket. Ugyanezen feltételek mellett teljesíthetők a kiképzett helikoptervezetők repülőtéren kívüli, ismeretlen területre történő leszállásai is!

A Magyar Köztársaság légtérében és repülőterein történő repülések végrehajtásának szabályairól szóló 14/2000. (XI. 14.) KöViM rendelet alapján az F és G osztályú (nem ellenőrzött) légterekben, felhőkön kívül, földlátás mellett, 750 m repülési látástávolságig lehet helikoptereket üzemeltetni akkor, ha a repülést olyan sebességgel hajtják végre, amely lehetővé teszi az egyéb forgalom, vagy akadályok időbeni észlelését és az összeütközés elkerülését. A repülőtéren kívüli irányító körzeten belüli, azaz a C és D osztályú ellenőrzött légterek tekintetében, amikor nyilvánvaló, hogy a repülést az érvényes repülési terv szerint VMC körülmények között nem lehet folytatni, az ellenőrzött repülést végző VFR légi jármű az illetékes légiforgalmi irányító egysegtől engedélyt kaphat a különleges VFR repülésre (SVFR – Special VFR) történő áttérésre.

Abban az esetben, ha a HHKSZ-75 107.<sup>12</sup> és 307.<sup>13</sup> számú gyakorlatai alapján kiképzett helikopter gépparancsnokok számára az alegység parancsnok nem a gyakorlatoknál leírt végrehajtási feltételeket írná be a hajózó könyvekbe repülési jogosításként, hanem behivatkozna a 14/2000 KöViM rendelet adta lehetőségeket, akkor lehetőség nyílna a rendeletben leírt feltételek melletti repülésekre, jogosítások megszerzésére, a jelenlegi helikoptervezetői minimumok csökkentésére.

Az IMC körülmények mellett végzett VFR repüléseknél a HHKSZ-75 IFR navigáció folytatását írja elő a másod-helikoptervezetők számára, ami azonban a feladatok sajátosságaiból adódóan nem valósulhat meg teljes mértékben. Térképük ugyan IFR navigációnak megfelelően van kidolgozva, mégis a fedélzeten kettős VFR-IFR navigáció folyik. Elsődlegessé a VFR navigáció válik, azonban az útvonalrepülés pontosságának visszaellenőrzése mind az IFR, mind pedig a VFR navigáció szabályainak megfelelően valósul meg. Történik ez annak érdekében, hogy a gépszemélyzet folyamatos légtérfigyelést folytathasson, az akadályokkal való összeütközés elkerülhetővé váljon. Ebből látható, hogy a már földközeli VFR navigációra kiképzett másod-helikoptervezetők alkalmasak az IMC körülmények között végzett VFR repülésekre is, mivel ekkor is garantált a folyamatos földlátás.

Abban az esetben, ha földközeli VFR navigációra kiképzett másod-helikoptervezetők a földközeli képzésük befejezésével egyidőben jogosítást kaphatnának IMC körülmények között végzett VFR repülésekre is, akkor az alakulat jelenlegi másod-helikoptervezetői állományának

---

<sup>12</sup> Felhőalap alatt végrehajtott nappali útvonal repülés.

<sup>13</sup> Felhőalap alatt végrehajtott éjjeli útvonal repülés.

döntő része azonnal jogosult lenne ilyen típusú repülésekre. Javasolt, hogy a másod-helikopter-vezetők minimuma egyezzen meg a velük aktuálisan repülő gépparancsnokok minimumával, kialakítva ezzel az egységes gépszemélyzeti minimum intézményét. Megszűnne az, hogy egy jól képzett gépparancsnok nem repülhetne az aktuális gépszemélyzet másod-helikoptervezetőjének korlátozott jogosításai miatt, és fordítva.

Ezzel a korlátozott látás melletti, felhőalap alatti kiképzettséggel rendelkező helikopter gépszemélyzetek minimumait drasztikusan csökkenteni, számukat pedig azonnal növelni lehetne. Megnyílna a lehetőség azelőtt, hogy e csökkentett minimumok mellett végrehajthatóvá váljanak a repülőtéren kívüli ismeretlen helyen történő leszállások, mely lényeges képesség növekedéshez vezetne.

Az ilyen típusú kiképzések, repülések feltétele az lenne, hogy azt csak IFR képzettséggel/jogosultsággal rendelkező helikoptervezetők (gépszemélyzetek) hajthatnák végre, mivel egy nem szándékolt felhőbe kerülés esetén is képesnek kell lenniük a biztonságos repülés folytatására.

A repülő-kiképzési célok elérése érdekében, rövidtávon, szükséges a csökkentett meteorológiai viszonyokat szimulálni képes gyakorló berendezésen (Presov, Ostrava) történő repülési idő vásárlása, középtávon pedig a megfelelő képességekkel rendelkező szimulátor beszerzése és rendszerezése.

### III.2.1. Az elgondolás előnyei, hátrányai, kockázatai:

Előnyök	Hátrányok	Kockázatok
A gépszemélyzet minimumra történő át-térés erőforrás ráfordítása nélkül drasztikus hadrafoghatósági növekedést eredményez IMC viszonyok közötti VFR repülések esetében.	Az adott kiképzési ág és a kiképzési utasítás harmonizációját végre kell hajtani a vonatkozó jogszabályok szellemében, és ezzel ezt a kiképzési ágat részben új alapokra kell helyezni.	A „fiatal” hajózási állomány minimális IMC viszonyok közötti VFR tapasztalattal rendelkezik. Ez a legalsó szinten a személyzetek megfelelő összeállításával kezelhető. Itt is hangsúlyozott a gépparancsnoki rátermettség és felelősség az adott időjárási és műveleti helyzet megítélésében.
A vonatkozó jogszabályban meghatározott egyoldalú minimum (nincs felhőalap megkötés) kitágítja a műveleti alkalmazás lehetőségeit, illetve nem teszi akadályozó tényezővé a kitelepült viszonyok között nehezen elérhető felhőalap-méretet.	A helikopteres gépszemélyzetek nem rendelkeznek tanfolyami rendszerű CRM felkészítéssel.	A kiképzés nem a jogosításra vonatkozó, valós meteorológiai körülmények között valósul meg.  Az ilyen jellegű repülő-kiképzés alacsony szimulátoros támogatottsága.
A „rég” rendszer elavult terminológiájának kivezetése részben megtörténne, ami fontos lépés lenne a helikopteres repülő-kiképzés jogszabályi harmonizációjában.		Egy alacsony kiképzettséggel rendelkező másod-helikoptervezetővel repülő gépszemélyzet parancsnokra lényegesen nagyobb munkaterhelés jut.

### III.2.2. A megvalósítás feltételei:

#### III.2.2.1. Azonnali:

III.2.2.1.1. Üzembentartói (MH ÖHP) engedély a gépszemélyzet minimum, és a 14/2000 KöViM rendelet 3. fejezetével harmonizáló időjárási minimumokra történő áttérésre a fent javasoltak alapján,

III.2.2.1.2. Az URV dokumentum üzembentartói szintű harmonizációja a 14/2000 KöViM rendeletben foglaltakkal,

III.2.2.1.3. Fenntartói szintű (vezérkar főnöki) engedély az alábbi HHKSZ -75-ben foglalt kifejezések módosítására:

III.2.2.1.3.1. „Bonyolult időjárási viszonyok” helyett „IMC (Instrument Meteorological Condition) körülmények”,

III.2.2.1.3.2. „korlátozott felhőalap és látástávolság” valamint „felhőalap alatti” helyett „IMC körülmények között végzett VFR (Visual Flight Rules)” valamint „IMC körülmények közötti VFR”,

III.2.2.1.3.3. „felhőben” helyett „IFR (Instrument Flight Rules)”.

III.2.2.2. Rövidtávon:

III.2.2.2.1. A HHKSZ-75 kiképzési utasítás vonatkozó gyakorlatainak átdolgozása, jóváhagyatása,

III.2.2.2.2. CRM képzés a teljes helikoptervezetői állományban,

III.2.2.2.3. Gépszemélyzetként javasolt a félévenkénti 1 hetes szimulátoros továbbképzés.

## IV. ÖSSZEGZÉS

Fontos azt látni, hogy a műveleti területen felmerülő harcászati és hadműveleti igények döntően nem maguknak való dolgok, nem egyes parancsnoki elképzelések verbális és írott leképeződései, hanem olyanok, melyek egy fegyvernem, és így közvetetten pedig a kapcsolódó haderőnem képességnövekedéséhez vezetnek. Az megkérdőjelezhetetlen, hogy a fegyveres erő képességnövekedése összegésében az országvédelmi és expedíciós képesség fokozásához vezet. Épp ezért, a hadműveleti igények kielégítése az alkalmazott kiképzési módszerek átalakításával, újak kidolgozásával elsőszámú prioritást kell élvezzen.

A hadműveleti igények kielégítése kiképzési módszerekkel azonban csak akkor valósítható meg, ha a befektetett erőfeszítések a várható eredményekkel arányosak. Megítélésem szerint a fentiekben leírt koncepció szakmailag megalapozott, nem tartalmaz olyan elemeket, melyek tarthatatlanok. Azok végrehajtásával a kiképzés alatt álló gépszemélyzetek IFR képzésének időtartama jelentősen lecsökkenne, kisméretű ráfordítás mellett drasztikus hadrafoghatósági növekedést eredményezne IMC viszonyok közötti VFR (SVFR) repülések esetében, kitágítaná a forgószárnyas fegyvernem műveleti alkalmazásának lehetőségeit.

Az elkövetkező időben megfogalmazásra kerülő publikációmban (jelen anyaghoz csatlakozóan), részletesen fogom elemezni a leírt koncepció repülési óraszám és képzési idő igényét, a jelenleg hatályos repülési szabályzók tételes átalakítási javaslatait.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 2015. évi CXLII. törvény egyes törvények Magyarország államhatárának hatékonyabb védelmével és a tömeges bevándorlás kezelésével összefüggő módosításáról (Megjelent: Magyar Közlöny 2015. évi 134. szám, 2015. szeptember 21.),
- [2] 1971. évi 25. törvényerejű rendelet a nemzetközi polgári repülésről Chicagóban, az 1944. évi december hó 7. napján aláírt Egyezmény és az annak módosításáról szóló jegyzőkönyvek kihirdetéséről,
- [3] 30/1998. (VI. 24.) BM-HM-NM-PM együttes rendelet a bamba jutott légi járművek megsegítését ellátó kutatómentő szolgálatokról (Megjelent: Magyar Közlöny 1998. évi 54. szám, 1998. június 24.),
- [4] 3/2006. (II. 2.) HM rendelet az állami repülések céljára kijelölt légterekben végrehajtott repülések szabályairól (Megjelent: Magyar Közlöny 2006. évi 11. szám, 2006. február 02.),
- [5] Re/1713. Szakutasítás a Repülések Végrehajtására (Magyar Honvédség kiadványa, Hatályba léptetve a 8/1992 MH Repülő Szemléltői intézkedéssel),
- [6] AAP-15 NATO Glossary of Abbreviations used in NATO documents and publications. (Kiadó: NATO Standardization Agency, Kiadva: 2010. január 25.),
- [7] Re/1320 Mi-8 Helikopter Harckiképzési Utasítás (HHKSZ-75 Mi-8). (Kiadó: Honvédelmi Minisztérium, Kiadva: 1981, Hatályba léptetve a 017/1981 [HK 013.] MN Repülőfőnöki intézkedéssel.)

---

### TRANSFORMATION OF THE CURRENT HELICOPTER INSTRUMENT FLIGHT TRAINING

*Helicopter forces are involved and cover the full spectrum of tasks facing the Hungarian Home Defence Forces. In joint operations, they take part in both combat support and combat service support. A prerequisite of compliance with the system of tasks is that helicopters are expected to be operated by adequately trained personnel. By writing this article, I have got two main objectives: On one hand I wanted to describe the details of current IFR training, and analyse the related documents, the output of the training. On the other hand, I wanted to provide conceptual solution for a possible reduction of aircrew IFR minimums.*

**Keywords:** *helicopter, instrument flight, cloud, minimum, aircrew*

---

BALI Tamás alezredes  
Bázisparancsnok helyettes  
MH 86 Szolnok Helikopter Bázis  
bali.tamas@hm.gov.hu  
orcid.org/0000-0001-6098-8602

Lt. Col. BALI Tamás  
Deputy base commander  
HDF 86th Szolnok Helicopter Base  
bali.tamas@hm.gov.hu  
orcid.org/0000-0001-6098-8602

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-01-0250\\_Bali\\_Tamas.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-01-0250_Bali_Tamas.pdf)



Bali Tamás

## A LÉGIJÁRMŰ-VEZETŐI SZAKMÁRA VALÓ PÁLYÁRA IRÁNYÍTÁS ÁTFOGÓ MEGKÖZELÍTÉSE

*A világban mindenhol a légielő-képesség fenntartásának egyik meghatározó pillére a jól képzett humánerőforrás (benne a pilóták) megléte, annak pótlása folyamatos toborzással és képzéssel. Enélkül a haderőnem személyi állománya lassan előregszik, létszámában és képességeiben megfogyatkozik. A fiatalok repülő pályára irányítása kiemelt jelentőségű feladat, melyet - a generációs szakadék elkerülésére - javasolt megszakítás nélkül folytatni. E cikk megírásával az a célom, hogy elemezve az elmúlt időszak pilóta toborzási gyakorlatát, annak tapasztalatait hasznosítva, bemutassak egy reális elgondolást, a jelenkorban használható, hatékony pályára irányításról.*

**Kulcsszavak:** pilóta, toborzás, repülőtábor, repülés, repülőgép

### I. BEVEZETÉS

A légielő pilótáinak utánpótlása, ahogy hazánkban, úgy más nemzeteknél, több okból is kiemelt jelentőséggel bír. A repülés kapcsán fellépő pszichés és fizikai terhelések már középtávon is nyomot hagynak a légielőket üzemeltető pilóták szervezetében<sup>1</sup>, ehhez kapcsolódik a koruk előrehaladtával jelentkező különböző betegségek megjelenése. Az egészségügyi nehézségek mellett számolni kell még a családi és egzisztenciális okokra visszavezethető honvédségtől történő kiáramlással, elvándorlással.

A generációs szakadék elkerülésére, a folyamatos pilóta utánpótlás kiemelt jelentőséggel bír a katonai repülésben.

Mindezek alapján is belátható, hogy a fiatalok repülő pályára irányításának milyen fontos szerepe van, hiszen itt kell érdeklődésüket felkelteni a repülő hajózó pálya iránt, hivatástudatukat formálni, a honvédségi rendszer iránti lojalitásukat megalapozni. Bizonyított tény, hogy minél korábban kerülnek a repülés iránt érdeklődő fiatalok kapcsolatba a katonai pályával, annál valószínűbb, hogy a képzést későbbiekben sikeresen teljesítők, hosszútávon a honvédség kötelékében maradnak.

Nagyon fontos feladat ez, melynek jelentőségét csak tovább fokozza, ha figyelembe vesszük a pilótaképzés 1 főre eső költségvonzatát. Azt, amely kárba vész, amennyiben a kiképzett személyek ideje korán elhagyják a repülőpályát.

---

<sup>1</sup> A harcászati repülőknél dinamikus és statikus erőhatások, illetve pozitív és negatív túlterhelések hatásaival kell számolni. A helikoptervezetők szervezetét (ezen belül leginkább a gerincoszlopot), döntően az egész testet érintő folyamatos vibráció károsítja.

A fentiek ellenére, a Magyar Honvédségen belül a pályára irányítás<sup>2</sup> megszűnt. A katonai pilóta szakmai utánpótlását biztosító fiatalok megszólítása toborzó rendezvényeken<sup>3</sup> történik, több esetben a repülő szakemberek jelenléte nélkül.

### I.1. A pilóta toborzás rövid történeti áttekintése

Nem volt ez mindig így. A hidegháború időszaka a mainál lényegesen nagyobb volumenű országvédelmi képesség fenntartását kívánta. Abban az időben – nemcsak a repülés területén – a Magyar Honvédelmi Szövetség<sup>4</sup> (a továbbiakban: MHSz) szervezetén belül is folyt az inzenzív pályára irányítás. A pilóta utánpótlást biztosító felkészítés több lépcsőben történt. A 15 éves fiatalok az ország nagyobb városai közelében lévő füves repülőtereken vitorlázó repülőgépekkel kezdték meg repüléseiket. E légijárműveken eljutottak az egyedül repülésig, amikor oktatóik döntése alapján a rátermettek, motoros repülőgépen is folytathatták képzésüket. Ez, rövid, anyarepülőtéren történő felkészítő fázist követően, öszszevontan, 4–6 hetes repülőtáborokban zajlott. Itt már katonás rendben repültek, a képzés felépítése, az oktatás módszertana közelített az akkori Néphadseregben folytatott gyakorlathoz. A tábori felkészítést záró ellenőrző repüléseket a fiatalok katonai pilótákkal hajtották végre. Ezután született meg a döntés arról, hogy ki alkalmas katonai repülőgépvezető jelöltnek, és kit tanácsolnak el. Az előbbieket jelentkezhettek a szolnoki Kilián György Repülőtisztai Főiskola repülőgép- és/vagy helikoptervezetői szakirányára [1]. E pályáirányítási gyakorlat a rendszerváltással megszűnt. 1990-ben kikiáltották a Magyar Köztársaságot, megkezdődött a Magyar Néphadsereg átszervezése, az MHSZ-t pedig feloszlatták.

A következő pilóta utánpótlást biztosító rendezvénysorozat, az úgynevezett „Pályára irányító repülőtábor” (PIR), szorosan kapcsolódott a Gripen-, illetve az azt támogató pilóta kiképző programhoz (a továbbiakban: NFTC program<sup>5</sup>) [2]. Célja nem a fiatalok önálló repülésre való képzése volt, hanem a táborozók megismertetése a hivatás szépségeivel, testközelből benyomásokat nyújtani a katonai pilóták mindennapi életéről, a repülésről.

Maguk a táborok a Magyar Honvédség Légierő Parancsnokság Repülő Felkészítési Osztályának szervezésében valósultak meg 2002-től 2006-ig, majd 2006-2010-ig – a haderőnemi átszervezések eredményeként – az Összhaderőnemi Parancsnokság kötelékében[3]. A rendezvényekre heti váltásban hívták meg a fiatalokat a szolnoki Helikopter Bázisra. Első alkalommal ez még „kísérleti jelleggel” történt, mindössze három héten keresztül, melyen összesen 45 (3×15) fiatal vehetett részt. A tapasztalatok igazolták az előzetes reményeket, így 2003-tól már több turnust szerveztek, több érdeklődőt fogadtak. 2005-től a korábbi tizenöt helyett már hetenként húsz fiatal táborozhatott Szolnokon, 2007-től 2009-ig pedig a korábbi háromról hatra emelték a turnusok számát. 2010-ben volt az utolsó alkalommal PIR, amikor a szűkülő források miatt már csak 4 turnust lehetett fogadni[4].

---

<sup>2</sup> Olyan toborzó tevékenység, melynek hangsúlya a repülőszakma összetevőinek megismertetésén van. A szóbeli ismertetőkön túl a fiataloknak lehetősége nyílik a Légierő pilótáinak mindennapjaiba betekinteni, repülő-szimulátorokon és légijárműveken kipróbálni önmagukat.

<sup>3</sup> A katonai szakmára koncentráló rendezvény, melynek egyik részterülete a repülő-, azon belül pedig a légijármű-vezetői szakma.

<sup>4</sup> A Magyar Honvédelmi Szövetség 1948 és 1990 között sport és szabadidős tevékenységeket szervező országos félkatonai szervezet volt a Magyar Kommunista Párt szervezésében.

<sup>5</sup> NFTC program – NATO Flying Training in Canada program.

A pilóta toborzás e formája 2011-ben, pénzügyi okok miatt megszűnt, és azóta sem indult újra. Mivel a katonai pilóta kiáramlás a honvédségtől nem állt meg, ezért az igény egy hatékony toborzási rendszer kialakítására és fenntartására továbbra is fennáll. Az elkövetkezőekben ennek megvalósítására mutatom be elgondolásom.

## II. ELGONDOLÁS A HATÉKONY PILÓTA TOBORZÁSRA

Amennyiben hatékonyan akarjuk a pályára irányítást végezni, akkor ahhoz természetesen olyan szakemberek bevonása szükséges (jelen esetben katonai pilóták), akik az adott szakterület mesterei, tisztában vannak a vonatkozó elvárásokkal, a hivatás szépségeivel, előnyeivel és buktatóival. Olyanoknak kell a fiatalokkal közvetlenül foglalkozniuk, akik autentikus módon képesek megválaszolni az összes katonai repüléssel kapcsolatos kérdést, nem utolsósorban megjelenésükkel és viselkedésükkel képesek a katonai értékrendet sugározni. Nincs ez másképp a katonai légi járművezető képzésre történő toborzással sem. Ha azt várjuk, hogy a fiatalokat „érintse meg” a katonai repülőszakma, akkor ott is elengedhetetlen katonai pilóták részvétele.

E területhez kötődő több éves tapasztalatom alapján tudom, hogy a fiatalokat mi érdekli. Kíváncsiak a katonai pilóták mindennapjaira, az életük legapróbb részleteire. Például:

- *Mit csinálnak amikor feladatot kapnak, és mit, amikor nem repülnek?*
- *Milyen feladatokat kell lerepülniük, mi a repülési profil?*
- *Hogyan épül fel a honvédség?*
- *A katonai pilóták kikkel dolgoznak, működnek együtt?*
- *Egy katonai pilótának milyen egyéb feladatai vannak?*
- *Milyen a pilóták elismertsége a honvédségen belül?...*

E a kérdésekre leginkább azok képesek válaszolni, akikre a kérdések vonatkoznak. Amennyiben egy kívülálló próbálkozik ezzel, akkor válaszai felszínesek lesznek. Amikor a fiatalok ezt felismerik, becsapva érzik magukat és elfordulhatnak a katonai repüléstől. Profán hasonlattal élve: Ha vízilabdázónak akarnak toborozni gyerekeket, és erre nem úszó szakembereket kérnek fel, elmondhatják, hogy a vízilabdázónak tudnia kell úszni (amiről még képesek is szakszerűen beszélni), de a labdajátékra vonatkozó kérdésekben már elbizonytalanodnak.

Mindezek után könnyű azt belátni, hogy, amennyiben nem vesznek részt aktív katonai pilóták a jövő hajózó utánpótlásának toborzásában, akkor a pályára irányítói tevékenység elveszti súlyát és értelmét, egy idő és pénz pazarló látszattervékenységgé silányul!

A fiatalok megszólításának, figyelmük felkeltésének leghatékonyabb eszközei a különböző formában megvalósuló pályára irányító rendezvények. Lehetnek ezek előadások, melyeken a megjelenő érdeklődők tájékoztatást kapnak a katonai repülőpálya sajátosságairól; olyan kitelepülések, ahol a fiatalok – katonai pilóták vezetése mellett – mobil repülő-szimulátorokon próbálhatják ki magukat; vagy éppen a hatékonysága miatt prioritást érdemlő pályára irányító repülő rendezvények, ahol a fiatalok közvetlenül tapasztalják meg a repülés sajátos élményét. Ezek a repülőrendezvények, a különböző jellegű repülőtáborok.



### II.1. Az egymásra épülő repülőklubok rendszere

Meggyőződésem, hogy optimálisan e repülőklubokat összetett formában kell megvalósítani, azaz, egymásra épülve kell működtetni a polgári repülőtereken *időszakosan szervezett települő*, valamint a katonai légibázishoz kötött *stacioner repülőklubokat*.

A TELEPÜLŐ REPÜLŐKLUBOKAT a tavasztól-őszig terjedő időszakokra kell időzíteni. Ekkor a pályára irányításban résztvevő pilóták a légitársaságokkal<sup>6</sup>, és azok kiszolgáló állományával körforgásszerűen járják a megyei jogú városok közelében elhelyezkedő polgári repülőtereket<sup>7</sup>.

A katonai pályára irányításban, toborzásban résztvevő állománynak péntek délután kell érkeznie az adott polgári repülőterre azért, hogy a toborzó munka (a repültetés) már szombat reggel megkezdődhessen. A pénteki érkezést követően egyeztetni szükséges a repülések végrehajthatóságáról a repülőteret üzemeltető repülőklub szakembereivel. Ők ismertetik a repülőter használati rendjét, megadják a korlátozásokat. Az aktuális pályára irányítási feladatot koordináló személy ismerteti a tervezett tevékenység rendjét mind a repülőklubnak, mind pedig a helyileg illetékes toborzó iroda állományának. Az egyeztetést követően kezdődhet meg – szombat reggel – a pályára irányítás.

A pályára irányításban résztvevő állományt célszerű két részre osztani. A földi csoportba az éppen nem repülő pilóták és a helyileg illetékes toborzók kerülnek. Ők fogadják a megjelenő fiatalokat, a pilóták koordinációja mellett szervezik a repültetést, beszélgetnek az éppen nem repülő fiatalokkal, megválaszolják a felmerülő kérdéseket, tájékoztatják őket a katonai repülő hajózó hivatásról. A másik csoport foglalja magába a repültetést végző pilótákat, és a repülést kiszolgáló állományt. Utóbbi pilótákat - pihentetésük érdekében - periodikusan leváltják az addigi földi csoportban tevékenykedő pilóták, és így időnként szerepet cserélnek. A szombati repülő-tevékenységet maximálisan napnyugtáig folytatható. A vasárnapi tevékenység a szombati analógiájára történik azzal a különbséggel, hogy ennek kora este, még napnyugta előtt be kell fejeződjön, hiszen a repülőgépeknek még haza is kell települniük katonai alapbázisukra.

Ahhoz hogy mindez a hazai körülmények mellett működhessen, több feltétel együttes teljesülése szükséges. Ezek:

1. Együttműködési megállapodásokat kell kötnie a Magyar Honvédségnek a megyeszékhelyek közelében elhelyezkedő repülőtereket üzemeltető repülőklubokkal. E megállapodások teremtik meg a jogi alapját a mindkét fél számára amúgy előnyös és fenntartható együttműködésnek.

Az együttműködési megállapodás a repülőklubok számára azért előnyös, mert a katonai pályára irányítási tevékenység vonzataként a repülőtereken kampányszerűen, nagyszámban jelennek meg olyan fiatalok, akik érdeklődnek a repülés iránt. Közülük többen annyira elhivatottá válnak, hogy a katonák távozását követően, szabadidejükben továbbra is kijárnak a repülőterekre, és ott aktívan részt vesznek a klub életében. Nyilván e fiatalokból sem lesz mindenki katonai pilóta, de kötődésük a klubhoz fennmarad. Hajlandóak időt, energiát és pénzt is áldozni a repülésre, gazdagítva így repülőklubjukat is.

---

<sup>6</sup> Melyek lehetnek vitorlázó és motoros vitorlázó repülőgépek.

<sup>7</sup> Azért kell a megyei jogú városokat megcélozni, mert onnan és vonzáskörzetükből lehet leginkább tömegbázist biztosítani a pályára irányításhoz.

E felsorolt, közvetetten nyújtott előnyökre alapozva lehet a honvédség számára hasznos ez az együttműködés. A repülőkluboknál megjelenő, repülni vágyó fiatalok tömegbázisáért cserébe a Magyar Honvédség költségmentesen használhatja a repülőtér munkaterületét, veheti igénybe a repülőterek repüléstájékoztató szolgáltatásait, költségmentesen, vagy alacsony költségvonzattal tárolhatja a hangárokból időszakosan repülőgépeit, szükség szerint, csökkentett költségek mellett veheti igénybe a repülőklub által biztosított szállás-lehetőségeket.

2. A Magyar Honvédség toborzórendszere illetékes állományával, és így szakértelmével kell támogatni a repülő pályára irányítási tevékenységet, hiszen az természetesen kevés az, hogy a katonai repülőszakma megjelenik a repülőtereken, a fiatalokat oda is kell „csalogatni”. Ennek két fő eszköze: a személyes megkeresés és az interneten keresztül történő tájékoztatás.

A személyes megkeresés keretében a területileg illetékes toborzó állománynak aktív tájékoztatást kell folytatnia az iskolák felkeresésével. Az interneten keresztül történő tájékoztatáshoz a honvédségnek egy olyan weboldalt kell működtetnie, mely teljes körű információt nyújt – többek között – magáról a pályára irányításról. (A weboldalt, és annak lehetőségeit a későbbiekben, a II.4. fejezetben elemzem!)

3. Megítélésem szerint Magyar Honvédségnek rendelkeznie kell a megfelelő számú motoros vitorlázó repülőgéppel, ami azonban rögtön a következő két kérdést veti fel:
  1. Miért csak motoros vitorlázó repülőgéppel kell rendelkezni?
  2. Miért kell a Magyar Honvédségnél rendszeresíteni e repülőgépeket?

A kérdésekre a *válaszok* a következők:

Az előzőekben leírtakból következően is belátható, hogy a pályára irányítás a leggazdaságosabb és leghatékonyabb eszközei a vitorlázó-, és motoros vitorlázó repülőgépek.

Amennyiben vitorlázó repülőgépet használunk e feladatra, akkor számolni kell a működtetést biztosító kiegészítő eszközigénnyel. Például, csak a vitorlázó repülőgép levegőbe emeléséhez vagy egy földi telepítésű csörlőberendezés, vagy egy motoros vontató repülőgép szükséges. Ezeket vagy rendszeresíteni kell a honvédségnél, vagy pedig szolgáltatásként bérelni a helyi repülőkluboktól.

A csörlőberendezés bérlése olyan alacsony költségvonzattal jár, mely alaphelyzetben nem indokolná annak beszerzését, hacsak nem a repülőgépeket a pályára irányítási tevékenységen kívül, máskor és másra is akarjuk használni. De mivel akár akarhatjuk is (például az aktív repülő állomány szabadidős repültetésére), ezért opcióként felmerül az eszköz beszerzése. Ez bizonyíthatóan nem jár komoly költségvonzattal. Utóbbi esetben, ha a honvédség beszerez egy csörlőberendezést, azt el is kellene juttatni a különböző polgári repülőterekre.

E csörlőberendezések rendszerint önjáró munkagépek, melyek közúton megengedett maximális sebessége 40 km/h (ha egyáltalán részt vehetnek közúti forgalomban). Így, a pályára irányítást például Debrecenbe tervezve, a csörlőberendezés odajuttatása valamelyik katonai repülőbázisról annyira idő- és költségigényes lenne, mely ésszerűtlenné tenné az útbaindítását. Ezért a kitelepülésekkor célszerűbb bérelni a csörlési szolgáltatást a helyi

repülőklubtól, egyéb időszakokban pedig – pl. a saját érdekekben történő repülésekkor – a honvédségnél rendszeresített csörlőberendezést célszerűbb használni.

A helyzet pontosa ugyanez, ha a vitorlázó repülőgépet motoros vontató repülőgép emeli a levegőbe. A különbség annyi, hogy nagyságrendekkel magasabb költségek szükségesek ennek bérlésére, rendszeresítésére és fenntartására, mint a csörlőberendezésére.

A vitorlázó repülőgépek alkalmazásának van praktikus hátránya is. A „helyi”, pályára irányító repülések ugyan megoldhatóak velük, de minden rendezvény vasárnap délutánján eljön a hazatelepülés, hazarepülés ideje. A hazavezető útvonalrepülést nagy valószínűséggel csak akkor teljesíthető sikeresen, ha a meteorológiai viszonyok ezt lehetővé teszik. Mivel az időjárási körülmények hajlamosak változni, ezért a vitorlázó útvonalrepülésekben mindig benne van útközben a terepre szállás kockázata. Ilyenkor a repülőgépet menteni csak helyszíni szétszereléssel, ott konténerbe helyezve a gépjárműves hazavontatással lehetséges. A terepre szállás 100%-os biztonsággal csak úgy küszöbölhető ki, ha a vitorlázó repülőgépet már a repüléshelyén szállító konténerbe helyezik, és azt hazavontatják. Így viszont további két eszköz beszerzése elengedhetetlen: a repülőgép szállító konténeré, illetve az annak vontatására alkalmas gépjárművé.

Mindezek a problémák megszűnnek a motoros vitorlázó repülőgépek alkalmazásával, mivel azok önerőből repülnek, települnek!

A motoros vitorlázó repülőgépek beszerzése és üzemeltetése<sup>8</sup> ugyan minimálisan többletköltséggel jár a „csak” vitorlázó repülőgépekéhez képest, viszont alkalmazásuk óriási mozgásszabadságot biztosít. Így belátható, hogy ilyenek vásárlása és rendszeresítése az egyedüli ésszerű opció.

4. A Magyar Honvédségnek az állományában kell tartozzanak a légi járművek légi és földi üzemeltetését végző személyek.

A települő repülőtáborokra épülő meghívásos STACIONER REPÜLŐTÁBOROKAT az iskolai nyári szünetek időszakaira célszerű időzíteni azon a fiatalokat számára, akik már (akár többször is!) részt vettek a települő repülőtáborokon, és pozitív hozzáállásukkal, tehetségükkel bizonyították rátermettségüket.

A meghívásra vonatkozó döntés része még, a megyeszékhelyek repülőklubjaitól kapott visszajelzés azokról a fiatalokról, akik már részt vettek a települő repülőtáborokon, majd a városok klubjainál „megragadtak” és a katonai repülőtáborok hatására (is) a kluboknál társadalmi munkát végeztek, vagy éppen a repülőképzésüket folytatják.

A fiatalokat a főiskolai tanulmányaik utolsó két évének nyarán kell meghívni a Magyar Honvédség azon légibázisára, ahová a repülőtáborokat szervezik. Itt a résztvevők aktív katonai pilóták vezetésével 2 hetes olyan repülő-képzésen vesznek részt, melyek nem igazán a repülés-

---

<sup>8</sup> A motoros vitorlázó repülőgépek átlagos üzemanyag fogyasztása 8 liter AVGAS 100LL repülőbenzin/repült óra, mely folyamatos motorüzemelés mellett. Ez azonban szinte soha nem valósul meg. A motor alapvetően csak a felszállás és emelkedés időszakában működik, a repülés többi szakaszában azt kikapcsolják. Ennek megfelelően az előbbieken említett 8 literes óránkénti üzemanyag fogyasztás a töredékére csökkenthető. Kiegészítésképpen, 1 liter AVGAS 100LL repülőbenzin ára átlagosan 50%-al haladja meg az aktuális 95-ös oktánszámú benzin árát.

technikai teljesítményre koncentrálnak. A cél az, hogy a légierő haderőnemi kultúrája megérintse őket, a pályára irányítás eredményeként „akarjanak a Magyar Honvédség légierejénél szolgálni”. További cél a gondolkodásuk formálása, a katonai élet kötöttségeivel azonosulni nem képes fiatalok kiszűrése.

### **II.2. A motiváció kialakításának kérdése**

Nyilvánvalóan, a pályamotiváció kialakításában a legnagyobb szerepe a fiatalokkal közvetlenül foglalkozó azon pilótáknak van, akik a repülő tábortáborok időszakában folyamatosan irányítják tevékenységüket, de a toborzó szakemberek jelenléte is elengedhetetlen. Mivel a résztvevők nem repülnek folyamatosan, ezért a szabadidős programjaik megszervezésében ők fontos feladatot kapnak. Nekik kell kiegészítő információkat nyújtani a honvédségről, annak felépítéséről, működéséről. A repülésmentes időszakokban célszerű látogatásokat szervezni a végrehajtó repülő alegységekhez, ahol a fiataloknak lehetőségük nyílik testközelből megismerni a pilóták mindennapjait, velük elbeszélgetni. El kell látogatniuk a csapatmúzeumokba, hogy a megismerjék a jelenkor légierejének gyökereit, ezáltal légierős identitásuk formálódhasson.

Azokat a fiatalokat, akik kiemelkedő repülő-képességekről, tehetségről tesznek tanúbizonyságot, másodjára is meghívják a pályára irányító repülő tábortáborba. Ekkor ők, már mint mentorok tevékenykednek. Egyrészt segítik a repülések kiszolgálását, másrészt felügyelik az először résztvevők tevékenységét.

### **II.3. A pályára irányítás célcsoportja**

Nagyon fontos megvizsgálni a pályára irányítási célcsoport életkorát is. Alapvető kérdés, hogy hány éves korban legkedvezőbb a pályára irányítást kezdeni. Tapasztalataim szerint, a 15-16 éves fiatalok a legfogékonyabbak a települő repülő tábortáborokban elsajátítható repüléssel kapcsolatos ismeretekre, élményekre. Amennyiben ekkor a repülőszakma megérinti őket, elkezdnek szabadidejükben kijárni a polgári repülőklubokhoz. Itt társadalmi munkát végeznek, esetenként repülnek is. A katonai pályára irányító települő repülő tábortáborok újra és újra „felpörgetik” őket. Az évek múlásával egyre inkább elhivatottá válnak a repülés iránt, de fontos azt is látni, hogy ekkor még „csak” a repülés szeretete az, ami foglalkoztatja őket. Életkoruk előrehaladtával a személyiségük tovább fejlődik, látókörük kitágul. A főiskolás éveikre már érettek annyira, hogy a katonai értékeket befogadják. Ekkor már érdemes őket a laktanyákba bevinni, elmagyarázni nekik a honvédség feladatrendszerét, a katonai repülés sajátosságait. Tehát a stacioner repülő tábortáborok célcsoportja kifejezetten a felsőfokú tanulmányaikat folytató fiatalok köre.

Amennyiben a pályára irányító tevékenység hatékony, akkor a fiatalok a BSc képzésük befejeztével azonnal csatlakoznak a honvédségi légi jármű-vezető képzéshez.

### **II.4. Digitalizáció a pályára irányításban**

A fiatalok közül akiket érdekel a repülés, azok első lépésként rákeresnek az interneten annak lehető legolcsóbb lehetőségére. Ha azt látják, hogy gyakorlatilag költségmentesen próbálhatják ki a repülés élményét, akkor ezt a lehetőséget nem hagyják ki. Biztosan megjelennek a repülőtéren a katonai kitelepülések alkalmával. Sokan vannak (valójában a többség!), akik érdeklődését

az interneten adódó lehetőség ébreszti fel. Ha létezik egy olyan weboldal, amely minden információt tartalmaz a pályára irányításról, akkor annak linkjét úgynevezett grafikus flash bannerek<sup>9</sup> segítségével be kell építeni a fiatalok által látogatott weboldalakra. Amikor ők internetezés közben találkoznak a hirdetéssel, akkor a bannerre klikkelve átkerülnek a weboldalunkra, ahol értesülnek a repülés lehetőségéről. Innen a helyzet már megegyezik az előzőekben leírtakkal. A kapott információ hatására érdeklődő fiatalok kitelepülések alkalmával felkeresik a repülőtereket.

Mindez csak egy olyan weboldal működtetésével lehetséges, amely fiatalos, közérthető formában nyújt tájékoztatást a pályára kerülés lehetőségéről, illetve a katonai repülésről.

Be kell látni azonban azt is, hogy hiába érjük el a fiatalokat, hiába keltjük fel érdeklődésüket a repülő táborokban a katonai repülő hivatás iránt, ha azután magukra hagyjuk őket. Érdeklődésük, motiváltságuk csak úgy tartható fenn, ha a kapcsolat folyamatos marad köztük és a honvédség között. Ennek érdekében a weboldalon keresztül lehetőséget kell teremteni a kétoldalú kommunikációra egy chat-felület kialakításával, ahol a fiatalok beszélhetnek az őket repültető, általuk megkedvelt pilótákkal és a megismert toborzókkal.

Tehát, a honvédségnek rendelkeznie kell egy olyan weboldallal, mely fiatalos formában, naprakész információkat nyújt a légierőről, illetve interaktív kommunikációt biztosít olvasója, és a légierő szakemberei között!

### III. BEFEJEZÉS

A múltban a döntéshozók különböző mértékben ugyan, de hangsúlyt fektettek a légierő humán erőforrásának biztosítására. Az éppen aktuális politikai akarat, illetve az ehhez mérhető gazdasági lehetőségek függvényében működtettek olyan pilóta utánpótlást toborzó rendszereket, melyek megfelelő számú jelentkezőt biztosítottak a képzőszervek számára. Lehetőségük volt a fiatalok szűrésére minden elvárt belépő kompetencia tekintetében, működtetni a szükséges szintű repülő-hajózó képzést és így kialakítani a ma is működő, használható képességekkel rendelkező katonai repülést.

E folyamat azonban már 6 éve megszakadt, nem létezik sem pilóta pályára irányítás, sem pedig iskolarendszerű repülő-hajózó képzés. A kialakult generációs szakadék negatív hatásainak csökkentésére szükséges a mai kor követelményeinek megfelelő toborzó rendszer kiépítése.

Reményeim szerint, jelen gondolatébresztő publikációmmal egy olyan reális lehetőséget vázoltam fel, mely átfogó megközelítésével lefedte a pilóta pályára irányítás valamennyi fontos szegmensét. Megítélésem szerint a leírt rendszer alkalmas lehet a légierő változó igényeire épülő utánpótlást rugalmasan biztosítani.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM, FORRÁSOK

- [1] Wikipédia A szabad enciklopédia: Magyar Honvédelmi Szövetség, (e-doc.) url: [https://hu.wikipedia.org/wiki/Magyar\\_Honvédelmi\\_Szövetség](https://hu.wikipedia.org/wiki/Magyar_Honvédelmi_Szövetség) (2016.02.06),

---

<sup>9</sup> A banner egy adott weboldalon reklámozási célból megjelenő „hirdető tábla”, egy előre meghatározott fix területen és helyen. A grafikus flash bannerek a reklámozott információkat – a statikus szöveg mellett – mozgóképi formában jelenítik meg.

- [2] Légijármű-vezető jelöltek Képzési Kézikönyve. (MH 86. Szolnok Helikopter Bázis kiadványa, Kiadva: 2011. augusztus, Nyt.szám: 745-31/ 2011),
  - [3] 3/2009. (HÉ. 1.) HM utasítás a kanadai repülőgép-vezetői képzésre történő toborzás, állományba vétel és katonai alapkiképzés 2009-2019-ig történő végrehajtásáról. (Kiadó: Honvédelmi Közlöny, CXXXVI. évfolyam 2. szám, Kiadva: 2009. február 03.),
  - [4] JETFly Magazin: Megkezdődtek a pályára irányító repülőtáborok, (e-doc) url: <http://www.jetfly.hu/regi-jetfly/6458-megkezdodtek-a-palyara-iranyito-repulotaborok> (2016.02. 05)
- 

### CONCEPTUAL APPROACH TO PILOT RECRUITMENT

*Everywhere in the world, it is a key pillar of the Air Force's ability to maintain the existence of well-trained human resources (pilots), to grant it with the continued recruitment and training. Without the resupply of a manpower, the Air force as an arm slowly goes overaged, which consequently leads to the decrease both in cadre and so in its overall ability. The youth recruitment is a high priority task, which must be carried out without interruption in order to avoid the generation gap. Writing this article, my goal is to analyze the recent pilot recruitment procedures, using the lessons learned to propose an efficient recruitment system.*

**Keywords:** pilot, recruitment, flight camp, flying, airplane

---

---

BALI Tamás alezredes  
Bázisparancsnok helyettes  
MH 86 Szolnok Helikopter Bázis  
bali.tamas@hm.gov.hu  
orcid.org/0000-0001-6098-8602

---

Lt. Col. BALI Tamás  
Deputy base commander  
HDF 86th Szolnok Helicopter Base  
bali.tamas@hm.gov.hu  
orcid.org/0000-0001-6098-8602

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-02-0255\\_Bali\\_Tamas.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-02-0255_Bali_Tamas.pdf)



Károly Krisztián

## MILITARY BALLOONING IN POINT OF HUNGARIAN DEFENSE FORCE'S COMMUNICATION SUPPORT

*Using balloons in the military is being reborn. They were found as ISR platform holders and communication relays in the battlefields of Iraq and Afghanistan. There is a rising demand to connect the far and blocked areas in order to provide an alternative solution opposite the expensive satellite communication. In my research, I will study the tethered and autonomous high or low altitude platforms, how we can deploy as a military communication relay. I will show some international examples and highlight the possible way of the Hungarian deploying.*

*Keywords: balloons, communication relay, helikite, aerostat, ABSOLUTE*

### INTRODUCTION

Nowadays managing our redundant CIS<sup>1</sup> is crucial in the military operations in order to increase the survivability of the IT<sup>2</sup> systems. We have to use the variable platforms simultaneously and separate, for example microwave and optical backbone, or satellite and hired lines, furthermore internet based VPN<sup>3</sup>s. The microwave and optical backbones provide wide bandwidth for low price, but they are delicate for the environmental disaster and the enemy can easily destroy them. The internet based VPNs use mobile phone network or microwave and optical networks, so they have an INFOSEC<sup>4</sup> threat and they are more vulnerable. The satellite based lines well compensate these hazards, however the operating cost is significantly higher.

An optimized choice would be the usage of balloons. In some cases the aerostats based communication relays can replace the damaged telecommunication towers and satellites. The aim of my essay is to determine the possible architectures of balloons and aerostats that could be used as communication relays, especially which platform is the best fit to support the Force Tracking Systems. Moreover, I would like to find the limits of usage, furthermore I would like to close some technology direction. The analysis of the balloon based Intelligence, Surveillance, Reconnaissance platforms is not part of my paper.

### DESCRIPTION OF THE ANALYZED UNMANNED AERIAL VEHICLE

I believe I must exactly define the platforms, which I write in my essay and they will be the base of comparison. It is acceptable that the UAV<sup>5</sup> fits the best for the communication

---

<sup>1</sup> Communication and Information System

<sup>2</sup> Information Technologies

<sup>3</sup> Virtual Private Networks

<sup>4</sup> Information Security

<sup>5</sup> Unmanned Aerial Vehicles



retransmission tasks [1] because the UAVs can be longer in the air than the manned version with relatively lower cost.

The unmanned rotary wing aircraft is a special type of the UAV. Their rotary wings make the buoyancy that provides the aviation skill. They are able to vertical take-off and down, moreover they are easy to control. Nowadays the pervading unmanned rotary wing vehicles have little weight and minimal payload capacity, so they are not engaged as a telecommunication relay because the weight of the retransmission stations would be over ten kgs [1; p. 14.].



Picture 1. Fixed and rotary wing unmanned aerial vehicles [2][3]

By unmanned fixed wing aircraft I mean the followings; they have fix wing (sometimes fix wing with variable positions), and the thrust of their drive provides speed for the plane. This speed causes the buoyancy on the wing, so they can fly. They have good maneuver skill, they are controlled by remote control system or robotic system. Their military deployment has a wide range from monitoring-data acquisition to hard kill. The well-known types are Global Hawk, Predator, Euro Hawk, etc [1; p. 16.]. You can see unmanned rotary and fix wing aircraft in the Picture 1.



Picture 2. HAV3 airship and meteorological balloon [4][5]

The science encyclopedia determined the concept of balloon and airship. *'The balloon is filled with gas lighter than air (e.g. hydrogen, helium or oil gas), so it is able to lift in the air due to the buoyancy, and it can be afloat, swim in the air'* [6].

*'The airship is an aerial vehicle, which can lift to the air like the balloon. It moves via the engine with propellers, which locates under or on the blimp. It is controllable as a plane with the elevator and rudder'* [6]. You can find balloon and airship in the Picture 2.

There is a capital difference between the blimps, balloons and the flying vehicles. The aerostats float while the fix and rotary wing aircrafts fly. The tethered and free floating aerostats are differentiated, the tethered balloons are usually employed in low altitude (30 m-5 km), while the free floating aerostats can lift until tens of kilometers. The helikite is a special hybrid form of the tethered unmanned aerial vehicles. This platform was created from the combination of a helium balloon and a kite to form a single, aerodynamically sound tethered aircraft that exploits both wind and helium for its lift. The balloon is generally oblate-spheroid shaped. The aerodynamic lift resists to the wind and allows even small helikites to fly at low and medium altitudes in strong winds that push simple balloons to the ground. The helikite was designed and patented by Sandy Allsopp in England in 1993 [1; pp. 22-23.]. You can see a helikite on the Picture 3.



Picture 3. The combination of the balloon and the kite is the helikite [7]

### IMPORTANT MILESTONES OF THE MILITARY BALLOONING

The first hot air balloon was launched in Portugal in 1709 and then the first airship lifted in the air in 1852. The first military deployment was on 24<sup>th</sup> September 1870 in Strasburg, France, and it was Prussian blimp. No much later (1885) serious research and development began in the United States America (USA) in the field of military ballooning. The early deploy focused on reconnaissance, signaling and fire control. The British Air Force was born in 1878 via applying balloons [8].

Automatic solutions were applied on the meteorological observation balloons in the WWI<sup>6</sup>. They were supported with radiotelegraph, so they were managed via the opening of balloon's valve remotely, so they were able to land [8].

---

<sup>6</sup> 1st World War

WWI experiences of aerostats showed they are not the best choice for striking, because they were not able to bring big bombs and their maneuver skills were minimal. So the planes reduced the role of aerostats in the air fight. After the WWI that was thought antiquated technology, so the key of surviving was the deployment of barrage balloons. They served well in the protection of British Island in 1940, where 1466 balloons were installed at 1000 m altitude. A net was put between the blimps, so the hostage aircraft flew in the net and they crashed [8].

The 213.9 t German Graf Zeppelin was the biggest fix body airship ever, and it operated in WWII<sup>7</sup>. It was 245 m long and over 200 thousand m<sup>3</sup>, it spied via radar at the British airspace in May of 1939 [8]. The biggest airship without fix body started on 21th July 1958, it had 43 thousand m<sup>3</sup> cubic capacities and it was 123 m long, 26 m wide. It served at the US NAVY for two years, until it crashed in the sea and destroyed. The highest altitude is 51815 m that unmanned aerostat could ever reach. It absolved a 1350 thousand m<sup>3</sup> Winzen-type balloon in California in October of 1972 [8].

The next significant milestone from USA point of view in the history of military ballooning was the Vietnam War. 150-170 m<sup>3</sup> aerostats with tail plane was levitated in altitude 300 m, so they operated as a radio relay, and they were able to cover 35-40 km [8].

Radio locator holder tether blimps were prioritized in the '80s, for example the 700 m<sup>3</sup> airships from TCOM LP with 125 kg payload. It worked in altitude 700 m with maximum 90 km/h operational wind speed, and it could survive 130 km/h wind gust. The cables were designed for 5000 kg ultimate tensile strength to the little balloons, and for 30000 kg to the bigger ones. The power capability was between 3.5-31.5 kW, depending on the type. In the '80s one of the biggest aerostats worked on the Bahama Islands, it served for customs of USA. The 365B/H (Mk7-S) was 59.2 m long and 11640 m<sup>3</sup>, the maximal weight was 5200 kg with 1800 kg payload. The operational altitudes were between 3000-4500 m, with maximum 160 km/h wind speed. It was fixed to a 30 m radius ring road [8].

We can make a conclusion following the 300 years history of balloons, that the features of aerostats again and again piqued the attention of armaments industry's developers. The balloons funded the air forces of the great powers, they expanded the battle space to the air from the dimension of ground and naval. The planes were their continuous concurrence and planes overcame aerostats. The reason for this is that the planes have better maneuver skill and reliability, furthermore they can better resist to the weather hardships than the balloons.

### THE SYNOPSIS OF LATEST MAIN AEROSTATS PROJECTS

Nowadays balloons of NATO<sup>8</sup> armies are being primarily used in the area of carrying ISR<sup>9</sup> platforms. The blimp based camera and monitoring systems were part of camp protection system of many military bases in the battlefields of Iraq and Afghanistan. The deployment of balloon based communication relay is not so significant than the ISR platforms.

---

<sup>7</sup> 2nd World War

<sup>8</sup> North Atlantic Treaty Organization

<sup>9</sup> Intelligence, Surveillance, Reconnaissance

I mainly focus on the stratospheric (17-22 km, HAP<sup>10</sup>) furthermore Low Altitude (LAP<sup>11</sup>; 30 m – 5 km) aerostats. The stratospheric platforms are similar to satellite in terms of coverage in a bigger territory such as Hungary. LAP can cover smaller area, they primarily can be used to support or replace the telecommunication towers.

The HAV-304<sup>12</sup> was developed by the US Army, it is 38 thousands m<sup>3</sup> big. It has the capability to operate at 6 km altitude, a 3000 km radius of action, and a 21 day on station availability with pilot or unmanned. It was primarily designed for ISR tasks, but it is also able to operate as a communication relay and it has BFT<sup>13</sup> capability. There was only one prototype built until now, and the first test flight was completed in 2012 in the colors of US Army. The project was cancelled in 2013 due to its high costs. It was financed by DARPA<sup>14</sup> within the LEMV<sup>15</sup> program. After the US Army cancelled the project, the device was transferred under the suzerainty of the United Kingdom in 2014. The cost of the project was between 154 and 517 million dollar (included the planning, search and research and development, moreover a part of the test phase), because the full project never came true. This amount multiple times exceeds the expense of the Hungarian Gripen project [9]. The costs of flying hours in the testing phase in 2010 were 10-20 thousand dollar/hour, to which a 10 thousand dollar/flying additional charge was added [10]. It has been found that this airship and the attached equipment meet the requirements, but the full expense without going into service and the systematic using exceeds the capability even of the US Army, so it absolutely exceeds the capability of the HDF<sup>16</sup>.

The question: does it worth so many functions to put on one platform? The answer is that not necessarily the many functions cause more cost, but the search and research and development of stratospheric ballooning. The application of stratospheric military ballooning has not yet been taken place as it is shown in the above historical overview. Further researches are required to design the technology. Nowadays there are projects for stratospheric ballooning such as the Thales Stratobus or the Google Loon project.

Stratobus will be a communication relay in the stratosphere, and it will be able to provide continuous unmanned service for long time. It would be based on the wideband 4G LTE<sup>17</sup> standard that is well known from mobile communication. This project has not yet passed into the test phase, but there is an important thing that is worth to be observed. The stratosphere researcher companies analyzed a moment that the platform has to resist maximum 90 km/h operational wind speed [11]. The Google Loon project from the world-famous Google and Raven Aerostar is solicitous following this data. The name of the project is a word-play: The 'loon' is coming from the 'balloon', but the 'loon' is synonym to 'crazy', 'wacky'. The essence of the concept is that there would be installed telecommunication platforms on undirected balloons, so they can cover with LTE network the faraway places of the Earth. They would change the altitude of platforms

---

<sup>10</sup> High Altitude Platforms

<sup>11</sup> Low Altitude Platforms

<sup>12</sup> Hybrid Air Vehicle

<sup>13</sup> Blue Force Tracking

<sup>14</sup> Defense Advanced Research Agency

<sup>15</sup> Long Endurance Multi-Intelligence Vehicle

<sup>16</sup> Hungarian Defense Forces

<sup>17</sup> Long Term Evolution

to take on position them. If the wind blow it, the system float the balloon higher or lower, in order to arrive in an opposite wind direction, so it can be again on a good position. This project made a serious skepticism in professional circles, and also in the company Google-because of the name 'Loon'. Besides this opinion there is a serious stock invest behind the project [12]. You can find a prototype on the Picture 4.



Picture 4. Stratospheric balloon of Raeven Aerostars with communication relay [13]

In 2005 the MARTS<sup>18</sup> system was installed for Iraqi operation of USA, it was built up from tethered airships, which operated as a communication relay. The system was delivered by the TCOM LP, which is the biggest blimp supplier of USA. The system was able to retransmit transmission of SINCGARS<sup>19</sup>, EPLRS<sup>20</sup> and Falcon I series radios, in 125 km radius circle LOS<sup>21</sup> continuous 15 days without pause [14]. The airship resisted 85 km/h wind speed and small weapons. Important to note that these blimps can be easily destroyed by air defense missile or airplane based machine guns. They were 1800 m<sup>3</sup> big, their payload capacity was 225 kg, and the maximum 'flying' altitude was 900 m. The full cost of the system was approximately 14 million dollar, from which they operated 16 balloons [15]. Following the contemporary argument it was more cost-effective to operate balloons than to build towers on the occupied areas and build the security system of them [16]. The company currently delivers aerostats to the war zones of US, moreover to the Mexican – US border, primarily for surveillance tasks.

---

<sup>18</sup> Marine Airborne Re-Transmission System

<sup>19</sup> Single Channel Ground and Airborne Radio System

<sup>20</sup> Enhanced Position Location Reporting System

<sup>21</sup> Line of sight

On the below table I highlight three platforms from the actual offer, which can be well employed as a military communication relay in different levels.

Name	71M	28M	17M
Type	Tethered airship	Tethered airship	Tethered airship
Level	Strategic	Operational	Tactical
Operational altitude	4600 m	1500 m or 900 m	300 m
Payload weight	1600 kg	385 kg or 570 kg	90 kg
Flight duration	30 days	14 days	7 days
Max. operational wind speed	130 km/h	92 km/h	74 km/h
Max. survival wind speed	167 km/h	130 km/h	101 km/h
Payload power	23,5 kVA	3 kVA or 5 kVA	1 kVA

Table 1. Comparing of the American tethered airships from different levels [17] (Edited by the author)

We can see in the table, that the airships meet the requirements of the operation level. From cost perspective three pieces of 28M tethered blimp were 12.2 million dollar in 2012, while 38 million dollar was paid for fifteen pieces tactical level tethered aerostats [18]. USA installed seven 17M blimp and fourteen telecommunication tower for 90 million dollar in Iraq in 2014 [19]. The costs contained full charge, such as the ISR platforms (locators, cameras), technical support, training of operator, installing, repair kits, and support items, etc. It should be mentioned, that the expenses not only reached but they even exceeded the costs of Hungarian Gripen project. On the Picture 5 you can see a 71M strategic level tethered airship.



Picture 5. TCOM LP 71M strategic level tethered airship [20]

It is appropriate to mention the ABSOLUTE<sup>22</sup> [21] and CAPANINA<sup>23</sup> [22] project of EU<sup>24</sup>. The main target of ABSOLUTE project was to search the available aerostats, which can be

<sup>22</sup> Aerial Base Stations with Opportunistic Links for Unexpected & Temporary Events

<sup>23</sup> Communication from Aerial Platform Networks Delivering Broadband Information for All

<sup>24</sup> European Union

operated as communication relays in emergency situations or any related tremendous unexpected events and during temporary mass events. The project focused on the LAP, especially to the helikites [23]. It was made such a tethered aerostat form traversing of balloon and kite, that it is able to operate in 300 m altitude, and it resists 75 km/h wind speed. It is 34 m<sup>3</sup> big and has 10 kg payload capacity. The platform can load antennas of LTE base station and the necessary electronics with ground power feed. The set-up time is approximately one hour. A pick-up is enough for the transportation, but it requires the road infrastructure to be present. It was employed by soldiers of USA, Norway, Great-Britain and Australia during the Afghan deployment [1]. Important measures were made during coverage tests in the frame of helikite trials. It was studied from 300 m reference altitude, there are stabile LTE signal in different distance. Frequency band 700 MHz and 2.6 GHz were used with modulation QPSK, 16 QAM and 64 QAM. It is concluded according to expectations, that the lower modulation produce better results, but there were problems in distance 15 km in frequency 2.6 GHz, so the technology is well employed up to 10 km. The bandwidth 700 MHz performed well in distance 10 and 15 km. Tests were made in real environment and in medium rugged areas. Its cost is dramatically lower than the previous mentioned balloons. US Army bought helikites for 50 thousand per pieces for Afghan mission [24], however the basic platform – to which more ISR items can be installed - can be bought from the importer for 6 thousand dollar [25].

The research has other important results, for example that the low altitude helikites are relatively cheap, and their deployment is much easier than the HAP's, the researchers claimed the medium altitude helikites will be the future. It is planned to improve up to 2000 m its operational altitude. The improvement of the technology has a good effect on aerostats, also on rotary and fixed wing aircraft as well. So planes gained advantage in the race mentioned previously in the historical overview. Furthermore, perhaps the balloons will never satisfy all demands. On the positive side they are cheap, versatile, they have good payload capacity and realistically they could be the first reaction part on disaster area. The ABSOLUTE project created a new head goal in the field of ballooning: It is not recommended to employ only balloon based communication relays, it is better to create a ground, air and satellite based hybrid solution, where the balloons are part of the quickly reaction forces as a temporary solution. Towards dynamic deployment they would be used with cognitive radio systems, so they can help the optimal operation of the communication network [1].

CAPANINA searched for HAP, which can provide wideband bandwidth (up to 120 Mbit/sec) on wide area (normally in 60 km radius circle). The research between 2003 and 2006 showed many good useable solutions in practice, but it claimed the biggest problem of the technology's employment is its cost. Until now there isn't real business demand on the technology. You can see from the financial statement, that the charge (S&R<sup>25</sup> and deployment) of aerostats is four times higher than the charge for planes [1; p 26].

Moreover there is meteorological balloon based solution, which can be used as communication relay [26]. These aerostats are small (few m<sup>3</sup>) and have minimal payload capacity, so they can lift in high altitudes (up to 30 km). Of course these are not tethered balloons, and are exposed

---

<sup>25</sup> Search and Research

to gusts. They perish in stratosphere because of the pressure difference, and the communication part can return back to the ground with a parachute. Flight time is 30-45 minutes. This technology cannot be used for data link and voice communication very well, because it is not subservient to launch balloons every half an hour. Maximum one or two launch per day they can collect data form the sensors in time windows. The other problem with this technology is that the return unit could hit the ground in wide area. These units can return across the whole Carpathian Basin according to the database of Hungarian Meteorology Society (they launch one balloon per day). It is not unusual that a returning units land out of border [27]. These generate serious INFOSEC problems, because the communication relays and crypto keys can be easily compromised.

We should mention the Hungarian engineers Imre Nehéz and Mihály Sós in this field. Nehéz designed the hardballoon, which is the theory of null diffusion balloon system. It would be dramatically reduced helium emission of aerostats, so they can float in the air longer [28]. The possibility of deploying balloons in Hungary was scholarly studied by companies and workshops led by Mihály Sós [29].

## **OPPORTUNITIES OF NATIONAL DEPLOYMENT**

The R&D<sup>26</sup>, operation and running of autonomous robot stratospherically aerostats are not realistic for Hungary in present because of technical and economic situation-and grandiose cost. However a few research claimed that the HAP based communication relays are the future but its price/value ratio does not return for Hungary in national defense level, neither in higher, government level. Based on my research it is generally claimed that the charge of R&D, operation and running of aerostats is higher than other UAV. It is seen through international examples (e.g. tethered of TCOM LP), we can find professional medium and low altitude platforms on the market, which can be used well in practical for military task as communication relay. Of course it is not profitable for great powers to use them only for relay, therefore the balloons are primarily used for holding of ISR platforms and the secondary task is the relay mode. The expense of medium and low altitude platforms is lower than cost of HAP, however I think it would be still unreasonably high for Hungary. Under the present circumstances it won't be acceptable to deploy same balloons, because modern fighter aircrafts would be employed for similar charge, and they would have more significant benefits than aerostats. Moreover the Gripen fleet is huge a financial burden. Furthermore a little amount of aerostats cannot live up to expectations. But the blimps are able to stay longer in the air than rotary and fix air wings, and operate with minimal intervention. Contrary of expectations cost of balloons are dramatically higher than planes.

It is not recommended using meteorological balloons as communication relays, because they have low availability, stochastic conduct of return units, INFOSEC challenges and weather conclusion.

I think military employment of the LAP helikites (30–300 m) carries potential to support the asymmetric and low intense operation in tactical level. The primary task would be to hold ISR

---

<sup>26</sup> Research and Development



platforms, and only the secondary would be the communication relay. In point of Hungary it would be a good solution to hold the antennas of national TETRA<sup>27</sup> system [30] as a support element. You can find possible version of low altitude tethered aerostats in Hungary on the Figure 1.

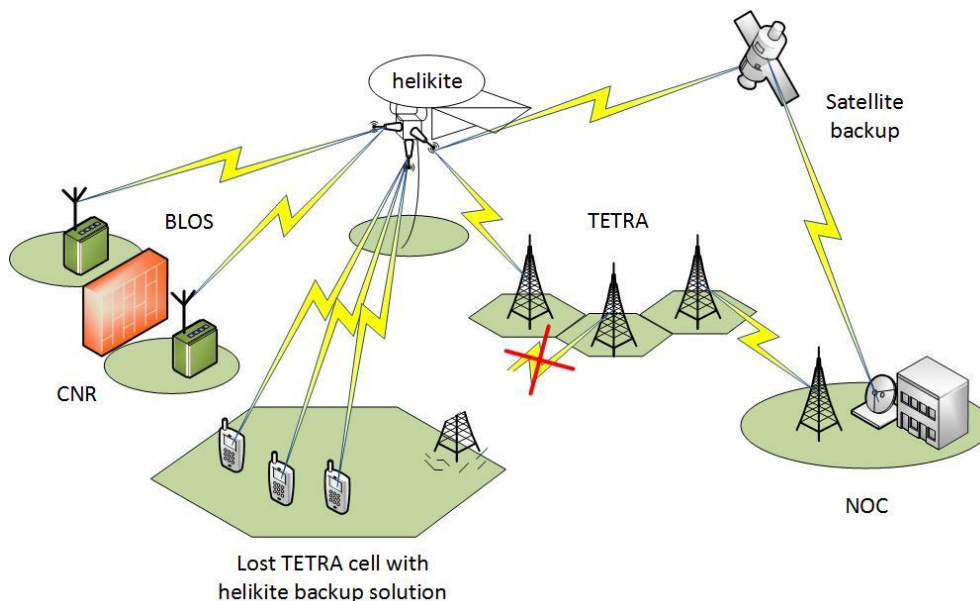


Figure 1. Deployment of low altitude tethered balloons as a communication relay, version (Edited by the author)

You can see on the Figure 1 the helikite has only a complementary role in order to manage the errors in the stationer network and to support the tactical network. Beside of relay mode it would be practical to set up it with ISR platforms (especially camera) in order to support the ISTAR<sup>28</sup> system. Moreover it would support the BFT system, and it can connect the BLOS<sup>29</sup> with CNR<sup>30</sup>'s. The 300 m operational altitude can provide better RLOS<sup>31</sup> for the terminals, furthermore the low bandwidth demand of this system is no problem.

In my opinion it would be worth considering the possibility of deploying helikites in Hungary. As we can see in the upper example, this multifunctional platform is feasible at low cost and its employment would be serious headway in the field IMINT<sup>32</sup> and dubbing communication.

Currently Hungary does not have its own integrated military BFT system, the international operational experiences suggests, that it will be necessary to employ at HDF in the future. The imperfect AI<sup>33</sup> is dilemma of the BFT systems, mainly because its physical problems. Communication network of terrestrial cellular trunked BFT systems (e.g. KFTS<sup>34</sup>) can be easily blocked and destroyed. The satellite links using systems (e.g. FBCB2 BFT<sup>35</sup>, IFTS<sup>36</sup>) have

<sup>27</sup> Terrestrial Trunked Radio

<sup>28</sup> Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, Reconnaissance

<sup>29</sup> Behind Line of Sight

<sup>30</sup> Combat Net Radio

<sup>31</sup> Radio Line of Sight

<sup>32</sup> Imagery Intelligence

<sup>33</sup> Air Interface

<sup>34</sup> KFOR Force Tracking System – in Kosovo

<sup>35</sup> Force XXI Battle Command Brigade and Bellow Blue Force Tracking -

<sup>36</sup> ISAF Force Tracking System – in Afghanistan

expensive data link costs, and based of practice it would not disregard the time of communication lost because of cover problems (e.g. mobile terminals try to connect GEO<sup>37</sup> satellite in hard rugged or rural areas, where connection is usually lost). In this case the medium and low altitude (300 m – 5 km) aerostat based relays can play important role. In one area operating terminals can see the balloons in similar degree like the satellites. It would improve the coverage, if the low altitude relays (in a few hundred meters instead of thousands meters) were able to provide better receiving values [31]. It can provide longer range and better receiving gradient in covered areas.

In summary, the primary employing mode of balloons is the holding of ISR platforms, secondary is holding of communication relays, but this does not rule out to use both in same time. Its main reason is the high cost. Nowadays one of the main deployed platforms would be the low altitude tethered airships. Low altitude tethered blimps can support well the BFT systems. It is important, that for support and not for replace, because the hired satellite lines are more cost-effective than operate a full balloon based system. It is a possible way to use helikite (only a few pieces) for Hungary in this economical case. It is worth to build it with ISR platforms (primary camera) and communication relay. It can improve the spectrum of useable platforms, providing the option for commanders to choose the best platform.

### CONCLUSIONS

I studied the features of unmanned aerostats, it can be concluded that there are such technologies, which are able to support telecommunication claim of military deployment. It should be mentioned it has higher expense than rotary and fix wing aircrafts. The planes won in the competition between the aerostats and planes, and following some international papers [1], it won't change in the future. I suggest examing well employment of balloons because the arguments of balloons are not significant enough. I think, the deployment of balloons would be reasonable, if the special features of balloons (e.g. long time floating in same altitude) were weighted in our decision matrix.

Studying The Hungarian economic situation the charge of a supplementary tethered balloon fleet won't multiple the charges compared to the actual full budget of Hungarian Air Force. In the point of this factor the only reasonable option possibly is to employ the low-cost helikites.

In my paper I achieved the targeted results. Searched and organized the recently available aerostats, which can be used as communication relay. I showed the possible deployment, analyzed their weakness, and moreover suggested employment of a realistic platform, which is also useable in national level. Furthermore I closed a research direction (meteorological balloon as communication relay), because its features are hard to pay off.

---

<sup>37</sup> Geosyncron Earth Orbital

**REFERENCES**

- [1] DAVID GRACE, TAO JIANG, SANDY ALLSOPP, LAURENT REYNAUD, MIHAEL MOHORCIC: Aerial Platforms Study, Integrated Project ABSOLUTE, FP-7-ICT-2011-8-318632-ABSOLUTE/D2.3, 30/10/2013, (online) url: <http://cordis.europa.eu/docs/projects/cnect/2/318632/080/deliverables/001-FP7ICT20118318632ABSOLUTED23v10isa.pdf> (20/10/2015)
- [2] 60 Days of Drones, Day 2: Global Hawk (online) url: <http://phasezero.gawker.com/60-days-of-drones-day-2-global-hawk-1714377588> (17/11/2015)
- [3] What you need to know about commercial drones (online) url: <http://www.engadget.com/2014/06/13/commercial-drone-explainer/> (17/11/2015)
- [4] Airships: a second age (online) url: <http://www.telegraph.co.uk/news/science/7918762/Airships-a-second-age.html> (17/11/2015)
- [5] Aerospace Industry: Satellite communication (online) url: <http://arizonaexperience.org/innovate/satellite-communications> (17/11/2015)
- [6] TERMÉSZETTUDOMÁNYI KISLEXIKON, Akadémiai Kiadó, Budapest 1971
- [7] OFFICIAL SITE OF HELIKITE (online) url: [http://www.allsopp.co.uk/index.php?mod=page&id\\_pag=5](http://www.allsopp.co.uk/index.php?mod=page&id_pag=5) (17/11/2015)
- [8] VÁNYA LÁSZLÓ: A léggömbök, léghajók és katonai alkalmazásuk, In. Bolyai Szemle, Vol. 6. N. 1. pp. 70-85. ISSN 1416-1443, 1997.
- [9] 1001/2012 (I. 11.) kormányhatározat Magyarország Honvédelmi Minisztériuma (Fegyverzeti és Hadbiztosági Hivatal) és a Svéd Királyság Försvarsexportmyndigheten (Svéd Védelmi és Biztonsági Export Ügynökség) elnevezésű szervezete között a JAS-39 Gripen típusú repülőgépek bérletével kapcsolatos részletes feltételeket tartalmazó Bérleti Megállapodásban foglalt bérleti időszak módosítására vonatkozó megállapodás aláírásáról szóló felhatalmazásról, In. Magyar Közlöny, N. 2012/003.
- [10] RISE OF THE BLIMPS: THE US ARMY'S LEMV, In. Defense Industry Daily, 24/10/2013 (online) url: <http://www.defenseindustrydaily.com/Rise-of-the-Blimps-The-US-Armys-LEMV-06438/> (20/10/2015)
- [11] THALES: STRATOBUS, HALF WAY BETWEEN DRONE AND SATELLITE, 10/3/2014 (online) url: <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/space/magazine/stratobus-halfway-between-drone-and-satellite> (20/10/2015)
- [12] GOOGLE LOON PROJECT (online) url: <https://www.google.com/loon/> (20/10/2015)
- [13] OFFICIAL SITE OF RAVEN AEROSTAR/ HIGH ALTITUDE PLATFORMS (online) url: <http://ravenaerostar.com/products/high-altitude-balloons/product-overview> (7/11/2015)
- [14] \$14M+ FOR BLIMPS IN IRAQ, In. Defense Industry Daily, 20/4/2005 (online) url: <http://www.defenseindustrydaily.com/14m-for-blimps-in-iraq-0387/> (20/10/2015)
- [15] ANDREAS PARSCH: Tethered Aerostats Appendix 4 (online) url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/aerostats.html> (20/10/2015)
- [16] BLIMPS FOR MARINES IN IRAQ, In. Defensetech, 14/4/2005 (online) url: <http://defensetech.org/2005/04/14/blimps-for-marines-in-iraq/> (20/10/2015)
- [17] TCOM tethered airship platforms (online) url: <http://www.tcomlp.com/aerostat-platforms/> (3/11/2015)
- [18] SIGNAL magazine ISSN 0037-4938 (online) url: <http://www.afcea.org/content/?q=taxonomy/term/1038> (3/11/2015)
- [19] THE USA'S RAID PROGRAM: SMALL SYSTEMS, BIG SURVEILLANCE TIME, In. Defense Industry Daily, 15/4/2014 (online) url: <http://www.defenseindustrydaily.com/the-usas-raid-program-small-aerostats-big-surveillance-time-02779/> (3/11/2015)
- [20] TCOM strategic class tethered airship platforms (online) url: <http://www.tcomlp.com/aerostat-platforms/strategic-class-aerostat-systems/> (7/11/2015)
- [21] OFFICIAL SITE OF ABSOLUTE (online) url: <http://www.absolute-project.eu> (29/10/2015)
- [22] OFFICIAL SITE OF CAPANINA (online) url: <http://www.capanina.org> (29/10/2015)
- [23] OFFICIAL SITE OF HELIKITE (online) url: <http://allspp.co.uk> (29/10/2015)
- [24] SETH ROBSON: Part blimp, part kite: Military testing Helikite for use over Afghan skies, In. Stars & Stripes, 20/5/2012 (online) url: <http://www.stripes.com/news/middle-east/afghanistan/part-blimp-part-kite-military-testing-helikite-for-use-over-afghan-skies-1.177779#> (6/11/2015)
- [25] OFFICIAL OFFER OF HELIKITE SELLER (7/11/2015) (online) url: [http://www.allsopp.co.uk/index.php?mod=page&id\\_pag=35](http://www.allsopp.co.uk/index.php?mod=page&id_pag=35) (7/11/2015)
- [26] OFFICIAL SITE IF SKYSITE (online) url: <http://www.spacedata.net/> (4/11/2015)

- [27] KOLBERT ANDRÁS: Ballont eresztettünk a pesti zivatarba, In index.hu, 30/4/2014 HU ISSN 1585-3241 (online) url: [http://index.hu/tudomany/2014/04/30/ballont\\_eresztettunk\\_a\\_pesti\\_zivatarba/](http://index.hu/tudomany/2014/04/30/ballont_eresztettunk_a_pesti_zivatarba/) (4/11/2015)
- [28] OFFICIAL SITE OF IMRE NEHÉZ (online) url: <http://www.hardballoon.hu/about.html> (24/02/2016)
- [29] OFFICIAL SITE OF MIHÁLY SÓS (online) url: <http://www.robotair.eu/hu/rolunk> (24/02/2016)
- [30] NÉMETH ANDRÁS: A mobil szolgáltatók hálózatainak felhasználása, fejlesztési lehetőségei és alternatív megoldások a katasztrófavédelmi kommunikáció területén, PhD thesis, Budapest, Hungary, Miklós Zrínyi National Defense University, 2007.
- [31] SZABÓ ANDRÁS, NÉMETH ANDRÁS: Increasing the Robustness of the Wireless Communication Links in Hostile Radio Frequency (RF) Environment, In. 23th International Conference Radioelektronika 2013; Pardubice, Czech Republic, 2013.04.16-2013.04.17. Pardubice: University of Pardubice, 2013. pp. 278-283. ISBN 9781467355162
- 

***BALLONOK KATONAI ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGE KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A MAGYAR HONVÉDSÉG TÁVKÖZLÉSI IGÉNYEINEK TÁMOGATÁSÁRA***

*Napjainkban a ballonok katonai alkalmazásuk reneszánszát élik. Az Oiraki és afganisztáni hadszíntereken egyaránt megtalálhatóak voltak a megfigyelési és átjátszó pontként telepített léghajók. A nagy illetve elzárt területek összekapcsolására egyre nagyobb igény jelentkezik, így a magas költségekkel járó műholdas kommunikáció mellett célszerű minden más alternatív platformot megvizsgálni. Kutatásomban megvizsgálom a különböző magasságú, kötött és szabadon lebegő ballonok kommunikációs átjátszó állomásként történő alkalmazási lehetőségét. A nemzetközi kitekintés mellett kiemelem a honi alkalmazás perspektíváit is.*

*Kulcsszavak: ballonok, kommunikációs átjátszó pont, helikite, ABSOLUTE*

---

KÁROLY Krisztián főhadnagy  
doktorandusz  
Nemzeti Közszolgálati Egyetem  
Katonai Műszaki Doktori Iskola  
krisztian.karoly@mil.hu  
orcid.org/0000-0002-5835-7980

Lt. KÁROLY Krisztián  
PhD aspirant  
National University of Public Service  
Doctoral School of Military Engineering  
krisztian.karoly@mil.hu  
orcid.org/0000-0002-5835-7980

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-03-0247-Karoly\\_Krisztian.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-03-0247-Karoly_Krisztian.pdf)



Tóth József

## КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД МОДЕРНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ ИНЖЕНЕРОВ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

*При появлении истребителя JAS-39 началась новая эра в вооружении ВВС Венгерской Армии. В связи с этим стала необходимым усовершенствовать не только организации и системы эксплуатации ЛА, но и обучение инженер-офицеров, принимающих участие в процессе эксплуатации самолёта. Для определения необходимых компетенций нужно исходить из способностей, требующихся пользователем, т.е. организациям, где выпускники вступают впервые должность и начинают инженерную деятельность. На базе этих разрабатывается ООП и необходимо оформить тематики различных дисциплин. На основании этого процесса обеспечивается баланс между требованиями пользователем, т.е. организации технической эксплуатации ЛА и знаниям выпускников высших учебных заведений. В этой статье попробую показать процесс формирования предметной программы через образец одной из важнейших предметов.*

**Ключевые слова:** обучение офицеров технического обслуживания, компетенция, компетентностный подход, образовательная программа

### ВВЕДЕНИЕ

Новая эра требует новое мышление, новая философия и новые концепции. Это правда во всех отраслях общества, среди них и в сфере обороны и прежде всего у Военно-Воздушных Сил Венгерской Армии. Такая новая эра началась при появлении в вооружении ВВС нового истребителя JAS-39. В связи с этим стало необходимо усовершенствовать не только организации и системы эксплуатации ЛА, но и обучение инженер-офицеров, принимающих участие в процессе эксплуатации самолёта.

На этапе совершенствования обучения инженеров по эксплуатации становится закономерной необходимостью перехода к компетентностно-ориентированному образованию, который представляет собой одно из направлений модернизации образования [4].

Для определения необходимых компетенций нужно исходить из способностей, определяющихся пользователем, т.е. организациям, где выпускники вступают в первую должность и начинают инженерную деятельность. Используя эту основную информацию сможем начинать разработку основной общеобразовательной программы (ООП) инженерной профессии, и на базе ООП необходимо оформить тематики различных дисциплин [2][6]

На основании этого процесса обеспечивается баланс между требованиями пользователем, т.е. организации технической эксплуатации ЛА и знаниям выпускников высших учебных заведений.

## КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИН

Для поддержания и текущего совершенствования структуры образования, инфраструктуры необходимо знать, что какими компетенциями необходимо иметь офицерам, командирам, специалистам, которые имеют ответственную должность в техническом обслуживании современной авиационной техники [1][2][5][6].

Компетентностный подход даёт нам ряд преимуществ для успешной выполнении образовательной программы инженеров.

Компетентностный подход:

- даёт ответы на запросы пользовательской сферы;
- проявляется как обновление содержания образования в ответ на изменяющуюся технологию по эксплуатации;
- представляет собой обобщенное условие способности человека эффективно действовать за пределами учебных сюжетов и учебных ситуаций;
- представляется радикальным средством модернизации;

Как видно из предыдущих, основным понятием является компетенция и компетентность, так в первую очередь выясним суть этой категории.

Компетенция – комплексная характеристика способности и готовности выпускников демонстрировать и применять полученные в результате освоения основной общеобразовательной программы (ООП) знания, умения, навыки, а также личностные качества, позволяющие выполнить конкретную профессиональную деятельность на высоком уровне в стандартных и изменяющихся ситуациях профессиональной деятельности.

Приведем некоторые требования к результатам основных образовательных программ выпускника военно-учебного заведения:

- обладание развитым абстрактно-логическим мышлением, собственным компетентным мнением, способностью к принятию обоснованных решений в нестандартных условиях обстановки и организации их выполнения, самостоятельных действий в пределах предоставленных прав;
- способность к постоянному самосовершенствованию, планированию профессиональной карьеры, профессиональному и личностному саморазвитию, приобретению новых знаний и использованию для этого современных образовательных технологий;
- способность применять знания (конструкцию, тактико-технические и эксплуатационные характеристики современной боевой авиационной техники, правила её эксплуатации и ремонта) на практике, в том числе владеть научным инструментарием, применяемым в области авиации.
- способность разрабатывать предложения, мероприятия, планы, карты, схемы, учётные, отчётные, технологические и другие документы по организации эксплуатации и ремонту авиационной техники.

Компетентность:

- характеризуется возможностью переноса способности в условия, отличных от тех, в которых эта компетентность изначально возникла;
- определяется как готовность специалиста включиться в определенную деятельность или как атрибут подготовки к будущей профессиональной деятельности.

Формированию общеинженерной компетентности курсантов военного вуза посвящено исследование основанное на системном, личностно-ориентированном, деятельностном и компетентностном подходах. Необходимо разработать модель формирования общеинженерной компетентности будущих офицеров, включающая в себя системность, вариативность, индивидуализированность процесса обучения. Общеинженерная компетентность представлена как интегративное качество будущего военного специалиста, отражающее его способность и готовность эффективно выполнять инженерную деятельность. Содержание общеинженерной компетентности заключается в совокупности проявленных в учебно-профессиональной деятельности общеинженерных компетенций. Структуру общеинженерной компетентности составляют взаимосвязанные мотивационно-ценностный, интеллектуально-познавательный и личностно-деятельностный компоненты. Что возможно в совокупности традиционных и инновационных форм обучения, с учетом межпредметных связей естественно научных, общеинженерных и обще профессиональных дисциплин [8].

Одним из методов рассмотрения компетенций выпускника является системный подход к анализу предметной области, определяющей компетентность в данной области. Как показано на Таблице 1, модель представлена целью, методологическими подходами, мотивационным, когнитивным и рефлексивно-креативным и другими компонентами формирования необходимых компетенций для решения проблем и задач, касающихся принципов движения и управления современных ЛА и организационно-педагогическими условиями.

<b>Дисциплина «Динамика полёта летательных аппаратов»</b>		
<b>Цель:</b> Формирование необходимых компетенций для решений проблем и задач, касающихся принципов движения и управления современного ЛА.		
<b>Содержательный компонент</b>		
<b>Мотивационный компонент</b>	<b>Когнитивный компонент</b>	<b>Рефлексивно-креативный компонент</b>
формирование мотивации к самостоятельной работе, потребности самореализации	формирование компетенции внимания, усвоение и применение знаний в решении практических задач	успешное решение сложных задач по движению ЛА, самоанализ и самооценка своей деятельности
<b>Организационно-деятельностный компонент</b>		
<b>Формы:</b> лекции и практические занятия, индивидуальные и групповые освоения темы		
<b>Методы:</b> активные, практические, коммуникативные		
<b>Средства:</b> мультимедийные технологии		
<b>Оценочный компонент</b>		
<b>Критерии</b>	<b>Показатели</b>	<b>Уровни</b>

Таблица 1. Модель формирования компетентности по дисциплине «Динамика полёта ЛА» [7]



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инженерная деятельность в современных условиях определяется не столько усложнением техники и технологий, увеличением числа составляющих и связей объектов, расширением объема знаний инженера, а сколько изменением структуры и задач, решаемых в ней [3][8]. Будущие инженеры по эксплуатации современных авиаккомплексов должны в совершенстве владеть методами моделирования, прогнозирования и проектирования, а также методами исследований и испытаний, необходимыми для создания новых интеллектуальных ценностей, что диктуется особенностями и изменениями технологии эксплуатации летательных аппаратов нового поколения. Студенты, обучающиеся в настоящее время, будут внедряться в производство еще не существующих материалов и технологий. В инженерном образовании необходимо подготовка компетентного, успешного, уверенного в своей деятельности специалиста.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] BÉKÉSI BERTOLD, KORONVÁRY PÉTER, SZEGEDI PÉTER: Terrorism and Airport Security Some Technological Possibilities to Reduce Exposure, Deterioration, Dependability, Diagnostics International conference, University of Defence, Brno, 2015. pp. 279-288., ISBN: 978-80-7231-431-7
- [2] KORONVÁRY PÉTER: Gondolatok a vezetéstudomány feladatáról, Hadmérnök, III. évfolyam 2. szám (2008. június) pp. 161-168. (online) url: [http://hadmernok.hu/archivum/2008/2/2008\\_2\\_koronvary.pdf](http://hadmernok.hu/archivum/2008/2/2008_2_koronvary.pdf) (2016.03.01)
- [3] KORONVÁRY PÉTER, SZEGEDI PÉTER: Tudásalkalmazás és tudásgondozás, Hadmérnök X. évfolyam 4. szám (2015. december) pp. 217-226. (online) url: [http://www.hadmernok.hu/154\\_20\\_koronvaryp\\_szp.pdf](http://www.hadmernok.hu/154_20_koronvaryp_szp.pdf) (2016.02.21)
- [4] KORONVÁRY PÉTER: TQM a közsférában? Veszélyek és lehetőségek, Hadmérnök, IX. évfolyam 3. szám (2014. szeptember) pp. 281-289. (online) url: [http://hadmernok.hu/143\\_23\\_koronvary\\_1.pdf](http://hadmernok.hu/143_23_koronvary_1.pdf) (2016.02.21)
- [5] KORONVÁRY PÉTER, SZEGEDI PÉTER, TÓTH JÓZSEF: Kutatás és képzés – módszertani felvetések az elvárások és a képzési portfólió összehangolására a repülőműszaki képzésben, Hadmérnök X. évfolyam 4. szám (2015. december) pp. 237-246 (online) url: [http://www.hadmernok.hu/154\\_22\\_koronvaryp\\_szp\\_tj.pdf](http://www.hadmernok.hu/154_22_koronvaryp_szp_tj.pdf) (2016.02.21)
- [6] KORONVÁRY PÉTER, SZEGEDI PÉTER: Thoughts on understanding our organizations, Hadmérnök X. évfolyam 4. szám (2015. december) p. 227-236. (online) url: [http://www.hadmernok.hu/154\\_21\\_koronvaryp\\_szp.pdf](http://www.hadmernok.hu/154_21_koronvaryp_szp.pdf) (2016.02.21)
- [7] КУЗЯКИНА НАТАЛИЯ АЛЕКСАНДРОВНА: Модель формирования профессионально-коммуникативной компетентности будущих авиаспециалистов в процессе обучения иностранному языку (online) url: [http://scjournal.ru/articles/issn\\_1997-2911\\_2014\\_4-2\\_30.pdf](http://scjournal.ru/articles/issn_1997-2911_2014_4-2_30.pdf) (2016.02.21)
- [8] SZEGEDI PÉTER: „ÖTLET! ... ROHAM!” egy „csináld és tanítsd” folyamat elindításához, a katonai felsővezető képzés lehetséges fejlesztési iránya, Hadmérnök, IX. évfolyam 2. szám (2014. június) 400-408. (online) url: [http://hadmernok.hu/142\\_35\\_szegedip.pdf](http://hadmernok.hu/142_35_szegedip.pdf) (2016.02.21)

*A korszerű repülőgépeket üzemeltető mérnökök képzése korszerűsítésének kompetencia alapú megközelítése*

*Az új JAS 39 vadászipülőgépek rendszerbe állításakor új korszak kezdődött a Magyar Honvédség Légierejénél. Ezzel összefüggésben szükségessé vált nem csak a repülőgép üzemeltető szervezetnek és az üzemeltetés rendszerének korszerűsítése, hanem azon mérnök tisztek képzésének modernizálása is, akik a repülő eszköz üzemeltetésében részt vesznek. A szükséges kompetenciák meghatározásához a felhasználók által megkövetelt kompetenciákból szükséges kiindulni, vagyis azon szervezetek igényeiből, ahol az alapképzésből kikerült tisztek első beosztásukat látják el. Ennek bázisán kerül kidolgozásra az általános képzési program, és készülhetnek el a különböző tantárgyak tematikái. Ezen folyamat alapján biztosítható a felhasználók, vagyis a repülő technika műszaki üzemeltető szervezetei által meghatározott követelményei, és a felsőoktatási intézményekből kikerült végzetek tudása közötti egyensúly. Ebben a cikkben az egyik legfontosabb tantárgy példáján keresztül próbálom meg bemutatni ezt a folyamatot.*

**Kulcsszavak:** repülő műszaki tisztképzés, kompetencia, kompetencia alapú megközelítés, képzési program

---

TÓTH József  
alezredes, főiskolai docens  
Nemzeti Köszolgálati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék  
toth.jozsef@uni-nke.hu  
ORCID: orcid.org/0000-0001-8647-3404

TÓTH József  
Lieutenant Colonel, Associate Professor  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aircraft And Engine  
toth.jozsef@uni-nke.hu  
ORCID: orcid.org/0000-0001-8647-3404

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-04-0283\\_Toht\\_Jozsef.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-04-0283_Toht_Jozsef.pdf)



Makkay Imre

## ULTRAKÖNNYŰ VITORLÁZÓ REPÜLŐGÉPEK KEZDŐK OKTATÁSÁRA

*A teljesen kezdők – akár tizenévesek – első repülés élményei kötődhetnek az egyszerű, alapvető kormányozdulatok megtanulására, gyakorlására alkalmas ultrakönnnyű vitorlázó repülőgépekhez. Ennek már hagyományai vannak, jellemzően az olyan országokban, ahol repülőgépgyártás is folyik. A sikeres típusok bemutatásával egyben bátorítani kívánjuk a hazai tervezők, fejlesztők, gyártók képviselőit és a leendő alkalmazókat, akik talán képesek lennének hasonló teljesítményre!*

**Kulcsszavak:** ultrakönnnyű, vitorlázó repülőgép, oktatás, K+F

### BEVEZETÉS

A repülés – ami nem természetes adottság a „halandó” ember számára – mindig kivált egy emelkedett, büszke tartást azokban, akik művelhetik és enyhébb-erősebb irigységet azoknál, akik nem mernek, vagy nem tudnak ebben részt venni. Az utóbbiak számát csökkentheti, ha közelebb kerülhetnek egymáshoz, ahogy az elképzelt történet sugallja:

Gyerekszáj: „*Vasárnap felmentünk Pipis hegyre, volt ott sok repülőgép*” – jól hangzik, de milyen nagy lesz a különbség, ha hozzáteheti – „*én is repültem eggyel, sőt még vezettem is*”.

Az ezt követő (apai/nagyapai) lelkendezést, büszkélkedést – (anyai/nagymamai) aggodalmaskodást már el lehet képzelni. Megnő a nézettség az olyan hirdetéseknek amiből megtudható mennyit keres egy pilóta, gyűlnek a repülés posztok a szekrényajtókon (egyelőre belül), kapitányi váll-lapot kér a gyerek karácsonyra stb. ...

Egy „nyitott repülőtér napon” több támogató szerezhető, mint sok más „hagyományos” lobbitevékenységgel. A célhoz, a szülők és pilóták részéről egyaránt megnyilvánuló, gyerekek iránti felelősségérzet és gondoskodás vezet. Ha a felnőttek kezét fogják, annak a gyerekek lesznek nyertesei. Az évközi modellezés, elméleti előadások, szimulátoros repülések és a nyári táborok alatt kialakuló csapatszellem, a jó társasághoz való kötődés sem mellékes a mai világban.

A gyermekek repülőtéri foglalkoztatására olyan felszereltségű repülő eszközöket célszerű használni, ami a biztonság mellett a könnyű hozzáféréssel, mobilitással, „strapabírósággal” jellemezhető. A továbbiakban ezekre keresünk megoldásokat – felhasználva néhány frappáns műszaki megoldás tanulságait és - számítva e sorokat olvasók aktív közreműködésére, ötleteire, javaslataira.

### VITORLÁZÓ REPÜLÉS, KEZDŐK OKTATÁSA

A vitorlázó repülés a természet erejét és az ember ügyességét ötvöző olyan tudás, ami nélkül nem születhettek volna meg a mai, minden kényelemmel felszerelt utasszállító repülőgépek

sem. Sajnos több esetben előfordult, hogy éppen ilyen készségek hiányában nem tudtak az önműködő rendszerekhez szokott pilóták megbirkózni valamilyen rendkívüli helyzettel. Ahogy 2009 januárjában Chesley Sullenbergernek a vitorlázó, majd harci repülőgépeken szerzett tapasztalata bizonyára segítette a Hudsonra leszállni, úgy néhány hónappal később az Atlanti-óceán fölött az Air France 447 járatán repülő pilótáknak – a rendkívül nehéz időjárási körülmények és műszaki meghibásodások közepette – ez is hiányzott. Számos hazai példa mutatja, hogy a közforgalom „igazi” pilótái kedvelik a vitorlázó és a kisgépes repülést – ilyenek mögött az utas is nagyobb biztonságban érezheti magát.

Az évente megrendezett id. Rubik Ernő emléknapon megjelenő hajdani munkatársak tekintetében még felcsillan a magyar repülőgépgyártás esztergomi hősora. Az itt tervezett számos – 28 vitorlázó és 5 motoros – repülőgép közül a mára ikonná váló R-26 Góbé lett a legsikeresebb. Szinte minden magyar pilóta ezzel kezdte a „szárnyait próbálgatni” – sajnos a még repülhető példányok száma egyre fogy.

A géphiány is az oka annak, hogy a fiatalabb korosztály nem tud közelebb kerülni a repüléshez, hiszen a klubok féltve őrzött teljesítménygépei „nem gyerek kezébe valók”. Pedig senkinek nincs nagyobb szüksége a jó levegőre, mozgásra, „rosszalkodására”, mint a mai tizenéveseknek. A fiatal, teljesen kezdő vitorlázórepülők oktatására – a kormány szerkezetek készség szintű használatára, az első „szökkenésekre” – az egyszerű siklógépek is alkalmasak. Aki kipróbálja, megérti a repülőgépek aerodinamikai kormányzását, már repülési élményekkel is gazdagodva tud dönteni a kapcsolódó további tanulást illetően.



1. ábra A litvániai nyári tábor legifjabb pilótái [1]

Külföldi tapasztalatok [2][3][4][5] azt mutatják, hogy nyugodt időjárási körülmények között, akadálymentes, sík terep fölött, 5–10 m magasságban repülve: 10–12 éves korban (1. ábra) az egyenes siklás és kilebegtetett leszállás, 13–15 éves korban pedig már a maximálisan 30°-os elfordulás, célra szállás is oktatható és gyakoroltatható. Eközben készség szinten kialakulnak a szárny vízszintes helyzetben, valamint a repülési irány megtartására szolgáló reflexmozdulatok. Ilyen céllal, illetve azzal a nem titkolt szándékkal működnek ma is a nyári repülő táborok Litvániában, az AB „Sportiné aviacija” (LAK gyár) bázisrepülőterén, hogy az itt végzett növendékek a repülést, repülőipart válasszák majd hivatásul. A tábor lakói szálláson és étkezéson kívül, szakképzett oktatókat is kapnak az elméleti foglalkozásokhoz és a gyakorlati repülésekhez.



2. ábra A LAK-16 repülőgépből több mint 400 példányt gyártottak [6]

A kezdők oktatására alkalmazott siklórepülőgépek indíthatóak gumikötéllel [7], vagy az indítási magasságot/sebességet korlátozó speciális csörlővel [8]. Hasonló repülőgépeket a haladók – az előírt repülési műszerekkel, felszerelésekkel ellátva – normál csörlős illetve vontatott [9] üzemben is használhatják.

Ilyen repülőgépek például a PW-2 GAPA (lengyel, ld. 3. ábra), LAK-16 (litván, ld. 2. ábra), Sirsé (litván), Oroszországban és a szovjet utódállamokban népszerű a BRO-11 M (6. ábra), valamint az ebből motorossá továbbfejlesztett Korsun és Berkut. A tengerentúlról indult, mára több országban repül a Goat vitorlázó repülőgép (7. ábra) és motoros változata. Meg kell említeni, a '30-as években Esztergomban született, hasonló rendeltetésű Tücsök és Vöcsök siklórepülőgépeket, melyekkel az akkori növendékek tették meg az első szárnyalásaikat. Sajnos ezekből már múzeumi példányok is alig találhatók.

Mindenképpen indokolt lenne a hazai fejlesztés és kivitelezés, különösen a bevezetőben jelzett gondok miatt:

- a Góbé vitorlázó repülőgépek száma egyre csökken;
- a teljesen kezdőknek nincs megfelelő típus;
- az eszközök külföldi beszerzése körülményes (drága);
- a magyar repülőipar újabb megrendelésekhez juthat;
- a felhasználók megfizethető repülőgépet vásárolhatnak;
- a fiatalok szabadidős elfoglaltsága/ismeretszerzése javul;
- a repülőklubok új tagokkal bővülnek.

A külföldi repülőgépek adatainak (1. táblázat) összehasonlításából levont tanulságokkal, közelebb kerülhetünk egy saját tervezésű és kivitelezésű modell megalkotásához.

Vizsgált jellemző	PW-2 GAPA	LAK-16	BRO-11M	GOAT
Szárny fesztáv [m]	11	9,66	7,8	11
Szárnyfelület [m <sup>2</sup> ]	12,7	8,05	11,8	16,2
Magasság [m]	2,45		2,5 m	
Törzs hossz [m]	5,5	5,38	5,47	5,2
Felszálló tömeg [kg]	220	175	125	136
Üres tömeg [kg]	110	88	65	64
Max. seb. $V_{NE}$ [km/h]	150	96		72
Min. seb. [km/h]	50	48	30	35
Min. merülés [m/s]	1	1,2	1	
Siklószám	16 (69 km/h-nál)	12	12	

1. táblázat Ultrakönnyű vitorlázó repülőgépek adatai

A Politechnika Warszawska által a JAR-22 előírásainak megfelelően tervezett PW-2 GAPA 1985-ben repült először (3. ábra). Mindössze 19 példányban készült – szállítottak belőle Kanadába, USA-ba, Japánba, Mexikóba, Kolumbiába. Az üvegszál-epoxy kompozit technológián alapuló vázszerkezet a szárnyakon vászonborítást kapott. A csűrő és magassági kormányok rudazattal, az oldalkormány drótkötéllal mozgatható. Karos kialakítású kerekkes főfutóját olajcsillapítású rugóstaggal szerelték. Gumiköteles, csörlős és vontatásos indításra egyaránt alkalmas.



3. ábra A PW-2 GAPA gumiköteles indítása Bezmiechovában [10]

A PW-2 GAPA repülési tulajdonságai – a közzétett videók [11][12][13] és egy oktató véleménye [14] alapján – figyelemre méltóak. A szét és összeszerelés, szállítás sem okozhat gondot – erről tanúskodik az egyik amerikai tulajdonos által készített fényképsorozat [15]. A jelentős (110 kg-os) terhelhetőség arra utal, hogy a felnőtt pilóták is bátran használhatják – mint ahogy teszik is.

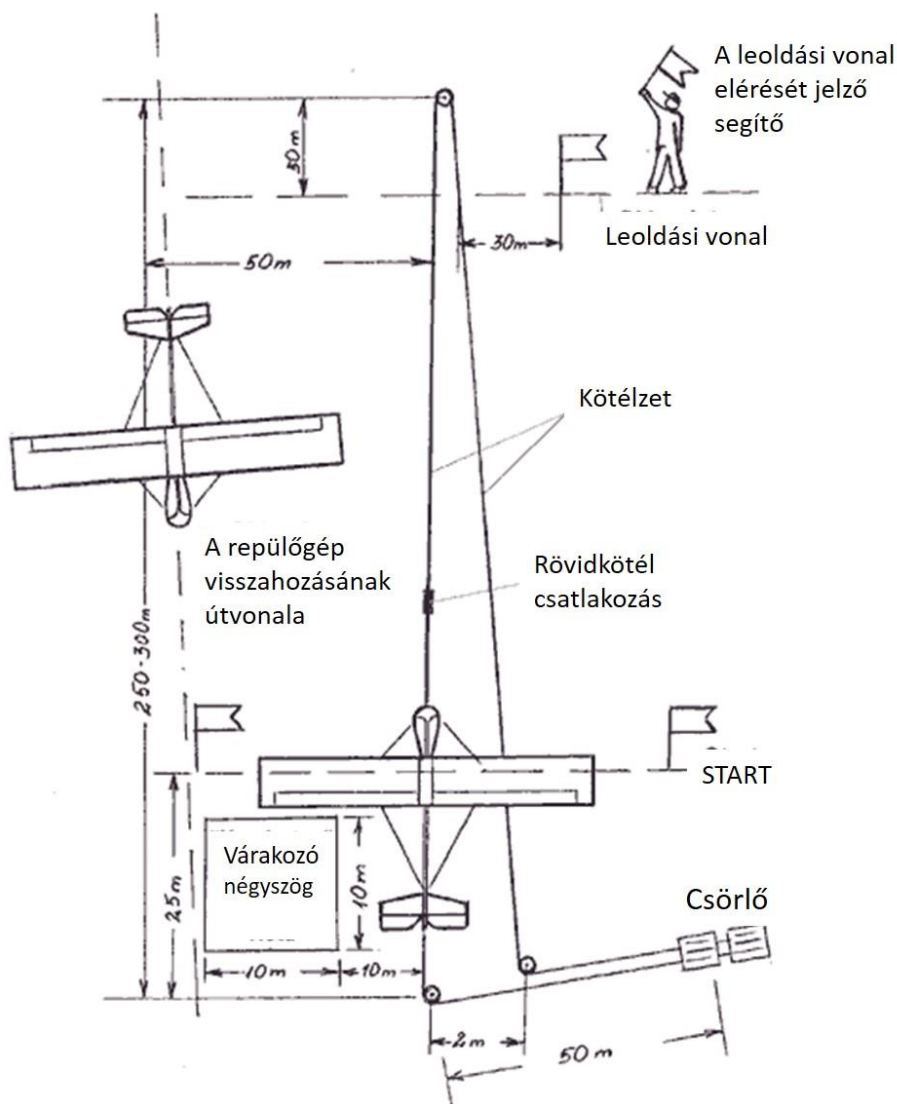


4. ábra A PW-2 GAPA a krakkói repülőmúzeumban [16]

A krakkói Lengyel Repülés Múzeumban kiállított – töréstudományra szolgáló – vázszerkezeten (4. ábra) jól megfigyelhető a szerkezeti felépítése. A (még „csupaszon” is elegáns) repülőgép a mai modern anyagokkal és eljárásokkal feltehetően könnyebb és gazdaságosabban előállítható változatban is megépíthető lenne.

A Politechnika Warszawska oktatói, hallgatói, PhD képzésben résztvevői ezen kívül még számos sikeres repülőgép terveit készítették el – közöttük a 240 példányban megépült FAI győztes PW-5 SMYK.

Az összehasonlításban szereplő második repülőgép a litván LAK-16M, melynek acél és alumínium csövekből épített vázát sodronykötelekkel merevítik. A szárny vászonborítású, az ülés előtt műanyag légtերelő található, a két rugózó főfutót és farokfutó mellett, az orr-részen egy csúszótalpat is elhelyeztek. A repülőgépet első sorban a kezdők, tizenévesek oktatására tervezték, amint azt a felépítése, terhelhetősége is mutatja.



5. ábra A LAK-16M leírásában szereplő indítórendszer [17]

Bár a gyár által kiadott üzemeltetési utasításban csörlés és vontatás lehetősége is szerepel, az alapvető rendeltetése a kis magasságú fel- és leszállás ( $H_{\max} = 10$  m-ig) gyakorlása. E célra speciális, végtelenített kötélpályát használnak, amely a rákapcsolódó rövid (10–12 m) kötélen vezeti a repülőgépet a lekapcsolódásig – ami a vonóerő lecsökkentésével automatikusan megtörténik. Erre a fordító csiga előtt kb. 50 m-re álló személy zászlóval ad jelet az aggregátorkezelőnek. A csörlő általában valamilyen gépkocsi kardánmeghajtásáról működik, de alkalmaznak önálló, kisteljesítményű aggregátorokat is. Az önfeszítő rendszerű drótkötélpálya



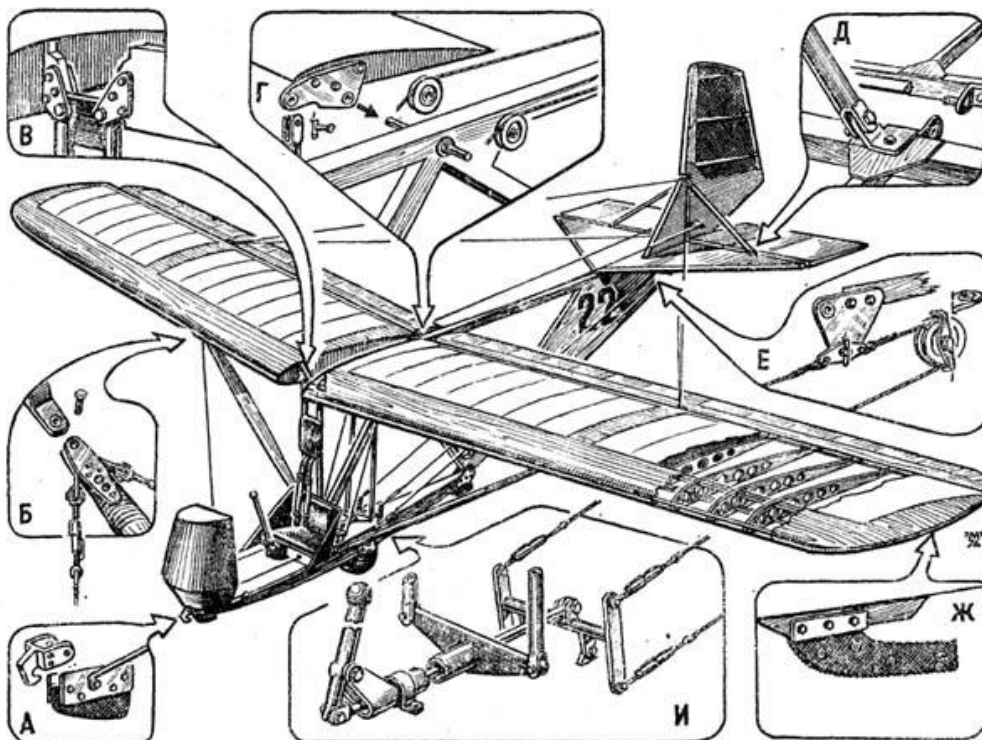
250–300 m hosszú egyenes szakaszán történik a felszállás és kismagasságú vontatás, majd a lekapcsolást követően – a körülményektől és a pilóták ügyességétől függően – még további 150–200 m szabad, siklórepülés következik a földet érésig.

A litván képzési rendszer sokéves tapasztalaton alapul. A tematika – a gyakorlati repülés mellett – jelentős óraszámában tartalmaz aerodinamika, repülőgép szerkezetan, meteorológia, sőt légijog ismereteket, természetesen a korosztálynak megfelelő tartalommal. [18]

A gyári ajánlásnak megfelelő méretű pályát használva biztosítható, hogy a különböző képzési helyeken (Litvániában 10 db) felkészült ifjú pilóták tudásukat országos versenyen mérjék össze. Általában augusztus hónapban kerül sor az ilyen rendezvényre, ahol – korosztályonként – a pontos célra szállást értékeli.

A tizenéves gyermekek otthonosan mozognak a repülőtéren, fegyelemhez, rendez szokva olyan ismereteket és készségeket szereznek, amelyekkel a 16. évet betöltve, a felnőtt képzésük során jelentős előnyre tesznek szert.

Az összehasonlító táblázatban szereplő harmadik repülőgép a BRO-11 (6. ábra) talán a LAK-16 -ot is meghaladó népszerűsége tette szert. A neves litván tervező Bronius Oskinis sikerét annak (is) köszönheti, hogy felépítésében a fa szerkezetek dominálnak és a hosszú téli hónapokban a modellező szakkörök „nagy csoportosai” maguk is meg tudták építeni. A szándékosan egyszerű, „megbocsájtó” szerkezetük ezt lehetővé teszi – annak árán, hogy nem sokkal "csinosabbak" a 30-as évekből származó elődöktől.



6. ábra A BRO-11-M „Zile” oktató vitorlázó repülőgép [19]

A „Zögling”-re emlékeztető gerendára épített törzset, illetve a farok vezérsíkjait is többszörös kötélzettel merevítették. Az klasszikus, vászonborítású, rétegelt lemezből kialakított szárny már

alumínium vázszerkezettel is megjelent. A „baltával szabott” törzsorr-rész mögött „fapados” pilótaülés található.

A BRO-11-M kis önsúlya a terhelhetőségére is kihat, amin további megerősítésekkel a későbbi, motoros változatoknál (Korsun, Berkut) már javítottak. A kötőtpályás csörlés mellett a világhálón számos példa található a „bátrabb” alkalmazásokra is.

A nagy számban rendelkezésre álló BRO-11-M így is kiváló műszaki alapul szolgál a céltudatos repülésfelkészítő képzéshez. A litvánhoz hasonló egységes tematikával, egészen a felnőtt kezdők oktatásig használják az alapvető készségek megszerzésére.

Az összehasonlításban helyet kapott – az amatőr építők körébe növekvő népszerűségű – GOAT, amely talán nevében is jelzi, hogy nem a szépségéért szeretik. A sárkányrepülőknél általánosan használ alumíniumcsövekből szerkesztett vázat vászon (Ceconite) borítással ellátva épülnek, szintén minimális ülés-kényelemmel számolva élvezik a benne ülők a levegő friss fuvallatait. A repülőgépek tervrajzait térítésmentesen közzé tevő Mike Sandlin [20] valóban világmozgalmat indított el – a megépült több száz GOAT sikerét látva.



7. ábra A GOAT az egyik legnépszerűbb amatőrépítésű UL vitorlázó repülőgép [21]

Az alumíniumcsöves vázszerkezet – kiegészítve a megbízható összekapcsolásukra szolgáló szerelvényekkel – biztosítja, hogy alapvetően kézfúró, fűrész, reszelő felszereltségű műhelyben (garázsban) némi kezűgyességgel elkészítse az erre vállalkozó. Arról, hogy intézményesen használnák oktatásra (még) nem találtam utalást.

## ÖSSZEGZÉS

Az előzőekben megpróbáltam áttekintést adni olyan – más országokban „természetes” – műszaki körülményekről és szemléletről, amely a kezdők repüléssel kapcsolatos oktatását jellemzi. Nem érintettem a – feltehetően ott is jelenlévő – repülésjoggal kapcsolatos kitételeket, hatósági előírásokat, törvényeket, melyek természetesen a biztonságos, mindemellett eredményes képzést szolgálják.

Ami első lépésként megtehető, az a műszaki háttér megteremtése – külföldről vásárolt, vagy

hazai gyártású eszközökkel. A jelenlegi hazai repülőipar bármelyik feladattal képes megbirkózni – különösen a kompozit technológia terén várható jelentős fellendülés. [22]

A hazai pályázati rendszer is kínál megoldást – pl. GINOP-2.1.7-15 „Prototípus, termék-, technológia- és szolgáltatásfejlesztés” - amely piacképes termék esetén vissza nem térítendő támogatást jelent [23].

A kérdés már csak az, hogy a bevezetőben jelzett cél – a tizenévesek értelmes, hasznos elfoglaltsága, pályára irányítása – elég fontos-e ahhoz, hogy az ifjúsági pilótaképzés is széleskörű társadalmi támogatottságot is kapjon.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Vaiku sklandymas, Nuotraukų galerija (online) url: <http://www.pociunai.lt/sklandymas/vaiku-sklandymas/> (2016. 03. 18.)
- [2] LAK16 Mokykla, 2001 Lietuva (online) url: <https://www.youtube.com/watch?v=GjdQhNHsJps> (2016. 03. 18.)
- [3] "Hornet" - Lithuanian Children's Double Glider! (Lithuania) (online) url: <https://www.youtube.com/watch?v=26tNAW58ZXU> (2016. 03. 18.)
- [4] "SAPNAS" ("DREAM") - part I (online) url: about flying children in Lithuania (english subtitles) <https://www.youtube.com/watch?v=Z7dEywwbkv8&index=9&list=PLiN2qBWlAaAy9umqgJw4qFyAT-gVZ13Io> (2016. 03. 18.)
- [5] GAPA2011 鳥になった少年 GAPA 2011 a Boy flying like a bird (online) url: <https://www.youtube.com/watch?v=EddBXjISzco> (2016. 03. 18.)
- [6] Vaiku sklandymas, Nuotraukų galerija (online) url: <http://www.pociunai.lt/sklandymas/vaiku-sklandymas/> (2016. 03. 18.)
- [7] GAPA Take Off LV (online) url: <https://www.youtube.com/watch?v=w2pjcvCjjBk> (2016. 03. 18.)
- [8] Flight Manuals, LAK-16 M (online) url: <http://lak.lt/failai/LAK16M%20MM&FM.pdf> (2016. 03. 18.)
- [9] PW-2 Gapa (online) url: [https://www.youtube.com/watch?v=joOj7\\_VMTfg](https://www.youtube.com/watch?v=joOj7_VMTfg) (2016. 03. 18.)
- [10] Bezmiechowa gliding center, Poland, October 1999 (online) url: <http://jarek24.fm.interiowo.pl/english/aviation/airphoto01-en.htm> (2016. 03. 18.)
- [11] Szybowiec PW-2 Gapa (online) url: <https://www.youtube.com/watch?v=aXp7TttAcMY> (2016. 03. 18.)
- [12] PW-2 Gapa (online) url: [https://www.youtube.com/watch?v=joOj7\\_VMTfg](https://www.youtube.com/watch?v=joOj7_VMTfg) (2016. 03. 18.)
- [13] PW-2 Gapa, movies (online) url: <https://www.youtube.com/watch?v=oG1YFQaols0> (2016. 03. 18.)
- [14] Gapa Instructors Notes (online) url: <https://sites.google.com/a/soaravenal.com/soaravenal/ccsc-aircraft/gapa-instructors-notes> (2016. 03. 18.)
- [15] Loading the GAPA PW-2 for transport... (online) url: <https://aldotroiani.wordpress.com/2014/05/04/loading-the-gapa-pw-2-for-transport-from-flight-line-to-hangar-and-trailer/> (2016. 03. 18.)
- [16] Pierwsze eksponaty w nowym gmachu (online) url: <http://www.muzeumlotnictwa.pl/index.php/aktualnosci/szczegoly/94/260> (2016. 03. 18.)
- [17] Born2Fly, PROGRAM (online) url: [http://born2fly.lt/?page\\_id=10](http://born2fly.lt/?page_id=10) (2016. 03. 18.)
- [18] VAIKŲ AVIACIJOS SKRYDŽIŲ METODIKA (online) url: [http://www.vaikuaviacija.lt/ugdymo\\_dok/Metodika.pdf](http://www.vaikuaviacija.lt/ugdymo_dok/Metodika.pdf) (2016. 03. 18.)
- [19] Airman Org, BRO-11-M (online) url: [http://airman.org.ua/wp-content/uploads/2013/10/Bro-11m\\_1-2.jpg](http://airman.org.ua/wp-content/uploads/2013/10/Bro-11m_1-2.jpg) (2016. 03. 18.)
- [20] Introducing the Basic Ultralight Gliders (online) url: <http://m-sandlin.info/> (2016. 03. 18.)
- [21] GOAT for metric (online) url: <http://www.goat4metric.0catch.com/> (2016. 03. 18.)
- [22] Genevation Aircraft Kft. (online) url: <http://genevation.hu/> (2016. 03. 18.)
- [23] GINOP-2.1.7-15 – Prototípus, termék-, technológia- és szolgáltatásfejlesztés (online) url: <https://www.palyazat.gov.hu/doc/4539> (2016. 03. 18.)

### *Ultralight gliders – for teaching beginners*

*Absolute beginners - even teenagers - the first flying experiences may relate to simple, basic government moves to learn, exercise is suitable for ultra-light gliders. As there have been some traditions - typically in countries where aerospace is going on. The presentation of successful models also wish to encourage the domestic designers, developers, and representatives of the prospective employing manufacturers - like maybe we were able to do similar success!*

**Keywords:** *ultralight glider, education, R & D*

---

---

Dr. MAKKAY Imre CSc  
nyugalmazott egyetemi tanár  
drmi48@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-3513-1310

---

Dr. MAKKAY, Imre CSc  
professor emeritus  
drmi48@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-3513-1310

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-05-0318\\_Makkay\\_Imre.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-05-0318_Makkay_Imre.pdf)



Maláta Gergő

## A LOPAKODÓ TECHNOLOGIA ÉS AZ AKTÍV ÁLCÁZÁS ALKALMAZÁSA REPÜLŐGÉPEKEN

*Már az egyes harcos kiképzés folyamán is megtanítják a katonáknak, hogy álcázzák magukat, tévesszék meg az ellenséget, hogy minél később szerezzen tudomást jelenlétükről, szándékaikról. Így van ez a katonai műveletek teljes vertikumában is. A legalapvetőbb és kezdetleges formája a rejtő színek használatából ered. A kutatások és fejlesztések eredményeiként az álcázásra alkalmazható technikák, technológiák számos formáját alkalmazzák katonai műveletekben. A katonai harcjárművek, felszerelések észlelhetőségének csökkentésével foglalkozó műszaki tudományt lopakodó („stealth”) technológiának nevezzük.*

**Kulcsszavak:** „stealth”, lopakodó technológia, álcázás, aktív álcázás

### BEVEZETÉS

„A lopakodó technológia azon elméletek, műszaki megoldások és anyagok együttes gyakorlati alkalmazása, amelyek segítségével a légijármű repülési magasságtól és sebességétől függetlenül teljesen, vagy döntő részben rejtve marad valamennyi felderítő eszközzel szemben”<sup>1</sup>. Célja, hogy az adott harceszköz észlelhetőségét (szabad szemmel, radarral, infravörös vagy hő érzékelővel stb.), azonosítását, bemérését, vagy támadhatóságának esélyeinek csökkentését, illetve támadási lehetőségeit segítse elő. Az álcázás természetes igényként merült fel a légierőkben alkalmazott eszközök esetében is. A bevetésre menő repülőgépek napjainkban szinte „láthatatlanul” repülhetnek be az ellenfél légtérébe, a feladat végrehajtás után pedig térhetnek vissza a bázisukra, felfedezetlenül és sértetlenül. Jelentős előnyöket biztosít az ellenséggel szemben a légi hadműveletek folyamán, melylyel a repülőgép képes kiharcolni a légi fölényt és ezzel támogatva a szárazföldi csapatokat a harcokban. Ehhez hozzájárul a katonai harci repülőgépek alapvető tulajdonságai, mint például: a rugalmasság és a mobilitás, valamint gyors, erőteljes, hatékony és váratlan támadások lehetőségei. A túlélőképességük függ a konstrukciós tényezőik komplex ötvözetétől, azok alkalmazásuktól, a feladat tervezésétől és az abban alkalmazott harcászati eljárásoktól [3][4][9][10][21][22][23].

A lopakodó repülőgépek képességei a fent említett szempontok és az alkalmazás minőségének összessége, mely növeli annak túlélőképességét és az adott feladat sikeres végrehajtás után biztonságos hazatérés követ. Ezek a repülőgépek képesek olyan küldetések teljesítésére is, amelyekre más repülőgépek nem [3][9][10][21][22][23].

### Történelmi előzmények

A XX. században a repülőgépek katonai jelentősége egyre növekedett, ahogy kezdték felismerni, hogy sok előnnyel rendelkeznek. Fegyvereket hordozva képesek a levegőből a száraz-

<sup>1</sup> ÓVÁRI GYULA: A légijárművek gazdaságosságát és manőverező képességét javító sárkányszerkezeti megoldások, Kilián György Repülő Műszaki Főiskola, 1990. p. 280.

földet és a vízfelszínt támadni, valamint ellenséges katonai repülőgépekkel felvenni a légi harcot. Megjelentek az első radarállomások is, amelyek erősítették az adott ország légvédelmét, pontosabb és időben korábbi észlelési adatokat voltak képesek biztosítani a védelme számára, így hozzájárulva az ellenséges harci gépek túlélőképességének csökkentéséhez [3].

A háború befejezésével elkezdődött a „Hideg háború”, mely egyben nagy fegyverkezési verseny is volt. A Földön nagyobb részt amerikai és szovjet gyártmányú repülőgépek harcoltak egymással, amiket más országok alkalmaztak (például: Izrael, Észak-Korea, Dél-Korea, Irak, Irán stb.). A fegyverkezési verseny fokozta a katonai célú fejlesztéseket, mind amerikai, mind szovjet oldalon. Ekkor kezdődött el a lopakodó technológia fejlesztése és folyamatos modifikálása [3].

Az USA a Szovjetunióval kapcsolatos információs szükségleteit kémrepülőgépek alkalmazásával igyekezett csökkenteni. Az U-2, A-12<sup>2</sup> kém repülőgépek fejlesztése nagy előre lépést jelentettek a lopakodó technológia fejlődésében. További koncepciók nyomán született meg a már fejlettebb jellemzőkkel rendelkező B-1B, illetve a mai ötödik generációs repülőgépek (1. ábra), amelyek a 90-es évek elején jelentek meg a negyedik generációs repülőgépektől jelentősen nagyobb fejlesztési különbségekkel [3][10].



1. ábra A lopakodó technológia fejlődése [4]

## A LOPAKODÓ TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSA NAPJAINKBAN

Fejlett lopakodó technológiával az ötödik generációs repülőgépek (2. ábra) rendelkeznek, amelyeket mai napig alkalmaznak. Ők képviselik a „stealth” technológia eddigi fejlesztéseinek csúcspontját. Fontos prioritás volt ennek fejlesztésének idején, hogy nagysebességű szuper manőverezhetőséget képviseljen, miközben láthatatlan az ellenséges radarokkal szemben. Például az X-

<sup>2</sup> A-12: Az SR-71 Blackbird kezdeti típusa

35<sup>3</sup> fejlesztésekor fontos szempont volt, hogy a beömlő nyílásokat úgy tervezzék, hogy csökkenjen a radarvisszaverő keresztmetszet. Ez új hajtómű kifejlesztését igényelte, ami nagysebességen is képes az adott repülőgép fordulásokor annak sebességét folyamatosan fenntartani. A láthatatlanság képességének biztosítását a következő szempontok figyelembe vételével kellett megoldani:

- alacsony észlelhetőség infravörös és rádiólokációs érzékelőkkel szemben;
- fegyverzetét a törzsébe süllyesztve hordozza;
- magas manőverezhetőség hangsebességnél gyorsabb állapotban;
- utazó sebessége hangsebességnél magasabb utánégető használata nélkül;
- emberi szemmel nehezen észlelhető [1][4][10][11][12][14][15][16][17][18][19][20][23].



2. ábra Ötödik generációs vadászpilóták (F-22 Raptor, F-35A Lightning II, PAK FA, Chengdu J-20, ATD-X (Shinshin)) [2]

A lopakodó technológia két formáját különböztethetjük meg:

- passzív álcázás;
- aktív álcázás [4].

<sup>3</sup> X-35: F-35A Lightning II kísérleti típusa



## A passzív álcázás

A lopakodó technológia a repülőgépek sárkányszerkezetének kialakításával és a radar által kibocsájtott sugarak elnyelésére alkalmas anyagok és bevonatok használatával érhető el. Célja:

- „a sárkány és hajtómű lokátor hullámokat nagymértékben csökkentse;
- gyenge tükröződési tulajdonságú anyagok felhasználásával elnyelje a radar által kibocsájtott sugarakat;
- a repülőgép által kibocsájtott hő, elektromos, mágneses, fény, hang stb. kisugárzásokat megszüntesse”<sup>4</sup>.

Mivel a rádiólokációs érzékelők a sárkányszerkezet sík felülete, valamint annak függesztményei által észlelik a repülőgépet a kibocsájtott sugarai révén. Ezért a felderíthetőség elkerülése érdekében fontos, hogy a hatásos keresztmetszetet csökkentsük. Szigorú és titkos előírások vonatkoznak ezek megtervezésére, legyártására, üzemben tartására, alkalmazására.

A passzív álcázás hatékonysága függ a repülőgép:

- formájától;
- anyagától;
- méretétől;
- vizuális észlelhetőségétől;
- kibocsájtott hőjétől [3][4][8][9][20][21][22][23].

## AZ AKTÍV ÁLCÁZÁS

A második világháborúban alkalmazták legelőször, mikor az 1940-es évek elején az USA-ban a „Yehudi-Terv” a vizuális elrejtéssel kapcsolatos technikai eredmények születtek. A TDM-3D vezérsíkjaira erős fényű lámpákat szereltek fel, melynek fényereje megtévesztette az ellenséges vadászgépeket, hogy hibásan becsüljék meg az amerikai repülőgépek távolságát. Később a B-24 Liberator-ra is fel lettek szerelve a „Yehudi-lámpák” [3][5].

Az aktív álcázáson az adott harceszköz elfedését, elrejtése elektronikai, plazmatechnikai, illetve lézeres eszközök használatát értjük a felderítő rádiólokációs sugarakkal szemben. Feladata: a rádiólokátorok által kibocsájtott jeleinek semlegesítése. Ezzel a technológiával kapcsolatban számos terv van jelenleg is fejlesztés alatt. A teljes álcázás elérése a végső cél, melyet csak teljes láthatatlanságnak nevezünk [3][5][7].

### Aktív rádiólokátor elhárító rendszer

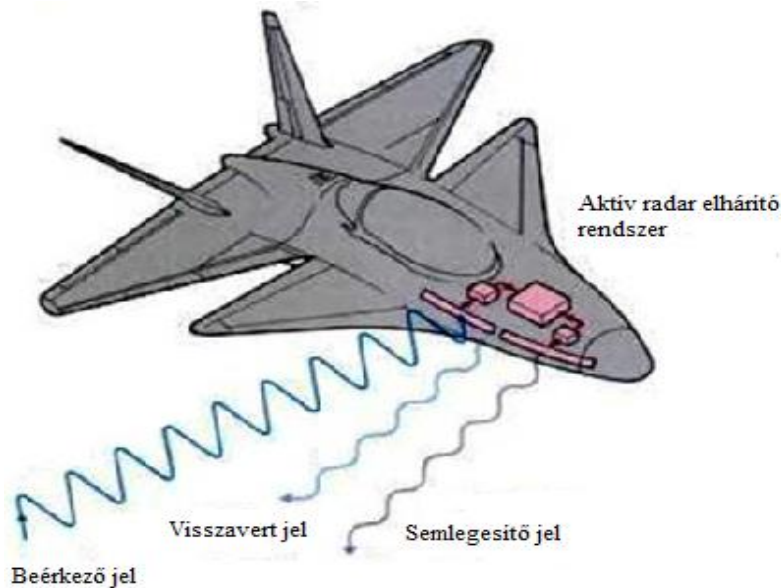
Az aktív rádiólokátor elhárításon az ellenséges radarok által kibocsájtott elektromágneses hullámokkal szembeni semlegesítő sugarak létrehozásának módszerét értjük, amely fázishelyzetéből adódóan a repülőgép sárkányszerkezetéről visszaverődő jeleket oltja ki. Az aktív rádiólokátor elhárítás alacsony teljesítményű átvitelt igényel. Működési elve: a cél objektum radarkeztmetszetének (RCS)<sup>5</sup> csökkentése olyan elektromágneses jelek kibocsájtásával, amelyek ugyanakkora amplitúdóval rendelkeznek, mint a céltárgyról visszavert jelek. A kisugárzott jel

---

<sup>4</sup> Óvári Gyula: A Stealth repülőgépek szerkezeti kialakításának néhány kérdése. Haditechnika, 1991/4. p. 2.

<sup>5</sup> Radar Cross Section – A radar által mutatott repülőgép láthatósága

iránya meg kell, hogy egyezzen a visszavert jelet generáló besugárzó jel irányával, polaritásával, de a fázishelyzete ellentétesnek kell lennie (3. ábra) [5][6].



3. ábra Az aktív rádiólokátor elhárító rendszer működése [3]

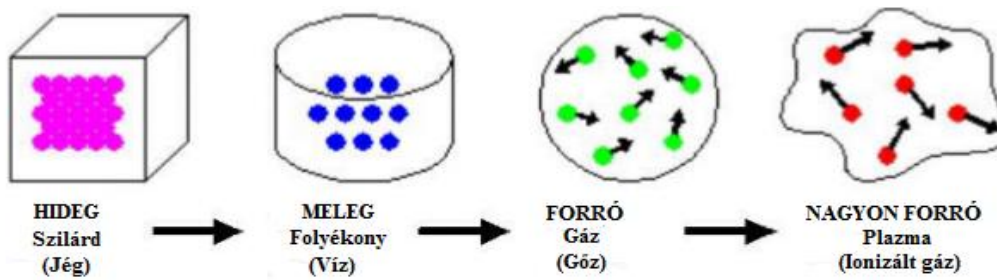
Ahhoz, hogy az álcázás hatékony legyen, a repülőgép sárkányszerkezetére beeső jelek következő tulajdonságait kell ismernünk:

- a beesési szögét;
- az intenzitását;
- a hullámformáját;
- a polaritását;
- és a frekvenciáját [5].

Ez a folyamat komplex, intelligens, gyors adatfeldolgozási sebességgel rendelkező rendszereket igényel [5].

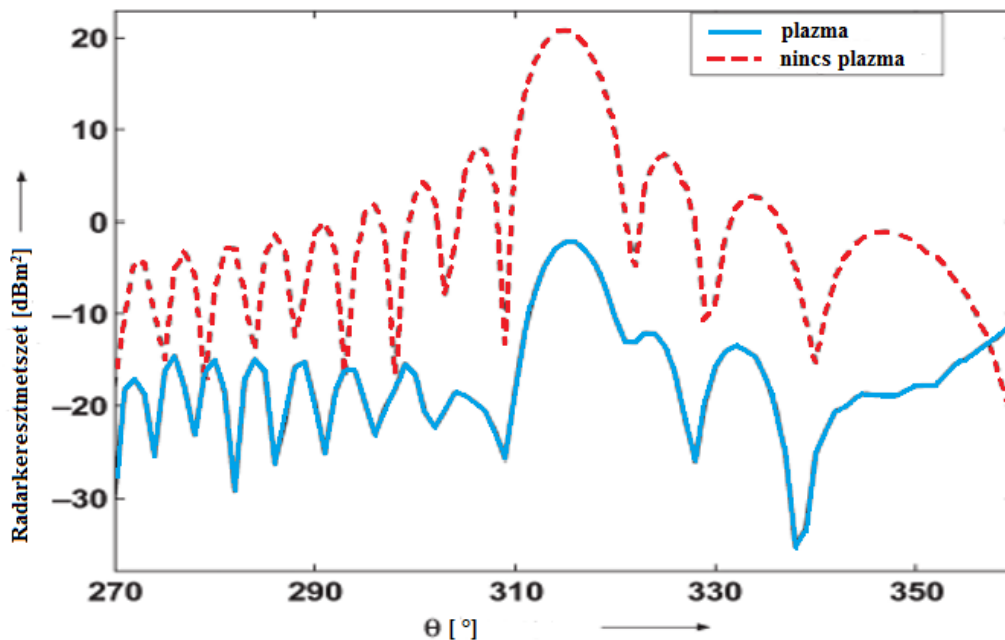
## Plazmatechnika

A plazma az anyagok negyedik halmazállapota (4. ábra), amely ionizált, áramvezető gáz, amellyel kapcsolatos fizikai megfigyelések alapján a szovjet tudósok arra jutottak az 1950-es években, hogy az elektromágneses terekre erősen reagál szabad elektronjainak köszönhetően. Egy űrrepülőgép Ionoszférabeli repülése alatt kommunikációs szakadás keletkezett, így megszakadt az összeköttetés a bázissal, és ezt a jelenséget a plazmaréteg idézte elő, mely a sárkányszerkezet felületén volt. A radar által kibocsájtott hullámok energiája hővé alakult a réteggel való érintkezésből kifolyólag annak elektronjai egymásközi helyzetük felcserélődése által. Ez a tulajdonság lehetőséget jelent az aktív álcázás új technikájának alkalmazására. A plazma és az elektromágneses hullám közötti kölcsönhatás erősen függ a réteg fizikai paramétereitől, legfőképp annak hőmérsékletétől és a sűrűségétől. Másik fontos jellemző a radar által kibocsájtott sugár frekvenciája, mely egy meghatározott értéke alatt visszaverődik a közegről. A plazma felhasználásával a radarkeresztmetszetet is lehet csökkenteni (5. ábra). Ahhoz hogy egy ilyen réteget hozzunk létre a repülőgép felületén, nem igényel speciális anyagokat és jobb manőverekre lesz képes a közeg jelenléte miatti tompább áramlásnak köszönhetően [3][6][8].



4. ábra Az anyag halmazállapotai [4]

Ámbár ennek a technikának vannak hátrányai az alacsony érzékelhetőség terén. Mégpedig az elektromágneses sugárzás a réteggel való érintkezés révén fényjelenség keletkezik, ezzel észlelhető a plazma. Nagy teljesítményre és fejlett technológiájú rendszerekre van szükség, hogy egy ilyen radar-elnyelő réteg létrehozható legyen a sárkányszerkezet felületén. Ugyanúgy képes a repülőgép-vezető kommunikációját is blokkolni. Azonban az orosz tudósok bebizonyították, hogy a repülőgép radarelnyelő keresztmetszetét százszorosan lecsökkentette ez a technika, ez további motivációt adott hatékonyabb plazma általi álcázás kifejlesztésében [3][8].



5. ábra Elektromágneses hullám elnyelődése annak beérkezési szögének a függvényében [8]

## ÖSSZEFOGLALÁS

A jövő lopakodó technológiájának eredménye a teljes láthatatlanság, de az még ismeretlen számunkra, hogy hogyan, milyen anyagok alkalmazásával, milyen felépítés révén, milyen fizikai tapasztalat, törvény vagy eljárás alapján tudnánk ezt létrehozni. A kutatások folyamatosak, így jelen pillanatban is zajlik a lopakodó technológia továbbfejlesztése. Ennek egyik eredményeképp a következő elméletek jelentek meg, amit „Hyper Stealth” vagy „Quantum Stealth” technológiának neveznek. A látható fénytartományában működik, amely egy személy vagy tárgy észlelhetetlenségét eredményezi a mikrohullámú vagy infravörös tartományokban, de mindkettőben egyszerre nem. Az adott felületére érkező fényt hullámvezetők segítségével megtörik,

ezzel létrehozva egy „láthatatlan köpenyszerű” álcázást, mely hő érzékelőkkel szemben is hatékony védelem [2][4][11][13].

E technológia tovább fejlesztése révén még hatékonyabb lenne a lopakodó technológia. Ezt légi járműveken alkalmazva még nagyobb biztonságban lennének a repülőgépek számos veszéllyel szemben a feladatok végrehajtása során, mint például: légi fölény kivívása, légi csapás, csapat-szállítás, légi utántöltés, légi utánpótlás [2][9][11][12][20][21][23].

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Trendek a vadászrepülőgépek legújabb generációinak fejlesztésére alkalmazására. XIV. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia. Nyugat-magyarországi Egyetem, Szombathely 2015. pp. 151–162. (ISBN: 978-963-359-053-9)
- [2] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Napjainkban fejlesztett fegyverrendszerek megjelenése a jövő hadszínterein, a tudásalkalmazás és fejlesztés szempontjából. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2015/3. pp. 105–116. (online), url: [http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015\\_3/2015-3-08-0223\\_Bekesi\\_B-Szegedi\\_P.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015_3/2015-3-08-0223_Bekesi_B-Szegedi_P.pdf) (2016.03.02)
- [3] SERDAR CADIRCI: RF stealth (or low observable) and counter-RF stealth technologies: Implications of counter-RF stealth solutions for Turkish Air Force. 2009. 161 p. (online) url: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a496936.pdf> (2016.03.02)
- [4] SANDOR VASS: Stealth technology deployed on the battlefield. AARMS, Informatics – Robotics, Vol. 2, No. 2 (2003) pp. 257–269 (online) url: <http://www.zmne.hu/aarms/docs/Volume2/Issue2/pdf/08vass.pdf> (2016.03.02)
- [5] KENT W. MCKEE, DAVID W. TACK: Active camouflage for infantry headwear applications. February 2007. (online) url: <http://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc69/p528895.pdf> (2016.02.24)
- [6] JUSTIN WILSON: Electromagnetic Stealth: The Fight Against Radar. (online) url: <https://www.google.com/url?q=https://www.calvin.edu/~pribeiro/courses/engr302/Samples/wilson-paper.doc&sa=U&ved=0ahUKewje7Nz7hebLahXCOhQKHRDwAB4QFggEMAA&client=internal-uds-cse&usq=AFQjCNGxEjHk2KrlMZAafLninoLdCizgDA> (2016.03.09)
- [7] CHRISTOPHER R. BESKAR: Stavatti White Paper: Cold Plasma Cavity Active Stealth Technology. 2004. (online) url: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a432633.pdf> (2016.03.02)
- [8] JANG YUNE-SEOK, LEE JUN-HYUK: Electromagnetic Stealth: The Fight Against Radar. (online) url: [http://tera.yonsei.ac.kr/class/2014\\_1\\_1/lecture/Student%20presnetation4.pdf](http://tera.yonsei.ac.kr/class/2014_1_1/lecture/Student%20presnetation4.pdf) (2016.03.09)
- [9] KESZTHELYI GYULA, ÓVÁRI GYULA: A stealth – technológia hatása a XXI. század katonai repülőeszközeinek alkalmazhatóságára, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/1, pp. 155–166.
- [10] ÓVÁRI GYULA: A légijárművek gazdaságosságát és manőverezőképességét javító sárkányszerkezeti megoldások, Kilián György Repülő Műszaki Főiskola, Szolnok, 1990. pp. 278–292.
- [11] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Napjaink fegyverrendszer fejlesztési trendjei, ECONOMICA (Szolnok) 2015 (4/2. szám). pp. 158–168.
- [12] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Ötödik generációs vadászrepülőgépek fejlesztésének filozófiái, Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2015, 591 p, Debrecen. 2015. pp. 194–206. (ISBN: 978-963-7064-32-6)
- [13] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Gondolatok a jövőbeni fegyverek alkalmazási lehetőségeiről, XIV. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Szombathely 2015. pp. 183–188. (ISBN: 978-963-359-053-9)
- [14] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: A XXI. század egységes csapásmérő vadászrepülőgépének (JSF) várható megvalósításai, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/2, pp. 117–124.
- [15] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Az egységesített csapásmérő vadászrepülőgép (JSF) fejlesztésének jelenlegi helyzete, Bolyai Szemle X. évfolyam 1. szám, 2001. pp. 9–18.
- [16] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Az új generációs vadászrepülőgép nemzetközi fejlesztése, Bolyai Szemle X. évfolyam (Különszám), 2001. pp. 151–162.
- [17] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Changed by Joint Strike Fighter possibilities in the military forces. The 29<sup>th</sup> Conference of Research Topics „Modern Technologies in the XXI Century”. Bucuresti, Románia, 2001.11.15–2001.11.16. Bucuresti, pp. 1–6.

- [18] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER, SZILVÁSSY LÁSZLÓ: Changed by New Generation Aircraft Possibilities in the Military Forces, Third International Conference on Unconventional Flight, Budapest, 2001.09.12–2001.09.14. Budapest, pp. 1–11.
- [19] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: History of active X-flyers programme, 7<sup>th</sup> MINI Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, Budapest, University of Technology and Economics, 2000. pp. 481–489, (ISBN 963-420-704-9)
- [20] ÓVÁRI GYULA: A Stealth repülőgépek szerkezeti kialakításának néhány kérdése, Haditechnika, 1991/4. p. 2. (online) url: [http://epa.oszk.hu/02600/02694/00007/pdf/EPA02694\\_rtk\\_1991\\_1\\_043-056.pdf](http://epa.oszk.hu/02600/02694/00007/pdf/EPA02694_rtk_1991_1_043-056.pdf) (2016.02.24)
- [21] ÓVÁRI GYULA: Korszerű csapásmérő helikopterek harcászati-technikai jellemzői, alkalmazási lehetőségei. Katonai Logisztika, 2000/2 p. 147–180.
- [22] ÓVÁRI GYULA: Biztonság- és repüléstechnikai megoldások katonai helikopterek harci túlélőképességének javítására Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2005/2. pp. 1–14.
- [23] KAVAS LÁSZLÓ: Harcászati repülőgépek túlélőképessége. Szolnoki Tudományos Közlemények XII. Szolnok, 2008. pp. 1–10. (HU ISSN 2060-3002) (online), url: <http://tudomany.szolnok-mtesz.hu/kulonszamok/2008/cikkek/kavas-laszlo.pdf> (2016.02.24)

---

**APPLICATION OF STEALTH TECHNOLOGY AND ACTIVE CAMOUFLAGE ON AIRCRAFTS**

*Camouflage is taught during training of soldiers for deceive their enemy to delay their recognition of presence and intents of the soldiers as late as possible. It exists in the complex verticality of military operations, The first way of application of camouflage are the colors. With the improval of technology and the results of research, several new methods of application of camouflage were arrived, which is used in military operations. The technology which is used for reducing the perceptibility of combat vehicles and equipments is called stealth technology.*

**Keywords:** *stealth, stealth technology, camouflage, active camouflage*

---

---

MALÁTA Gergő  
honvéd tisztjelölt  
Nemzeti Közszerológati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Fedélzeti Rendszerek Tanszék  
hmg42@citromail.hu  
orcid.org/0000-0002-8146-6683

---

MALÁTA Gergő  
Officer candidate  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aircraft Onboard Systems  
hmg42@citromail.hu  
orcid.org/0000-0002-8146-6683

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-06-0320\\_Malata\\_Gergo.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-06-0320_Malata_Gergo.pdf)

Gáspár Nikolett, Wantuch Ferenc

## NAGY TÉRSÉGŰ LÉGNYOMÁSI MEZŐ ÉS A MAGYARORSZÁGI REPÜLŐTEREK IDŐJÁRÁSÁNAK KAPCSOLATA

*A nagytérségű nyomási rendszerek elhelyezkedése alapvetően meghatározza Közép-Európa térségének időjárását. Hemiszférikus méretekben a NAO index havi átlag értékei meghatározzák a fellépő áramlások irányát. Kilenc év havi NAO indexeit és négy magyarországi repülőtér félóránkénti méréseit dolgoztuk fel (METAR). Munkánkban összehasonlítottuk a NAO index értékeit a magyarországi repülőterek leghosszabb ködös félórának havi számával, valamint megvizsgáltuk, a NAO index alakulását és az éves leghosszabb csapadékkal rendelkező hónapok kapcsolatát. Mind a két esetben kapcsolatot találtunk. Amennyiben több hasonló kapcsolatot tudnánk leírni, akkor a klíma modellek által előre jelzett jövőbeli NAO indexek alakulásából következtetni lehetne a klíma változás repülőterekre gyakorolt hatására.*

**Kulcsszavak:** NAO index, METAR távirat, leghosszabb ködös időszak, leghosszabb csapadékos időszak, száraz időszak

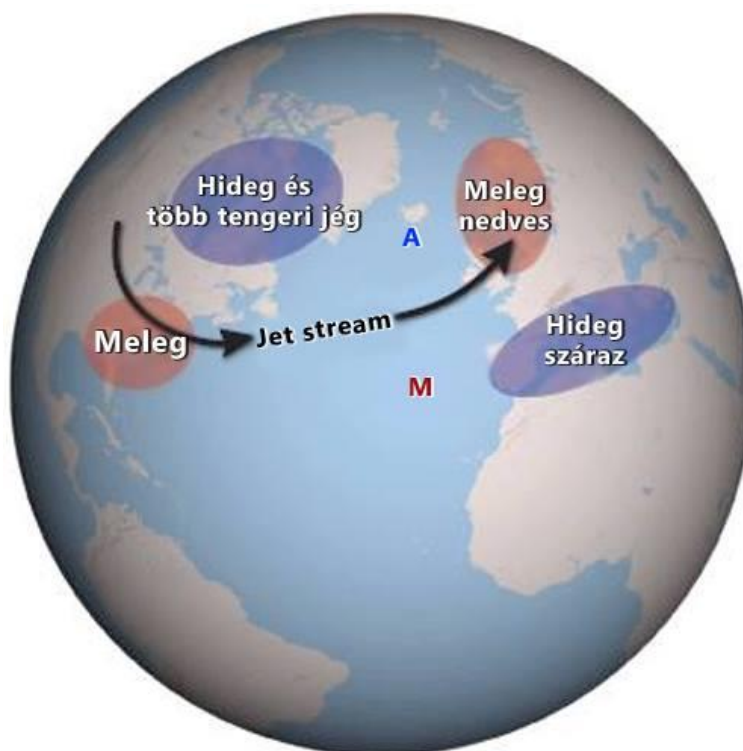
### NAO INDEX JELLEMZÉSE

Az Észak Atlanti Oszcilláció (NAO) egy jelentős területre kiterjedő természetes éghajlati változékonyság, amely nagy-mértékű hatást gyakorol az Észak Atlanti térség és a környező kontinensek időjárására, valamint éghajlatára. A NAO minden évszakban fennáll, a téli időszakban különösen domináns hatással bír a térség időjárására [1]. Az Észak Atlanti Oszcilláció számszerű leírására vezették be az ún. Észak Atlanti Oszcillációs indexet. A NAO index két állandóan fennálló akciócentrum, az Észak Atlanti ciklongenezisért felelős izlandi minimum és az azori térségben folyamatosan fennálló magasnyomásért felelős azori maximum közötti bárikus gradiens nagyságát jelenti [2]. A NAO index a mérséklet övezet (40–60°) nyugatias szeleinek erősségének jellemzésére is használatos az Észak Atlanti térségben [3]. A nyugatias szelek erősségének kiemelkedő szerepe van Európa és egyben hazánk, főleg téli időjárásának tekintetében.

#### Pozitív fázis

Pozitív index érték esetén az izlandi ciklontevékenység a normál állapotánál jóval intenzívebb, több ciklon generálódik az izlandi minimum területén. Az azori anticiklon ilyen esetben nagy területre kiterjed és a megszokottnál magasabb központi légnyomás jellemzi. A megnövekedett nyomáskülönbség következtében megerősödik a nyugatias alapáramlás, amely enyhe óceáni légtömegeket szállít az óceán felől Európa fölé, emellett több és erősebb vihar alakul ki az Atlanti-óceánon a téli időszakban. A viharok, ciklonok pályájának tekintetében északabbra tolódás figyelhető meg [2]. A NAO Európán kívül több, az Atlanti térséghez közel, illetve távol eső kontinenseken is érezheti hatását. Télen, a NAO index pozitív állapota idején az erős alacsony nyomású (izlandi minimum területén markánsabb ciklonképződés) és az erős magas nyomású rendszerek (nagy területre

kiterjedő és magasabb légnyomásközponttal rendelkező azori anticiklon) melegebb, nedvesebb állapotokat okoznak Észak-Európa és Észak-Amerika keleti partvidékének nagy része felett. Szintén pozitív mód alatt hűvösebb állapotok érvényesülnek a Labrador-félsziget területén, valamint nyugat Grönlandon, további jég fejlődik a Hudson-öbölben, a Buffin-öbölben és Grönland nyugati vidékein. Eközben a mediterránium téli hónapjait szintén hideg és száraz időjárás jellemzi. Tavasszal, a pozitív NAO index által dominált telet követően meleg tengerfelületi hőmérsékletek (SST) fordulnak elő az USA és Kanada tenger-menti tartományainak keleti, tenger parti területein [4]. Az alábbi ábrán a pozitív NAO index esetén fennálló nyomási elrendeződés, a ciklon pályák (jet stream) helyzete és a pozitív indexérték Észak Atlanti térsége, valamint a környező kontinensekre gyakorolt hatása látható.

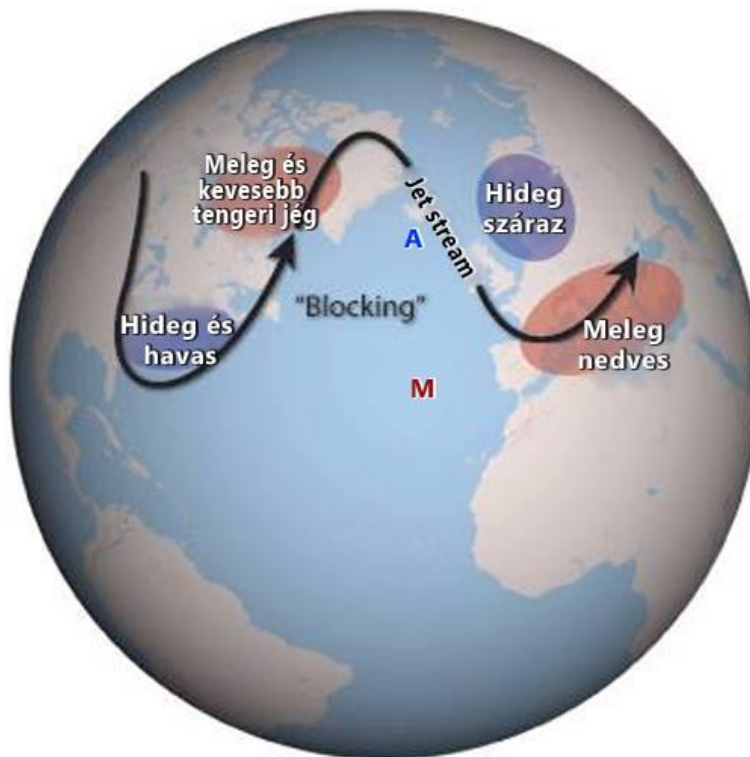


1. ábra A NAO index pozitív fázisának hatása az Atlanti térség időjárására [5]

### Negatív fázis

A NAO index negatív fázisa idején mind az izlandi ciklongyár, mind az azori anticiklon a normál állapotához képest jelentősen legyengül, kisebb lesz a két központ közötti bárikus gradiens nagysága. A negatív NAO indexel jellemezhető időszak egyik fő sajátossága az Észak Atlanti térség felett kialakuló blocking, melynek fő jellegzetessége, hogy gátat szab az Európa fölé besodródó ciklonoknak, így Európa ezen időszakokban anticiklonális hatás alatt áll. Az Észak Atlanti térségben kialakult blocking hatására a nyugatias alapáramlás délebbre, egészen Európa déli részéig tolódik és okoz csapadékos időjárást a mediterrán területeken. Ennek köszönhetően Észak-Európában a nyugatias szelek dominanciája megszűnik, a meridionális áramlás lesz a meghatározó [6]. A NAO negatív módja által uralt telek alatt hűvösebb állapotok alakulnak ki Észak-Amerika keleti

részen és Észak-Európában, főként a sarkvidéki levegő még gyakoribb beáramlása következtében. Az amerikai kontinens északi részének keleti területein ilyen esetben több hó hullik, míg Európa északi részét a megszokottnál kevesebb csapadékmennyiségek jellemzik. Az alábbi ábrán látható, a negatív fázis idején kialakuló blocking, a ciklonpályák (jet stream) helyzete és a negatív indexértékek környező kontinensekre gyakorolt hatása.



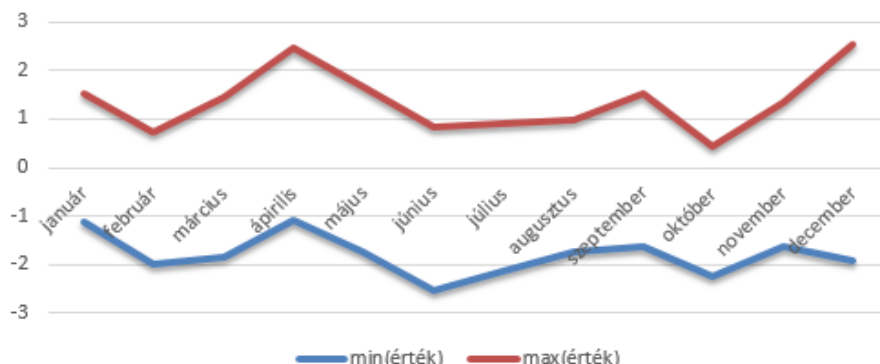
2.ábra A NAO index negatív fázisának hatása az Atlanti térség időjárására [5]

### Az index havi szélsőértékei a vizsgált 9 év során

Elemzéseink során a NAO indexek havi átlagát szélsőértékek szerint is vizsgáltuk. Minden hónapra meghatároztuk a NAOI minimumát, maximumát, illetve, hogy ezt az értéket a 9 év melyikében vette fel. Az index szélsőértékeit diagramon ábráztuk és egymással közel szimmetrikus görbéket kaptunk eredményül. A görbe mente megegyezik az áramlás menetével, a maximum értékek esetében Észak-Európa területén, míg negatív indexértékeknél Dél-Európán keresztül húzódik az áramlás. A tavaszi és őszi hónapok során a két görbe pozitív irányú kilengést mutat, amiből arra a következtetésre jutottunk, hogy tavasszal, illetve ősszel az áramlás Észak-Európa felett helyezkedik el. A tavaszi és őszi időszakot követően mind a maximum, mind a minimum értékek tekintetében csökkenés figyelhető meg, amely az áramlás mediterránium feletti elhelyezkedésére utal, majd az év utolsó időszakában ismételen Európa északi részére helyeződik át az áramlás.



A NAO index szélsőértékei a vizsgált 9 év során



3.ábra A NAOI szélsőértékei havi bontásban

## A NAO INDEX ÉS A KÖDÖS FÉLÓRÁK SZÁMÁNAK KAPCSOLATA

Repülésmeteorológiai Klíma adatbázis lehetővé tette a magyarországi reptereken észlelt ködös félórák számának megállapítását. A 2005–2013-as időszak távirataiból válogattuk ki, azokat a METAR-okat, amelyekben ködöt észleltek. A ködös félórák darabszámát és a NAOI átlagos értékeit havi bontásban táblázatban ábrázoltuk (4.ábra).

2005	január	február	március	április	május	június	július	augusztus	szepember	október	november	december
NAO	1,52	-0,06	-1,83	-0,3	-1,25	-0,05	-0,51	0,37	0,63	-0,98	-0,31	-0,44
Köd	304	117	25	7	12	0	19	53	129	169	730	220
2006	január	február	március	április	május	június	július	augusztus	szepember	október	november	december
NAO	1,27	-0,51	-1,28	1,24	-1,14	0,84	0,9	-1,73	-1,62	-2,24	0,44	1,34
Köd	473	558	88	64	74	6	16	28	109	234	626	1215
2007	január	február	március	április	május	június	július	augusztus	szepember	október	november	december
NAO	0,22	-0,47	1,44	0,17	0,66	-1,31	-0,58	-0,14	0,72	0,45	0,58	0,34
Köd	118	272	16	3	21	20	0	27	85	217	182	499
2008	január	február	március	április	május	június	július	augusztus	szepember	október	november	december
NAO	0,89	0,73	0,08	-1,07	-1,73	-1,39	-1,27	-1,16	1,02	-0,04	-0,32	-0,28
Köd	945	325	52	31	42	38	42	11	53	451	307	211
2009	január	február	március	április	május	június	július	augusztus	szepember	október	november	december
NAO	-0,01	0,06	0,57	-0,2	1,68	-1,21	-2,15	-0,19	1,51	-1,03	-0,02	-1,93
Köd	514	118	64	35	9	104	22	27	41	107	831	247
2010	január	február	március	április	május	június	július	augusztus	szepember	október	november	december
NAO	-1,11	-1,98	-0,88	-0,72	-1,49	-0,82	-0,42	-1,22	-0,79	-0,93	-1,62	-1,85
Köd	601	494	35	98	130	40	11	77	199	209	399	589
2011	január	február	március	április	május	június	július	augusztus	szepember	október	november	december
NAO	-0,88	0,7	0,61	2,48	-0,06	-1,28	-1,51	-1,35	0,54	0,39	1,36	2,52
Köd	1026	198	100	29	17	32	19	31	55	67	888	754
2012	január	február	március	április	május	június	július	augusztus	szepember	október	november	december
NAO	1,17	0,42	1,27	0,47	-0,91	-2,53	-1,32	-0,98	-0,59	-2,06	-0,58	0,17
Köd	131	141	32	37	34	30	41	2	20	447	726	767
2013	január	február	március	április	május	június	július	augusztus	szepember	október	november	december
NAO	0,35	-0,45	-1,61	0,69	0,57	0,52	0,67	0,97	0,24	-1,28	0,9	0,95
Köd	589	175	293	55	38	104	18	17	122	316	476	655

4.ábra Havi NAO indexek és a ködös félórák száma

A köd kialakulásának kedvező, ha az áramlás minél távolabb van tőlünk, ami azt jelenti, hogy vagy kimagaslóan negatív, vagy kimagaslóan pozitív az index értéke, mert ezen esetekben nem áll fenn az átkeveredés lehetősége, amely negatív irányba befolyásolná a ködképződést. Tehát a NAO index abszolút értékének minél nagyobbak kell lennie, ahhoz, hogy a körülmények optimálisak legyenek a ködképződéshez. Októbertől márciusig tartó időszakot vizsgálva a ködös félórák tekintetében kirajzolódik egy októbertől decemberig tartó emelkedő, majd egy decembertől márciusig tartó csökkenő fázis. Az alábbi táblázatban a ködös félórák száma látható októbertől márciusig a vizsgált 9 év során.

<b>Ködös félórák száma október és március között</b>									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>október</b>	169	234	217	451	107	209	67	447	316
<b>november</b>	730	626	182	307	831	399	888	726	476
<b>december</b>	220	1215	499	211	247	589	754	767	655
<b>január</b>	304	473	118	945	514	601	1026	131	589
<b>február</b>	117	558	272	325	118	494	198	141	175
<b>március</b>	25	88	16	52	64	35	100	32	293

5.ábra Ködös félórák számának alakulása és a havi maximum ködös félórák száma március és október között

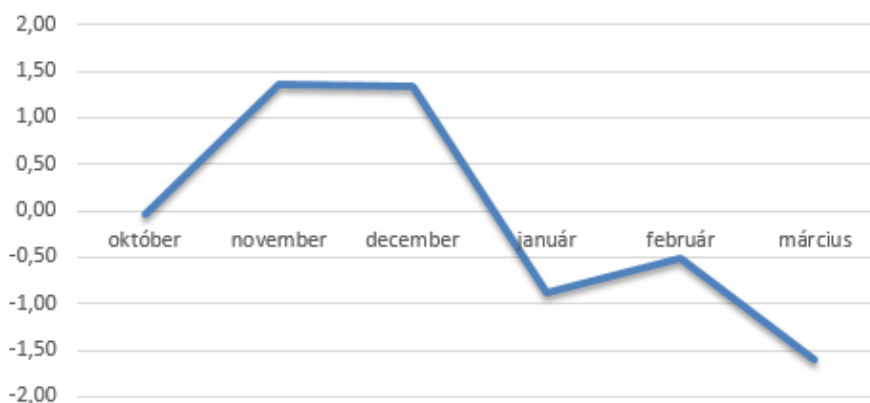
Vörös színezéssel jelöltük a ködös félórák számának maximum értékeit. Októberben ez az érték 458 (2008), novemberben 888 (2011), decemberben 1215 (2006), januárban 1026 (2011), februárban 558 (2006), márciusban 293 (2013). A ködös félórák számának maximuma jól mutatja az október és december közötti növekedést, illetve a december és március közötti csökkenést (6. ábra).



7. ábra Ködös félórák számának maximum értékei

A NAO index a ködös félórák számának maximuma idején a következő értékeket vette fel: október -0,04; november 1,36; december 1,34; január -0,88; február -0,51; március -1,61.

### A NAO index alakulása a ködös félórák számának maximuma idején



8.ábra NAO index alakulása a leghosszabb ködös hónapok során

Vizsgálatunk alapján a leghosszabb ködös időszakok összefüggésben vannak a NAO index értékével, amelyet a két adatsor közötti korreláció is alátámaszt. A NAOI befolyásolja, az adott hónapokban a ködös időszak hosszát, ami azt jelenti, hogy az áramlás valóban hatással van a ködképződésre. Ezáltal elmondható, ha a NAO index abszolút értéke magas, akkor az október és március közötti időszakban a reptereken több ködös esettel kell számolni.

### A NAO INDEX ÉS A LEGHOSSZABB ÉS A LEGRÖVIDEBB CSAPADÉKOS FÉLÓRÁK SZÁMÁNAK KAPCSOLATA

Első lépésben kigyűjtöttük az adatbázisból a leghosszabb havi csapadékos időszakokat. A vizsgált négy repülőtér havi összesített értékeit előállítottuk. (1. táblázat) A táblázatból jól látható, hogy a kiterjedt csapadékos időszakok forrása a vizsgált időszak alatt a Mediterrán térség. Ez a tény jól látható abból, hogy két évtől eltekintve az összes adat negatív előjelű és látható hogy minél kisebb a NAO index annál valószínűbb a nagy csapadék bekövetkezése. A jelenség pontosabb statisztikai leírását a közeljövőben tervezzük.

Időpont	Csapadékos félórák max. havi összege	NAO index értéke
2005.07	709	-0,51
2006.05	1098	-1,14
2007.09	661	0,72
2008.12	887	-0,28
2009.03	785	0,57
2010.05	1155	-1,49
2011.07	672	-1,51
2012.05	598	-0,91
2013.03	1542	-1,61

1. táblázat Maximális havi csapadékos félórák 2005–2013

Amennyiben a legrövidebb csapadékos időszakok hosszát vizsgáljuk (2.táblázat) akkor azt kapjuk, hogy az előző eredményünknek nagyjából az inverze az igaz, azaz a 0 körüli NAO index, ami egyrészt a magára hagyott időjárási helyzetet jelenti, illetve a pozitív NAO index értékek válnak dominánssá. Azaz az átviteli sáv északi pályán halad.

Időpont	Csapadékos félórák minimális havi összege	NAO index értéke
2005.02	102	-0,06
2006.12	147	1,34
2007.04	72	0,17
2008.02	147	0,73
2009.04	120	-0,2
2010.05	179	-0,88
2011.07	1	1,36
2012.05	95	1,27
2013.03	77	-1,32

2. táblázat Minimális hosszúságú havi csapadékos félórák 2005–2013

## KÖVETKEZTETÉSEK

Megvizsgáltuk a NAO index és a repülőtereken előforduló leghosszabb ködös félórák közötti kapcsolatot. Az első korrelációs számítások biztató adatokat adtak. Hasonló módon megnéztük a havi maximális csapadékos félórák illetve a legszárazabb periódusok összegét is a vizsgált repülőtereken. Azok a kapcsolatok, amelyeket felfedeztünk mindenképpen azt sugallják, hogy érdemi összefüggéseket lehet felfedezni, ezért a kapcsolatok elmélyültebb statisztikai vizsgálatát tervezzük a jövőben.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Tim Osborn: North Atlantic Oscillation, (e-doc), url: <http://www.cru.uea.ac.uk/documents/421974/1295957/Info+sheet+%2311.pdf/bc0835c5-da31-4b70-be72-1a7035e59be1> (2016.03.11.)
- [2] richard j. greatbach: The North Atlantic Oscillation. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment Entretiens Jacques-Cartier, Montreal 2000 Version as of May 4, 2000
- [3] Geir OTTERSEN, Benjamin PLANQUE, Andrea BELGRANO, Eric POST, Philip C. REID, Nils C. STEN-SETH: Ecological effects of the North Atlantic Oscillation, 5 january 2001
- [4] Simon BLESSING, Klaus FRAEDRICH, Martina JUNGE, Torben KUNZ and Frank LUNKEIT: Daily North-Atlantic Oscillation (NAO) index: Statistics and its stratospheric polar vortex dependence, Meteorological Institute, University of Hamburg, Germany 14 october 2005
- [5] Climate.gov: Forensic Meteorology Solves the Mystery of Record Snows, (e-doc), url: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/forensic-meteorology-solves-mystery-record-snows> (2016.03.11.)
- [6] Tar Károly: A nagy térségű légnymási mező és a magyarországi szélmező kapcsolata, Kossuth Egyetemi K., Debrecen, 2007

---

**THE CONTACT OF LARGE AREA PRESSURE FIELDS AND THE WEATHER OF  
HUNGARIAN AIRPORTS.**

*The positions of the large area pressure systems fundamentally determine the weather of the Central European area. In hemispheric sizes the monthly mean values of NAO index define the direction of the evolving flows. We treated the indices of nine years monthly NAO and the half-hourly measurements of four Hungary airports (METAR). In our work, we compared the values of NAO index with the monthly number of longest foggy half an hours in hungarian airports, and we also examined the contact between NAO index's course and the monthly longest period of precipitation days annually. We found relations in all two cases. Insofar as we would be able to write down more similar contacts, then we could make conclusions from the NAO indices forecast by climatological models to the climate change effects onto airports.*

**Keywords:** *NAO index, METAR reports, longest period of foggy days, longest period of precipitation and dry days*

---

---

GÁSPÁR Nikolett  
egyetemi hallgató  
Debreceni Egyetem  
Meteorológiai Tanszék  
gaspar.nikolett0910@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-4339-3302

---

Dr. WANTUCH Ferenc, PhD  
meteorológus  
Nemzeti Közlekedési Hatóság  
Állami Légügyi Főosztály  
wantuch.ferenc@nkh.gov.hu  
orcid.org/0000-0001-7618-1336

---

GÁSPÁR Nikolett  
Student  
National University of Debrecen  
Faculty of Meteorology  
gaspar.nikolett0910@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-4339-3302

---

Dr. WANTUCH Ferenc, PhD  
Meteorologist  
National Transport authority  
State Aviation Department  
wantuch.ferenc@nkh.gov.hu  
orcid.org/0000-0001-7618-1336

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-07-0312\\_Gaspar\\_N-Wantuch\\_F.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-07-0312_Gaspar_N-Wantuch_F.pdf)

Pányá Nándor

## A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰVEK VIZSGÁLATA AUTONÓMIA SZEMPONTJÁBÓL

*Az elmúlt évek során a katonai és civil felhasználók részéről egyaránt növekedett az igény, hogy olyan eszközöket rendszeresítsenek, alkalmazzanak, amelyek segítségével meggyorsíthatják, automatizálják, illetve pontosabban, akár nagyobb távolságban és lehető legrövidebb idő alatt, a legkisebb költség ráfordításával végezzék, végeztessék el feladataikat. Nehéz az autonómia szót definiálni mind mérnöki mind jogi értelemben is, talán még ennél is nehezebb meghúzni a határt egy automatikusan működő és egy autonóm gép között. A cikkben autonómia szempontjából kiragadott példákon keresztül végig követem a drónok fejlődését, hogyan fejlődnek az automata rendszerekből a jövő autonóm technikájává, kategóriákba sorolom őket, autonómia szempontjából és bemutatom, hogyan változhat egy drón döntéshozó képessége a jövőben.*

**Kulcsszavak:** drón, UAV, automatika, autonómia, OODA-Loop

### BEVEZETÉS

A drónok forradalmasították a hadviselést, és hamarosan a civil életre is egyre nagyobb hatást gyakorolnak. A hadiipari fejlesztések eredményei a civil társadalmak számára kétszeres hasznot is jelent. Egyrészt növelheti biztonságát, másrészt a mindennapi életéhez megkönnyítéséhez szükséges eszközök megjelenését is biztosíthatja. Napjaink hadseregeinek kulcsfontosságú elemei az UAV<sup>1</sup>-k, mint például a Predator, a Reaper, vagy a Global Hawk, melyek képességeiről még sci-fi írók álmodni se mertek régen. Ám ez még csak a kezdet, mivel legtöbbjük még mindig rendelkezik a földi állomáson települt pilótával. Mérnöki nyelvre fordítva ezek az eszközök „csupán” automatizáltak.

Valószínűsíthető, hogy a jövőben a robotok képesek lesznek az automatizált szintről eljutni az autonómiáig, vagyis végrehajtani különböző feladatokat emberi beavatkozás nélkül is. Például: képessé válhatnak a börtönőr, ápoló, mentős vagy taxi sofőr munkájának az ellátására is a jövőben. Napjainkban az emberek még részét képezik annak a zárt szabályozási rendszernek, („huroknak”) amely biztosítja ezeknek a berendezéseknek a működését. Az emberek döntenek el, hogy mikor kell a drónoknak felszállniuk, hova kell eljutniuk és ott milyen feladatokat kell végrehajtaniuk. De eljöhét az az idő is, amikor az emberekre már nem lesz szükség ezen döntések meghozatalához [1][2][6][7].

## GÉPEK PROBLÉMAMEGOLDÁSA, A KÜLÖNBSÉG AUTONÓMIA ÉS AUTOMATIKA KÖZÖTT

### A gépek működésének és a „hurok” megértése

Ahhoz hogy megértsük mi a különbség autonómia és automatika között először meg kell értenünk, hogy hoz döntéseket egy gép. Az „OODA Loop” egy kimondottan hatékony eszköz a

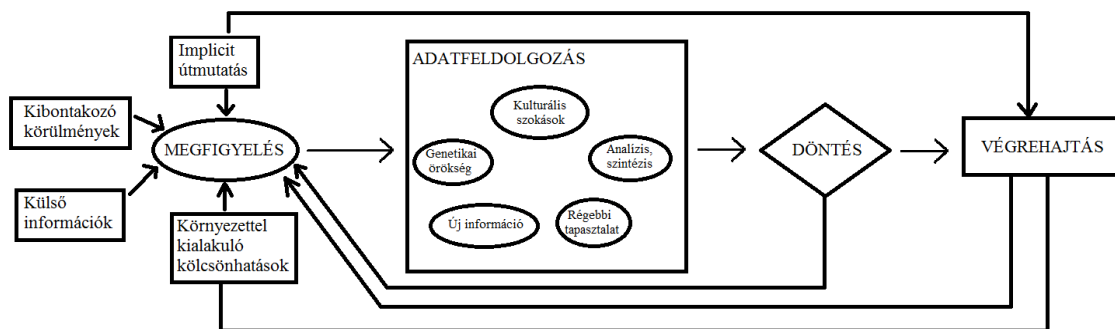
<sup>1</sup> Unmanned Aerial Vehicle – pilóta nélküli repülőgép

bonyolultabb rendszerek, mint például a drónok megértéséhez, a mérnökök, hadseregek és a civil élet egyaránt használja.

Egy egyszerű példát hozva, miért voltak jobbak az F-18-as vadászrepülőök, mint a MiG-15-ösök a koreai háborúban? John Boyd, hadtudományi szakértő szerint a harcokban az előny annál a pilótánál volt, aki gyorsabb és pontosabb döntéseket tudott hozni, mint az ellenség, ezzel kiközkentve az ellenséget a „hurokból”.

Boyd szerint az emberi döntés hozatal négy lépésből állt: megfigyelés (Observation), feldolgozás (Orient), döntés (Decision) és cselekvés (Act), vagyis a személy először megfigyeli a körülötte lévő világot, információt gyűjt az érzékszervei segítségével, feldolgozza a begyűjtött információt, majd mérlegeli a lehetséges kimeneteket és döntést hoz, végül pedig végrehajtja a meghozott döntést [20].

Az OODA Loop-nak (1. ábra) megvannak a hibái, mivel ezek a részek teljesen le vannak egyszerűsítve, mivel mind az emberi, mind a robot információ feldolgozása időben átfedi egymást. A hurok nem egy tisztán lineáris folyamat, mivel folyamatos visszacsatolás van a részek között, ettől függetlenül ezt használjuk, hogy megértsük egy rendszer működését [1][2].



1. ábra A Boyd féle OODA Loop<sup>2</sup>

Vetítsük le az OODA Loop-ot egy emberre, aki egy úton sétál, amíg bele nem botlik egy nagy sziklába, amelyen valahogy át kell jutnia. Emberünk először megfigyeli a környezetet, felhasználva a legtöbb érzékszervét. Szemével felbecsüli a szikla magasságát (át tudja-e ugrani), a sűrűségét (el tudja-e tolni) és megvizsgálja az utat a szikla mindkét oldalán. Ezután feldolgozza a begyűjtött információt, amivel meghozhatja majd a döntést. Mivel túl magas átugrani és túl nehéz eltolni ezeket a lehetőségeket elveti, de elég tér van, hogy elmenjen a szikla mellett. Emberünk meghozza döntését. Visszafordulhatna és segítséget is hívhatna, de mivel elég helyet lát hogy megkerülje a sziklát. A lábai mozdításával végrehajtja a műveletet és folytatja útján tovább.

Ez a leírás túl részletesnek és túl kidolgozottnak tűnhet, de pont ez a lényeg. Ezek a feladatok összetettek és mind elméleti mind fizikai munkát alkalmaznak, mégis átlagos helyzetben egy emberi lény tudat alatt képes végrehajtani az egész hurkot azonnal, minden gond nélkül.

Ha most megnézzük, hogy egy gép hogyan viselkedne hasonló helyzetben rájövünk hogy ez a folyamat sokkal bonyolultabb számára. Először is a megfigyeléshez nem csak egy eszköz kell

<sup>2</sup> szerkesztette a szerző (MS WORD) [https://en.wikipedia.org/wiki/OODA\\_loop#/media/File:OODA.Boyd.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/OODA_loop#/media/File:OODA.Boyd.svg) (2016.02.17)

ami képes képet juttatni a gép központjában, fel is kell mérnie és kategorizálnia a sziklát és a közvetlen környezetét.

A gép érzékelő részeitől függően ez a folyamat lehet bonyolult vagy egyszerű. Hiányos vagy pontatlan megfigyelés kihat az egész hurokra, rosszul mérheti fel a környezetét, rossz döntést hozhat és ezzel kudarca ítéli a küldetését.

Ezután a gépnek fel kell dolgozni a begyűjtött információkat. Összegezni az adatokat és egy valós képet alkotni a körülötte lévő világról nem könnyű feladat. Nagyon fontos a feldolgozás sebessége, lehet hogy lassítania kell vagy megállnia, de ez azzal járhat hogy nekiütközik a sziklának.

Eddig se volt könnyű dolga gépünknek, de a döntés meghozatala a legnehezebb része a huroknak. A döntéshozó berendezése lehet olyan kezdetleges, hogy ha akadályba ütközik egyszerűen megáll és hívja az irányító személyt aki majd meghozza helyette a döntést. Vagy lehet olyan előre beprogramozott megoldás is hogy elfordul balra 90°-al megtesz 10 métert majd visszafordul a kiinduló állapotba. Ha ezután is akadályt érzékel megismétli az eljárást. De látjuk, hogy ez nem a legjobb megoldás mivel a döntést a lehető leggyorsabban, leghatásosabban és legbiztonságosabban kell meghoznia.

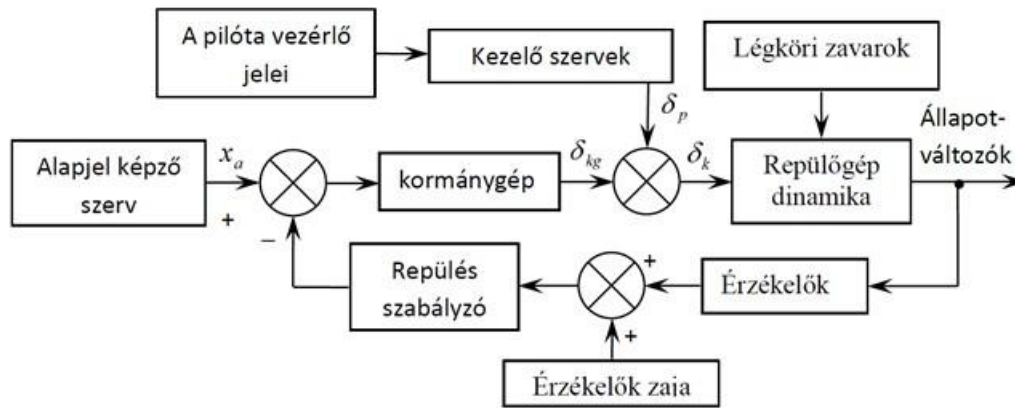
A cselekvés része nagyban függ a gép felszerelésétől. Ha repülni képes akkor az embernél egyszerűbben átjuthat a fent említett sziklán ha például átrepül fölötte. Ha rendelkezik kar-szerű kiegészítővel és a hozzá szükséges erővel, akkor akár eltolhatja az útból az akadályt. Látjuk hogy a beépített technológia szab csak határt a lehetséges cselekvéseknek.

Minél több dolgot tud végrehajtani a gép egyedül automatikusan annál kevesebb szüksége van emberi irányításra, annál inkább felvetődik a kérdés hogy ezt a komplex kifinomult működést nevezhetjük-e autonómnak [1][2][18].

### **Az automatikus repülésszabályzó rendszer működése**

Mielőtt megnéznénk a különbséget az automatika és az autonómia között, nézzük meg hogyan is néz ki egy UAV-ba épített repülésszabályzó rendszer. Az elektronikai és számítástechnikai fejlettségünknek köszönhetően képesek vagyunk az ember számítási sebességét meghaladó rendszert alkotni. Szemléltetésnek a 2. ábra bemutatja a rendszer felépítését. A repülésszabályzó rendszer egy MIMO (Multi input, Multi output) rendszer, amely tervezése, méretezése, összetett, mérnöki feladat [3][11][12][14][15][21]. A mérőeszközök, mint például a bedöntés, bólintás és szögsebesség mérőadók, magasság-, állásszögadók biztosítják a rendszer működését, amelyek a pillanatnyi bejövő adatokat alakítják át elektromos impulzussá, és továbbítják a részegységekhez. A repülő eszköz mozgásának térbeli változása (eltekintve a külső és belső zavaroktól, zajoktól) a kezelő személy utasítása, vagy a repülést szabályozó rendszertől érkező jelek kezdeményezhetik. A bemenő alapjel lehet értéktartó (konstans) vagy értékkövető (időben előre meghatározhatóan differenciál). Ha automatikus repülést terveznek az adott változókat, mint a repülési magasság, sebesség, vagy irány előre kiszámítják és beprogramozzák, hogy a felmerülő külső hatásokra bekövetkező változásokat a repülésszabályzó rendszer tudja kompenzálni. Leggyakrabban az eltérés elvét vagy a kompenzáció elvét alkalmazzák ilyenkor, de előfordulhat az is hogy a kettő együttes használata a leghatékonyabb.





2. ábra Az automatikus repülésszabályozó rendszer blokkvázlata<sup>3</sup>

„Az eltérés elve alapján működő, a 2. ábra szerinti értéktartó robotpilóta rendszerben az alapjel képző létrehozza a stabilizálni kívánt alapjellel arányos jelet. A robotpilóta érzékelői mérik a repülőgép pillanatnyi helyzetének megfelelő repülési paramétereket. Ha a repülőgép pillanatnyi és a kívánt repülési helyzete nem egyezik meg, akkor a különbségképző szerv előállítja a hibajelet. A hibajel jelformálás, illetve erősítés után kormánygépre kerül, amely ledolgozza a hibajellel arányos jelet, és jelet ad az összegzőre. Az összegző kimenő jele, olyan módon téríti ki a megfelelő kormányfelületet, hogy az azon ébredő légerő és nyomaték a repülőgépet a kívánt repülési helyzetbe hozza. A szabályozási folyamat mindaddig tart, amíg a hibajel zérussal lesz egyenlő.

Robotpilótákkal szemben támasztott általános követelmények az alábbiak:

- a repülőgép kormányozhatóságának és előre megadott stabilitásának biztosítása az x, y, és a z tengely körül;
- a zavaró hatásokkal szembeni érzéketlenség;
- speciális feladatok biztosítása:
  - az automatikus le-, és felszállás;
  - repülési sebesség stabilizálása;
  - repülési magasság stabilizálása;
  - süllyedés, emelkedés végrehajtása;
  - műszer szerinti sebesség és „M” szám automatikus stabilizálása;
  - a repülőgép bármely helyzetből vízszintes repülési helyzetbe történő visszaállítása;
- üzembiztos, pontos működés az előre megadott hőmérsékleti, magassági és relatív nedvesség tartományon belül;
- minimális energia felhasználással működjön;
- minél kisebb súllyal és méretekkel rendelkezzen<sup>4</sup> [4][5][6][8][9][10][13][22].

### Az autonómia és automatika közti különbség

Felmérhető egy gép autonómia szintje az alapján, hogy hogyan hajtják végre az OODA hurkot, minél jobb a megfigyelő, feldolgozó, döntő és végrehajtó képessége annál inkább nevezhetjük

<sup>3</sup> Dr. Szegedi Péter: Repülésszabályozó rendszerek szabályozóinak számítógépes analízise és szintézise, (PhD értekezés) Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, Budapest, 2005, 3.1. ábra, 54. o.

<sup>4</sup> Szegedi Péter: Rendszerek szabályozóinak számítógépes analízise és szintézise, (PhD értekezés) Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, Budapest, 2005. 54–55. o.

autonómnak. Bár mind az automatika és autonómia azt jelenti hogy „képes egy folyamatot végrehajtani emberi beavatkozás nélkül” sokkal több a különbség, mint a hasonlóság. Az automata rendszerek nem képesek önmaguk irányítására, és önálló döntések meghozására. Ellentétben autonóm entitások (pl.: az emberek vagy gépek) képesek önállóan dolgozni és végrehajtani a saját céljaikat. Egy automatizált folyamat során elvégezhetőek azok a rutin (lépésről-lépésre leírt, előzetesen definiált) feladatok amelyeket emberek végeznek (pl.: futószalag munka), de még így is szükség lehet emberi beavatkozásra. Míg egy autonóm folyamat akár felül is múlhatja az emberi munkát, nem csak helyettesítheti azt az előre meghatározott helyzetekben.

Az automatika mind elődje, mind szerves része az autonómiának. Úgy definiálják az autonóm rendszereket, hogy „függetlenek a vezérléstől” és rendelkeznek olyan tulajdonságokkal, mint például: (1) az automatika, vagyis képesség a külső beavatkozás nélküli működésre. (2) szükséges egy döntéshozó képesség, vagyis képesség a saját céljai végrehajtására, és (3) egy igazán autonóm rendszer képes tanulni, tapasztalatot levonni a múlt cselekményeiből, eseményeiből és ezeket a jövőben felhasználni a cselekvéseihez.

Látható, hogy nem egyértelműen határozható meg a határ az automatikus és autonóm rendszerek között, könnyebb megközelíteni az autonómiát úgy, mint tulajdonságok összességét, amelyek több rendszerre is igazak.

Három főtulajdonság befolyásolja azt, hogy egy rendszer autonóm vagy csupán automatikus: (1) a szükséges kezelői beavatkozás gyakorisága, (2) a gép képessége hogy a környezeti változótól függetlenül tudjon működni, (3) a gép asszertációs szintje, vagyis kreatív döntéshozó és kockázatfelmérő képessége ami szükséges a küldetése végrehajtásához. Néhány példa az egyes tulajdonságok szélsőségeinek bemutatására:

- Ha teljes autonómiával rendelkezik egy gép akkor az indítása után önállóan képes döntést hozni, hogy hogyan küzdje le az akadályt és érjen célba. Ha egyáltalán nem rendelkezik autonómiával (pl.: egy RC távirányítású eszköz), akkor a kezelő vezeti végig az úton és kezeli az útközben felmerülő akadályokat. A kettő között félúton lévő gép képes önállóan haladni, amíg akadályba nem ütközik és igényli a kezelői beavatkozást.
- Egy teljesen autonóm gép képes felmérni a környezetét és a beérkezett adatokat önállóan értékelni, elemezni, míg a másik végletnél a gép, vagy nem képes érzékelni a környezetét, vagy a beérkező információkat nem képes feldolgozni.
- Miután akadályba ütközik egy gép felméri a lehetséges megoldásokat és annak kockázati tényezőit. Tegyük fel, hogy a legjobb megoldásnak is 80% az esélye. Ennél a pontnál egy magas asszertációval rendelkező gép úgy dönt, hogy mindenképpen mennie kell tovább és cselekszik, míg egy kisebbel rendelkező gép leáll és kezelői beavatkozást igényel [1][2].

## AZ AUTONÓMIA SZINTJEI

A drónok fejlődésével párhuzamosan alakultak ki az azokat besoroló rendszerezések. Thomas Sheridan 10 lépcsőfokos besorolása az 1. szinten lévő automatikustól a 10. szinten lévő teljesen autonómig sorolja be a gépeket. A 2–5. szinteken a döntéshozatalt az ember végzi, míg a 6–9. szinteken a gép meghozza a döntést és változó mennyiségű vétó jogot és információt ad csak az embernek.

Az előző fejezetben említett három főtulajdonságban elért szinttől függően mérhető lesz a gép „intelligenciája és tudata”. Egyes gépek, amelyek csak egy funkciót tudnak ellátni és azt is csak emberi támogatással, mint például egy mosógép vagy egy futószalagon dolgozó gépkar, de a jövőben lehetnek majd olyan drónok, amelyek önállóan képesek lesznek megtalálni és likvidálni bármilyen célpontot emberi beavatkozás nélkül. A legtöbb rendszer azonban a két véglet közé fog esni.

Szint	Leírás
1	A gép nem segít az ember csinál mindent.
2	A gép több lehetőséget ajánl fel.
3	A gép egy leszűkített listát ajánl fel.
4	A gép egy lehetőséget javasol.
5	A gép cselekszik ha az ember jóváhagyja.
6	Az automatikus végrehajtás előtt ad vétó jogot az embernek.
7	Cselekvés után mindenképpen tájékoztatja az embert.
8	Cselekvés után, ha az ember kéri kap tájékoztatást.
9	Cselekvés után ha a gép úgy gondolja tájékoztatja az embert.
10	A gép mindent önállóan csinál, az ember teljes kihagyása.

1. táblázat: Sheridan féle autonómia szintek<sup>5</sup> [1]

A Sheridan féle felosztás (1. táblázat) nem foglalkozik vele, hogy egy drón képes más teljesítményt nyújtani az OODA Loop különböző részein, ezeket egyszerűen átlagolja. Például lehet, hogy egy gép tökéletesen felméri a környezetét, de szüksége van emberi beavatkozásra döntéshozásnál.

A Légierő Kutató Intézete (AFRL – Air Force Research Laboratory) elkészítette saját 11 lépésű beosztását, amibe már ezt a jelentős ténytet számításba vették. Emellett az AFRL beosztásában azt is figyelembe vették, hogy vannak olyan helyzetek, ahol egy kezelő több járművet kezel egyszerre, így a többgépes rendszerek autonómiáját is figyelembe veszi.

Szint	Leírás
0	Kézi távirányítás
1	Egyszerű automatika
2	Automata funkciók és feladatvégzés
3	Előre programozott feladatvégrehajtás
4	Fél-automata küldetés végrehajtás egyszerű döntés hozatallal
5	Összetett, küldetés függő gondolkodó képesség
6	Feladathoz dinamikusan alkalmazkodás
7	Több-küldetésre összehangolt gondolkodó képesség
8	Emberszerű önállóság vegyes csapatban
9	Gép által vezetett önálló csapatok
10	Önálló együttműködés

2. táblázat Army Science Board Study<sup>6</sup> [17]

<sup>5</sup> szerkesztette a szerző (MS WORD)

<sup>6</sup> szerkesztette a szerző (MS WORD)

Szint	Leírás
0	Távírányított jármű
1	Előre eltervezett küldetés végrehajtása
2	Változtatható küldetés végrehajtása
3	Határozott válasz a valós idejű hibákra/eseményekre
4	Hibára/eseményre alkalmazkodó
5	Több jármű valós idejű koordinációja
6	Több jármű valós idejű együttműködése
7	Harctér ismerete
8	A harctér egyéni megismerése
9	A harctér rajban való megismerése
10	Teljes autonómia

3. táblázat Az autonómia 11 szintje az AFRL szerint<sup>7</sup> [1]

Néhány példa annak szemléltetésére, hogy egyes szintek mit is takarnak pontosan:

Szint	Megfigyelés	Feldolgozás	Döntés	Cselekvés
0	Repülés irányítási érzékelők és fedélzeti kamera	Adat továbbítás, táv-irányítású parancsok	Nincs	Távírányított
5	Helyi érzékelők külső célpontok érzékelésére	Csapat felismerés	Fedélzeti útvonal tervező, optimalizál a jelenlegi és előrelátható feltételeknek megfelelően, ütközés elkerülés	Külső parancs csapatos végrehajtása, ütközés elkerülés.
10	A harctéren minden-nel tudatos	A szükségesnek megfelelően koordinál	Képes teljes függetlenségre	Minimális irányítást igényel.

4. táblázat Példák az AFRL besorolására (0., 5., 10. szint)<sup>8</sup> [1]

Az AFRL besorolásából látható, hogy egy rendszer autonómia szintjét az OODA Loop különböző részein elért teljesítménye alapján jól lehet jellemezni. Például egy gép eléri a 10. szintet megfigyelésben, de lehet hogy csak az 5. szintet döntéshozásban, vagyis el tudja kerülni az ütközéseket de komolyabb gondok megoldására akkor is kell a kezelő beavatkozása.

A gépek autonómiájának korlátozására többféle lehetőség létezik.

Például:

1. Megszabhatjuk, hogy melyik funkciók automaták és csak bizonyos funkciókat enged teljesen autonóm működni. (egy UAV lehet autonóm a repülési útvonalának végrehajtásában, hova, mikor, hogyan repül, de rakétaindításra csak kezelő adhat közvetlen parancsot).
2. A kezelő szabja meg, hogy mikor lehet a gép autonóm, vagyis dinamikusan határozza meg a gép feladatait. (váltogatni lehet az autonómia szintjeit a feladattól függően)

Habár az Egyesült Államok harci drónjai mutatnak autonóm és automatikus tulajdonságokat is, elsősorban automata rendszerek. A Global Hawk felderítő repülőgép képes fel-, és leszállni közvetlen emberi beavatkozás nélkül, a kezelőnek csak az indító gombot kell megnyomnia. Azonban hiányzik az a képesség, hogy önállóan irányítsa a kameráit olyan célpontokra, amik bizonyos szempontokból érdekesebbek lehetnek. A Predator és a Reaper is három repülési móddal rendelkezik, amelyeket a kezelő választ ki: manuális repülés (távírányítás), fél-autonóm

<sup>7</sup> szerkesztette a szerző (MS WORD)

<sup>8</sup> szerkesztette a szerző (MS WORD)

megfigyelt repülés, és előre beprogramozott repülés. A jelenleg alkalmazott pilóta nélküli repülő rendszerek esetén, a fejlettségüktől függetlenül az ember állítja be az eszközök autonómiájának a szintjét [1][2][18][19].

## DRÓN HADVISELÉS: MÚLT, JELEN, JÖVŐ

A kutatást csak a haderőben alkalmazott drónokra terjesztettem ki, természetesen emellett a pilóta nélküli eszközöket használnak a bűnüldözésben, a légi (szárazföldi) kutató-mentő akciókban, az egészségügyben, a sportban és a hétköznapi életünkben is [1][2].

### A múlt drónjai

A múlt században fejlesztett pilóta nélküli járműveket elsősorban céllövészetben használták amerikai pilóták a második világháború alatt. Az egyik leghíresebb ilyen UAV a **Dennymite**, amit az első világháborús pilótáról, későbbi Hollywood-i sztárról, Reginald Denny-ről neveztek el. A németeknek is voltak szárazföldi robotjaik például a robbanószerekkel ellátott „földi torpedó” a **Góliát**, amit ellenséges harckocsik és bunkerek pusztítására alkalmaztak. Németország rendelkezett pilóta nélküli repülő géppel is, a **Fritz** névre keresztelt távirányított, szárnyakkal ellátott bombával [1].



3. ábra Ryan Firebee felszállás közben<sup>9</sup>

Ezeket a repülő eszközöket kezdetben felderítésre, megfigyelésre használták, mint például a vietnámi háborúban a **Ryan Firebee II**-t, (3. ábra) ami 1400 km-es hatótávolsággal rendelkezett, illetve több mint egy órát volt képes a levegőben tartózkodni. Egy másik távirányítású repülőgép a **Lighting Bug** amit az amerikai hadsereg 1964 és 1975 között használt Délkelet Ázsiában. Mindkét távirányított eszköz térbeli mozgását a kezelő egy földi állomáson elhelyezett monitoron keresztül tudta követni, kontrolálni.

A hidegháború alatt jelentős mértékben fejlődött a számítástechnika, így az automatizálással kapcsolatos technológiák fejlődése is megindult. Kezdetben a robotikával kapcsolatos fejlesztési programok nehezen indultak, például az USA **Aquila** programja. Az 1979-ben indult projekt célja egy ellenséges terület fölött átrepülő és azt felderítő repülő eszköz megalkotása. 8 évvel később az 1 milliárd dolláros projekt csak pár kezdetleges prototípust tudott felmutatni.

---

<sup>9</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Ryan\\_Firebee#/media/File: BQM-34F\\_launch\\_Tyndall\\_AFB\\_1982.JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/Ryan_Firebee#/media/File:BQM-34F_launch_Tyndall_AFB_1982.JPG) (2016.02.17)

A fejlődés tehát fokozatos volt, az első igazán sikeres katonai UAV-nak az öbölháborúban bevetett **Pioneer**-t tekinthetjük, amely felderítési és kárfelmérési feladatokat hajtott végre. Egy szimbolikus mérföldkő volt, amikor is egy katona pilóta nélküli eszköznek adta meg magát (iraki katonák fehér lepedőket és fehérneműt lengetve megadták magukat egy Pioneernek).

A technológia kezdetleges állapota korlátokat szabott a távirányított harci rendszereknek. Az irányíthatóság (vagyis, hogy az eszköz képes legyen követni egy mozgó célpontot, vagy ki tudjon térni a pályájáról, ha szükséges) az, ami megkülönbözteti a modern pilóta nélküli fegyvereket az egyszerű lövedékektől.

Jelentős előrelépés volt 1920-ban mikor Carl Norden a frissen felfedezett informatikai vívmányoknak köszönhetően felfedezte a Norden bombacélzót. Ez a rendszer segítette a bombázók célzását azzal, hogy automatikusan lőtte ki a bombát/rakétát, mikor számításai szerint a legjobb volt az időzítés, hogy a célpontot eltalálja. 1945. augusztus 6-án a Hiroshimára ledobott „Little Boy” nevű uránium bombát is ez segítette célba.

A precíziós célzásnak nagy ugrást jelentett a lézercélzó és a cirkáló rakéta felfedezése, talán ez a 20. század legfontosabb fejlődése a pilóta nélküli technológiában. A lézer-irányított bombákat nem egy ember irányítja, hanem a kezelő „megvilágítja” lézerrel a célpontot, és a bomba a lézercélzó berendezésével a cél irányába fordul. Régebbi modelleknél a célon kellett tartani a lézert, napjaink technológiájánál nem szükséges ez sem.

A cirkáló rakéták sokkal kifinomultabb fegyverek, mivel a lézer-irányított bombákkal ellentétben ezek képesek saját fedélzeti rendszereiket használva önálló repüléssel eljutni a kijelölt célponthoz. Az első ilyen rakéta a német Fiesler Fi.103, amelyet a második világháború idején használtak. A korai cirkáló rakétákból hiányzott a precíziós célzás, vagyis a találati esélyük limitált volt, amíg a technológia vívmányai lehetővé nem tették a Tomahawk rakéta megalkotását, amit az öbölháborúban használtak először.

A **Tomahawk** rakéták célpontjait még indítás előtt meg kell határozni, és felszállás után nem lehet más célpontot kijelölni. Emellett a Tomahawk csak már előre feltérképezett, és a memóriájába programozott útvonalon tudott repülni. Habár kevés szüksége volt emberi kezelőszemélyzetre a környezeti változókat, mint az időjárás vagy terepakadályok csak alacsony mértékben tudta kezelni.

A legtöbbjük távirányított volt, mint a második világháborús Góliátok vagy Fritzek vagy az öbölháború Pioneerje. Ha a kommunikációs kapcsolat megszakadt az irányító és a drón között egyszerűen lezuhantak. Azok a gépek, amelyek nem igényeltek állandó emberi irányítást, mint a Tomahawk, nem rendelkeztek azzal a képességgel, hogy idegen terület felett navigáljanak, vagy indítás után lehetetlen volt módosítani az útvonalukat. A még korábbi modelleket csak lövészetre céltárgyként, vagy irányított rakétaként az ellenség pusztítására használták [1][2].

### Napjaink drónjai

A fentiekben láthattuk, hogy a 20. században is voltak pilóta nélküli távirányított járművek, de 2001. szeptember 11-től terjedt csak el a katonai drónok használata. A múltban kommunikációs és navigációs problémákkal küszködtek, napjaink új technológiái egyre hatékonyabbá teszik a drónokat.

A politikai és kulturális tényezők is segítik a drón technológia fejlődését és alkalmazását a katonai műveletekben. A terroristák, a világháborúk konvencionális hadviselésével ellentétben egyenruhát nem viselő, nehezen felkutatható és azonosítható ellenségek. A drónok sokkal eredményesebben és hatékonyabban alkalmazhatók az állandósult (akár napi 24 órás) felderítő, megfigyelő feladatokra. Fegyverzetük is optimális a városi harcshíntérhez, a Predator kisebb Hellfire rakétája nem okoz akkorát és nem indítható olyan távolságból, de precíziós csapásokra jobban használható. Az sem elhanyagolható hogy mivel pilótáik a földi irányító állomáson, távol a bevetés helyszínétől vannak, a bevetések nem veszélyeztetik a katonák testi épségét, és mivel nincs szükség a pilóta létfenntartó rendszereire a fedélzeten használatuk kisebb költséggel jár, mint egy vadászrepülőgépnél.

A fent említett 8 méter hosszú és 500 kg tömegű **Predator** 24 órát is eltölthet a levegőben. Egy célpont fölött hosszasan képes lebegni, 3 km távolságból is le tud olvasni egy rendszámtáblát és meg tudja figyelni az alatta lévő területet bármilyen időjárásban.

Eleinte felderítő küldetésekre vetették be a Balkánon, de a World Trade Center elleni terrortámadás után felszerelték lézercélzott Hellfire rakétákkal. Ettől függetlenül a felderítő képességei még mindig nélkülözhetetlenek, képes valós idejű képet közvetíteni a földön lévő katonáknak. A földi irányító állomáson tartózkodó kiszolgáló személyzet egy pilótából, két kezelőből áll és összesen 82 ember kell a technikai támogató csapattal együtt a drón repültetéséhez.



4. ábra MQ-9 Reaper a levegőben<sup>10</sup>

A **Reaper** (4. ábra) kétszer olyan gyorsan és kétszer olyan magasra tud repülni több mint 1,5 tonna hasznos teherrel, mint elődje a Predator. A Reaper viszont nem képes szűk körön őrjáratolni a cél fölött és a repülési időtartama is csak 18 óra, ami két 450 kg-os külső üzemanyag tartállyal kiegészítve 42 órára növelhető.

Hiába van mind a Predator mind a Reaper fejlett érzékelő és támadó felszereléssel felszerelve, gyakorlatilag ezek is csak távirányított gépek. Három módon lehet őket repültetni: távirányítás-

---

<sup>10</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/General\\_Atomics\\_MQ-9\\_Reaper#/media/File:MQ-9\\_Reaper\\_in\\_flight\\_\(2007\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-9_Reaper#/media/File:MQ-9_Reaper_in_flight_(2007).jpg) (2016.02.17)

sal, fél-autonóm megfigyelt repüléssel, és előre programozott repüléssel. Mindegyik mód folyamatos emberi beavatkozást igényel, és a drónok nem képesek összetett akciókat javasolni a kezelőszemélyzetnek, vagy önállóan kifinomult döntést hozni.

Vannak fegyvertelen felderítő drónok is, mint például a nagy magasságú, nagy hatótávolságú **Global Hawk**, amely 28 órát is képes eltölteni 20 km-es magasságban, valamint éjjel-nappal bármilyen időjárásban felmérni az alatta lévő területet. A 13,5 tonnás drón üzemeltetése egy kisebb hadsereget igényel, de gombnyomásra képes fel és leszállni, közben önállóan tud repülni és felderíteni.

Persze az előzőekben bemutatottaktól eltérően léteznek kisebb drónok is, mint a kézből indítható **Raven**, amely 7–10 km-es hatótávolsággal rendelkezik és irányítható joystickkal vagy programozható GPS alapú útra is. A kevesebb mint 1 méter hosszú és 2 kg tömegű Raven indításához egyszerűen a katonának fel kell emelnie és feldobnia, a felszállási technikája hasonlít egy papír repülőjéhez. A maximum 90 perces repülései alatt be lehet programozni célpont követésre, lebegésre, vagy ha elveszti a célpontot a hazatérésre.

A **Wasp III** a Raven-hez hasonlít a legjobban, ugyanúgy kézből indítható, de 5 kilométert is meg tud tenni, ugyanúgy programozott, vagy irányított módon [1][2].

### A jövő drónjai

Jelenleg folyó az autonómiával kapcsolatos kutatásokban a negyedik és az afeletti szintű drónok fejlesztésén dolgoznak a mérnökök, kutatók. A stratégiák pedig azt vizsgálják, hogy hogyan, milyen feladatok ellátására vonják be a pilóta nélküli eszközöket segítve a katonák feladatteljesítését.



5. ábra Phantom Eye<sup>11</sup>

A prototípus státuszban lévő Phantom Eye (5. ábra) teljesített egy 28 perces teljesen autonóm repülést, mely során autonóm módon felszállt, repült és leszállt. A DARPA (Defense Advanced Research Project Agency) olyan technológián dolgozik, ami lehetővé teszi a drónoknak hogy 5 évet is a levegőben töltsenek. A következő generációs Reaperek (Avenger) képesek lesznek felismerni és kategorizálni embereket és emberi készítésű tárgyakat, és még az apróbb változásokat is felismeri, mint például a lábnyomokat, vagy a lenyírt fűvet.

---

<sup>11</sup> <https://i.kinja-img.com/gawker-media/image/upload/mpsvuxsxhhtmihgolj8q.jpg> (2016.02.17)



A drón technológia eljut majd egy olyan pontra, ahol a gépek képesek lesznek jogi és katonai irányelveknek megfelelő döntéseket hozni. A parancsnokoknak elég lesz elmondani (beprogramozni) egy drónnak, hogy mihez van joga és mihez nincs, mint napjainkban a katonáknak megadják a fegyverhasználati rendszabályokat.

Nem csak a nagyobbnál nagyobb drónok megalkotása a cél, a nano-drónok fejlődése is zajlik. A hajszál méretű drónok várhatóan kötelékben fognak dolgozni, de az elérhető katonai fejlesztések alapján csak találgatni tudunk, hogy mire lesznek képesek. Mivel több nano-drón irányítása emberileg lehetetlen, magasabb autonómiára lesz szükségük, mint napjaink drónjainak. A kezelőjük kiadja a feladatot és a nano-drónok egymással kommunikálva önállóan hajtják majd végre azt.

A jövő drónjai felül múlják majd az embereket is sok szempontból. Gyorsabb és pontosabb megfigyelést, adatfeldolgozást, döntést és cselekvést fognak tudni végrehajtani, az emberek az irányító pozícióból átkerülhetnek megfigyelőkké, akik csak szükség esetén avatkoznak be. Az önálló cselekvőképesség azért is jó, mert így a drón nem kerül veszélyes helyzetbe, ha megszakad a kapcsolata az irányítójával. A rakétaelhárító rendszerek már napjainkban is rendelkeznek autonómiával, mivel egy ember nem lenne képes időben reagálni egy váratlan ellenséges légi támadásra [1][2].

### Besorolás az AFRL táblázatba

Szint	Példák	Leírás
0	Ryan Firebee II, Lighting Bug, Pioneer	Távírányított jármű
1	Tomahawk rakéta, Predator, Reaper	Előre eltervezett küldetés végrehajtása
2	Global Hawk	Változtatható küldetés végrehajtása
3+	Phantom Eye, Avenger, egyéb jövőbeli drónok	Határozott válasz a valós idejű hibákra/eseményekre

5. táblázat A felsorolt példák táblázatban<sup>12</sup>

Az 1980-as évek előtt a drónokat távírányítású légi járművekként kezelték, semmilyen autonómiával nem rendelkeztek, annyi különbség volt a vadászrepülőgépektől, hogy pilótáik egy földi állomáson voltak elhelyezve. A cirkáló rakéták megjelenésével, mint például a Tomahawk, felfedezték a lehetőséget az eszközök előre beprogramozására, így egyszerűbb feladatokat már önállóan képesek voltak végrehajtani. Az első jelentős autonómiával rendelkező drónnak a Predatorot tekinthetjük, sok harcszintéren bizonyította a fejlettségét.

A Global Hawk felderítő drón az U2-es felderítő repülő munkáját vette át, gyakorlatilag ugyanazt a feladatot hajtja végre, csak fedélzeti pilóta nélkül. A jövőben például a Phantom Eye és az Avenger is feltételezhetően magasabb szintű autonómiát fog elérni, de ezek is távol maradnak még a tiszta autonómiától, mivel csak az olyan eseményekre lesznek képesek reagálni (és lehet, hogy nem is egyből) amit előtte beléjük programoztak.

<sup>12</sup> Készítette a szerző

## ÖSSZEFOGLALÁS

A drón technológia rohamos fejlődése az elmúlt években, napjainkban és a jövőben is folytatódni látszik. A fejlesztések érthető okokból szigorúan titkosak és elérhetetlenek a nagyközönségnek. A kutatási tendenciákból megállapíthatók, hogy ezek a drónok nagyobb autonómiával rendelkezhetnek, mint amit jelenleg mutatnak.

Az a kérdés hogy az ember benne van a hurokban vagy sem fekete-fehér világszemlélet. Mi döntjük el mikor van szükség emberi beavatkozásra és mikor hagyjuk a drónt önállóan cselekedni. Csak a technológia szab határt mikor és milyen mértékben veszik át az autonóm drónok a veszélyes vagy megterhelő katonai feladatokat. Gordon Johnson a Pentagon Összhaderőnemi parancsnoka szerint „Nem éhesek, nem fáradnak el, nem felejtik el a parancsaikat, nem zavarja őket, ha a mellettük lévőket lelövik. Jobb munkát fognak végezni, mint az emberek? Igen.”

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] WILLIAM C. MARRA & SONIA K. MCNEIL: Understanding “the loop”: Regulating the Next Generation of War Machines, (online) url: [http://www.harvardjpp.com/wpcontent/uploads/2013/05/36\\_3\\_1139\\_Marra\\_McNeil.pdf](http://www.harvardjpp.com/wpcontent/uploads/2013/05/36_3_1139_Marra_McNeil.pdf) (2016.02.17)
- [2] PETER W. SINGER *Wired for War: The Robotics Revolution and Conflict in the Twenty First Century* 110 (2009).
- [3] ÓVÁRI GYULA, KOVÁCS JÓZSEF, SZEGEDI PÉTER: Preliminary Design of Controller for the Lateral Motion of an Unmanned Aerial Vehicle, *Proceedings of the 10th International Conference: Transport Means 2006*, Kaunas, Litvánia, 2006. pp. 328–331.
- [4] SZEGEDI PÉTER: Repülésszabályozó rendszerek szabályozóinak számítógépes analízise és szintézise, (PhD értekezés) Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, Budapest, 2005.
- [5] SZABOLCSI RÓBERT: Modern automatikus repülésszabályozó rendszerek, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Egyetemi Tankönyv, Budapest, 2011, (ISBN 978-963-7060-32-8)
- [6] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Gondolatok a jövőbeni fegyverek alkalmazási lehetőségeiről, XIV. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Szombathely, 2015. pp. 183–188. (ISBN: 978-963-359-053-9)
- [7] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Napjainkban fejlesztett fegyverrendszerek megjelenése a jövő hadszínterein, tudás alkalmazás és fejlesztés szempontjából, *Repüléstudományi Közlemények*, Szolnok, 2015/3: pp. 105–116. (online) url: [http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015\\_3/2015-3-08-0223\\_Bekesi\\_B-Szegedi\\_P.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015_3/2015-3-08-0223_Bekesi_B-Szegedi_P.pdf) (2016.02.17)
- [8] SZEGEDI PÉTER, BÉKÉSI BERTOLD: Sensors on Board of the Unmanned Aerial Vehicles, *Proceedings of 19th International Scientific Conference Transport Means 2015.*, Kaunas, Litvánia, 2015. pp. 219–222.
- [9] KOLLÁTH GÁBOR, SZEGEDI PÉTER: A pilóta nélküli repülőeszközökön alkalmazott szenzorok, *Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban*, Debrecen, 2015. pp. 331–338. (ISBN: 978-963-7064-32-6)
- [10] SZEGEDI PÉTER, BÉKÉSI BERTOLD: Az UAV-on alkalmazható szenzorok, XIV. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Szombathely, 2015. pp. 175–182. (ISBN: 978-963-359-053-9)
- [11] SZABOLCSI RÓBERT, SZEGEDI PÉTER: Robustness Stability and Robust Performance of the Automatic Flight Control Systems, *Academic and Applied Research in Military Science* 1: (2) pp. 253–269. (2002).
- [12] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Preliminary Design of Controller of Longitudinal Motion of the Unmanned Aerial Vehicle Using LQR Design Method, *Proceedings of the 10th International Conference: Transport Means 2006*, Kaunas, Litvánia, 2006. pp. 324–327.
- [13] BLAKELOCK, J. H. *Automatic Control of Aircrafts and Missiles*, John Wiley & Sons, New York, 1965.
- [14] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Analysis of the Basic Signal Tracking Possibilities of an Altitude Stabilizing System, *Proceedings of the 12th International Conference, Transport Means 2008*. Kaunas, Litvánia, 2008. pp. 103–106.
- [15] SZABOLCSI RÓBERT, SZEGEDI PÉTER: Pilóta nélküli repülőgép számítógépes analízise, *Szolnoki Tudomány napi Konferencia METESZ*, Szolnok 2002. november 6., *Szolnoki Tudományos Közlemények VI.*: (CD-ROM)

- [16] Human-Robot Interaction. A Research Portal for the HRI Community, (online) url: <http://humanrobotinteraction.org/autonomy/> (2016.02.17)
- [17] HUI-MIN HUANG: Autonomy Levels FOR Unmanned Systems (ALFUS), (online) url: <http://www.nist.gov/el/isd/ks/upload/ALFUS-BG.pdf> (2016.02.17)
- [18] RYAN W. PROUD, JEREMY J. HART, RICHARD B. MROZINSKI: Methods for Determining the Level of Autonomy to Design into a Human Spaceflight Vehicle: A Function Specific Approach, (online) url: <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20100017272.pdf> (2016.02.17)
- [19] KORONVÁRY PÉTER: A kreativitás rendszere – Tisztelgés Kenneth E. Boulding előtt, Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, 2005/2/14, pp. 244–262.
- [20] KORONVÁRY PÉTER: Az amerikai „military leadership” elmélet rendszertana (PhD értekezés) Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Hadtudományi Doktori Iskola, Budapest, 2008. 35. és 95. o.
- [21] SZEGEDI PÉTER: Szojka–III pilóta nélküli repülőgép repülésszabályozójának tervezése LQR módszerrel, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2005/1. pp. 87–102.
- [22] SZEGEDI PÉTER: A pilóta nélküli repüléshez kapcsolódva...: Tanulmány a pilóta nélküli légijárművek működésével és üzemeltetésével kapcsolatban. (Békési Bertold, Szegedi Péter szerk.) Szerzői kiadás, Szolnok, 2016. 80 p. (ISBN: 978-963-12-5224-8), (online), url: [https://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10148/Tanulmany\\_Szegedi\\_P%C3%A9ter.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10148/Tanulmany_Szegedi_P%C3%A9ter.pdf?sequence=2&isAllowed=y) (2016.03.30)

---

**ANALYSIS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN TERMS OF AUTONOMY**

*In the last years demand has grown in both military and civilian life towards making machines, that could do their missions faster, more independently, more accurate and with more endurance, as cheap and safe as possible. It is hard to define autonomy in both engineering and ethical terms, and it is even harder to draw the line between automatic and autonomous machines. The article writes about the improvement of drones regarding autonomy, categorizes them by levels of autonomy bringing some examples from the past, the present and the near future, and shows how the drones may make their own decisions.*

**Keywords:** drone, UAV, automatics, autonomy, OODA-Loop

---

PÁNYA Nándor  
honvéd tisztjelölt  
Nemzeti Közszerológati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Fedélzeti Rendszerek Tanszék  
pnandi94@hotmail.com  
orcid.org/0000-0002-8947-2762

PÁNYA Nándor  
Officer Candidate  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aircraft Onboard System  
pnandi94@hotmail.com  
orcid.org/0000-0002-8947-2762

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-08-0322\\_Panya\\_Nandor.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-08-0322_Panya_Nandor.pdf)

Veréb Nándor

## AZ UAV-K FEDÉLZETÉN ALKALMAZOTT SZENZOROK ÉS EZEK MŰKÖDÉSE

Az UAV<sup>1</sup>-k hajózó személyzet nélküli, többször felhasználható légi járművek, melyek táv-, fél-autonóm-, autonóm-, vagy kombinált vezérlésűek [21]. Képesek számos katonai és civil feladat ellátására, különböző típusú hasznos terhek hordozására, melyekkel meghatározott feladatokat hajtanak végre távirányítva, vagy előre programozottan. A haderők feladatai között említhetünk olyan feladatokat, mint például légi felderítés, megfigyelés, valós idejű információszerezés, rendszerek elektromágneses kisugárzásának felderítésére, vegyi- és sugárfelderítő vagy aknamező felderítő feladatok, stb. végrehajtása, földi és légi célok támadása vagy légi célok imitálása. A feladatok sokrétűsége indokolta teszi olyan speciális eszközök alkalmazását, amelyek bevetés után, a megfelelő fedélzeti hasznos teher cseréjével az új harc feladat sajátosságainak megfelelően, átfegyverezhető és gyorsan újra bevethető [11]. A pilóta nélküli repülőik ilyen eszközök. A feladatok végrehajtásához a drónoknak, olyan képességekkel kell rendelkezniük, amelyek biztosítják, hogy az adott feladat elvégzéséhez szükséges információk a robotot irányító katona, és/vagy repülés szabályozó rendszer rendelkezésére álljon. A cikkben az UAV eszközök fedélzetén alkalmazott érzékelők működési alapelveinek, felhasználási lehetőségeit példákon keresztül mutatom be.

**Kulcsszavak:** drón, UAV, szenzor, hasznos teher

### BEVEZETÉS

Az elmúlt évszázadban a repüléstudomány jelentős fejlődésen ment keresztül. A repülési magasság és sebesség területén egyre nagyobb rekordokat értek el. Az ilyen rekordok elérése azonban egyre nagyobb terhet ró a pilótákra, mind fizikailag, mind a repülőgép irányításában. Ezen terhek csökkentésére jelentek meg a robotpilóták, melyek idővel egyre több feladat elvégzésére váltak alkalmassá. A technológia, technika fejlődésének köszönhetően megjelentek a pilóta nélküli légi eszközök. Az UAV eszközök felhasználása alapvetően két dologtól függ: magától a repülőeszköztől és a rászertelt hasznos tehertől. A hasznos teher leggyakrabban érzékelővel, vagy érzékelőkkel ellátott információ, adatgyűjtő eszköz, melyet az adott feladat végrehajtására optimalizálják, mint például: optikai-, rádió-, rádió-technikai-, rádiólokációs-, meteorológia-, radiológiai-, kémiai- és biológiai érzékelők [21].

### A ROBOTPILÓTA RENDSZEREK ÁLTALÁNOS FELÉPÍTÉSE ÉS MŰKÖDÉSI ELVE

A repülőgépek tervezésének kezdeti szakaszában a kormányzás lényegi elemei a pilóta és a kormányzók közötti kapcsolatot létrehozó mechanikus erőátviteli eszközök voltak. Ezekben az időkben a gép helyzetének meghatározása vizuálisan, beállítása a földi horizonthoz képest manuálisan, vagy egyszerű műszerekkel történt. A repülőgépek fejlődésével a fedélzeti berendezések, köztük a robotpilóták is korszerűsödtek. Napjainkban a repülőeszközök irányítását, szabályozását automatikus sza-

<sup>1</sup> UAV: Unmanned Aerial Vehicle, pilóta nélküli légieszköz(ök)

bályozó rendszerek végzik, amelyek MIMO (Multi input, Multi output) rendszerek, tervezésük, méretezésük, komplex mérnöki feladat. A tervezéssel kapcsolatosan a [12][14][16][19][20] irodalmakban is olvashatunk. Ezek a berendezések a repülőgép mozgásjellemzőit állandó értéken tartják, vagy előírt módon változtatják meg. A repülőgép vezetés automatizálásakor a repülőgép térbeli mozgását leíró jellemzők/paraméterek meghatározása és időbeli változásának megismerése alapvető. A repülő eszközök stabilizálását biztosító vezérlési törvények meghatározása (a kormánylap-kitérítés és az eszköz elmozdulása közti kapcsolat), továbbá a kormányszervek megadott pontosságú és gyorsaságú kitérésének létrehozása a vezérlési törvények szerint kiemelt feladat. Napjaink robotpilótái a stabilitás növelésén túl képesek előre programozott útvonalrepülésre, önálló manőverek végrehajtására, navigálásra, automatikus fel-, leszállásra, a meghatározott, ismert külső zavarok hatásainak csökkentésére (aktív repülésszabályozásra). A robotpilóta vagy inkább integrált repülésirányító rendszer (automatikus repülésszabályozó rendszer) működését különböző mérőadók (érzékelők) biztosítják (bedöntési, bólintási szög és szögsebesség adók, irányadó, túlterhelésadó, magasság-, állásszög adók), amelyek a repülőgép és a kormányszervek helyzete függvényében keletkezett, a mért (érzékelte) jellemzőkkel arányos elektromos jeleket a kidolgozó és végrehajtó berendezés bemenetére juttatják. A repülési parancsok végrehajtása a pilótától függetlenül előre felprogramozott módon, vagy a repülőgép vezető beavatkozásai által létrejött és a kormánygépről érkező jelnek megfelelő kormánykitéréseknek megfelelően megy végbe [1][13][14][17][18][22][23].

### AZ UAV-KRÓL ÁLTALÁBAN

Egy UAV repültetéséhez – legyen az manuálisan irányított, vagy navigációs rendszer által előre programozott – nem szükségesek egy pilóta képességei. A katonai eszközök általában rendelkeznek robotpilótával és olyan navigációs rendszerrel, mely képes a magasságot, sebességet automatikusan fenntartani [2].

### EGY UAS<sup>2</sup> FELÉPÍTÉSE [2]

Egy UAS-t alapvetően két fő részre lehet bontani: légi egységre és földi egységre.

#### Légi egység

##### *Sárkány*

A sárkány az UAV azon rendszere, mely magában foglalja az eszköz vázát, a propulziós egységet (hajtómű), a repülésirányító rendszert, és az elektromos energiaellátó rendszert. A hasznos teher szintén a sárkányon helyezkedik el, de ezt önálló alrendszernek tekintjük. A légi eszköz lehet merevszárnyú, vagy rotoros.

##### *Hasznos teher*

Az UAV-k létezésének legfőbb oka a hasznos teher szállítása, mely általában a légi eszköz legdrágább alrendszere. A hasznos teher gyakran tartalmaz nappal és éjszaka is használható kamerákat felderítési és megfigyelési feladatok ellátására. A múltban széles körben alkalmaztak

---

<sup>2</sup> UAS: Unmanned Aerial System, Pilóta nélküli légi rendszer

az UAV-ken film kamerákat, de mára már ezeket leváltották az elektronikus képgyűjtők és tárolók, ahogyan az élet többi területén is.

A felderítő küldetések végrehajtásához elengedhetetlen hasznos terhek azok a radar szenzorok, melyek mozgó célpont indikátorral (MTI<sup>3</sup>) és/vagy szintetikus apertúrájú radar (SAR<sup>4</sup>) technológiával vannak felszerelve. A hasznos terhek másik nagy csoportja az elektronikai harc (EW<sup>5</sup>) rendszerek. Ezekbe beletartozik a jelfelderítő és jelzavaró berendezések teljes skálája. Más szenzorokat, – mint például a meteorológiai és kémiai érzékelő berendezések – szintén a hasznos terhek közé soroljuk.

Egyes UAV-k fegyverzettel is rendelkeznek, melyek alkalmazhatók harcban, de vannak olyanok is, melyek robbanóanyaggal felszerelve a célpontba csapódnak. Az UAV-eket adat és kommunikációs továbbítás platformjaként is alkalmazzák, hogy kiterjesszék a rádió-frekvenciás rendszerek hatótávolságát és lefedettségét.

### *Adatkapcsolat*

Az adatkapcsolatok kulcsfontosságú alrendszerei minden UAS-nek. Az adatkapcsolat kétirányú kommunikációt biztosít. Egy néhány kHz adatrátájú vezérlőjel biztosítja a légi eszköz feletti irányítást és parancsokat ad a fedélzeten lévő hasznos tehernek. A válaszjel biztosít egy alacsony adatrátájú csatornát, melyen veszi a parancsokat, és helyzeti információkat ad a légi eszköztől, valamint egy magas adatrátájú (1–10 MHz) csatornát a szenzor adatoknak. Az adatláncot az UAV helyzetének meghatározására is alkalmazhatjuk.

### **Földi egység**

#### *Feladattervező és irányító állomás (MPCS<sup>6</sup>)*

Az MPCS az UAV rendszer műveleti irányító központja (OCC<sup>7</sup>), melyben a parancsok, videók és a levegő telemetriai adatai feldolgozásra kerülnek. Ezeket az adatokat általában egy földi állomáson keresztül továbbítják, mely az információs adatlánc földi része.

#### *Indító, leszállító berendezés [21]*

Az indítás és leszállítás többféle technikával kivitelezhető kezdve a hagyományos fel- és leszállóhelyekkel egészen a vertikális emelkedést lehetővé tevő rotoros megoldásokig. Egyes UAV-eket kézből indítanak, mintha csak játéksiklókat dobnának el. Kis helyeken hálókat és leköttető eszközöket használnak merevszárnyú gépeknél a landolás elősegítéséhez. A forgószárnyas eszközök előnye, hogy általában nem igényelnek bonyolult leszállító eszközöket.

#### *Földi üzemeltető és üzemeltető állomás (GSE<sup>8</sup>)*

Ezek az állomások egyre fontosabbá válnak az UAV rendszerek kifinomult elektronikája és komplex mechanikája miatt. Egy ilyen GSE, teszt és karbantartó felszerelést, pótalkatrészeket, üzemanyag utántöltő-felszerelést, a földi szállításhoz szükséges kezelőeszközöket (ha ember

---

<sup>3</sup> MTI: Moving Target Indicator, mozgó célpont indikátor

<sup>4</sup> SAR: Synthetic Aperture Radar, szintetikus apertúrájú radar

<sup>5</sup> EW: Electronic Warfare, elektronikai harc

<sup>6</sup> MPCS: Mission Planning and Control Station, feladattervező és irányító állomás

<sup>7</sup> OCC: Operational Control Center, műveleti irányító központ

<sup>8</sup> GSE: Ground Support Equipment, földi üzemeltető és üzemeltető állomás

által nem mozgatható), és minden felszerelés energiaellátását biztosító generátorokat tartalmazhat. Ezek gyakorta mobilak, ezért az előzőeken felsoroltakon kívül rendelkezniük kell a kezelőszemélyzet igényeit ellátó ruházattal, élelemmel, és egyéb személyes felszereléssel.

## SZENZOROK

A szenzorok az automatizálásban az emberi érzékszervek szerepét veszik át, olyan jelátalakítók, amelyek valamilyen fizikai jellemzőt, mennyiséget (pl.: mechanikus, termikus, kémiai, mágneses, stb.) villamos jelekké alakítanak át. A szenzor egyben energia átalakító is, melynek jele továbbítható, erősíthető, szűrhető és feldolgozható [3][15].

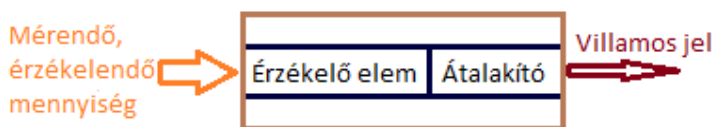
### Általános felépítése

A jelek feldolgozásának foka szerint megkülönböztetünk egyszerű, integrált és intelligens szenzorokat. Amennyiben a mérendő mennyiséget nem tudjuk közvetlenül villamos jellé átalakítani, akkor azt először egy úgynevezett tranzit mennyiséggé kell alakítani, majd ezt kell elsődleges villamos mennyiséggé átalakítani. Ezt közvetett mérésnek nevezzük.



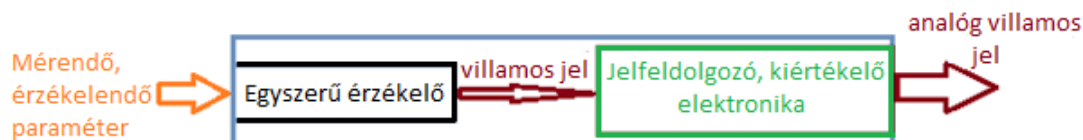
1. ábra Egyszerű érzékelő, „közvetett mérés”<sup>9</sup>

Ha az „Átalakító I.”-re nincsen szükség, akkor lehetőség nyílik a közvetlen mérésre.



2. ábra Egyszerű érzékelő, „közvetlen mérés”<sup>10</sup>

Az elsődleges villamos jel feldolgozására egy olyan kiértékelő elektronika szolgál, amely a jel erősítésén kívül ellátja a nullponteltérések kompenzálását; a zavarjelek szűrését; a jel linearizálását; a méréshatár illesztését és a kimenőjel normálását. Ez a 3. ábrán látható integrált érzékelőben valósul meg.



3. ábra Integrált érzékelő<sup>11</sup>

A jel digitális feldolgozásához az analóg kimenő jelet digitális jellé kell átalakítani, erre a feladatra szolgál egy A/D átalakító. A mikroelektronikai alkatrészek fejlődésével lehetővé vált, hogy a szenzorral közös házba integrálják a digitális kiértékelő egységet is (mikrokontrollert) [3][4][8][15].

<sup>9</sup> Szerkesztette a szerző (MS Word) [3]

<sup>10</sup> Szerkesztette a szerző (MS Word) [3]

<sup>11</sup> Szerkesztette a szerző (MS Word) [3]



4. ábra Intelligens (SMART) érzékelő<sup>12</sup>

### A szenzorok csoportosítása

A pilóta nélküli repülőeszközök fedélzetén elhelyezett szenzorokat sokféleképpen csoportosíthatjuk. Feladatuk szerint két részre bonthatjuk őket. Első az UAV működéséhez szükséges szenzorok, melyek a repülési paraméterek meghatározásáért felelősek. A másik csoportot nevezük hasznos tehernek, melyről már korábban írtam.

Működési elvük alapján két nagy csoportba sorolhatók: analóg, illetve digitális szenzorok.

#### *Digitális szenzorok:*

- helyzetérzékelők, közelítéskapcsolók;
- nyomáskapcsolók;
- kapcsoló-hőmérők stb...

#### *Analóg szenzorok:*

- erő- és nyomatékmérők;
- áramlásmérők;
- hőmérsékletmérők;
- útmérők, hosszmérők, elfordulás érzékelők;
- optikai mennyiségek érzékelői;
- akusztikai mennyiségek érzékelői.

Ezeket túl a különböző szakirodalmak alapján osztályozhatók még mérendő mennyiség szerint, jel megjelenítési formája alapján, kimeneti jel létrehozásában szereplő kölcsönhatások szerint, illetve a működéshez szükséges-e külső energiaforrás.

A mérési feladat elvégzéséhez alkalmas szenzor kiválasztásához tudnunk kell, hogy milyen mennyiséget, milyen méréstományban, milyen pontossággal kell mérni. A velük szemben támasztott követelmények függetlenül attól, hogy milyen csoportba/osztályba tartoznak, a következők:

- a be-, kimenő jel közötti kapcsolat egyértelmű és reprodukálható legyen;
- a kimenőjel csak a bemenőjeltől függjön;
- lineáris kapcsolat legyen a bemenet és a kimenet között;
- a mérőrendszer ne hasson vissza a mért rendszerre;
- érzéketlenség külső zavarokkal szemben;
- a kimenőjel normálható legyen;
- egyszerű tápellátás;
- ellenőrizhető működőképesség.

A továbbiakban a feladataik szerinti csoportosítást szeretném bővebben kifejtetni [3][9][15].

<sup>12</sup> Szerkesztette a szerző (MS Word) [3]



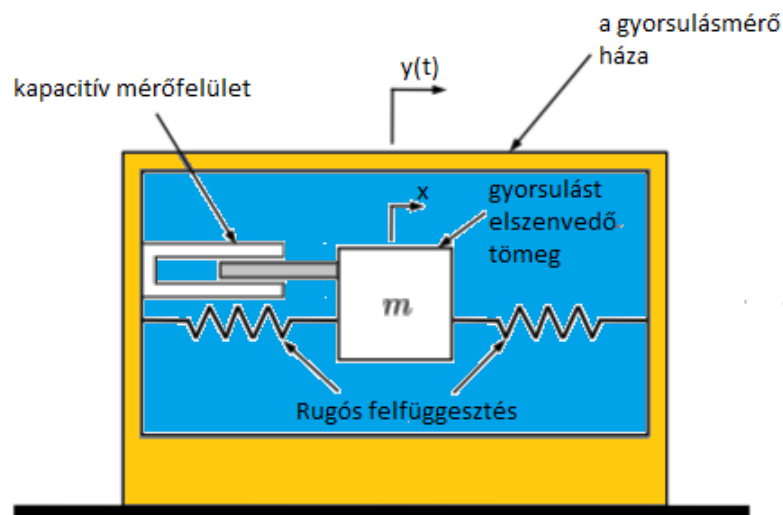
## Repülési paramétereket és külső hatásokat érzékelő szenzorok

Fejlődésük során a pilóta nélküli repülőgépek mérete egyre inkább összezsugorodott. Ahogyan méretben egyre kisebbek lettek, úgy csökkent ezzel arányosan a teherbírásuk is. Mivel ezeknél az eszközöknél elsődleges cél, hogy a repülési paraméterek fenntarthatóak legyenek, ezért a robotpilótát kiszolgáló külső hatások és repülési paraméterek érzékelésére szolgáló szenzorok méretét is csökkenteni kellett. A mikroméretű elektromechanikus technológiai eszközök kis fizikai paraméterekkel rendelkeznek, ám ennek ellenére mégis nagyon pontos műszerek. Ezen eszközök miniatürizálása rohamosan fejlődik, ezért a kisebb méretű gépek nagyobb energiaforrást képesek magukkal szállítani, ami nagymértékben növelheti a levegőben tartózkodás idejét. Rengeteg szenzor található az UAV-kon, melyek segítik a robotpilóta működését. Ezek közül legfontosabbak talán azok érzékelők, melyek az irányításban, navigációban és a repülő vezetésének szabályozásában segítenek. Az UAV-kon leggyakrabban a következő szenzorokat használják ezekre a célokra:

- gyorsulásmérők;
- giroszkópok;
- különböző nyomásmérők;
- magnetométerek;
- GPS eszközök.

### Gyorsulásmérők

A gyorsulás jelátalakítói, más néven gyorsulásmérők általában olyan elmozdulásra képes súlyok, melyeket több irányból rugókkal támasztanak meg. Amikor a gyorsulásmérő érzékeli a gyorsulást, akkor a rá ható erőnek a hatására, a súly bizonyos mértékben elmozdul a gyorsulás irányával ellenkező irányba.



5. ábra Gyorsulásmérő általános felépítése<sup>13</sup>

Ahogyan az 5. ábrán is látható, a súlyra egy fémrudat helyeztek, ami egy kapacitás két fegyverzete között helyezkedik el. Amikor a gyorsulásmérő kitér, elmozdul a fémrúd is, ezáltal megváltozik a kapacitás két fegyverzete közötti dielektrikum összetétele. Az eszköz ezt a változást

<sup>13</sup> Szerkesztette a szerző (MS Word) [3]

méri. A repülőeszközöknél általában három gyorsulásmérőt használnak. Ezeket a tömegközéppontban, vagy ahhoz közel helyezik el és az UAV-hez rögzített viszonyítási rendszer tengelyei mentén mérik a gyorsulás mértékét. Egyszerűbben fogalmazva ezek a szenzorok a repülőgép és a gravitációs gyorsulás különbségét mérik. Hogy ezt el tudjuk képzelni, három az 5. ábra felépítésével rendelkező eszközt egymáshoz képest 90°-kal elforgatjuk. Ha a test áll vagy egyenes vonalú egyenletes mozgást végez, akkor az eszközre csak a gravitációs erő hat, ami kimozdítva ideális állapotából egy  $g$ -nek megfelelő negatív gyorsulást eredményez rajta. Ezt a tömegre helyezett a rugókban ébredő rugóerőkkel kompenzálják.

### Nyomásmérők

A nyomást, mint mennyiséget leggyakrabban a folyadékokkal kapcsolják össze, mely a terület felszínére eső erő nagyságát adja meg. Ebből következik, hogy a nyomás iránya mindig merőleges azon test felületére, amire hat. Ahogyan más repülőeszközöknél, az UAV-knál is képesek vagyunk a nyomás mérésének segítségével meghatározni a repülőeszköz magasságát és sebességét.

### Magasságmérés

A magasságot az atmoszférikus nyomás mérésével határozhatjuk meg. Erre a hidrosztatikus egyenletet használják.

$$P_2 - P_1 = \rho g(z_2 - z_1)$$

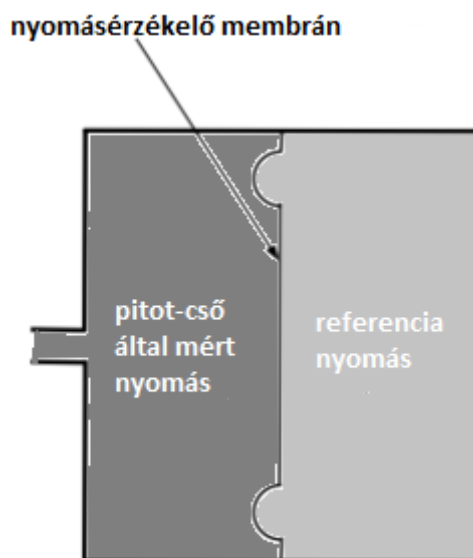
ahol:  $P_1; P_2$  – az adott pontokon mért nyomás nagysága;

$z_1; z_2$  – az adott pontok magassága;

$g$  – gravitációs gyorsulás;

$\rho$  – sűrűség.

Mivel minket az UAV aktuális magassága érdekel a földhöz viszonyítva, ezért a felszíni nyomás és a repülőgép pillanatnyi helyzetének magasságához tartozó nyomásérték különbségét keressük.



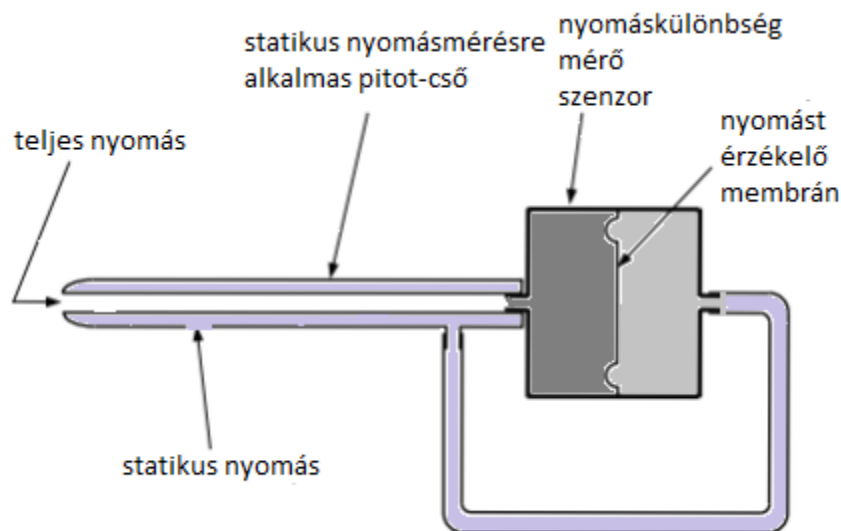
6. ábra A magasságmérés elvi vázlata<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Szerkesztette a szerző (MS Word) [5]

Ahogy a 6. ábrán látható az érzékelő két részre bontható. A jobb oldali kamrát egy membránnal zárjuk, melyben a referencianyomás található. Ez megegyezik a tengerszinten mérhető nyomás értékével. A bal oldali kamra egyik oldalról nyitott. Ide vezetjük be pitot-cső<sup>15</sup> segítségével az abszolút nyomást. A nyomáskülönbség hatására a membrán alakváltozást szenved. Ezen alakváltozás villamos jellé alakítható át [17][5].

### Sebességmérés

A légsebesség mérését a 7. ábrán szereplő módon a pitot-csővön elhelyezett statikus furatok segítségével és a differenciál nyomás meghatározásával lehet végrehajtani. A pitot-csővön két mérési port található: az egyik a teljes nyomás meghatározására szolgál, a másik a statikus nyomást méri. Az áramlás a pitot-cső csúcsán lefékeződik, a nyomás a csúcson nagyobb lesz, mint a környező térben. A statikus nyomás tehát a környezet atmoszférikus nyomása [19].



7. ábra A sebességmérés elvi vázlata<sup>16</sup>

A cső két egymástól membránnal elválasztott kamrába vezeti a teljes és a statikus nyomást. Ha a légi eszköz mozgásban van, a nyomásértékek nem egyeznek meg egymással, ennek következtében a membrán valamilyen deformációt, alakváltozást szenved el, melynek nagyságával arányos jelet hoz létre az eszköz.

### Digitális iránytűk

Már évszázadok óta használják a Föld mágneses mezejét navigációs feladatok ellátására. A föld mágneses mezeje ugyanúgy viselkedik, mint egy kétpólus által generált mágneses mező. A pólusok kivételével a mágneses irányvonalak mindig Észak felé mutatnak. Ezeket érzékeli az iránytű, és ezek segítségével beáll a mágneses északi irányba.

A föld mágneses mezeje a valóságban háromdimenziós. Felbontható északi, keleti, valamint mindkettőre merőlegesen a föld közepe felé mutató komponensre. A modern digitális iránytűk úgynevezett három tengelyirányba mérő magnetométerek, amik a mágneses mező erejének nagyságát mérik

<sup>15</sup> Pitot-cső: Henri Pitot, olasz születésű francia mérnök találta fel 1732-ben. Fizikáját, illetve matematikai törvényszerűségeit Daniel Bernoulli fogalmazta meg.

<sup>16</sup> Szerkesztette a szerző (MS Word) [5]

egy koordináta rendszer tengelyeinek irányába. Az UAV eszközöknél úgy kalibrálják a mérési tengelyeket, hogy azok pontosan egybeessenek az eszközhöz rögzített koordináta-rendszer tengelyeivel. Egy adott repülési magasságon elegendő mindössze a horizontális tengelyeken való mérések végrehajtása a mágneses északi irány meghatározásához, azonban bedöntés illetve bólintás esetén muszáj a harmadik tengelyirányú mérést is elvégezni a pontos meghatározás érdekében.

A valóságban a magnetométerek és a digitális iránytűk használata gyakorta nehézségekbe ütközik. Ennek legfőbb oka a szenzorok a külső elektromágneses interferenciára való nagyfokú érzékenysége. Mivel minden áram járta vezető és motor maga körül mágneses teret hoz létre, ezért az UAV-kon úgy kell elhelyezni a magnetométereket, hogy a szervók és motorok által gerjesztett elektromágneses tér egyáltalán ne vagy csak minimálisan hasson rájuk.

### *GPS (Globális Helymeghatározó Rendszer)*

A globális helymeghatározó rendszer (GPS) egy műhold alapú navigációs rendszer, ami a felszín vagy annak közelében elhelyezkedő tárgyakról biztosít 3 dimenziós helyzeti információt. Az 1993 óta működő NAVSTAR GPS rendszert az Amerikai Védelmi Minisztérium fejlesztette ki. Az UAV-knél nem lehet eltúlozni GPS adóvevők fejlesztésének fontosságát. Jelenleg is ez a legkritikusabb technológia egy pilóta nélküli légi jármű számára.

A GPS helymeghatározó rendszer alapja, a folyamatosan egy meghatározott magasságban a Föld körül keringő 24 műhold. Ezek pályáját úgy tervezték meg, hogy minimum 4 műhold folyamatosan érzékelje a föld felszínén található bármely pontot. A műhold jelek terjedési idejének folyamatos mérésével (melyet egy érzékelő biztosít) a GPS képes a kívánt tárgy háromdimenziós lokalizálására, melynél a rádió jel terjedésére vonatkozó törvényszerűségeket alkalmazzák. Mivel szinkronizációs hiba léphet fel a referencia órák között (GPS és az érzékelő órái) ezért a valós távolság mellett megjelenik egy álmennyiség, amit a pontos mérés érdekében helyesbíteni vagy szűrni kell.



8. ábra A GPS helymeghatározása<sup>17</sup>

Mivel a szinkronizációs hiba az érzékelők és a műholdak között kiküszöbölhetetlen, ezért a távolság mérése mellett három műhold segítségével a háromszögelés módszerével határozzák meg az érzékelő távolságát. A negyedik műhold egy úgynevezett referencia, melynek segítségével

<sup>17</sup> [http://www.mobilport.hu/data/cikk/39/10/85/cikk\\_391085/1.jpg](http://www.mobilport.hu/data/cikk/39/10/85/cikk_391085/1.jpg) (2016.03.09)

ellenőrzik vissza a pontos távolságot. De miért is kell négy műhold? Egy műhoddal a pont egy egyenes menti helyzete határozható meg. Két műhoddal a síkbeli helyzete, hárommal pedig a térbeli helyzete. A negyedik pedig az órák szinkronizációs hibáit korrigálja, valamint referenciamezéréseket végez. Ezeket geometriai egyenletekké alakítva négy lineáris egyenletet kapunk négy ismeretlennel (hosszúság, síkbeli szélesség, a GPS vevő magassága, és a vevő órájának mérési pontatlansága) [5].

### **Payload szenzorok (hasznos teher) működése [5][10]**

Az UAV-k legtöbbször valamilyen információgyűjtő feladatot végeznek. Ezek végrehajtásához szükség van a fedélzeten elhelyezett információgyűjtő berendezés alkalmazására. Rengeteg szenzor alkalmazható egy pilóta nélküli légi járművön. A leggyakoribbak a kamera, infravörös kamera és a radar, de előfordulnak esetenként olyanok, melyek radioaktív sugárzást vagy valamilyen kémiai anyagot érzékelnek [3].

#### *Kamerák (fényérzékelés)*

A kamerákban általában két féle fényérzékelőt alkalmaznak: CCD<sup>18</sup>, illetve CMOS<sup>19</sup> detektorokat. Ezeknek az a feladata, hogy a fotoelektromos effektus alapján a beérkező fényt elektromos jelekké alakítsák. Ezeket a félvezetős kamerákban alkalmazott szilícium alapú fényérzékelőket megvilágítva a fotodiódákon átfolyó áram nagysága növekszik, melynek hatására a diódákkal sorba kapcsolt kondenzátorok töltése is nő. A külső fénnel arányos töltésváltozások az érzékelő lapkán a kamera objektívje által leképezett képtől függő töltésképet hoznak létre.

#### *Infrakamerák*

Az abszolút 0 foknál ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) magasabb hőmérsékletű anyagok mindegyike infravörös sugárzást bocsát ki. Ennek az oka a molekulák mozgása az anyag belsejében. A kisugárzás arányos a test hőmérsékletével, a hőmérséklet pedig a mozgásának intenzitásával. Ez a töltéssel rendelkező részecskék elmozdulásával jár, ezért a test fotonokat bocsát ki magából. A fotonok a fénytörvényei szerint mozognak, azaz kitérítethetők eredeti útjukból, fókuszálhatók. Az infravörös sugárzás hullámhossza kicsi (0,7–1000 mikrométer), emberi szem képes érzékelni azt. A hőkamerákban vanádium-oxidból vagy amorf-szilíciumból készített mikrobolométerekeket alkalmaznak. A hőérzékelő lapon található pixelek az őket érzékelő infravörös sugárzás hatására elektromos ellenállás változást szenvednek el.

A mikrobolométerek három részre oszthatók: érzékelő membrán, szubsztrát és a két elemet összekötő lábak. A szubsztrátban található a kiolvasó áramkör, amely a mikrobolométer infravörös sugárzás hatására elszenvedett ellenállás változást mérni képes áramkör. Ez a mért jelet a képfeldolgozó áramkör számára alkalmas jellé alakítja. Túlmelegedése esetén a szenzor érzékenysége nagymértékben csökken, ezért a szubsztrát és a membrán között légrés található, mely a kiolvasó elektronika hűtésére szolgál.

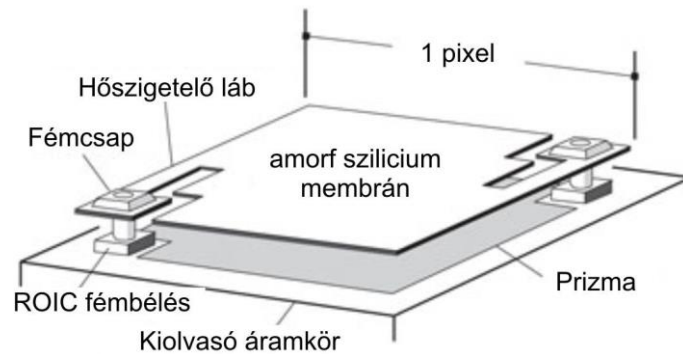
A bolométerekek két csoportját különböztethetjük meg: hűtés nélküli és a hűtött. A hűtött eszközöknél a hűtőrendszer integrálva van a detektorba, ami méret és súlybeli növekedést okoz. Emellett hátránya még a hűtés nélküli eszközökkel szemben, hogy nagy az energiafogyasztása

---

<sup>18</sup> CCD: Charge-Coupled Device, Töltéscsatolt eszköz

<sup>19</sup> CMOS: Complementer Metal Oxide Semiconductor, Fém-oxid szigetelő félvezető

és az előállítási költsége is, ezért az UAV-kra szerelhető hőkamerákban általában hűtés nélküli érzékelőket használnak.



9. ábra Amorf szilícium elemi mikrobolométer érzékelő felépítése<sup>20</sup>

### Szintetikus apertúrájú radarok (SAR)

A katonai felderítésnél elengedhetetlen a nagy területre kiterjedő kiváló felbontású képalkotás. A feladatokat gyakorta éjszaka, vagy rossz időjárási körülmények közt kell végrehajtani, melyre az legalkalmasabb a SAR rendszer. Ezek a radarok a nagy felbontású képkészítéshez rádió jelek nagy hatótávolságú terjedését, valamint a modern digitális elektronika információ feldolgozó képességét használja fel. A SAR rendszerek sokkal megbízhatóbbak más fényképezeti vagy egyéb optikai képalkotó rendszerekkel szemben, hiszen sem a napszak sem a környezeti viszonyok nem zavarják, mert a rádióhullámok terjedésére a fény hiánya és a rossz időjárási körülmények hatása elenyésző.

Ahogy az a 10. ábrán is látható a képalkotás a repülőgépre szerelt SAR rendszereknél merőleges a repülőgép sebességvektorára. Maga a radar kétdimenziós képet hoz létre. Az egyik dimenzió a távolság, ami a radarból kibocsátott és visszaverődött jel megtett útjának a fele. A távolságmérés és a felbontás beállítása az SAR rendszereknek megegyezik legtöbb más radaréval. Tehát méri a jel kibocsátása, és a visszavert jel beérkezése között eltelt időt, és egy egyszerű összefüggés segítségével (mivel a kibocsátott jel terjedési sebessége ismert) a távolság meghatározható:

$$s = \frac{c}{t/2}$$

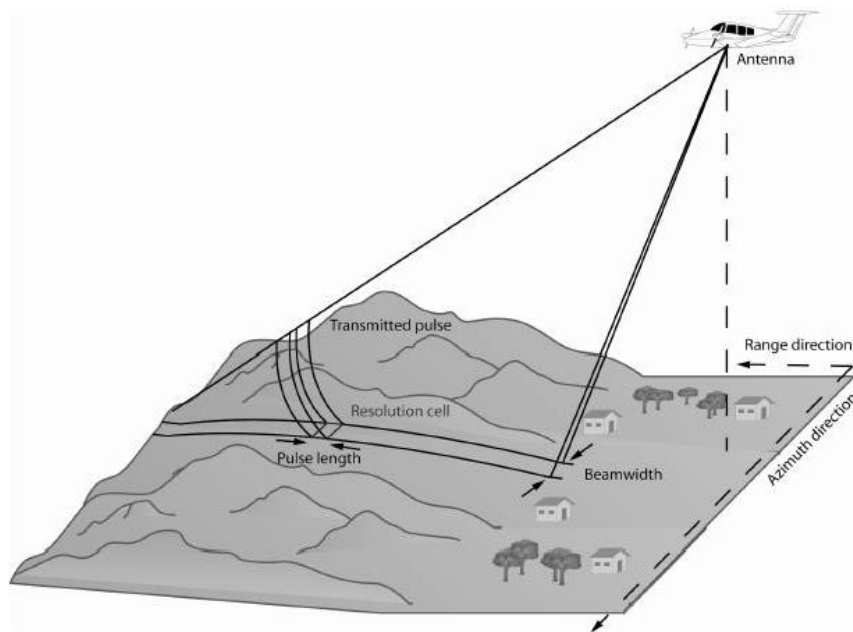
ahol:  $c$  – a fénysebesség;

$t$  – pedig a jel kibocsátása és visszavert jel érzékelése között eltelt idő.

A másik dimenzió az irányszög (azimut), ami merőleges a távolságra. Az SAR előnye még, hogy relatíve finom szög felbontást képes előállítani más radarokhoz képest. Ahhoz hogy finom szög felbontást érjünk el, nagy geometriai mérettel rendelkező antennára van szükség, amik a kibocsátott energiát egy kis sugárba képesek összpontosítani. Tehát az optikai rendszerekhez hasonló a működésük, hiszen ott is nagy felületek (tükrök, lencsék) szükségesek a finom felbontáshoz. Mivel ezek a radarok a fény hullámhosszához alacsony frekvenciás jelet sugároznak, ezért a repülőkre hatalmas, több száz méteres vagy annál hosszabb antennákat kellene felszerelni, de mivel a repülőgép mozgásban van és a radar képes ilyenkor a folyamatos jelkibo-

<sup>20</sup> [http://oktel.hu/wp-content/uploads/2012/11/v\\_pixel.jpg](http://oktel.hu/wp-content/uploads/2012/11/v_pixel.jpg) (2016.03.13)

csátásra, ezért a visszavert jelet úgy érzékeli, mintha egy több száz méteres antennából sugározták volna ki (szintetizált antenna). Azt a távolságot, amíg a repülő szintetizált antennával repül, szintetikus apertúrának nevezzük [5][10].



10. ábra Képkalkotás a repülőgépre szerelt SAR rendszereknél<sup>21</sup>

### Néhány példa a payloadként alkalmazott szenzor rendszerekre

#### *T-STAMP Triple Sensor Payload [6]*

A T-STAMP egy könnyű, kicsi, elektro-optikai hasznos teher, melyet egy UAV-ra szerelve nappal és éjszaka is végrehajtható taktikai felderítésre terveztek. A STAMP-ek egyetlen miniatűr kamerarendszerben biztosítják más UAV-k nagyobb payloadjainak képminőségét.



11. ábra Triple Sensor Stabilized Miniature Payload<sup>22</sup>

#### *Northrop Grumman TESAR [7]*

A Northrop Grumman TESAR szintetikus apertúrájú radar egy minden időjárási körülmények között alkalmazható megfigyelő payload, melynek maximális részletessége 0,3 méter. A TESAR-t leelőször az amerikai légierő Predatorán alkalmazták.

<sup>21</sup> <http://forsys.cfr.washington.edu/JFSP06/images/sar.jpg> (2016.03.17)

<sup>22</sup> [http://www.controp.com/files/Profile\\_pics/T-STAMP.jpg](http://www.controp.com/files/Profile_pics/T-STAMP.jpg) (2016.03.02)



12. ábra Northrop Grumman TESAR<sup>23</sup>

## ÖSSZEGRZÉS

A cikkben igyekeztem az UAV-k fedélzetén alkalmazott szenzorok fontosságát kiemelni, működési elvek és felhasználási lehetőségek segítségével. A repülésstabilitás és irányítás, illetve feladatok pontos és gyors végrehajtása érdekében elengedhetetlen az érzékelők alkalmazása a légi eszközökön. Az iparág fejlődésével egyre kisebb UAV-k megépítése válik lehetővé, melyeknél fő problémaként a payloadra szánt teherbírás csökkenése jelenhet meg, ám a szintén fejlődő nanotechnológia minden bizonnyal képes lesz megoldást nyújtani erre a problémára.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Szegedi Péter: Repülésszabályozó rendszerek szabályozóinak számítógépes analízise és szintézise, (PhD értekezés), Zrínyi Miklós nemzetvédelmi Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, Budapest, 2005.
- [2] Paul Gerin Fahlstrom, Thomas James Gleason: Introduction to UAV Systems (Fourth Edition) (2016.02.26)
- [3] Szegedi Péter, Békési Bertold: Az UAV-on alkalmazható szenzorok, XIV. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Szombathely, 2015. pp. 175-182. (ISBN: 978-963-359-053-9)
- [4] Békési Bertold, Koronváry Péter, Szegedi Péter: Terrorism and Airport Security Some Technological Possibilities to Reduce Exposure, Deterioration, Dependability, Diagnostics International conference, University of Defence, Brno, 2015. pp. 279-288. (ISBN: 978-80-7231-431-7)
- [5] Kolláth Gábor, Szegedi Péter: A pilóta nélküli repülőeszközökön alkalmazott szenzorok, Műszaki Tudomány az Észak-Kelet Magyarországi Régióban, Debrecen, 2015. pp. 331-338. (ISBN: 978-963-7064-32-6)
- [6] CONTROP: T-STAMP (online), url: [http://www.controp.com/files/product\\_web\\_pdf/t-stamp\\_web2.pdf](http://www.controp.com/files/product_web_pdf/t-stamp_web2.pdf) (2016.03.22)
- [7] DEFENSE UPDATE INTERNATIONAL ONLINE DEFENSE MAGAZINE: TESAR (online), url: <https://defense-update.com/products/t/tesar.htm> (2016.03.22)
- [8] Forgó Zoltán: Bevezetés a mechatronikába, Műszaki Tudományos Füzetek 6., ERDÉLYI MÚZEUM-EGYESÜLET, Kolozsvár, 2009, ISBN 978-973-8231-80-1; <http://mek.oszk.hu/07300/07377/07377.pdf> (2016.03.16)
- [9] Dr. Pödör bálint: Mikroelektronikai érzékelők I. előadás; [http://jano.digitaltrip.hu/data/sandorfalvi/11%20%C3%89rz%C3%A9kel%C5%91k/Forr%C3%A1sanyag/sensor\\_1.pdf](http://jano.digitaltrip.hu/data/sandorfalvi/11%20%C3%89rz%C3%A9kel%C5%91k/Forr%C3%A1sanyag/sensor_1.pdf) (2016.03.16)
- [10] Y. K. CHAN, V. C. KOO: An Introduction To Synthetic Aperture Radar (SAR); <http://www.jpier.org/PIERB/pierb02/03.07110101.pdf> (2016.03.16)
- [11] Szegedi Péter: A Szojka-III pilóta nélküli repülőgép repülésszabályozó rendszer zavarelhárításának vizsgálata I., Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények 9:(5) pp. 34-45. (2005).
- [12] Békési Bertold, Szegedi Péter: Preliminary Design of Controller of Longitudinal Motion of the Unmanned Aerial Vehicle Using LQR Design Method, Proceedings of the 10th International Conference: Transport Means 2006, Kaunas, Litvánia, 2006. pp. 324-327.

<sup>23</sup> [http://defense-update.com/wp-content/uploads/2011/10/Litening\\_Pod\\_on\\_FA-18.jpg](http://defense-update.com/wp-content/uploads/2011/10/Litening_Pod_on_FA-18.jpg) (2016.03.02)



- [13] Szabolcsi Róbert, Szegedi Péter: Pilóta nélküli repülőgép számítógépes analízise, Szolnoki Tudományos Közlemények VI: CD. (2002).
- [14] Szabolcsi Róbert, Szegedi Péter: Robustness Stability and Robust Performance of the Automatic Flight Control Systems, Academic and Applied Research in Military Science 1: (2) pp. 253-269. (2002).
- [15] Szegedi Péter, Békési Bertold: Sensors on Board of the Unmanned Aerial Vehicles, Proceedings of 19th International Scientific Conference Transport Means 2015. 781 p. Kaunas, Litvánia, 2015. pp. 219-222.
- [16] Óvári Gyula, Kovács József, Szegedi Péter: Preliminary Design of Controller for the Lateral Motion of an Unmanned Aerial Vehicle, Proceedings of the 10th International Conference: Transport Means 2006. Kaunas, Litvánia, 2006. pp. 328-331.
- [17] Békési Bertold, Szegedi Péter: Analysis of the Basic Signal Tracking Possibilities of an Altitude Stabilizing System, Transport Means 2008. Proceedings of the 12th International Conference. Kaunas, Litvánia, 2008. pp. 103-106.
- [18] Szegedi Péter: A Szojka-III nemirányított repülőgép analízise. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2005/1. pp. 55-68.
- [19] Szegedi Péter: Szojka-III oldalirányú mozgás szabályzóinak előzetes tervezése pólus áthelyezés módszerrel. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2005/1. pp. 119-126.
- [20] Szegedi Péter: Szojka-III pilóta nélküli repülőgép repülésszabályozójának tervezése LQR módszerrel. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2005/1. pp. 87-102.
- [21] Szegedi Péter: Pilóta nélküli repülő eszközök. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2004/1. pp. 63-77.
- [22] Békési László, Szegedi Péter: Pilóta nélküli repülőgép repülésszabályozó rendszerének frekvencia tartománybeli vizsgálata, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2006/2. pp. 1-14.
- [23] Szegedi Péter: A pilóta nélküli repüléshez kapcsolódva...: Tanulmány a pilóta nélküli légi járművek működésével és üzemeltetésével kapcsolatban. (Békési Bertold, Szegedi Péter szerk.) Szerzői kiadás, Szolnok, 2016. 80 p. (ISBN: 978-963-12-5224-8), (online), url: [https://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10148/Tanulmany\\_Szegedi\\_P%C3%A9ter.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10148/Tanulmany_Szegedi_P%C3%A9ter.pdf?sequence=2&isAllowed=y) (2016.03.30)

---

### UAV SENSORS ON BOARD AND THEIR OPERATION PRINCIPLE

*UAVs are unmanned, reusable aerial vehicles, which are remote controlled, semi-autonomously/autonomously operating, or combined. They are capable of executing military and civilian assignments, carrying various payloads to perform certain tasks. The military assignments could be aerial reconnaissance, surveillance, real time information gathering, searching a system's electromagnetic radiation, chemical- and nuclear detection, attacking, ground and air targets, imitating air targets etc. The wide variety of these tasks justifies the application of special vehicles, which after deployment - by changing the payload suiting the new task - can be quickly deployed again. The UAVs fulfill these criteria. To complete their task the drones must have the skills, which supply the information required by the autopilot or the soldier who controls the vehicle. In the article I'll present the operation principle and using capabilities of the sensors equipped on UAVs.*

**Keywords:** drone, UAV, sensor, payload

---

Veréb Nándor  
honvéd tisztjelölt  
Nemzeti Közszerződési Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Fedélzeti Rendszerek Tanszék  
verebnandi@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-3216-3210

---

Veréb Nándor  
Officer candidate  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aircraft Onboard Systems  
verebnandi@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-3216-3210

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-09-0323\\_Vereb\\_Nandor.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-09-0323_Vereb_Nandor.pdf)

Hegedűs Krisztián

## A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK HAJTÓMŰRENDSZEREI

*Ma a világban, a pilóta nélküli légi járművek egyre változatosabb módon kerülnek alkalmazásra. Nőtt a repülési hatótávolságuk, és repülési idejük. Ahhoz, hogy feladatukat el tudják látni, szükség volt a sárkány- és hajtóműrendszerek fejlesztésére. A cikkben a pilóta nélküli légi járművek hajtóműrendszereit fogom bemutatni. Kitérek azokra a hagyományos üzemanyagokkal működő hajtóművekre, melyeket ezek a gépek alkalmaznak. A hagyományos hajtóművek után az alternatív üzemanyagokkal működő hajtóműveket is bemutatok, hiszen a drónok körében is megjelent egy új igény ezeknek a tüzelőanyagoknak az alkalmazására.*

**Kulcsszavak:** UAV, hajtómű, hagyományos üzemanyag, alternatív üzemanyag

### BEVEZETÉS

Az ember mindig is szeretett volna repülni. Mikor aztán végre sikerült olyan repülőgépet létrehozni, amivel képesek is voltak ezt megtenni, már azon gondolkodtak, hogy is lehetne a pilótát nélkülözni a repülésből. A pilóta nélküli légi járművek előre programozottan, illetve távvezérelve hajtják végre feladataikat. Irányításukra jól képzett szakszemélyzetre, vagy robotpilótára és, a repülés előtt a földön, vagy repülés közben felprogramozott útvonaltervre van szükség [2]. A pilóta nélküli légi járművek<sup>1</sup> fejlesztése a múlt század elején kezdődött és komoly fejlődésen ment keresztül az elmúlt évtizedekben. Az amerikai hadsereg 1917 óta foglalkozik a pilóta nélküli légi járművek, (Sperry/Curtiss N-9), fejlesztésével, míg a volt Szovjetunió az 1920-as években kezdett kutatásokba egy a távolból irányítható repülőgép témában. Ha összevetjük az 1950-es években alkalmazottakat, és a modern UAV-eket, jól láthatjuk mennyit változtak ezek az eszközök. Eljutottunk odáig, hogy nagyobb távolságokra is képesek ezek a gépek repülni. Amíg az 1950-es években tervezett MQM-57 Falconer amerikai fejlesztésű felderítő pilóta nélküli repülőeszköz 160 km-es távolságot volt képes megtenni és körülbelül 40 percre volt képes a levegőben tartózkodni, addig az 1994-ben repülésre bocsájtott, ugyancsak amerikai fejlesztésű MQ-1 Predator már akár 740 km-t is képes volt megtenni leszállás nélkül, és 12 óráig tudott a levegőben maradni [1][2][3].

Ahhoz, hogy egy drón képes legyen önállóan illetve RC távirányítva repülést végrehajtani, a fedélzetén olyan berendezéseket kell elhelyezni, mint például: [5]

- robotpilóta;
- GPS/navigáció;
- irányításhoz szükséges vevőberendezés.

Ezek a berendezések, helyettesíthetik a pilótát, de nem vehetik át a kezelőszemélyzet döntési jogát.

Az imént felsorolt berendezések mellett a repülőgép 3 dimenziós térben való mozgásához, vagyis a szükséges erő és nyomatékrendszer létrehozásához, az aerodinamikai kialakítás, és a

---

<sup>1</sup> Unmanned Aerial Vehicle, UAV

tolóerő vektor létrehozása is szükséges. A tolóerő-vektor létrehozásához hidraulikus, elektromos, pneumatikus és mechanikai erő-átviteli rendszerek kombinációit alkalmazzák [22].

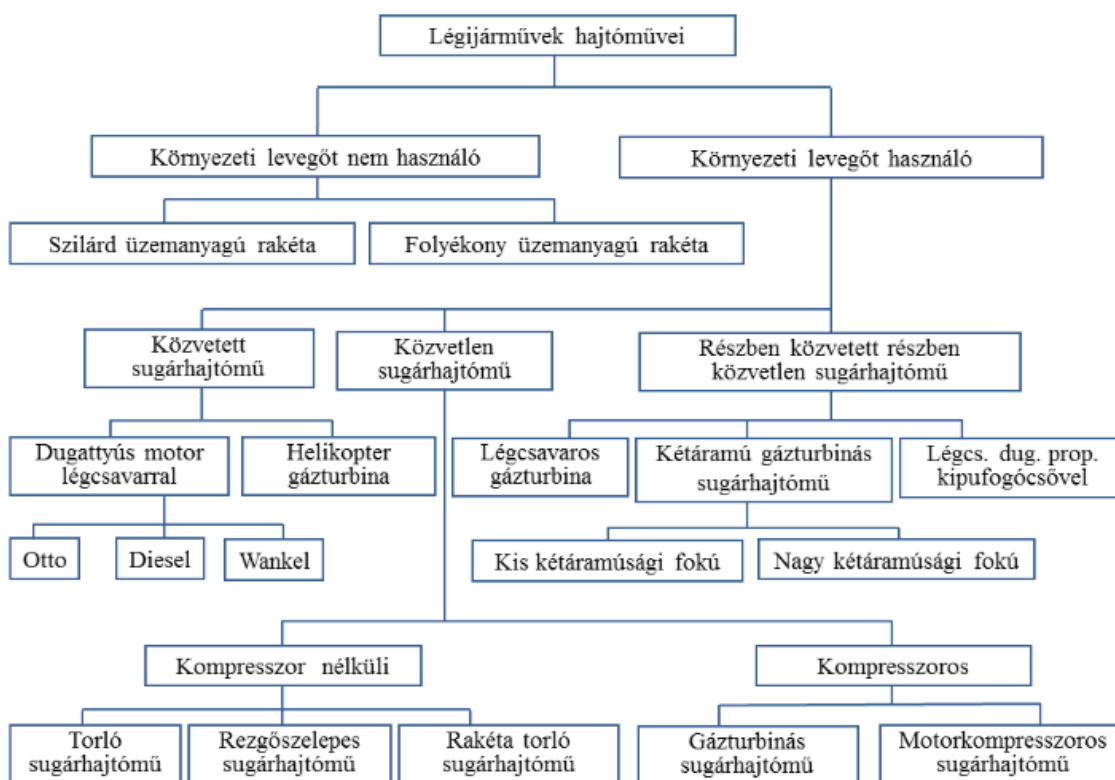
## A HAJTÓMŰVEKRŐL ÁLTALÁNOSAN

### A hajtóművek csoportosítása

Először érdemes a hajtóműveket csoportosítani. A hajtóműveket működésüket tekintve két fő csoportra oszthatjuk:

- hagyományos üzemanyagot felhasználó;
- alternatív üzemanyagot felhasználó hajtóművek.

A hagyományos üzemanyagot felhasználó légi járművek hajtóműveit tovább csoportosíthatjuk. Az általános csoportosításukat a következő ábra tökéletesen szemlélteti:



1. ábra A hajtóművek általános csoportosítása [10][28]

Ahogy az 1. ábra is mutatja, a légi járművek meghajtására számos hajtómű típus áll rendelkezésre. Ezek közül UAV-kon dugattyús, turbólégsaváros illetve a sugárhajtóműves meghajtással találkozhatunk. Ezek mellett az elektromotorok is elterjedt meghajtások. A következő fejezetekben részletesebben kitérek ezekre a hajtóműtípusra.

A hagyományos üzemanyagok mellett az alternatív üzemanyagok egyre nagyobb szerepet kapnak a repülésben is. Jól alkalmazhatóak ezek a pilóta nélküli légi járműveken is. Egy másik ok, amiért a pilóta nélküli légi járművek előnyt élveznek az alternatív üzemanyagok felhasználásában a hagyományos repülőgépekkel szemben, hogy emberi élet veszélyeztetése nélkül, kisebb-nagyobb anyagi kárral lehet tesztelni az alternatív üzemanyagokat [9][10][12].

## A HAGYOMÁNYOS ÜZEMANYAGOKKAL MŰKÖDŐ PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK

### A hagyományos üzemanyagok

Talán nem túlzás azt állítani, hogy a hagyományos tüzelőanyagok töltik be a legnagyobb szerepet bármely repülőgép üzemeltetésében. A pilóta nélküli légi járművek esetében sincs ez másképp. De mit is nevezünk tüzelőanyagnak?

*„Tüzelőanyagnak nevezük azokat az energiahordozókat, amelyből égés (oxidáció folyamat) során hőenergia szabadul fel.”<sup>2</sup>*

Beszélhetünk szilárd, folyékony, illetve gáz halmazállapotú tüzelőanyagokról. A repülőiparban természetesen a folyékony tüzelőanyagok alkalmazása az elterjedt, lásd kerozin [6].

A repülőgépekbe nem önthetünk akármilyen fizikai tulajdonságú üzemanyagot. Egy-egy rossz megválasztott tüzelőanyag akár a hajtómű vesztét is okozhatja, ami a pilóta nélküli légi járművek esetén a feladatellátás rovására mehet. Ha szeretnénk leírni az ideális tüzelőanyagot, akkor a következő megállapításokat tehetjük: [8]

- a gyújtási skála a lehető legnagyobb méretű legyen, azaz biztosítva legyen hőmérséklettől és a nyomástól függetlenül;
- legyen nagy fűtőértékű;
- ne keletkezzen hamu, salakanyag;
- dermedési pontja a lehető legkisebb legyen;
- kis viszkozitása legyen;
- kis sűrűségű legyen;
- legyen vízmentes;
- ne okozzon korróziót;
- biztonságos.

Ami a felsorolásból érdekesebb, és kifejtésre szorul az a viszkozitás és a sűrűség minimalizálása lehet. A kis viszkozításra azért van szükségünk, hogy a szivattyú képes legyen elegendő üzemanyagot juttatni az égéskamrákba. Persze a szivattyú teljesítményét is növelhetjük, de ez a módszer több helyet igényel és nagyobb tömegű, ami repülőgép esetében egyáltalán nincs jó hatással a repülőgép működésére. A kis sűrűséggel hatótávolságot tudunk növelni, hiszen a repülőgép tömegét ezzel is csökkenteni tudjuk. Ez persze nem mehet a biztonság rovására [6].

Ahogy az előző felsorolásból láthatjuk, tüzelőanyagok egyik fontos jellemzője az égéshő, illetve a fűtőérték. Az égéshő megadja, hogy 1 kg tüzelőanyag elégetésekor mekkora hő keletkezik, abban az esetben, ha a vízgőz lecsapódik a rendszerben. A fűtőérték ugyanúgy megadja az 1 kg tüzelőanyag elégetésével felszabaduló hőmennyiséget, ám ebben az esetben a víz, gőz formájában marad a rendszerben, és így csökkenti a hőenergiát a folyamat alatt. A fűtőértéket általában J/kg-ban szokták megadni, de használatos még a Wh/kg is [6][7].

A 1. táblázatban a fontosabb tüzelőanyagok égéshőjét és fűtőértékét mutatom be:

---

<sup>2</sup> SZABÓ LÁSZLÓ: Szerkezeti és üzemanyagok jegyzet, Szolnok, Kilián György Repülő Műszaki Főiskola, p.148, 1989.

Tüzelőanyag	Égéshő [MJ/kg]	Fűtőérték [MJ/kg]
Gázolaj	46	43
Benzin	47	43
Fűtőolaj	43–46	40–43
Benzol	41,8	40,1
Paraffinolaj	49	45
Kerozin (JET A-1)	45	min. 42,8
Biodízel (Repceolajból)	40	37

1. táblázat Néhány fontos üzemanyag égéshője illetve fűtőértéke<sup>3</sup>

Fontos megemlíteni, hogy a tüzelőanyagoknak vízmentesnek kell lenniük, hiszen a víz akár égési problémákat is okozhat a hajtóműben.

A biztonság terén sem feledkezhetünk el a repülőgép üzemanyagokról. Fontos a raktározásuk (elhelyezésük), hiszen a tüzelőanyagokat valószínűleg nagy mennyiségben kell, hogy tárolják, és ez igencsak robbanásveszélyes lehet.

### A dugattyús motor

Ez a meghajtás gyakori az UAV-k esetében. A dugattyús motorok az egyik legmegbízhatóbb hajtóműveknek számítanak. Élettartamuk hosszú, és viszonylag csendesen képesek működni. Mindezek mellett nagyon kevés egyéb berendezés kell a működésükhöz, így jelentős hely és tömeg szabadul fel a légitűeszközökön [10].

A dugattyús motorok lehetnek Ottó vagy Diesel motorok. Az Ottó motor lehet kétféle vagy négyütemű. A dugattyús motorok a légsavarral kiegészítve biztosítja a megfelelő toló- illetve vonóerőt a repülőgép számára (2. ábra) [10].



2. ábra Dugattyús motor légsavarral<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Szerkesztette a szerző (MS Word) - WIKIPEDIA THE FREE ENCYCLOPEDIA: Fűtőérték, (online), url: <https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C5%B1t%C5%91%C3%A9rt%C3%A9k> (2016.03.03)

<sup>4</sup> <http://i.stack.imgur.com/gvqyX.jpg> (2016.03.03)

A pilóta nélküli légi járművek esetében a leggyakrabban használatos dugattyús motorok benzín-, vagy gázolaj és levegő keverékkel üzemelnek. A működési elvük az Otto-motor működési elvével egyezik meg. Először is azt kell megbeszelnünk mit is jelent az, hogy kétütemű illetve négyütemű a dugattyús motor. Egy ütemnek tekintjük azt, amikor a dugattyú két holtponti állapot között elmozdul. Ha a négyütemű motorban lejátszódó folyamatokat röviden le szeretnénk írni, akkor a következő szerint tehetjük ezt meg: [10][13]

1. szívás,
2. sűrítés,
3. munkavégzés,
4. kipufogás.

A kétütemű motoroknál is megvan ez a négy folyamat, de a főtengely fele annyi utat jár meg, hogy végigcsinálja ezeket, mint a négyütemű motorok esetében [13].

A katonai alkalmazású UAV típusok között is számszámú dugattyús motorral működőt találunk. Talán a legismertebb harcászati UAV-k a Predatorok. A predator-család első típusa, a MQ-1 Predator (3. ábra) hajtását, egy Rotax 914, négyhengeres, turbófeltöltésű dugattyús motor biztosítja [3].



3. ábra MQ-1 Predator<sup>5</sup>

A dugattyús motorok mára nagy fejlődésen mentek keresztül, kijelenthető, hogy a környezet-szennyezés terén is jelentős volt a fejlődés, hiszen jóval kevesebb káros anyagot bocsátanak ki, mint elődeik [13].

### A turbólégcsavaros hajtóművek

A turbólégcsavaros hajtómű a sugárhajtóműből alakult ki. A dugattyús motorokhoz képest, az üzemanyag fogyasztásuk kedvezőtlenebb, de a kerozint valamivel olcsóbban meg lehet venni, és így fenntartása körülbelül ugyanannyiba kerül. A működési elv hasonló, a dugattyús motor működési elvéhez, csak itt a légcsavar forgását egy gázturbina végzi. A fogyasztást csökkenti, hogy a tolóerő nagy részét a légcsavar biztosítja. Sokszor a gázturbina, és a légcsavar között úgynevezett reduktort alkalmaznak, amely növeli a hajtómű teljesítményét [9].

A Predator B nevet viselő harci és felderítő UAV is (4. ábra) turbólégcsavaros hajtóművel van felszerelve. Ebben a típusban a Honeywell TPE331-10 típusú turbólégcsavaros hajtómű található meg. Elődéhez képest gyorsabb, és nagyobb hatótávolságra alkalmazható [19].

---

<sup>5</sup> <http://www.technologyscribes.com/files/MQ-1C-Gray-Eagle.jpg> (2016.03.03)

Nem mehetünk el szó nélkül a turbólégcsavaros hajtómű hátrányai mellett sem. A zajkibocsátása kicsit nagyobb dugattyús motorokhoz képest. Ezen felül a maximális sebessége még mindig alacsony volt. Kellett tehát egy olyan hajtómű, ami képes nagy sebességen repülni. Ez a hajtómű lesz a sugárhajtómű.



4. ábra Predator B<sup>6</sup>

### A sugárhajtóművek

A modern repülés elképzelhetetlen lenne sugárhajtómű nélkül. Ezek azok a repülőgép hajtóművek, melyek képesek voltak átlépni a hangsebességet, és így egy új korszakot hoztak a repülés történetébe.

Előnyük tehát, hogy képesek nagy tolóerőt létrehozni. A működési elve, hogy a turbina egy kompresszort hajt meg, ami biztosítja a levegő égőtérbe történő juttatását, így biztosítva a tüzelőanyag elégetését. A tüzelőanyag égetéséből létrejövő forró gázok tolóerőt biztosítanak a hajtóműnek, és így vele a repülőnek [9].

Először is a hajtómű levegőt szív be a környezetből. A beszívás után a kompresszor sűríti ezt a levegőt, és az égőtérbe továbbítja. Az égőtérből a turbinába kerül, majd a gáz maradék energiája tolóerőként hasznosul.

Az első sugárhajtóművet Sir Frank Whittle és Hans von Ohain fejlesztette ki, még az 1930-as évek végén [9]. Ekkor a hajtóművek, még sokkal nagyobbak, és környezetszennyezőbbek voltak. A korai években nem ritkán előfordult, hogy kigyulladtak és súlyos sérüléseket okoztak. Mára azonban az egyik legelterjedtebb hajtóműnek számít, legyen szó polgári vagy katonai repülésről.

Ha a sugárhajtóműveket csoportosítani szeretnénk, akkor a következők szerint oszthatjuk fel őket: [10]

- egyáramú sugárhajtómű;
- kétáramú sugárhajtómű.

A két sugárhajtómű típus között az alapvető különbséget a levegő áramlása határozza meg.

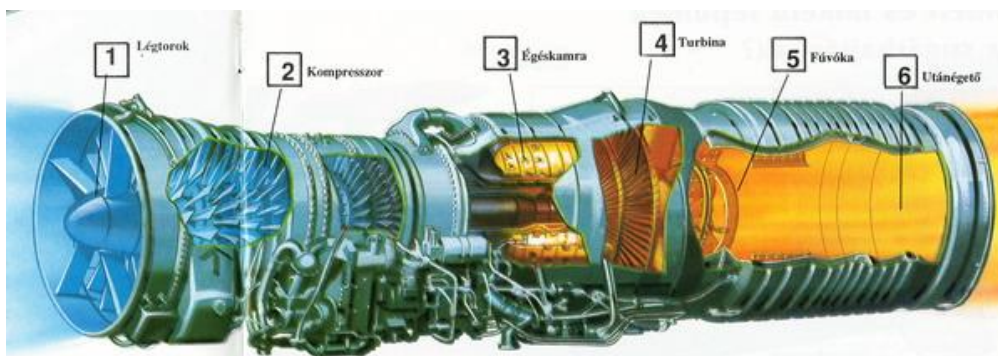
Hátrányként jelenik meg a sugárhajtóművek neve mellett, hogy csak a nagy szárnyfesztávolsággal rendelkező UAV-kon érdemes alkalmazni. Üzemeltetésük drága, és a környezetbe kibocsátott

---

<sup>6</sup> <https://www.ftm.nl/wp-content/uploads/2013/11/Reaper.jpg> (2016.03.03)

káros anyagok terén is az élmezőnybe tartozik. Emellett üzemeltetéséhez nagyfokú szakértelem szükséges, és kiforrott technológia [10].

A modern repülőgépeken sűrűn alkalmaznak úgynevezett utánégetőt (5. ábra), ami megnöveli a hajtómű tolóerejét. Ezzel a hajtóművel több üzemanyagot képesek elégetni, ami több tolóerőt biztosít. Ennek az ára viszont, hogy a hajtómű hatékonysága csökkenni fog.



5. ábra Sugárhajtómű utánégetővel felszerelve<sup>7</sup>

Egy 1996-os kutatás keretein belül, a tudósok olyan sugárhajtóművet akartak kifejleszteni, ami képes a hiperszonikus repülésre ( $M > 5$ ). A pilótára ható erők nagysága miatt a projekt csak UAV-val volt megvalósítható. A kutatás elérte célját ugyanis az X-43A típusú pilóta nélküli repülőgép még 2004-ben átlépte a hiperszonikus repülés határát. Ez a repülőgép a Guinness-rekordok könyvébe is bekerült, mivel sugárhajtóművel sikerült elérnie a 9,6-os Mach-számot [26][27].

Kijelenthető, hogy egyre több katonai UAV használja ezeket a hajtóműveket, ugyanis a dugattyús hajtóművekkel ellentétben a sugárhajtóművek gyorsasága nagy előnyt jelent egy-egy feladat gyors végrehajtásában. Egyik ilyen a Predator C típusú katonai harci UAV vagy más néven Avenger (6. ábra). A meghajtását Pratt&Whitney PW545B típusú kétáramú sugárhajtómű biztosítja. Ez a hajtómű nagy előrelépést jelentett elődeihez képest, hiszen az első Predatorhoz képest csaknem háromszor gyorsabban képes repülni. Erre a sugárhajtóműre azért is volt szükség, mert a Predator C már nagyobb hossz- és szárnyfesztávolsággal rendelkezik, mint elődei [3][18].



6. ábra Predator C<sup>8</sup>

A sugárhajtóművek tehát a legelterjedtebb hajtóművek a repülésben. Számos pozitív tulajdonsága mellé viszont szinte ugyanannyi negatív tulajdonság is társítható. A közeljövőben azonban

<sup>7</sup> VILÁG MŰKÖDÉSE: Sugárhajtómű, (online), url: <http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Sugarhaj.htm> (2016.03.03.)

<sup>8</sup> <http://htka.hu/wp-content/uploads/2012/02/Avanger01.jpg> (2016.03.03.)



biztos vagyok benne, hogy sikerül kiküszöbölni ezeket a problémákat, mivel ezeket a hajtóműveket a mai napig fejlesztik.

## AZ ALTERNATÍV ÜZEMANYAGOKKAL MŰKÖDŐ PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK

### A kőolajra épülő világunk

A fosszilis energiahordozókra épülő világunk nagy problémája és kérdése, hogy mi lesz, ha kőolajkészleteink kifogynak. Ez az idő el fog érkezni – egyes előrejelzések szerint már 2050-re – és addigra új energiaforrásokat kell találnunk. Lesz-e más, ami át tudja venni a kőolaj szerepét? Rengeteg tudós dolgozik jelenleg is egy tökéletesen működő alternatív üzemanyag feltalálásán, ami megoldaná a kőolaj pótlását.

A repülésben is fontos, hogy tudjuk alkalmazni az alternatív üzemanyagokat. Azért fontos, hogy alternatív üzemanyagokat találjunk, mert fogy a kőolajkészlet, és így, az amúgy is magas üzemanyagárak is vélhetően tovább fognak emelkedni.

A megfelelő alternatív üzemanyag megtalálása nem egyszerű feladat. Akárcsak a hagyományos tüzelőanyagok, ennek is meg kell felelnie bizonyos követelményeknek, hogy a repülőgépek hajtóanyaga lehessen. Ezek a következők: [11][12]

- magas fűtőérték;
- olcsó, hosszú időre kielégítse a hajtóanyag szerepét;
- jól feldolgozható (ne igényeljen nagy technológiai átszervezést);
- legyen stabil, biztonságos;
- ne keletkezzen hamu, salakanyag elégetésekor;
- ne legyen környezetszennyező.

Az alternatív tüzelőanyag lehet például elektromos áram/napenergia, hidrogén, biomassa, atomenergia [11].

Ezekekről az anyagokról csak részben mondhatjuk, hogy megújuló energiaforrások. Annyiból igaz ezekre az energiaforrásokra az állítás, hogy nagy mennyiségben megtalálhatóak a természetben, így nem kell azzal törődnünk, egy jó ideig, hogy mivel helyettesítjük majd ezeket. A pilóta nélküli légi járművek tekintetében a leggyakoribb alternatív üzemanyag az elektromos áram, ezért a cikk következő részében ezt fogom részletesebben kibontani [23][24].

### Az alternatív üzemanyagok megjelenése a pilóta nélküli légi járművek hajtóanyagaként

Ahogy már említettem az első fejezetben az alternatív üzemanyagok alkalmazása megjelent a pilóta nélküli légi járműveken is. Elsősorban napenergiából származó villamos energiával működő UAV-k az elterjedtebbek, de a hidrogén és a szintetikus üzemanyagok felhasználására is láthatunk példát.

Nagy előnyük ezeknek a hajtóanyagoknak, hogy a szükséges rendszerek beszerelése után kis működési költségekkel vagyunk képesek üzemeltetni a repülőgépeket. Ráadásul a kőolajszármazékok alkalmazásához képest sokkal kevesebb környezetre ártalmas anyag kerül a levegőbe,

ami nagyban segíti a globális felmelegedés csökkentését [9]. Azonban nem feledkezhetünk meg a hátrányokról sem. A legnagyobb probléma bármilyen repülőgép esetén, hogy megvalósítsák az alternatív üzemanyag hajtóműben való felhasználását. Ez rengeteg pénzbe, időbe, és a legmodernebb technológiák alkalmazásába kerül. Ha ez még nem lenne elég, az alternatív üzemanyagok működőképességére sincs garancia. Ez nem is csoda, hiszen ez a hajtóanyag, még nagyon új. Gondoljunk csak bele, hogy a kőolaj származékok kezdeti alkalmazásánál is mennyi baleset történt a repülés kezdeti fázisában.

Az biztos, hogy az alternatív üzemanyaggal való repülőgép meghajtásban nagy előrelépéseket fognak tenni a tudósok. Már most is megkérdőjelezhetetlen a fejlődés ebben a tudományágban. Nemrég például a SolarImpulse 2 névre hallgató repülőgép két pilótájával megpróbálta átrepülni a Földet, de csak a terv feléig jutottak. A pilóták 2016. április végén tervezik folytatni útjukat Hawaii-ról [9][29].

### **Elektromossággal működő UAV-k**

A legtisztább megoldás kétségtelenül a villamos energia használata hajtóanyagként. Ezzel a megújuló energiaforrással szinte semmilyen káros anyagot nem bocsájtok a légkörbe. Ezen felül a villamos meghajtásnak szinte semmi hangja nincs, tehát a zajszennyezés szintje is alacsony, ami jó hír lehet a repülőtér mellett élők számára.

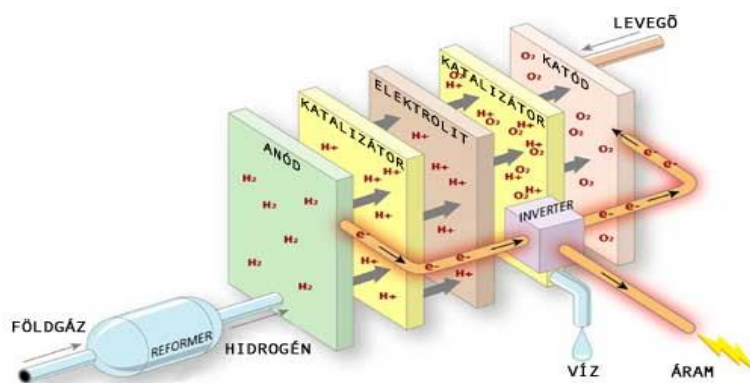
A legnagyobb probléma ezeken a repülőgépeken, hogy hogyan vagyunk képesek megoldani a villamos energia előállítását, és hogy tudjuk majd eltárolni azt.

A tároláshoz szükségünk van egy akkumulátorra. Ez természetesen máris plusz tömeget jelent. A legegyszerűbb, kis hatótávolságú pilóta nélküli repülőgépeken elegendő az akkumulátor a rendszerek fenntartásához. A repülési idő az akkumulátor teljesítményétől függ. Amint hosszabb távra kezdünk el gondolkodni, máris egy új rendszert kell beszerezni a repülőgépbe. Ez lesz az, ami a villamos energiát fogja termelni az elektromotornak. A legelterjedtebb a napenergia és az üzemanyagcella alkalmazása [25].

#### *Üzemanyagcellák*

Az üzemanyagcellák (7. ábra) az élet minden területén megtalálhatóak. Nincs ez másképp a pilóta nélküli repülésben sem. Röviden összefoglalva a működési elvét: az üzemanyagcella áramot állít elő hidrogénből és oxigénből, melynek mellékterméke a víz. A hidrogén persze veszélyes anyag, melyek tárolása nem egyszerű. Mégis megéri vele fáradozni, hiszen a jelenleg ismert energiatárolókat az üzemanyagcella messze túlszárnyalja. Nem is csoda, hiszen az energiahatékonysága elérheti a 85%-ot is [9][21].

Az üzemanyagcellát a legtisztább energiának tartják, ugyanis a keletkező károsanyag-kibocsátása elenyésző. Zajkibocsátása is alacsony, emellett nagyon hatékony. Persze a hátrányokat is meg kell említenünk. Az csak a kisebb probléma, hogy drágák, és csak szakképzett személyzet képes a karbantartására, de gyakori szűrő illetve tisztítócserére is szorulnak. Mindenesetre az utóbbi időben leggyorsabban ezek az üzemanyagcellák fejlődtek a repülésben, és a fejlesztések a mai napig tartanak [9].



7. ábra Az üzemanyagcella felépítése, működése<sup>9</sup> [21]

### Napenergia

A legelterjedtebb villamos energiát előállító rendszer a napenergiát hasznosítja. Azonban mint minden alternatív üzemanyagnak, ennek is vannak hátrányai. Rengeteg tényező nehezíti a napenergia hasznosítását. Az első az egységnyi felületen előállítható energia nagyságából adódik.

A napenergia felhasználása napjainkban is folyamatosan fejlődik. A napelemek (fotoelektromos generátorok, félvezetőkből álló áramforrások, amelyek a nap elektromágneses sugárzásának energiáját elektromos energiává alakítják) hatásfoka, és az adott méretű napelemből kivethető maximális energia fontos szempont. A napelem áram- feszültség karakterisztikáján található maximális teljesítményű pont követésére szabályzó rendszerre van szükség [15][16][17][30].

A másik nagy probléma, hogy nem tudjuk minden napszakban alkalmazni. A fedélzeten felhasznált energiaszükséglet nem mindig esik egybe a megvilágítás időtartama alatt nyerhető energia mennyiségével, illetve előfordulhatnak impulzus jellegű energiaszükségletek, így gondoskodni kell az energia tárolásáról, hogy azokban az időszakokban, amikor a napelemből nyerhető energia nem fedezi a felhasznált mennyiséget valamiből pótolhassuk a folyamatos működés érdekében. A gyakorlatban akkumulátorokat használnak, amelyekkel a terheléseken fellépő teljesítmény többletet tudják biztosítani. Az akkumulátoroknak is fejlődniük kell, hogy minél több energiát legyenek képesek tárolni, és így minél tovább lehessen használni a napenergiát még akkor is, ha nem éri nap a napelemeket [11][14].

A napenergia felhasználására sok példát találhatunk a pilóta nélküli repülésben is. A repülési idő tekintetében egy napenergiával működő UAV tartja a világrekordot. A Zephyr nevet viselő pilóta nélküli légi jármű (8. ábra) ugyanis 14 napot és 21 percet töltött a levegőben. A repülőgépet nagy magasságokra tervezték, valószínűleg azért, hogy a Naptól érkező energiákat a lehető legjobban fel tudja fogni, és ne legyen hatással a repülésre az időjárás [9].

<sup>9</sup> <http://www.vilaglex.hu/Kemia/Kepek/UzemaCel.jpg> (2016.03.03.)



8. ábra Zephyr<sup>10</sup>



9. ábra Project Skybender<sup>11</sup>

A Zephyr bebizonyította, hogy a pilóta nélküli légi járművek milyen sokáig képesek a levegőben maradni. Ezt nem csak a katonaság képes felderítő célokra alkalmazni, de a polgári életben is használható ez a tulajdonság. A Google például nem olyan régen azzal az ötlettel állt elő, hogy egy pilóta nélküli légi jármű segítségével olyan tájakra is eljuttatja az internetet, ahol eddig nem, vagy nehezen lehetett ezt megoldani. A Project Skybender (9. ábra) nevet viselő projekt tartalmazza, hogy az UAV 5G-s internetet továbbítana a Földre. A projekt már a tesztelési fázisban jár. Az egyetlen probléma, hogy az internetet továbbító úgynevezett milliméterhullámok a nagy hatótávolság miatt veszítenek erejükből mire a földre érnek. Ez a probléma elsősorban a mobiltelefonokat sújtja, ugyanis a mobiltelefonok érzékelési távolsága jóval kisebb, mint például egy routernek. Gondot okozhat még a napenergia hasznosításával való folyamatos repülés végrehajtása is. Kérdéses mi történik, ha meghibásodik a repülőgép, milyen gyorsan lesznek képesek javítani a hibát, és mennyi ideig marad internet nélkül a térség. Ha a cégnek sikerül ezeket a problémákat megoldani, valószínűleg az első éles üzemeltetése a harmadik világ országaiban történik [20].

## ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben megpróbáltam összefoglalni a pilóta nélküli légi járművek leggyakrabban használt hajtóműveit. Az első fejezetben bemutattam, hogy milyen hagyományos üzemanyagot felhasználó hajtóművekkel találkozhatunk az UAV-k fedélzetén. Itt helyet kapott az ideális üzemanyag bemutatása, illetve megismerkedhettünk a dugattyús, turbólégcsavaros, illetve sugármeghajtású hajtóművekkel. Mindhárom hajtóműtípusra hoztam példát a három Predator típus által.

A következő fejezetben szó volt a hagyományos üzemanyagok alternatív üzemanyagokkal való kiváltásáról. Itt leírtam miért is kell egy kőolaj származékokat lecserélni alternatív üzemanyagokra. Szó volt arról, hogy általánosságban milyen alternatív üzemanyagokkal próbálják a kőolajat pótolni. Ezekben belül a villamos energia felhasználásával, és az elektromotorral foglalkoztam. A villamos energia előállítására két példát hoztam, a napenergiát, és az üzemanyagcellát.

Látható, hogy a hagyományos tüzelőanyagok a repülésben is egyre jobban háttérbe szorulnak az alternatív üzemanyagokkal, azon belül is a villamos energiával szemben. Jelenleg is fejlesztések mennek a napenergia és az üzemanyagcella együttes alkalmazására, mely forradalmasíthatja mind a hagyományos, mind a pilóta nélküli repülést.

---

<sup>10</sup> [http://www.windsofchange.net/images/AIR\\_UAV\\_Zephyr\\_Flight\\_lg.jpg](http://www.windsofchange.net/images/AIR_UAV_Zephyr_Flight_lg.jpg) (2016.03.03.)

<sup>11</sup> <http://www.techandfacts.com/wp-content/uploads/2014/10/Solara50.jpg> (2016.03.03.)

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles:Northrop (Radioplane) SD-1/MQM-57 Falconer (online), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-57.html> (2016.03.03.)
- [2] SZEGEDI PÉTER: Pilóta nélküli repülő eszközök, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2004/1. pp. 63–77.
- [3] WIKIPEDIA THE FREE ENCYCLOPEDIA: General Atomics MQ-1 Predator, (online), url: [https://en.wikipedia.org/wiki/General\\_Atomics\\_MQ-1\\_Predator](https://en.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-1_Predator)(2016.03.03.)
- [4] SZEGEDI PÉTER: A Szojka-III pilóta nélküli repülőgép repülésszabályozójának tervezése LQR módszerrel, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2005/1 pp. 87–102.
- [5] VONA DÁNIEL: Pilóta nélküli légitűeszközök felépítése és felhasználása. (online), url: [http://www.hte.hu/documents/329421/542195/sze\\_2\\_Vona\\_Daniel.pdf](http://www.hte.hu/documents/329421/542195/sze_2_Vona_Daniel.pdf)(2016.03.03.)
- [6] SZABÓ LÁSZLÓ: Szerkezeti és üzemanyagok jegyzet, Szolnok, Kilián György Repülő Műszaki Főiskola, p.148, 1989.
- [7] TŰZELÉSTECHNIKA, BME KKFT, (online), url: [kkft.bme.hu/sites/default/files/TŰZELÉSTECHNIKA%20\(jegyzet\).doc](http://kkft.bme.hu/sites/default/files/TŰZELÉSTECHNIKA%20(jegyzet).doc) (2016.03.03.)
- [8] WIKIPEDIA THE FREE ENCYCLOPEDIA: Fűtőérték, (online), url: <https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C5%B1t%C5%91%C3%A9rt%C3%A9k> (2016.03.03.)
- [9] BÉKÉSI BERTOLD, JUHÁSZ MÁRTA: Pilóta nélküli légitűeszközök energia forrásai. *Economica* (Szolnok), 2014/1, pp. 92–100.
- [10] BÉKÉSI BERTOLD: 2. Pilóta nélküli légitűeszközök jellemzése, osztályozásuk, Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek. Palik Mátyás (szerk.) Második, javított kiadás. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2015. 321 p., (ISBN: 978-615-5057-64-9) pp. 65–109. (online), url: <https://opac.uni-nke.hu/webview?infile=&soj=10140&source=webvd&cgimime=application%2Fpdf> (2016.03.03)
- [11] SZEGEDI PÉTER, ÓVARI GYULA: Hagyományos repülőgép-üzemanyagok kiváltásának lehetőségei és korlátai. *Hadmérnök V. évfolyam. 4. szám*, 2010. pp. 16–37.
- [12] SZEGEDI PÉTER, ÓVARI GYULA: Alternatív üzemanyagok alkalmazásának lehetőségei a repülésben, *REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK*, 2010/2. pp. 1–12 (online), url: [http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2010\\_cikkek/Ovari\\_Gyula-Szegedi\\_Peter.pdf](http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2010_cikkek/Ovari_Gyula-Szegedi_Peter.pdf) (2016.03.03)
- [13] BAGÁNY MIHÁLY: Belső égésű motorok, Egyetemi Tananyag, Typotex Kiadó, (2011) ISBN 978-963-279-656-7 (online), url: [http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/0018\\_Belsoegesu\\_motorok/Bagany\\_Belsoegesu\\_motorok.pdf](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/0018_Belsoegesu_motorok/Bagany_Belsoegesu_motorok.pdf) (2016.03.02)
- [14] SZEGEDI PÉTER: A javított hatásfokú polaritásváltóval megépített analóg MPPT, *Repüléstudományi Közlemények*, Szolnok, 1998/2. pp. 81-101.
- [15] SZEGEDI PÉTER: A javított hatásfokú polaritásváltóval megépített analóg MPPT áramkör analízise, *Repüléstudományi Közlemények*, Szolnok, 1998/2. pp. 113–126.
- [16] SZEGEDI PÉTER: A maximális teljesítményű pont követésének lehetőségei napelemes rendszerekben 1, *Repüléstudományi Közlemények*, Szolnok, 1997/1. pp. 91–108.
- [17] SZEGEDI PÉTER: A maximális teljesítményű pont követésének lehetőségei napelemes rendszerekben 2. *Repüléstudományi Közlemények*, Szolnok, 1997/1. pp. 121–138.
- [18] Wired: Tiny Weapons, Jet Engines in Killer Drone Upgrades (online), url: <http://www.wired.com/2009/04/new-killer-dron/>(2016.03.03.)
- [19] WIKIPEDIA THE FREE ENCYCLOPEDIA: General Atomics MQ-9 Reaper, (online), url: [https://en.wikipedia.org/wiki/General\\_Atomics\\_MQ-9\\_Reaper#Specifications](https://en.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-9_Reaper#Specifications) (2016.03.03.)
- [20] Engadget: Google plans to beam 5G internet from solar drones, (online), url: <http://www.engadget.com/2016/01/30/google-project-skybender/>(2016.03.03.)
- [21] Független Ökológiai Központ Alapítvány: Üzemanyagcella, (online), url: <http://www.foek.hu/korkep/enhat/uzemanyagcella/uzemanyagcella.html#bemutatas> (2016.03.03.)
- [22] BÉKÉSI BERTOLD, NÁCZI RÓBERT: Hagyományos rendszerű és több elektromos energiát igénylő repülőgépek, *Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban*, Szolnok, 2014. pp. 109–119.

- [23] BÉKÉSI BERTOLD: Az UAV-k jövőbeni fejlesztési irányai, XII. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Természettudományi és Műszaki Kar Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, 2013. pp. 101–113.
- [24] BÉKÉSI BERTOLD, PAPP ISTVÁN: UAV Future Development, Deterioration, Dependability, Diagnostics 2013. Univerzita Obrany, Brno, Csehország, 2013. pp. 63–76.
- [25] BÉKÉSI BERTOLD, PAPP ISTVÁN, SZEGEDI PÉTER: UAV-k légi és földi üzemeltetése, *Economica* (Szolnok), 2013/2. pp. 99–117.
- [26] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: A Hiper X program, *Repüléstudományi Közlemények*, Szolnok, 2000/3. pp. 127–133.
- [27] NASA: Faster Than a Speeding Bullet: Guinness Recognizes NASA Scramjet (online), url: <http://www.nasa.gov/missions/research/x43-main.html> (2016.03.03.)
- [28] VARGA BÉLA: Gázturbinás hajtóművek teljesítmény és hatásfok növelésének műszaki technológiai háttere, és ezek hatása a katonai helikopterek korszerűsítésére, Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, 2013., 151 p. (online), url: [http://hhk.uni-nke.hu/downloads/tudomanyos\\_élet/kmdi/2013/Varga\\_Bela.pdf](http://hhk.uni-nke.hu/downloads/tudomanyos_élet/kmdi/2013/Varga_Bela.pdf) (2016.03.03.)
- [29] NICK LAVARS: Refurbished Solar Impulse 2 returns to the skies. (online), url: <http://www.gizmag.com/solar-impulse-2-returns/42077/> (2016.03.21.)
- [30] SZEGEDI PÉTER: A pilóta nélküli repüléshez kapcsolódva...: Tanulmány a pilóta nélküli légitűeszközök működésével és üzemeltetésével kapcsolatban. (Békési Bertold, Szegedi Péter szerk.) Szerzői kiadás, Szolnok, 2016. 80 p. (ISBN: 978-963-12-5224-8), (online), url: [https://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10148/Tanulmany\\_Szegedi\\_P%C3%A9ter.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10148/Tanulmany_Szegedi_P%C3%A9ter.pdf?sequence=2&isAllowed=y) (2016.03.30)

---

### THE PROPULSION SYSTEM OF THE UNMANNED AIRCRAFT VEHICLES

---

*Nowadays, the unmanned aircraft vehicles have been using in different applications. Its range and flight duration increased. To fulfill their function, it was necessary to develop the airframe and propulsion systems. In this article I am introducing the propulsion system of unmanned aircraft vehicles. I am introducing the propulsion unit of this aircrafts, which use conventional fuels. After the conventional propulsion unit, I am introducing the propulsion unit, which use alternative fuel, because among drones also released a new demand for these fuels.*

**Keywords:** UAV, propulsion system, conventional fuel, alternative fuel

---

Hegedűs Krisztián  
honvéd tisztjelölt  
Nemzeti Közszolgálati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
krissz9403@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-4306-0890

HEGEDŰS Krisztián  
Officer Candidate  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
krissz9403@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-4306-0890

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-10-0324\\_Hegedus\\_Krisztian.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-10-0324_Hegedus_Krisztian.pdf)



Gyurján László

## A LOPAKODÓ TECHNOLÓGIA

*A Lopakodó technológia korunkban az egyik legfejlettebb, legdrágább és talán legfontosabb kutatási és alkalmazási terület a hadviselésben. Segítségével a katonai tevékenységek határfoka és a saját erők túlélési aránya nagymértékben megnő. Cikkemben a technológiát mutatom be annak is főleg a passzív megoldásait.*

**Kulcsszavak:** STEALTH, repülőgép, lopakodó, kompozit, modern hadviselés

### BEVEZETÉS

A saját erők és felszerelések minél jobb hatásfokkal való megóvásának igénye már az első háborúk óta jelen van a hadseregekben. Az ókori időkből is maradtak feljegyzések arról, hogy zseniális hadvezérek miként tudták kijátszani ellenségük felderítését és ennek segítségével hogyan tudtak győzelmet aratni. Ahogy a technológia fejlődött és a csatatereken a távolságok egyre nőttek, a közelharcból és az íjjak hatótávolságából lassan évezredek alatt eljutottunk oda, hogy gyakorlatilag a föld bármely pontjáról vagy akár a kozmoszból is tudunk megsemmisítő csapást mérni ellenségeinkre. A korszerű, hatékony, és nagyon drága haditechnikai megóvása, az ellenség elől való elrejtése, felderítésük megakadályozása vagy legalább megnehezítése a harc sikeres megvívásának alap pillére. A történelem korai időszakaiban a felderítés elkerülésére, a rejtettség biztosítására a seregek az erdő mélyén vertek táborot, vagy megbújtak egy árokban és várták, míg az ellenség a kardok és szuronyok hatótávolságába ér. A XX. században a repülőeszközök megjelenése és azzal szorosan összekapcsolódva a légi felderítés képesség kifejlődése meghatározó tényezővé vált az első világháborúban, majd az első elektronikai felderítő berendezés a radar megjelenése a második világháborúban. Később a kém műholdak léptek színre, infravörös kamerák, és az egyre fejlettebb letapogató berendezések megjelenése mind arra terelte a hadi ipart, hogy folyamatos fejlesztési tevékenységgel újabb és újabb megoldásokat, eljárásokat, módszereket alakítsanak ki ezek kijátszására. A harc az álcázás, rejtés és a felderítés frontján igen magas technológiai szintre emelkedett [1][9][11][12].

A XXI. században a hadiipari egyik legmeghatározóbb törekvése az úgynevezett STEALTH technológia létrehozása és mind szélesebb körű gyakorlati alkalmazása. Lényegét tekintve ez jelentheti a vizuális felderítés elleni védelmet, a radarok számára láthatatlanná válást, vagy az ellenség hatótávolságán kívülről való működés megvalósítását. Az eszközök túlélőképessége függ a konstrukciós jellemzőiktől, azok alkalmazásától [5][6][9][10][13][15][19][23][24].

A cikkben a lopakodó technológia passzív megoldásairól szeretnék bővebben beszámolni azaz, hogy milyen anyagokat alkalmaznak a hadi eszközökön és milyen geometriai kialakításokat fejlesztettek ki a hatásosság érdekében.



## A STEALTH TECHNOLÓGIA FEJLŐDÉSE

Maga az álcázás, mint igény már jóval a modern hadviselés előtt megjelent. A 17. században Angliai területein az irreguláris erők már alkalmazták az álcafestés mely segítette nekik a növényzetben rejtőzni, mivel a festés csökkentette a láthatóságukat azáltal, hogy sötét festéket alkalmaztak, valamint megtörték a kontúrokat.

Az Első Világháborúban a német mérnökök kísérleteztek a Cellulóz-Acetátból<sup>1</sup> készült repülőgép elemekből összeállított katonai gépekkel, mellyel csökkenteni kívánták a gépek láthatóságát. Ilyenek például a Fokker E III vagy az Albatros C I repülőgépek. Az a tény viszont, hogy az ilyen gépek erős napsütésben gyakorlatilag ragyogtak épp a kívánt hatás ellenkezőjét eredményezték.



1. ábra Fokker E III replika<sup>2</sup>

1916-ban a Britek egy módosított kisméretű repülőgéppel éjszakai felderítő repüléseket hajtottak végre a német területek felett a Nyugati fronton. A gépet úgy szerelték fel, hogy annak motorját hangtompítóval látták el, a kipufogón kilépő gázokat pedig fekete gáz zsákokban gyűjtötték be. Ezekkel a megoldásokkal a gép vizuálisan nehezebben volt felderíthető és mivel a zajszintet is csökkentették a hang alapján történő észlelés is sokkal később történhetett meg, mint az a korszak átlagos repülőgépeinél szokásos volt. Ez a megoldás a gyakorlatban nem vált be, bár számos ilyen repülés történt, végül az ötlet megbukott.

Az U-boat<sup>3</sup>-ok voltak az első STEALTH tengeralattjárók. A koncepció az Anechoic csempe<sup>4</sup> borítást alkalmazta, mellyel a szonárokat sikeresen kijátszották.

Az egyik legelső STEALTH repülőgép a Hornet Ho 229 volt. Ez a gép már kompozit anyagból készült borítást kapott (szénpor volt ragasztóval keverve), ami elnyelte a rádióhullámokat. A technológia kiforratlansága miatt azonban csak pár prototípus példány épült és éles bevetésben egyáltalán nem került kipróbálásra.

---

<sup>1</sup> A XIX. század végén fedezték fel, a Cellulóz- Acetátból (CA) készült tárgyak színező anyag nélkül víztisztán átlátszóak, felületük fényes, tapintásuk kellemes, szívósak és ütésállóak, valamint olajoknak, zsíroknak ellenállóak.

<sup>2</sup> <http://cdn.airplane-pictures.net/images/uploaded-images/2013/5/30/292841.jpg> (2016.03.10.)

<sup>3</sup> A Náci Németország a II. világháborúban nagy sikerekkal alkalmazta ezeket a tengeralattjárókat melyek korának egyik legmodernebb hadieszközének számított.

<sup>4</sup> Gumiból vagy szintetikus polimerből készült csempe alakú elem, amely több száz apró üreget tartalmaz, ezeket a katonai hajókon és tengeralattjárókon alkalmazzák. Fő funkciójuk, hogy elnyeljék az aktív szonárok jeleit, csökkentik és torzítják a visszavert jeleket. Továbbá csökkentik a hajótest által kibocsátott hangokat, főleg a motorzajt, melyet a passzív szonárok érzékelnek. [9]

1960-ban az első STEALTH technológiai kutatási programot az USAF kezdeményezte, melyben a kutatási cél a légi jármű hatásos radar keresztmetszetének csökkentése volt. A kísérleteket egy Ryan Q-2C Firebee típusú drónon végezték. Ezt sikerült is elérniük a légbeömlő nyílások speciális kialakításával, radar jel elnyelő anyagok alkalmazásával a repülőgép sárkányszerkezetén valamint speciális a radar által kibocsájtott jelet elnyelő festék felhasználásával.

Még 1958-ban az U.S. CIA kezdeményezésére pályázatot hirdettek olyan felderítő repülőgép megtervezésére mellyel helyettesíteni tudnák az U-2-es kémrepülőgépet. A Lockheed cég nyerte el a pályázatban kiírt repülőgép kifejlesztésének és legyártásának jogát. A cég és tervezőcsapata megalkotta az A-12-es repülőgépet, amely első a „Blackbird” szériában. A repülőgép jellemzői közül kiemelkedik, hogy képes 70000 és 80000 láb magasságban tartósan repülni, maximális sebessége eléri a 3.2-es Mach szám értéket. Mindezen mutatók azt a célt szolgálták, hogy elkerülhesse a radarral való felderítést, vagy ha az sikerült is az ellenségnek, az A-12-es megsemmisítésére nem volt esély az akkori technikai színvonalon álló vadászrepülőekkel, vagy légvédelmi rakétákkal. 1964-ben egy továbbfejlesztéssel optimalizálták a meglévő A-12 típust, létrejött a „Blackbird” széria következő repülőgépe a Lockheed SR-71. Az új repülőgép túlszárnyalta a korábbi típust, mivel képes volt a 90000 láb magasságba emelkedni és a 3.3 Mach számnak megfelelő repülési sebességet elérni. Az SR-71-es magába foglalt számos STEALTH technológiai elemet, nevezetesen a döntött függőleges vezérsíkot, a kompozit anyagokat a kulcsfontosságú helyeken és a különleges radar jel elnyelő festést.



2. ábra SR-71 Blackbird<sup>5</sup>

Az 1970-es évek során az U.S Védelmi Minisztériuma elindított egy projektet a „Have Blue”-t, melynek a fő célja egy lopakodó vadász repülőgépgép kifejlesztése volt. Természetesen volt néhány cég, amely a többmilliárdos pályázatért versenget. A Lockheed cégnél 1971-ben lefordítottak angolra és megjelentettek egy, az orosz/szovjet fizikus Pyotr Ufimtsev által írt tanulmányt, melyből olyan kulcsfontosságú ismeretekhez juttattak a mérnökök, amelyek alapján később megtervezték az F117-est és a B-2-est. Ezeknek a repülőgépeknek a fő STEALTH technológiai sajátosságuk a szerkezeti kialakításukban rejlik, mivel formájukból adódóan a radar jeleket „szétszórják”, ezzel drasztikusan csökkent az úgynevezett „hatásos radarkeresztmetszetüket”. Ezen gépek terveit már számítógépes szimulációkban tesztelték, és az eredmények elég meggyőzőek voltak ahhoz, hogy az F-117 Nighthawk gyártása 1975-ben megkezdődhessen. 1979-ig a „Have Blue” projekt számos kulcsfontosságú technológiát szabadalmaztatott a STEALTH technológia területén, amelyek a mai gépekben is jelen vannak. Természetesen a fejlődés nem állt le az 1980-as években sem és napjainkban sem [5] [26], mind az alkalmazható anyagok, mind

---

<sup>5</sup> <http://cdn.airplane-pictures.net/images/uploaded-images/2013/5/30/292841.jpg> (szerkesztve)

a bevonatok, mind az egyéb álcázást, rejtést támogató fedélzeti berendezések, rendszerek terén. A kísérleteket, fejlesztéseket jól demonstrálják azok a típusok, (például: X-32, X-35, F-22A Raptor, PAK-FA stb.), melyek széleskörűen ismertek [9][14][15][16][17][18][22][25].

## A STEALTH TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSA

### Repülőgépek passzív elektronikai védelmének lehetőségei

Erről akkor beszélhetünk, hogy ha olyan anyagokat, technológiákat alkalmaznak, amelyek a repülőgépek számára folyamatos rádióelektronikai felderítés elleni védelmet biztosítanak. Korunk harci repülőgépeit ez nagyban jellemzi, el kell érni a harceszközökön, hogy minimális legyen a vizuális, infravörös, hang és rádiólokációs felderíthetősége [9][19][22][25][26].

#### *A vizuális védelem*

A legrégebben ismert módja a vizuális felderítés elleni védelemnek, az évszakknak és földrajzi övezetnek megfelelő álcázó festés alkalmazása. A korszerű repülőgépeken a hajtóművek égésterméke már teljesen füstmentes ezzel is csökkentik a gép vizuális felderíthetőségét. Kísérletek folynak olyan speciális polimer burkolatok kifejlesztésére, amelyek úgy biztosítják azt az álcázó képességet a repülőgépnek, hogy az a kaméleonhoz hasonlóan teljesen beleolvadjon a környezetébe ezzel minimálisra csökkenteni a láthatóságukat [8][20].

#### *A rádiólokációs védelem*

A lopakodó gépeket úgy tervezték meg, hogy azok a földi telepítésű lokátorokkal szemben legyenek a legvédehetőbbek. Ezt részben a repülőgép kialakításának, részben a gyártása során beépített kompozit anyagoknak köszönheti. A kialakítás a rádióhullámok szétszórását segíti elő, míg a kompozit anyagok azok elnyelését biztosítja, ezáltal teljesen láthatatlanok a radarok számára vagy csak késve jelzi a repülőgép megjelenését. A fejlesztések során a tapasztalatokból azt szűrték le, hogy ha a gép borításának síkjai különféle szögeket zárnak be a beeső rádióhullámokkal, akkor minden felület másfelé veri vissza. Minél több különböző síkból áll a gép annál több felé szórja szét a visszavert jeleket. Mivel a radar rendszer működésének alapja, hogy azokat a visszavert jeleket értelmezze, amelyeket a radar vevő antennája érzékel, így jelentősen lecsökken azon jelek intenzitása, amelyek visszaérkeznek a vevő bemenetére. Rájöttek, hogy a besugárzás irányára merőleges felületek verik vissza leginkább a jeleket, így ezeket kerülni kell, de ettől eltekintve a gép lehet még aerodinamikailag előnyös formájú. „A pilóta feje, sisakja, illetve a műszerfal paneljei is jelentős radarvisszaverő felületek. A „Have Glass” technológia a gép radarvisszaverő felületének további csökkentését célozza. A fülketető kap egy speciális festést, amely egy aranyrétegből, ezen pedig indium- és ónoxid rétegből áll. Az így létrehozott felület nem engedi át a radarhullámokat, hanem visszaveri és szétszórja. Mérések szerint ez 15%-kal csökkenti a gép által visszavert radarhullámokat. A lopakodó repülőgép a fegyverzetét belső kamrákban hordja, a gépágyú torkolatát is ajtó rejt, amikor nem használja” [8][20].

#### *Akusztikai védelem*

Ismereteim szerint jelenleg nem létezik hangjelek alapján vezérelt automatikus fegyver, vagy legalábbis nincs publikálva, de a gép és hajtóműve által keltett hang intenzitásának csökkentésével nagyban lehet javítani a gép felderítés elleni védelmén. A hang csökkentés érdekében a hajtóművek köré hangszigetelő anyagokat építenek be, bár ezek jelentősen megnövelhetik a gép tömegét [8].

### *Az infravörös tartományban való védelem*

Az infravörös kisugárzás a gépek egyik nagy ellensége, ha lopakodó technológiáról beszélünk. A levegőben az infravörös sugárzás csillapodása jóval kisebb, mint a látható fény tartományban, ezért az infravörös tartományban 2–3-szor nagyobb a felderítési lehetőség. Ezen területen a repülőgépek álcázása különösen nagy kihívás mivel az üzemelésükkel együtt ját, hogy nagy mennyiségű hőt bocsájtanak ki, amelyet nem tudnak nyomtalanul szétszórni a környezetben. A vadászgépek infravörös sugaraik közel 90%-át a hajtóművön keresztül bocsájtják ki a környezetbe. A repülőgépeknél az elsődleges álcázási eljárás a hajtóművekből kiáramló gáz hőmérsékletének csökkentése, mivel ezek a gázok nagy mennyiségben távoznak el a fúvócsövön át a szabadba és magas hőmérsékletüknek köszönhetően a gáz ionizálódik, amely nagymértékben képes visszaverni az elektromágneses hullámokat. „A hajtóművek hő kibocsátását csökkentő technológiáknak köszönhetően a korszerű repülőgépek alig bocsátanak ki a környezetükben melegebb levegőt, még hangsebesség fölötti repülési sebességnél sem, mivel azt képesek az ún. „utánégető” nélkül is elérni. Másik probléma, hogy hangsebesség fölötti repülési sebességeknél már a súrlódás is termel gyenge hőt, amelyet az érzékeny infra keresőfejjel ellátott légiharc rakéták érzékelhetnek.” Az infravörös sugárzás mértékét lehet csökkenteni a fúvócsövek körkörös árnyékolásával valamint a kiáramló gázok előhűtésével és azok áramlási irányának módosításával úgy, hogy azok a lehető legkisebb idő alatt elkeveredjenek a környezeti levegővel [8][20].

### **Aktív védelmi lehetősége**

A modern hadviselésben az aktív védelem majdnem olyan fontos, mint annak passzív formája. Korunkban a legelterjedtebb légvédelmi fegyverei az infra vezérlésű rakéták, amelyek jellegzetessége, hogy vezérlő egységük a legerősebb infraforrás felé irányítja a fegyvert. Ezek ellen az úgynevezett infra csapdákkal lehet hatásosan védekezni, melyek minden modern harci repülőeszközön megtalálhatóak. Ezek működési elve, hogy izzó magnéziumot lő ki a tároló rekeszeiből a gép, amelynek infrajele jóval erősebb, mint a gép egyéb részeié, így azt fogja célba venni a fegyver.

A STEALTH technológiát mindezidáig főleg repülő eszközökön alkalmazták, de egyre elterjedtebb a vízi és a szárazföldön eszközök esetében is. A haditengerészet, – hasonlóan, mint a légi járművökön – speciális festékanyagokkal és a szögvisszaverős felületek kialakításával védekezik a hajófedélzeti radarok hatékonysága ellen, valamint a lehető legjobb zajszigetelésre is nagy hangsúlyt helyeznek az akusztikus felderítés hatékonyságának csökkentése érdekében. A szárazföldön már jóval összetettebb a STEALTH technológia alkalmazása. E területen jelenleg a legfejlettebb STEALTH rendszer a bizonyos ADAPTIV rendszer, mely képes az ezzel a technológiával felszerelt harcjárművet az infra érzékelők számára teljesen láthatatlanná tenni.

## **A LOPAKODÓ TECHNOLÓGIA ELŐNYEI, HÁTRÁNYAI**

A lopakodó technológia előnye, hogy a járművet, melyen alkalmazzák, sokkal kisebb valószínűséggel fedezik fel és semmisítik meg, így az rejtetten meg tudja közelíteni a célját és elpusztítani vagy megfigyelni azt. Kézenfekvő, hogy mivel a radar képernyőn nem jelenik meg az eszköz, és vizuálisan sem tudják azt felderíteni, egyszerűen ezért magas fokú védelmet nyújt a járműnek és a vezetőjének is, ezzel megóvják a költséges berendezéseket és a pilóta életét is. Ide kívánczik még az az előnyös oldala a technológiának, hogy az ellenséges hírszerzés hatékony működésének gátlásában is kulcsfontosságú szerepet játszik a megfelelő álcázás.

A technológiának persze vannak hátrányai is. Elsősorban sokkal drágább az ilyen tulajdonságú anyagok alkalmazása, mint a hagyományos szerkezeti anyagoké (pl. duralumínium) valamint sokkal nagyobbak a karbantartási költségek is. A lopakodó technológia egyik fő hátránya, hogy a megfelelő hatásosság érdekében sok tényező rovására, kompromisszumok révén, kell a gép szerkezetét kialakítani vagy például a borítását elkészíteni, ami bizonyos mértékben a jármű teljesítményének, harcászati képességeinek csökkenését vonja maga után.

### A STEALTH technológia

#### A repülőgép-sárkány szerkezetének kialakítása

A technológia folyamatos fejlesztése során a mérnökök a különböző méretű és szerkezeti kialakítású repülőgépeken a rádiólokációs felderíthetőség tanulmányozása során megállapították, hogy a legjobban a repülőgépeken a sárkány szerkezet nagy összefüggő sík fémfelületeiről verődnek vissza a jelek, valamint a külső függesztményekről, főként oldal irányba. A tapasztalatok azt mutatták, hogy a visszaverődő rádióhullámok intenzitása nagymértékben csökkenthető, ha a repülőgép sárkányszerkezetét úgy alakítják ki, hogy annak felületei egymással szöget bezáró síklapokból álljanak. Így a rájuk sugárzott radarjeleket szétszórják főleg a világűr felé. A lopakodó gépeken a hagyományos repülőgépekkel ellentétben a függesztmények a sárkányszerkezeten belül helyezkednek el, a hajtóművek szívócsatornáit a törzs felső részén alakítják ki. „A visszatükrözési tulajdonságok tovább gyengülnek, amennyiben a rádióhullámokat átbocsátó áramvonalas borítólemezek alatt a sárkány fém teherviselő elemeinek (pl. bordák) kialakításánál is belső áttükrözést biztosító felületeket képeznek ki.” [8][21][25]



3. ábra F-117 Nighthawk<sup>6</sup>

#### A visszatükröző képesség gyengítésére felhasznált anyagok és bevonatok

Korunk fejlett rádiólokációs berendezései széles frekvenciatartományban üzemelnek, ezért az alkalmazott speciális anyagokat úgy kell megválasztani, hogy azok a leoptimálisabban elnyeljék ezeket a sugarakat. Ez a trend az utóbbi években ugrásszerű fejlődésnek indította a rádióhullámokat elnyelő anyagok gyártását és fejlesztését.

A repülőgépeken a rádióhullámokat átengedő valamint a visszaverő kompozitok találhatóak. Ezen tulajdonságuk az anyaguk fizikai jellemzőitől függenek, elsősorban a dielektromos és mágneses

---

<sup>6</sup> <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/fe/eb/88/feeb88911e6b655c3a5d5516a1899f9e.jpg> (2016.03.03)

permeabilitásuktól valamint az elektromos karakterisztikájuktól. „További fontos jellemzők a dielektromos állandó és a veszteség szögének tangense, amely az alkalmazott kompozit szálának és mátrixának anyagától függ. A mágneses kompozitok elnyelő-képességét a mágneses hiszterézis fajtája határozza meg.” Ebből következik, hogy az anyagok kétfélék lehetnek, dielektromosak és mágnesesek. „A dielektromos és mágneses sajátosságaik, vastagságuk, veszteségeik, impedanciájuk, belső optikai tulajdonságaik szabályozásával optimalizálható a rádióhullám elnyelő képesség egy, vagy több, vagy a teljes frekvenciatartományban.” [8][21]

„A rezonáns-elnyelők szendvics szerkezetében a visszatükröző felülettől a beeső hullámhossz egynegyedének ( $\lambda/4$ ) megfelelő távolságra vékony ellenállásréteget (ekránt) helyeznek el, amely felületi ellenállásának impedanciája megközelíti a külső tér impedanciáját, ezáltal minimális lesz az elektromágneses anyagról a visszaverődés. Az ekránt érő sugárzás egy része közvetlenül visszaverődik (R), további része a felületen megtörve a fémrétegről tükröződik vissza. Mivel az ekrán és a fémfelület távolsága  $\lambda/4$ , az utóbbi hullám  $180^\circ$ -os fáziskésésbe kerül az R hullámhoz képest, interferálnak és kioltják egymást.” [8]

„A raszteres sugárzáselnyelő (PD) olyan többrétegű dielektromos bevonat, amit fémek vagy szilícium (fémkerámia) gőzeinek kicsapatásával állítanak elő. Felületére a rádiólokációs sugarakat gyengítő, négyzethálós mintázatot maratnak, amelyek a hullámhossztól függően egy-, vagy több frekvenciát visszavernek, míg a többit átbocsátják.” [8]

„Fizikai-kémiai elven működő sugárzást elnyelő anyag, ún. *ATRSBS-bevonat* (Anion Transverse Reduction of Salt on Base Schiff) is. A Schiff-bázisú sók csoportjába tartozó, bonyolult vegyület szénláncához ún. perklorát ionok kapcsolódnak. A három oxigén és egy klóratomból felépülő ionok elektrosztatikus kötése annyira labilis, hogy akár már egyetlen fényfoton becsapódásának hatására is felbomlik csekély mennyiségű hőenergia felszabadulása közben és terjed szét, majd a perklorát ion visszakapcsolódik a szénláncához. A fény adszorbeálódása és a visszarendeződés a másodperc tört része alatt tetszőleges gyakorisággal, reverzibilisen, végbemehet.” [8]

### A repülőgép által kisugárzott jelek csökkentése

A repülőgép üzemelése során jelentős nagyságú infra jelet bocsát ki, a hajtóművének köszönhetően, melyet könnyen felderíthetnek. Egyik módja a probléma orvoslásának, hogy a kiáramló forró gázokhoz környezeti levegőt vezetnek be és így keveréket alkotva jelentősen csökkenthető a kiáramló gázok hőmérséklete. Ezt a módszert tovább lehet javítani, ha kombinálják a következő módszerekkel:

- hangsebesség feletti repülés esetén az utánégető használatának mellőzése;
- más megoldási próbálkozás, ha a kiáramló gázokhoz egy speciális vegyületet adagolnak, (klór-foszforsav), ezzel a kondenz-csík képződése megelőzhető. Ennek az eljárásnak hátránya az erő korróziós hatás.

A repülőgépen minden elektromos berendezés, amely üzemel mérhető és érzékelhető elektromágneses kisugárzást okoz. A harctevékenység vagy felderítő tevékenység közben aktivált berendezéseket az ellenséges felderítő rendszerek könnyen észlelhetnek. Továbbá a repülőgépen található antennák kikapcsolt állapotban is jelentős mértékben vernek vissza rádiójeleket. Ezeket a lopakodó képességre káros tényezőket a következő módszerekkel lehet csökkenteni:

A berendezéseket, amelyek a kisugárzásért felelősek a lehető legkisebb energiaszinten a lehető legrövidebb ideig üzemeltetik, valamint ezeket olyan konténerekbe vagy a sárkányon belül úgy helyezik el, hogy azok jeleit a burkolat elnyelje.

Passzív navigációs és rávezető rendszerek alkalmazása, továbbá műholdas navigáció és cél-megjelölés használata, (a műhoddal kommunikál így a rádiójeleket a világűr felé sugározza nem a talaj felé, habár ezeket az ellenséges műholdak észlelhetik)

A rádió antennákat a törzsbe bevonják vagy a földfelszínnel ellentétes irányba elforgatják, amíg azok üzemen kívül vannak, vagy mozgatható zsaluzat mögé építik be és ki-be mozgathatóvá teszik.

A berendezéseket olyan fejlettebb berendezésekre cserélik melyeknek a kisugárzásuk jóval kisebb, vagy magát a működési elvet dolgozzák át.

A STEALT technológia ezekkel a módszerekkel és ezek megfelelő kombinációjával lehet minél hatásosabbá tenni, és akár a gépek radarkeresztmetszetét vagy felderíthetőségét nagyságrendekkel csökkenteni [8][21].

## A STEALTH TECHNOLÓGIÁBAN ALKALMAZOTT KOMPOZIT ANYAGOK

### A kompozit anyagok

A kompozit olyan anyag, amelyet két vagy több anyag társításával alkotnak meg. Ezen anyagok a műszaki életben a legmodernebb szerkezeti anyagoknak számítanak jelenleg. A kialakításuk lényege, hogy az alkatrészeket a tervezés során úgy méretezik, hogy tekintetbe veszik, melyek lesznek az alkatrész szempontjából a fő terhelési irányok mivel a legkritkább esetben azonos a tér minden pontján. A fő terhelési irányokban gyakran nagyságrendekkel nagyobb a terhelés, ez indokolja, hogy megerősítsék a szerkezeti anyagot nagyobb szilárdságú anyagokkal.

A kompozit többfázisú, összetett, több anyagból álló struktúra, amely erősítő anyagból és befogadó anyagból áll. A kompozitokat jellemzi, hogy a szilárdságuk és rugalmasságuk az erősítő anyagban nagy és a kisebb szilárdságú mátrix anyaga között kitűnő adhéziós kötés vagy tapadás van, amely nagy igénybevételnél is fennmarad vagy deformáció esetén is tartja magát, tartósan megmaradnak szilárdságtani jellemzői. Az erősítő anyag szerepe a megfelelő merevség valamint szilárdság biztosítása, a befogadó mátrix anyag feladata, hogy összefogja a szálkötegeket és védje azokat a külső környezeti és fizikai hatásoktól valamint, hogy biztosítsa a terhelés megfelelő eloszlását [2][3][4][25].

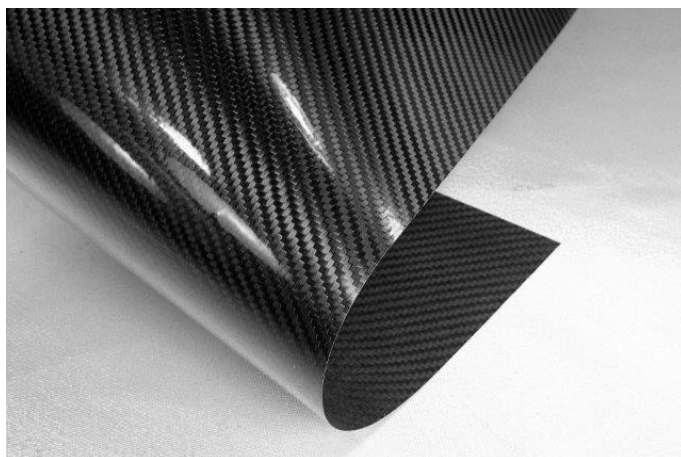
A repülőgépgyártásban az 1970-es években kezdődött meg a kompozit anyagok széleskörű használata és intenzív fejlesztése. A katonai repülésben a Northrop Grumman cég B-2-es bombázójában a fő szerkezeti elemek már majdnem teljes egészében kompozit anyagokból készültek. Itt grafitral erősített epoxigyantát alkalmaztak elsősorban és méhsejt szerkezet alkalmazásával érték el, hogy 1989-re próbarepüléseket végezhesse el. Az 1990-es évektől már a civil gépekben egyre inkább megjelent a kompozit anyagok felhasználása. A mai harcászati repülőgépekben átlagosan 20–25% közé tehető a különféle kompozit szerkezeti elemek előfordulása [2][25].

### A repülőgépgyártásban felhasznált főbb kompozitok

#### A Szénszálás szerkezet (carbon fiber)

A szénszálás polimerek rendkívül sokoldalúak éppen ezért a polimerek műszaki anyagtudományának a középpontjában állnak. A polimer lánc szilárdságát a szén-szén kötések szilárdsága biztosítja. A legnagyobb szén-szén alapú kötőerőt a gyémántban találhatjuk. Ezt a nagyon rendezett kovalens kötésnek köszönheti, ezáltal vált a gyémánt a keménység etalonjává. A gumi mátrixú kompozit aktív töltőanyaga is régóta ismert. A szénből erősítőszálakat formálunk és a szén grafitos szerkezetét hasznosítjuk. A grafit szerkezetnek köszönhetően a hatszögletű egységekből felépített lamellák síkjában a szilárdság rendkívül nagy. A szénszálban ezt a rendkívüli grafit szilárdságot alkalmazzuk.

A szénszál gyártása során többféle polimer szál is lehet elő termékként, ha úgy tudjuk elszenesíteni azt, hogy ne égjen el és nem olvadjon meg. Ezzel tudjuk kialakítani a kívánt szerkezetet. A hőfok és a hőn tartás határozza meg a későbbi mechanikai tulajdonságokat. Ezeket mindig az igénynek megfelelően állítják be. A szénszál még félkész állapotban hasonlít egy egyszerű fóliához amelyet a gyártás során az igényeknek megfelelően szabhatnak ki és vastagíthatnak vagy vékonyíthatnak meg, a hőkezelés után viszont az acélnál is jóval szilárdabb lesz.



4. ábra Szénszálás szerkezet még alakítható állapotban<sup>7</sup>

#### A szénszál előnyei:

- alacsony sűrűség,
- magas szilárdság,
- jó dinamikai tulajdonság,
- hajlékony,
- lángtalan égési jellemzők.

#### A szénszál hátrányai:

- a környezethatásokkal szemben gyenge az ellenálló képessége,
- alacsony a nyomó szilárdságai értéke,
- költséges.

---

<sup>7</sup> <https://www.acpsales.com/images/C/DL%20-%20Flex-06.jpg> (2016.03.03.)



A szénszálalaskatrészeket, borításokat széles körben alkalmazzák napjainkban a repülőgépgyártásban továbbá gyakorlatilag minden iparágban. A jelentő súlycsökkentés érdekében előszeretettel alkalmazzák az orvostudományban is a művégtagok gyártásában [2][3][25].

### *Az Üvegszálalaskerkezet (glass fiber)*

„Az üveg, mint szerkezeti anyag a szilikátok családjába tartozik. Elsősorban szilíciumoxidokból ( $\text{SiO}_2$ ) áll, ez adja az üveg 55–65%-át. Emellett tartalmaz egyéb fénoxidokat is, amelyek a szilíciummal lényegében egyetlen óriásmolekulává egyesülnek, mégpedig elsődleges (primer), nagy kohéziós energiát képviselő kovalens- és ionos kötésekkel. Az üveg ömledékből megfelelő fonófejen át nagyszilárdságú szálat húzhatunk, rendszerint 103 nagyságrendű elemi szálból álló köteg (roving) formájában. Az elemi szálak átmérője jellemzően 8–17  $\mu\text{m}$  között található. Az üvegszál, a többi elemi szállhoz hasonlóan, felületkezelést igényel. Egyrésztől meg kell védeni a feldolgozás – pl. szövés – során esetlegesen fellépő károsodástól; ezt nevezzük írezésnek. Az írező anyag feladata tehát az ideiglenes védelem, és az összetartás. Másfelől biztosítani kell az üvegszál és a polimer mátrix közötti kapcsolódást, lehetőleg minél több elsődleges kötéssel, amelyet epoxivegyületek, vinilszilánok, esetleg fenol gyanta típusú kapcsolószerek felvitele biztosít. Az üvegszál a legelterjedtebben alkalmazott erősítő szál.” [3]

### **Az üvegszál előnyei:**

- olcsó és nagy mennyiségben áll rendelkezésre,
- UV stabil, elektromosan szigetel (rendkívül fontos a STEALTH technológia számára) és vegyszerálló.

### **Az üvegszál hátrányai:**

- törékeny, alacsony a rugalmassági modulusza,
- nagy a sűrűsége,
- nagy a kopása közvetlen súrlódás esetén. [3]

### *Üvegszál és alumíniumból álló laminátum*

Ez az anyag az úgynevezett Glare névre hallgat, mely alumínium- és erős üvegszál rétegek sokasága egymásra laminálva, és amely azt eredményezi, hogy a fémekre jellemző szívós, és az anyagkifáradással szemben ellenálló kompozit anyagot alkot. Ezt az anyagot a Stork Aerospace cég gyártja, és rendkívüli mértékben képes ellenállni a korrózióknak és az UV sugárzásnak [2].

## ÖSSZEFOGLALÁS

Cikkemben a Lopakodó technológiát, annak is a passzív megoldásait próbáltam bemutatni melyeket jelen korunkban alkalmaznak. Az első fejezetben rövid történelmi áttekintést foglaltam össze, hogy a ma ismeretes STEALTH fogalom hogyan is alakult ki az évek során.

A következő fejezetben a technológia alkalmazását tárgyalom ki, annak is a passzív megoldásait valamint, hogy milyen előnyöket és milyen hátrányokat hordoz magával ez a technológia.

A harmadik fejezetben a sárkányszerkezeti kialakításokat részletezem, milyen problémákat kell megoldani a tervezés során majd az utolsó fejezetben a technológia alkalmazása során felhasznált kompozit anyagokra térek át és röviden jellemzem azokat.

Úgy vélem a jövő hadviselését mind szárazföldön, mind levegőben és vízben a Lopakodó technológia fogja uralni a fejlesztések terén. Széleskörű alkalmazhatóságának köszönhetően ez a trend nem fog változni úgy vélem a következő évtizedekben sem, mivel a saját erők megóvása a legfontosabb.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Óvári Gyula: Korszerű csapásmérő helikopterek harcászati-technikai jellemzői, alkalmazási lehetőségei. Katonai Logisztika, MH Logisztikai Főigazgatóság Kiadványa, Budapest, 2000/2. pp. 147-180.
- [2] Kovács Levente: Kompozitok a repülőgépgyártásban. (online), url: <http://www.muanyagipariszemle.hu/2004/04/kompozitok-a-repuloegpyartasban-11.pdf> (2016.03.10.)
- [3] Kompozitok. Hőre Keményedő Polimer Mátrixú Kompozitok Változat: 5. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar Polimertechnika Tanszék: Kiadva: 2014. február 11. (online), url: [http://www.pt.bme.hu/segedletek/a5\\_kompozitok\\_v5.pdf](http://www.pt.bme.hu/segedletek/a5_kompozitok_v5.pdf) (2016.03.10.)
- [4] Nem fémes szerkezeti anyagok. Kompozitok. (online), url: [http://www.bgk.uni-obuda.hu/~aat/oktatas/mechatronika/mernany/4\\_2\\_kompozitok.ppt](http://www.bgk.uni-obuda.hu/~aat/oktatas/mechatronika/mernany/4_2_kompozitok.ppt) (2016.03.10.)
- [5] Békési Bertold, Szegedi Péter: Napjaink fegyverrendszer fejlesztési trendjei, *Economica (Szolnok)*, 2015 (4/2. szám) pp. 158–168.
- [6] Óvári Gyula: A légijárművek gazdaságosságát és manőverezőképességét javító sárkányszerkezeti megoldások, Kilián György Repülő Műszaki Főiskola, Szolnok, 1990. pp. 278–292.
- [7] Dr. Bodnár Ildikó: Lebontható Műanyagok Előadás anyag környezetmérnök szakos hallgatóknak 2011. (online), url: <http://eng.unideb.hu/userdir/bodnari/lebonthato%20muanyagok/lbm-ea-1112-1.pdf> (2016.03.10.)
- [8] Keszthelyi Gyula, Óvári Gyula: A Stealth technológia hatása a XXI. század katonai repülőeszközeinek alkalmazhatóságára Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/1. pp. 155–166.
- [9] Békési Bertold, Szegedi Péter: Ötödik generációs vadászrepülőgépek fejlesztésének filozófiai, Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban, Debrecen, 2015. pp. 194–206.
- [10] Békési Bertold, Szegedi Péter: Gondolatok a jövőbeni fegyverek alkalmazási lehetőségeiről, XIV. Természeti, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Szombathely 2015. pp. 183-188. (ISBN: 978-963-359-053-9), (online), url: [http://publicatio.nyme.hu/613/1/TTK\\_14\\_Nemzetkozi\\_Konf\\_Eloadasok\\_201500516.pdf](http://publicatio.nyme.hu/613/1/TTK_14_Nemzetkozi_Konf_Eloadasok_201500516.pdf) (2016.03.03)
- [11] Óvári Gyula: Biztonság- és repüléstechnikai megoldások katonai helikopterek harci túlélőképességének javítására Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2005/2, pp. 1–14.
- [12] Kavás László: Harcászati repülőgépek túlélőképessége. Szolnoki Tudományos Közlemények XII. Szolnok, 2008. pp. 1–10. (online), url: <http://tudomany.szolnok-mtesz.hu/kulonszamok/2008/cikkek/kavas-laszlo.pdf> (HU ISSN 2060-3002) (2016.03.10.)
- [13] Keszthelyi Gyula, Óvári Gyula: A stealth – technológia hatása a XXI. század katonai repülőeszközeinek alkalmazhatóságára, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/1 pp. 155–166.
- [14] Békési Bertold, Szegedi Péter: A XXI. század egységes csapásmérő vadászrepülőgépe (JSF) várható megvalósításai, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/2. pp. 117–124.
- [15] Wikipedia The Free Encyclopedia: Stealt Technology (online), url: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Stealth\\_technology&oldid=706357267](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Stealth_technology&oldid=706357267) (2016.03.10.)
- [16] Békési Bertold, Szegedi Péter, Szilvássy László: Changed by New Generation Aircraft Possibilities in the Military Forces, Third International Conference on Unconventional Flight, Budapest, 2001.09.12-2001.09.14. Budapest, 2001. pp. 1–11. (online), url: [http://dr.sziszilaci.hu/pub/2001-10\\_SzL-BB-SzP\\_Ch\\_by\\_new\\_gen\\_ac\\_poss\\_in\\_the\\_mil\\_for.pdf](http://dr.sziszilaci.hu/pub/2001-10_SzL-BB-SzP_Ch_by_new_gen_ac_poss_in_the_mil_for.pdf) (2016.03.10)
- [17] Békési Bertold, Szegedi Péter: Az egységesített csapásmérő vadászrepülőgép (JSF) fejlesztésének jelenlegi helyzete, *Bolyai Szemle* 2001/1. pp. 9–18.
- [18] Békési Bertold, Szegedi Péter: Az új generációs vadászrepülőgép nemzetközi fejlesztése, *Bolyai Szemle* 2001. Különszám, pp. 151–162.
- [19] Békési Bertold, Szegedi Péter: Changed by Joint Strike Fighter possibilities in the military forces. The 29th Conference of Research Topics „Modern Technologies in the XXI Century”. Bucuresti, Románia, 2001. pp. 1–6.
- [20] Vass Sándor: Korszerű Repülőgépek Elektronikai Védelmét Biztosító Új Eljárások, *Eszközök* 2006 (online), url: [http://uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2006/1/08\\_Vass\\_Sandor.pdf](http://uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2006/1/08_Vass_Sandor.pdf) (2016.03.10.)
- [21] Wikipedia The Free Encyklopedia: Anechoic tile (online), url: [https://en.wikipedia.org/wiki/Anechoic\\_tile](https://en.wikipedia.org/wiki/Anechoic_tile) (2016.03.10.)

- [22] Békési Bertold, Szegedi Péter: History of active X-flyers programme, 7th MINI Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, Budapest, University of Technology and Economics, 2000. pp. 481–489, ISBN 963-420-704-9
- [23] Rozovicsné Fehér Krisztina, Kavas László, Békési László: A hajtómű alkatrész alapanyagok jelene és jövője, Repüléstudományi Közlemények (1997-től), Szolnok, 2014/2. pp. 24–34. (online), url: [http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2014\\_cikkek/2014-2-03-0116\\_Kavas\\_L-Bekesi\\_L-Rozovicsne\\_FK.pdf](http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2014_cikkek/2014-2-03-0116_Kavas_L-Bekesi_L-Rozovicsne_FK.pdf) (2016.03.10)
- [24] Rozovicsné Fehér Krisztina, Kavas László, Békési László: Korszerű kompozitok megjelenése a repülőgépek szerkezetében, Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban, Szolnok, MTA Debreceni Akadémiai Bizottság, 2014. pp. 231–241. (ISBN: 978-963-508-752-5)
- [25] Békési Bertold, Szegedi Péter: Trendek a vadászrepülőgépek legújabb generációinak fejlesztésére alkalmazására. XIV. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia. Nyugat-magyarországi Egyetem, Szombathely 2015. pp. 151–162. (ISBN: 978-963-359-053-9), (online), url: [http://publicatio.nyme.hu/613/1/TTK\\_14\\_Nemzetkozi\\_Konf\\_Eloadasok\\_201500516.pdf](http://publicatio.nyme.hu/613/1/TTK_14_Nemzetkozi_Konf_Eloadasok_201500516.pdf) (2016.03.03)
- [26] Békési Bertold, Szegedi Péter: Napjainkban fejlesztett fegyverrendszerek megjelenése a jövő hadszínterein, a tudásalkalmazás és fejlesztés szempontjából. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2015/3, pp. 105–116.

---

### *The Stealth technology*

*The Stealth technology is one of the most advanced, most expensive and maybe the most important research and development branch in the modern warfare. With this technology the military activities have better efficiency and the survive rate of our forces is much better. In my article I present for you this technologies passive solutions.*

**Keywords:** *Stealth, aircraft, composite, modern warfare*

---

Gyurján László  
Honvéd tisztjelölt  
Nemzeti Közszerződési Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
[gyurjan.laszlo.1990@gmail.com](mailto:gyurjan.laszlo.1990@gmail.com)  
[orcid.org/0000-0001-5724-3992](http://orcid.org/0000-0001-5724-3992)

Gyurján László  
Officer candidate  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
[gyurjan.laszlo.1990@gmail.com](mailto:gyurjan.laszlo.1990@gmail.com)  
[orcid.org/0000-0001-5724-3992](http://orcid.org/0000-0001-5724-3992)

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-11-0325\\_Gyurjan\\_Laszlo.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-11-0325_Gyurjan_Laszlo.pdf)

Számel Bence Domonkos, Szabó Géza

## IDŐJÁRÁSI JELENSÉGEK LÉGIFORGALMI IRÁNYÍTÓI MUNKATERHELÉSRE GYAKOROLT HATÁSÁNAK FELMÉRÉSE

*A légiforgalmi irányítói munkaterhelésnek a légiforgalmi szituációk különböző jellemzői (komplexitása) alapján, matematikai úton történő meghatározása során fontos figyelembe venni a légtérben fennálló időjárási viszonyokat, elsősorban a zivatartevékenységet. A zivatartevékenység hatásának leírásához a zivatargócoknak számos szám-szerűen kifejezhető paraméterét használhatjuk, az azonban nem egyértelmű, hogy ezek közül melyik milyen mértékben járul hozzá a munkaterheléshez. Ennek kiderítésére az egyik lehetséges módszer az, ha megvizsgáljuk az összefüggést különféle időjárási szituációk paramétereinek értékei és a hozzájuk rendelhető – szakemberek véleménye alapján megállapított – munkaterhelés növelő hatás között. Cikkünkben azt mutatjuk be, hogyan érdemes előkészíteni egy, a fenti összefüggés feltárását célzó felmérést a légiforgalmi irányítási szakemberek körében, elsősorban az időjárási szituációk tervezésére és grafikus megjelenítésére fókuszálva.*

**Kulcsszavak:** Légiforgalmi irányítás, Munkaterhelés, Időjárás, Zivatar, Döntéstámogatás, Neurális háló

### 1. BEVEZETÉS

A légiforgalmi irányítási (ATC<sup>1</sup>) rendszerek biztonságát és hatékonyságát számos műszaki, szervezeti és humán tényező befolyásolja. Utóbbiak közül az egyik legfontosabb a légiforgalmi irányítók munkaterhelése, amit az előírt biztonsági követelmények betartása, valamint az ATC szolgáltatás lehető legjobb minőségű ellátása érdekében érdemes az üzemidő nagy részében az optimálisnak tekintett szint közelében tartani. Ennek magyarázata az, hogy a túlzottan magas munkaterheléssel dolgozó irányítók – ahogyan az [1]-ből is kiderül – az időegység alatt gyakrabban elvégzett információfeldolgozási- és kommunikációs tevékenység miatt nagyobb gyakorisággal hibáznak, mint akkor, amikor a munkaterhelés a közepes tartományba esik. A túlzottan alacsony munkaterhelést szintén érdemes elkerülni, mivel alacsony terhelés mellett nagyobb valószínűséggel terelik el az irányító figyelmét olyan tényezők, amelyekkel más körülmények között nem foglalkozna (pl. zaj, lelkiállapot stb.), ez pedig szintén a hibák gyakoriságának és súlyosságának növekedéséhez vezethet.

A munkaterhelés optimalizálását a légtér szektorokra bontásával és ezáltal a légiforgalom több irányító között történő elosztásával lehet megoldani. Az ezzel kapcsolatos legfontosabb döntéseket (szektorok nyitásának és zárásának időpontja, szektornyitás során alkalmazandó szektorhatár) a légiforgalmi irányítók munkáját koordináló supervisor hozza meg a forgalomnak a közeljövőben (az adott pillanattól számítva 15–20 percen belül) várható jellemzőire alapozva. Mivel ezek a döntések a biztonság szempontjából nagy fontossággal bírnak, érdemes olyan automatizált döntéstámogató eszközt létrehozni, amely képes a supervisorok számára is rendelkezésre álló adatok alapján javaslatot tenni a várható forgalomhoz tartozó optimális szektorkonfigurációra.

<sup>1</sup> Air Traffic Control

Ahogy az [2]-ben is látható, a fenti funkciót ellátó döntéstámogató eszköz fejlesztésében kulcsszerepet játszik a légiforgalmi helyzetek várható jellemzőinek számszerű leírása, mivel az ezáltal előállított számértékek szolgálnak bemeneti adatként az eszköz központi logikáját (légiforgalmi szituációk várható jellemzői alapján optimális szektorállapotok meghatározását) megvalósító modul számára. A légiforgalmi szituációkat leíró tényezők közül érdemes kiemelni a légtérben uralkodó időjárási viszonyokat, részben azért, mert aktív légiforgalmi irányítók és supervisorok véleményei alapján [3] ez tekinthető a munkaterhelés szempontjából az egyik legfontosabb tényezőnek, részben pedig azért, mert ennek a számszerű leírása kevésbé kézenfekvő, mint más tényezőké. Cikkünkben arra mutatunk be egy lehetséges módszert, hogy hogyan lehetséges az időjárási tényezőket számszerű értékekkel leírni, majd ezeket figyelembe venni a korábban említett döntéstámogató eszköz fejlesztési folyamata és később működése során. A 2. fejezetben összefoglaljuk, milyen hatással lehet az időjárás a légiforgalomra és ezáltal a légiforgalmi irányítók munkájára. A 3. fejezetben bemutatjuk a számszerű értékek időjárási tényezőkhöz történő rendelésének egy lehetséges módszerét, majd a 4. fejezetben felvázoljuk a módszer gyakorlati alkalmazásának első lépéseit.

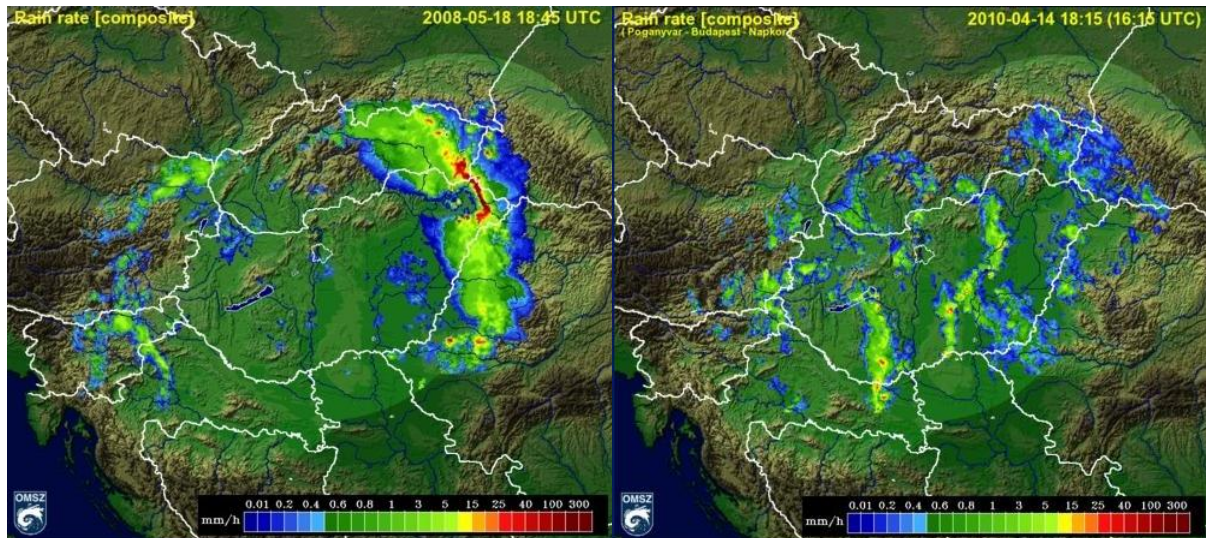
## 2. AZ IDŐJÁRÁS HATÁSA A LÉGIFORGALOMRA ÉS A LÉGIFORGALMI IRÁNYÍTÁSRA

Ahogy az [4]-ből is kiderül, a légi közlekedést leginkább befolyásolni képes időjárási tényezők közé sorolhatjuk a látási viszonyokat rontó tényezőket (pl. köd, eső, havazás stb.), a szelet és az olyan rendkívüli jelenségeket, mint a zivatar. Ezek közül a látási viszonyokat rontó tényezők és a szél elsősorban a repülőtéri irányítás és a bevezető irányítás területén dolgozó irányítók munkájára van hatással, míg a zivatar a körzeti irányítás (ACC<sup>2</sup>) területén is befolyásolja az irányítói munkaterhelést. Ennek megfelelően, mivel az optimális szektorkonfiguráció becslésére szolgáló módszert ACC szektorkonfiguráció (és munkaterhelés) optimalizálására tervezzük használni, ezért az időjárás munkaterhelésre gyakorolt hatásának elemzése során elsődlegesen a zivatartevékenység hatásaival foglalkozunk. A módszer későbbi, a bevezető irányítás területére történő kiterjesztése során érdemes lehet továbbá figyelembe venni a szél irányát és sebességét is, mivel ez nagy hatással van a használatban lévő futópálya irányokra és ezen keresztül az érkező és induló forgalom szerkezetére.

Ahogy az [5]-ben bemutatott felmérés eredményéből is látszik, a bevezető- és körzeti irányítás szempontjából leginkább jelentős időjárási tényező a zivatar. A zivatar által érintett légtértartományokban számos olyan jelenség figyelhető meg, amelyek külön-külön is veszélyt jelentenek a repülésre. Ezek közé sorolható a turbulencia, a repülőgép-szerkezet- és a hajtóművek jegesedése, a villámlás, a szélnyírás vagy a függőleges légáramlatok. Az áramlatok nem tehetnek kárt a repülőgépek szerkezetében, de a váratlan mozgás sérülésekhez vezethet a fedélzeten. A zivatar közelsége ezen felül a rádiókommunikációt is megnehezítheti. Ezen tényezők miatt a zivatarokat minden esetben el kell, hogy kerüljék a légijárművek, amiben a légiforgalmi irányításnak értelemszerűen segítséget kell nyújtania.

---

<sup>2</sup> Area Control Center



1. ábra Zivatartevékenység vizuális megjelenítése [8]

A zivatar elhelyezkedésére vonatkozóan a pilótáknak és a légiforgalmi irányításnak is vannak információi, ezek megbízhatósága azonban eltérő. A budapesti ATC központ esetében a légiforgalmi irányítók számára közvetlenül rendelkezésre álló időjárási adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat biztosítja és minden irányítói (valamint supervisor) munkahelyén megjelennek (az 1. ábrán láthatóhoz hasonló formában). Ezek azonban nem előrejelzett adatok, hanem a megjelenítés időpontjához képest néhány perccel korábban megvalósult időjárási helyzetet tükröző történeti adatok. Mivel a légtér zivatarok által érintett része azok mozgása és méretbeli változása miatt rövid idő alatt is megváltozhat, ezért a megjelenített történeti időjárási adatok önmagukban nem teszik lehetővé az irányító számára, hogy pontos terveket készítsen a légi járművek esetlegesen módosított útvonalaira vonatkozóan. Arra ugyanakkor elegendőek, hogy segítségükkel az irányító felkészülhessen arra, hogy a repülési tervük alapján a zivatar által érintett légtérrtartományon át, vagy annak közelében repülő légi járművek várhatóan útvonal módosításra vonatkozó kérésekkel fognak előállni.

A pilóták ezzel szemben általában valós időben tájékozódhatnak a repülőgép környezetében megfigyelhető különböző időjárási jelenségekről fejlett fedélzeti időjárási radarok segítségével. Ennek köszönhetően elképzelhető, hogy zivatar esetén hatékonyabb elkerülési tervet tudnak kidolgozni saját repülőgépeikre vonatkozóan, mint a légiforgalmi irányító, ennek során azonban nem tudják figyelembe venni a környezetükben lévő további forgalmat és az esetleges (nem időjárás miatt) korlátozott légtereket.

A zivatarkerülés végrehajtása tehát még más légiforgalmi irányítást érintő tevékenységeknél is több együttműködést igényel a légi jármű személyzete és az irányító között, mivel mindkét fél rendelkezik olyan információkkal, amelyekkel a másik nem. A zivatarkerülést a pontosabb rendelkezésre álló adatok miatt általában a pilóta kezdeményezi azzal, hogy a haladási irány és/vagy a magasság változtatására vonatkozó kérést intéz az irányítás felé az időjárásra hivatkozva. Az irányító ilyen esetben általában törekszik arra, hogy engedélyezze a kért változtatást, mivel feltételeznie kell, hogy a pilóta jobban ismeri a repülőgép útvonala mentén várható időjárást. Ugyanakkor az irányító elsődleges feladata az előírt vízszintes és függőleges elkülönítés biztosítása a légi járművek között, ezért csak akkor adhat bármilyen irány- vagy magasságváltoztatási engedélyt, ha ez várhatóan nem vezet az elkülönítési előírások megsértéséhez.

A légiforgalmi irányítónak tehát zivatarkerülés miatti kérés esetén frissítenie kell a forgalmi helyzetről alkotott mentális képét részben a kérést leadó légi járműtől kapott időjárési információval (hol van zivatartevékenység az adott pillanatban), részben pedig azzal az útvonallal, amit a légi jármű a kérés engedélyezése esetén követni fog. Ezen felül, ha a légi jármű letérni kényszerül a repülési terv szerint tervezett útvonaláról, akkor az arra való visszatérés elősegítése az irányító feladata a megfelelő irányra, magasságra és sebességre vonatkozó utasítások segítségével. Más szóval a zivatarkerülés miatt útvonalat módosító repülőgépre kiemelt figyelmet kell fordítania az irányítónak egészen a kerülés sikeres befejezéséig. Mindez értelemszerűen növeli az irányító kognitív terhelését.

Természetesen ritkán fordul elő olyan szituáció, amikor a zivatar hatására csak egy légi jármű kényszerül útvonalának megváltoztatására. Jellemzőbbek az olyan helyzetek, amikor közel egy időben több repülőgép személyzete is zivatarkerülési kéréssel fordul az irányítás felé, aminek következtében az irányítónak több különböző módosított útvonaltervet kell összehangolnia. Ez gyakran csak úgy valósítható meg, hogy egy vagy több légi jármű nem a kérésében szereplő irány- vagy magasságmódosításra kap engedélyt. Az ilyen repülőgépek esetében arra is kiemelten kell figyelni, hogy valóban az irányító által adott utasítást hajtják-e végre. További probléma lehet, hogy mivel mind a zivatarkerülési tervek kidolgozása, mind pedig a kerülésre vonatkozó kérések feldolgozása időt igényel az irányító részéről, ezért előfordulhat, hogy egy kérésben szereplő irány- vagy magasságváltoztatási érték a kérés időpontjában még elég lett volna a zivatar tényleges elkerüléséhez, az engedély kiadásakor azonban már nem. Ilyen esetben az érintett légi jármű valószínűleg újabb kéréssel áll elő, ezért az irányítónak továbbra is foglalkoznia kell vele.

Ahogy az az eddigiekből is kiderült, ha egy szektorban sok a zivatart kerülő repülőgép, akkor megnő az irányító és a pilóták közti üzenetváltások mennyisége. Ez a kommunikációs frekvencia túlterheltségéhez vezethet, ami miatt egyes kérések vagy utasítások nem juthatnak el időben az irányítóhoz vagy a személyzetekhez és emiatt érvényüket veszíthetik. Az ilyen esetekben értelemszerűen új kérésekre vagy új utasításokra van szükség, ezek pedig új tervek kidolgozását igénylik az irányító részéről, tovább növelve annak munkaterhelését. Szintén a megnövekedett kommunikációs forgalom következményeként állhat elő az a probléma, hogy az irányító az időegység alatt hozzá érkező nagyobb információmennyiség miatt figyelmen kívül hagy, félreért vagy rosszul értelmez egy kérést vagy egy utasítás visszaolvasását, aminek a későbbi korrekciója szintén munkaterhelés növekedést jelent.

Tovább nehezítheti a légiforgalmi irányítók feladatát, ha a zivatar által érintett légtér tartomány szektorhatár közelében helyezkedik el, mivel ebben az esetben egyszerre több szektor forgalmát is befolyásolhatja. Ilyen szituációban az érintett szektorok irányítóinak az általuk kezelt repülőgépek biztonságos zivatarkerülésének felügyelete mellett koordinálniuk kell a szomszédos szektor irányítójával is, hogy a kerülési terveiket összehangolhassák. A koordinációs tevékenység minden esetben hozzájárul az irányító munkaterheléséhez, mivel pedig a frekvencia magas terhelése miatt zivatar idején nehezebb végrehajtani, ezért ilyenkor az átlagosnál is nagyobb problémát okoz munkaterhelési szempontból.

### 3. A ZIVATARTEVÉKENYSÉG FIGYELEMBE VÉTELE A SEKTOR-KONFIGURÁCIÓ BECSLÉSE SORÁN

Az előző fejezet alapján érthető, hogy az optimális szektorkonfiguráció meghatározása során miért jut kiemelt szerep a zivatarnak, mint munkaterhelést növelő tényezőnek. Ugyanakkor – sok más tényezővel ellentétben – a zivartevékenység esetében problémát jelent, hogy milyen módon lehet figyelembe venni a hatását a szektorkonfiguráció automatizált számítása során. A probléma egyik lehetséges megoldása (amelyre vonatkozóan [6]-ban olvashatók további részletek) az, hogy nem közvetlenül a zivatarra vonatkozó adatok számszerű értékeit vesszük figyelembe a számítások során, hanem a forgalmi helyzetet leíró egyéb tényezők értékeit (például konfliktusok száma, forgalom összetartó jellegének mértéke) módosítjuk a zivatarnak a légi járművek útvonalaira gyakorolt várható hatása alapján.

Egy másik módszer a probléma megoldására az, hogy olyan számértékeket rendelünk a légtérben (vagy annak egy adott szektorában) jelen lévő zivatargócokhoz, amelyek a rendelkezésre álló időjárási adathalmazból közvetlenül vagy egyszerű számítások elvégzését követően előállíthatók. Az ilyen számértékek közé a következőket sorolhatjuk:

- 0 vagy 1 aszerint, hogy megfigyelhető-e zivartevékenység a szektorban vagy nem;
- a zivatargócok száma;
- a zivatargócok átlagos intenzitása;
- a legnagyobb intenzitású zivatargóc intenzitása;
- a zivatargócok által lefedett földrajzi terület nagysága;
- a zivatargócok által lefedett földrajzi területek köré írható körök (vagy más síkidomok) összesített területe;
- a zivatargócok által érintett szabványos magassági szintek száma;
- a zivatargócok által érintett légtértartomány nagysága (a lefedett földrajzi terület és az érintett magassági szintek szorzata);
- a lefedett földrajzi terület nagyságának aránya a szektor alapterületéhez viszonyítva;
- az érintett magassági szintek aránya az összes magassági szinthez viszonyítva;
- a zivatargócok legkisebb távolsága a szektorhatártól;
- a zivatargócok átlagos távolsága a szektorhatártól;
- a zivatargócok legkisebb távolsága egymástól;
- a zivatargócok átlagos távolsága egymástól.

A számértékek bármelyike kiszámítható az időjárásra vonatkozó adatokból, az azonban nem egyértelmű, hogy melyik számérték milyen összefüggést mutat az irányítói munkaterhelés növekedésével. Elképzelhető például, hogy az irányítók többsége számára nagyobb munkaterhelést jelent az, ha sok kisméretű, elszórtan elhelyezkedő zivatargóc van jelen a szektorban, mint az, ha egy nagy zivatargóc figyelhető meg, de elképzelhető ennek az ellenkezője is.

Annak meghatározása, hogy melyik zivataraokra vonatkozó mérőszám milyen hatással van a munkaterhelésre, hasonló probléma, mint megállapítani azt, hogy a különböző légiforgalmi szituációk összes (nem csak időjáráshoz kapcsolódó) komplexitási tényezője hogyan befolyásolja az optimális szektorkonfigurációt (azaz a munkaterhelést). A két probléma hasonlósága miatt a



megoldáshoz is célszerű hasonló módszert alkalmazni. A komplexitás és az optimális szektor-konfiguráció közötti összefüggés feltárásának egyik lehetséges módszere [7]-ben látható, a módszer alkalmazása a magyarországi légtérre pedig [3]-ban. A módszer alapja a neurális háló, amelynek bemenetén komplexitási tényezők aktuális értékei, kimenetén pedig szektorkonfigurációk jelennek meg. A háló tanítása során olyan forgalmi szituációkat használnak, amelyekhez ismertnek tekinthető az optimális szektorkonfiguráció (pl. ATC területén dolgozó szakemberek szubjektív véleménye alapján), a tanított hálót pedig az optimális konfiguráció becslésére lehet használni tetszőleges komplexitású szituációk esetében (feltéve, hogy azok nem térnek el jelentősen a tanításhoz használt szituációktól).

A feladat a zivatartevékenységet leíró tényezők és a munkaterhelés növelő hatás összefüggésének meghatározása esetében is hasonló, azzal a különbséggel, hogy itt nincs szükség arra, hogy a tényezők tetszőleges értékei mellett becslést adjunk a munkaterhelés várható növekedésére, hanem elég csak azt megállapítani, hogy melyik tényezők befolyásolják legnagyobb mértékben a munkaterhelést. Ehhez ebben az esetben is érdemes lehet neurális hálót használni vagy más olyan algoritmust, amellyel ismert összetartozó bemeneti és kimeneti értékhalmozok alapján megállapítható a bemeneti tényezők „fontossága” – például a hozzájuk rendelhető súlyszámok alapján.

Neurális háló alkalmazása esetén a háló bemeneti rétegét annyi neuron alkotja, ahány zivatart leíró tényezőt azonosítottunk a korábbi felsorolásban. A kimeneti rétegben egy neuron található, amely a zivatartevékenység munkaterhelés növelő hatását szimbolizálja. A kimeneti neuronhoz tartozó lehetséges értékek:

- 1 – Alacsony munkaterhelés-növekedés;
- 2 – Közepes munkaterhelés-növekedés;
- 3 – Magas munkaterhelés-növekedés.

A neurális háló tanításához itt is szükség van összetartozó bemeneti- és kimeneti értékhalmozokra. Ezek előállításához olyan légiforgalmi szituációk kellene, amelyekre vonatkozóan ismerjük a légtérben jelen lévő zivatargócok elhelyezkedését és intenzitását, valamint a zivatargócok jelenléte által előidézett munkaterhelés-többletet. Utóbbival kapcsolatban úgy szerezhettünk információt, hogy aktív és tapasztalt légiforgalmi irányítókat és supervisorokat kérdezzük arról, hogy szerintük az adott forgalmi szituációban az adott időjárási körülmények milyen mértékben növelik a munkaterhelést. A megkérdezettek az általuk feltételezett munkaterhelés növekedés alapján hozzárendelik a korábban ismertetett 1-es, 2-es vagy 3-as értéket a forgalmi szituációkhoz (amelyeket célszerű zivatargócokat is tartalmazó radarkép formájában grafikusán megjeleníteni számukra). Az így előállt értékek segítségével lehetőségessé válik a neurális háló tanítása, a tanítást követően pedig a háló által kiszámított súlyozó tényezők értékei alapján megállapítható, hogy a zivatartevékenységet leíró tényezők közül melyek a legfontosabbak, ezeket pedig figyelembe lehet venni a légiforgalmi helyzetek komplexitását leíró tényezőként.

A felvázolt módszer gyakorlatban történő alkalmazásához a következő lépések végrehajtására van szükség:

1. zivatargócokat is tartalmazó légiforgalmi szituációk tervezése;
2. az 1. pontban előállított szituációk grafikus megjelenítése;
3. munkaterhelés növekedésre vonatkozó értékek beszerzése atc szakemberek véleménye alapján;

4. neurális háló tanítása és súlyszámok megállapítása;
5. legfontosabb tényezők kiválasztása.

Az egyes lépések – különösen az első kettő – tényleges megvalósítása további problémák megoldását igényli, amelyekről részletesen a következő fejezetben lesz szó.

## **4. ZIVATARGÓCOKAT TARTALMAZÓ LÉGIFORGALMI SZITUÁCIÓK ELŐÁLLÍTÁSA**

Ahhoz, hogy vizsgálni tudjuk a zivatartevékenység hatását a munkaterhelésre, szükség van olyan, mesterségesen előállított légiforgalmi szituációkra, amelyekben megfigyelhetőek különböző jellemzőkkel rendelkező zivatargócok. A szituációk előállítása során a két legfontosabb szempont az, hogy a szituációknak jól kell reprezentálniuk a zivatar különböző jellemzőinek lehetséges értékeit valamint az, hogy a megtervezett szituációkat úgy kell grafikusán megjeleníteni, hogy a megkérdezett szakemberek számára könnyen értelmezhetőek legyenek.

### **4.1. Forgalmi- és időjárási szituációk tervezése**

A forgalmi szituációk tervezése során azt kell figyelembe venni, hogy milyen tényezők határozzák meg a munkaterhelés növelő hatást. Az, hogy egy adott légiforgalmi szituáció esetében, egy adott légiforgalmi irányító véleménye alapján mekkora a zivatar által előidézett munkaterhelés növekedés, elsősorban a következő három tényezőtől függ:

- az alapszituáció jellegzetességei;
- az időjárási szituáció (zivatargócok) jellegzetességei;
- a megkérdezett személye;

#### **4.1.1. Alapszituációk tervezése**

Alapszituációk alatt azokat a légiforgalmi szituációkat értjük, amelyeket fel tervezünk használni az időjárás munkaterhelés-befolyásoló hatásának számszerűsítéséhez, és amelyekben még nem szerepelnek zivatargócok. Az alapszituációk használatára két okból van szükség. Az egyik ok a légiforgalom, illetve a légiforgalmi irányítási rendszer komplex jellege, ami miatt nem tekinthetnénk megbízhatónak a módszer használatával nyert eredményeket, ha azokat az időjárási jelenségeknek más munkaterhelést befolyásoló tényezőktől független vizsgálatával állítanánk elő. A másik ok az, hogy a módszer használata során az időjárás pontos hatását a munkaterhelésre légiforgalmi irányítók szubjektív véleménye alapján tervezzük meghatározni. Ahhoz, hogy ezek a vélemények a lehető legmegbízhatóbbak legyenek, fontos, hogy az irányítóknak megmutatott szituációk közel álljanak a valóságban – a megkérdezettek mindennapi munkája során is – megfigyelhető és kezelendő szituációkhoz. Mivel pedig a gyakorlatban az irányítók az időjárás hatásait mindig az aktuális légiforgalmi helyzet (alapszituáció) kontextusában tapasztalják meg, ezért a felmérés során is akkor tudunk a valósághoz közeli állapotot létrehozni, ha az időjárási helyzet (zivatargócok elhelyezkedése és intenzitása) mellett a légijárművek és a légtér aktuális jellemzőit is szemléltetjük.

A megfelelő alapszituációk előállítása azért fontos a felmérés eredménye szempontjából, mert ugyanazok az időjárási körülmények más módon hathatnak munkaterhelés szempontjából az irányítókra attól függően, hogy milyen a forgalmi helyzet az időjárástól eltekintve. Ha kevés a

légijármű és alacsony a forgalmi helyzet komplexitása, miközben a légtérben több kisebb zivatargóc van jelen elszórta, akkor előfordulhat, hogy egy légijármű útvonala sem keresztez egy zivatargócot sem, így az irányítókra jutó többletterhelés elhanyagolható lesz. Egy nagy forgalmú szituációban ugyanakkor az várható, hogy sok lesz a zivatar miatt kerülésre kényszerülő jármű és ezáltal a munkaterhelés is nagyobb mértékben növekszik. Emiatt fontos, hogy a felmérés során felhasznált alapszituációk között egyaránt legyenek alacsony, közepes és magas komplexitású szituációk.

Azt, hogy egy-egy alapszituáció komplexitását melyikbe soroljuk a felsorolt három tartomány közül, a szituációk komplexitásának munkaterhelés növelő hatására vonatkozó (időjárási tényezőket még nem tartalmazó) kutatás eredményei alapján határozzuk meg [3]. Az, hogy egy szituáció melyik tartományba esik, attól függ, hogy az említett kutatás során használt módszer alkalmazása alapján hány szektornak kell nyitva lenni a szituációhoz tartozó optimálisnak tekintett szektorkonfigurációban. Ennek alapján a tartományok jelentése a következő:

- alacsony komplexitás – 1–2 nyitott szektor;
- közepes komplexitás – 3–5 nyitott szektor;
- magas komplexitás – 6 vagy több nyitott szektor.

A felmérés során közel azonos számú szituációt használunk fel mindhárom tartományból, függetlenül az egyes szituációkhoz rendelt zivatargócok jellemzőitől.

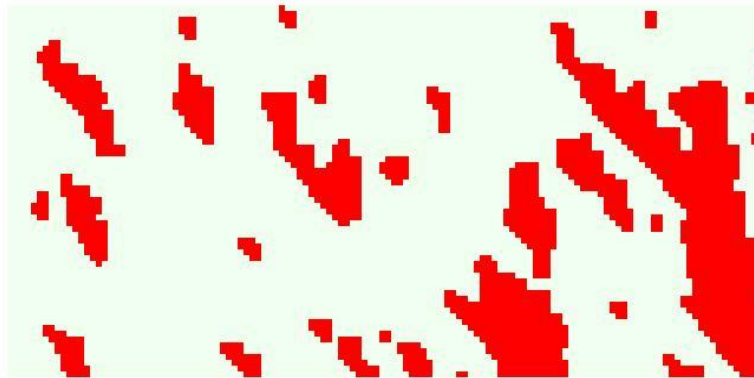
### 4.1.2. Időjárási szituációk tervezése

A felmérés eredményeinek megbízhatósága értelemszerűen függ attól is, hogy hogyan választjuk meg (illetve tervezzük meg) a zivatargócokat, amelyeket a légiforgalmi irányítóknak megmutatunk. Ahhoz, hogy a zivatargócok korábban felsorolt különféle lehetséges jellemzőinek (amelyekre a továbbiakban időjárási tényezőkként hivatkozunk) egymástól független hatását a lehető legnagyobb megbízhatósággal tudjuk vizsgálni, arra van szükség, hogy a tervezett időjárási szituációk bármelyikéhez hozzá lehessen rendelni legalább egy olyan másik szituációt, amelyiktől az adott szituáció pontosan egy paraméterben tér el számottevően. Emellett az is fontos, hogy lehetőleg ne legyenek olyan időjárási szituációk, amelyekre a megfelelő időjárási tényező értékek (közelítőleg) megegyeznek.

Annak érdekében, hogy teljesüljön a korábban megfogalmazott feltétel a szituációk egymástól való eltéréseivel kapcsolatban, célszerű először tervezni néhány kiindulási szituációt, majd a továbbiakat ezekből származtatni úgy, hogy minden származtatott szituáció pontosan egy paraméter értékében térjen el attól a szituációtól, amelyikből származtattuk. Mind a kiindulási, mind pedig a származtatott időjárási szituációk tervezése történhet determinisztikus módszerrel és véletlen szituációk generálásával vagy a kétféle módszer vegyes használatával.

A kiindulási szituációk véletlenszerű létrehozásának egyik módja az, ha (meghatározott határokra belül) véletlenszerű értékeket generálunk minden egyes időjárási tényezőhöz, majd valamilyen algoritmussal (illetve ezt felhasználó szoftverrel) olyan időjárási szituációt hozunk létre, amelyben a zivatargócok számszerű jellemzői a lehető legjobban közelítik a véletlenszerűen előállított értékeket. Egy másik lehetséges módszer a légtér modelljének felosztása kis kiterjedésű elemi cellákra, amelyek mindegyikéhez hozzárendelhető egy bináris érték aszerint,

hogyan az adott cella része-e zivatargóknak vagy nem. Ebben az esetben a bináris értékek rendelkeznek véletlenszerűen egy-egy cellához bizonyos, a generálás előtt meghatározott szabályok (például: egy zivatargóhoz tartozó cella szomszédos celláiban legyen nagyobb a zivatargóhoz tartozás valószínűsége, mint a zivatargóhoz nem tartozó cellák szomszédosságában) alapján. Az utóbbi módszerrel előállítható időjárási szituációra a 2. ábrán látható példa.



2. ábra Példa automatikusan generált véletlenszerű időjárási szituációra (a zivatargócokat piros tartományok jelölik)

A 2. ábrán látható időjárási szituáció olyan szituációgeneráló szoftver segítségével jött létre, amely a légtér elemi cellákra való felosztását követően két paraméter alapján képes zivatargócokat szimbolizáló alakzatokat létrehozni. A szoftver működésének alapja a következő algoritmus:

1. véletlenszerű cella kiválasztása a cellák teljes halmazának zivatargóhoz való tartozást jelző értékkel (a továbbiakban színnel) még nem rendelkező részhalmazából;
2. szín rendelése a cellához a zivatargóhoz való tartozás kiindulási valószínűsége (1. paraméter) alapján;
3. ha a 2. lépésben a cellához rendelt szín nem a zivatargóhoz való tartozást szimbolizáló szín, akkor a színnel rendelkező szomszédos cellák színének vizsgálata;
4. ha a szomszédos cellák között van, amelyik zivatargóhoz tartozik, akkor a cella színének módosítása egy kiegészítő valószínűségi érték alapján (2. paraméter);
5. 1–4. lépések ismétlése, amíg nem rendelkezik minden cella színnel;
6. eltérő színű cellák által teljesen körülvett cellák színének megváltoztatása a szomszédos cellák színére.

Az algoritmus akkor is használható, ha előre meghatározott paraméterértékekkel rendelkező időjárási szituációt kell előállítani. Ilyen esetben nagy mennyiségű szituációt kell generáltatni, majd a kívánt értéket jobban közelítő szituációk kiválasztásával és módosításával (például genetikus algoritmust alkalmazva), valamint a szoftver bemenő paramétereinek változtatásával lehet előállítani a paraméterek célértékeivel bizonyos határokon belül megegyező értékekkel rendelkező szituációig.

Determinisztikus szituációgenerálás esetén a zivatargócok paramétereinek értékét tudatos döntések eredményeként állítjuk elő, amelyek alapjául különböző információk szolgálhatnak. Ilyen információ lehet az, hogy milyen jellegzetes időjárási szituációkkal szoktak a gyakorlatban szembesülni a légiforgalmi irányítók. Elképzelhető például, hogy a légtér bizonyos tartományában gyakrabban figyelhető meg zivatartevékenység, mint máshol, ezt pedig figyelembe kell

venni a szituációtervezés során. Ennek oka az, hogy az ilyen szituációkra várhatóan megbízhatóbbak lesznek a szubjektív véleményekre alapozott eredmények, ugyanakkor a módszer validálása során az ilyenektől eltérő (nem szokványos) szituációk esetében is meg kell vizsgálni az előállított munkaterhelés növelő értékeit.

A determinisztikus úton létrehozott szituációk tervezése során figyelembe vehetjük az előzőleg, véletlenszerűen generált szituációk jellemzőit is. Ha vannak bizonyos időjárási jellegzetességek, amelyeket mindenképpen szerepeltetni tervezünk a felmérésben, és amelyek nem figyelhetőek meg a véletlenszerűen létrehozott szituációkban, akkor ezeket a jellegzetességeket a determinisztikus szituációkban kell szerepeltetni. Előfordulhat például, hogy a véletlenszerű szituációkban jellemzően elszórtan elhelyezkedő vagy konvex geometriai alakzatokkal leírható zivatargócok jelennek meg. A determinisztikus szituációk tervezése során előbbi esetben központi gócba rendeződő zivatartevékenységet, utóbbiban pedig konkáv alaprajzú zivatargócokat kell modellezni.

A kiindulási szituációkból származtatott szituációk létrehozásakor érdemes ötvözni a véletlenszerű és a determinisztikus módszert. Azt, hogy az adott kiindulási szituációnak melyik paraméterértékét kell megváltoztatni, el lehet dönteni véletlenszerű kiválasztással. Ezt követően az érték tényleges megváltoztatását és az így előállt új követelményeknek megfelelő szituáció tervezését azonban már érdemes tudatosan végrehajtani, mivel gyakran előfordul, hogy egy paraméter értékét csak úgy lehet nagymértékben módosítani, ha kisebb mértékben egy vagy több másik paraméter is módosul. Ha például megváltoztatjuk néhány zivatargóc esetében a földrajzi terület köré írható síkidom méretét, miközben arra törekszünk, hogy a zivatargócok egymástól mért távolsága ne változzon, akkor várhatóan változni fog a zivatargóc földrajzi területe.

### 4.1.3. Megkérdezettek halmazának kiválasztása

Ahogy többször utaltunk rá, az időjárás és a munkaterhelés kapcsolatát feltáró módszer alapját egyéni tapasztalaton és tudáson alapuló légiforgalmi irányítói vélemények alkotják, vagyis az előállított eredmények megbízhatósága függ a megkérdezettektől. Az egyéni véleményekkel együtt járó szubjektivitásból fakadó bizonytalanság csökkentése érdekében értelemszerűen arra kell törekedni, hogy a légiforgalmi irányítóknak a lehető legnagyobb halmazát vonjuk be a felmérésbe úgy, hogy közben arra is ügyelünk, hogy a megkérdezettek kellően tapasztaltak legyenek. Egy-egy zivatarral terhelt szituációra vonatkozóan az irányítói vélemények alapján kiszámított munkaterhelés növekedést leíró értéket csak akkor tekintjük megbízhatónak, ha az alábbi három irányító véleménye alapján állt elő.

A szubjektív vélemények megbízhatóságához kapcsolódóan azt is érdemes figyelembe venni, hogy a megkérdezettek véleményét befolyásolhatják más (például tapasztaltabb vagy véleményüket határozottabban hangoztató) légiforgalmi irányítók. Ennek kiküszöbölése érdekében a felmérést érdemes egyéni, személyes interjúk formájában elvégezni, még ha ez nagyobb időráfordítást is igényel, mint például egy kérdőív alkalmazása. A személyes beszélgetés további előnye, hogy általa nem csak a munkaterhelés növelő hatás értékéről szerezhetünk információt, hanem arról is, hogy milyen megfontolásból rendelte a megkérdezett az adott szituációhoz az adott értéket. Az ezáltal nyert adatok hasznosak lehetnek későbbi, hasonló témájú kutatás vagy az itt ismertetett módszer továbbfejlesztése (például az időjárási tényezők halmazának módosítása) során.

Az eddigieket összefoglalva az alábbi feladatokat kell végrehajtani a szituációtervezés fázisában:

1. létre kell hozni 5–10 időjárási szituációt, amelyek között egyaránt vannak véletlenszerűen generált és determinisztikusan létrehozott szituációk;
2. minden, az 1. lépésben létrehozott szituációhoz származtatással létre kell hozni az azonosított időjárási tényezők számának megfelelő számú további szituációt;
3. tervezni kell (vagy történeti adatok alapján ki kell választani) és minden egyes időjárási szituációhoz hozzá kell rendelni három-három alapszituációt, amelyek közül az egyik alacsony, a másik közepes, a harmadik pedig magas komplexitású;
4. ki kell választani a légiforgalmi irányítók és supervisorok azon csoportját, akik segítségével a felmérést elvégezzük úgy, hogy minden szituációra vonatkozóan beszerezhessük legalább három szakember véleményét és egyiküknek se kelljen 20–30 szituációnál többről véleményt mondania.

#### **4.2. Szituációk megjelenítése**

Ha rendelkezésre állnak az összetartozó alapszituációk és időjárási szituációk, akkor gondoskodni kell azok grafikus megjelenítéséről, mivel a megkérdezett szakemberek várhatóan ilyen módon tudják a legkönnyebben értelmezni azokat. A megjelenítéssel kapcsolatban az egyik legfontosabb szempont, hogy a megjelenített kép a lehető legjobban hasonlítson arra, amivel a légiforgalmi irányítók a munkájuk során is találkoznak.

A budapesti ANS<sup>3</sup> központban dolgozó légiforgalmi irányítók külön monitoron látják a forgalmat leíró radaradatokat és az időjárásra vonatkozó adatokat. Ennek megfelelően a felmérés végrehajtása során is célszerű egy-egy külön képen bemutatni a megkérdezettnek az alapszituációt és az időjárási szituációt. Ezáltal azért válik egyszerűbbé a felmérés végrehajtása, mert nincs szükség olyan eszközre, amely egyaránt lehetővé teszi radaradatokat és időjárási adatok megjelenítését, ebből pedig az következik, hogy a radaradatokat megjeleníthetjük akár olyan eszközzel is, amelyet a megkérdezettek is ismernek (ilyen lehet például a HungaroControl által fejlesztett és használt LanRadar alkalmazás). Mindez azonban csak az alapszituációk megjelenítését könnyíti meg, az időjárási adatok megjelenítésére ettől függetlenül ki kell dolgozni valamilyen módszert.

Mivel a zivatargócok tulajdonképpen háromdimenziós légtértartományokként értelmezhetőek, ezért a megjelenítésük során egyaránt foglalkozni kell a földrajzi alapterületük és a magassági kiterjedésük megjelenítésével. A földrajzi alapterület megjelenítése esetében a kézenfekvő módszer az, hogy a légtér vagy egy-egy földrajzi szektor határainak megjelenítését követően azokon belül (illetve egy meghatározott tartományban azokon kívül is) megjelenítjük a zivatargócok alapterületének határait szimbolizáló síkidomokat. Ha a zivatargócok geometriai tulajdonságai mellett azok intenzitását is megjelenítjük, akkor a szóban forgó síkidomok belsejében további kisebb alakzatokat is meg kell jeleníteni, amelyek egy-egy azonos intenzitású tartományt szimbolizálnak. Az ilyen tartományokat érdemes különböző színekkel ábrázolni, a színek megválasztásakor pedig – szem előtt tartva a már említett törekvést a gyakorlatban hasz-

---

<sup>3</sup> Air Navigation Service, Légiforgalmi Szolgáltató

nálthoz hasonlító megjelenítésre – célszerű az OMSZ által szolgáltatott zivatarterképek színeire alkalmazkodni, azaz késsel és zölddel jelölni az alacsony intenzitású tartományokat, sárgával és pirossal pedig a magas intenzitásúakat.

Figyelembe véve, hogy az időjárási helyzetről a légiforgalmi irányítóknak a gyakorlatban is csak kétdimenziós kép áll rendelkezésre, a felmérés során sem fontos, hogy a magassági kiterjedések szemléltetése érdekében három dimenziót megjelenítő képeket használjunk. Ehelyett elég az ábrázolt földrajzi tartomány mellett megjelenített szám segítségével feltüntetni a zivatargóc által érintett légtértartomány felső határát.

### 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A légiforgalmi irányítók körében korábban végzett felmérés alapján a légtérben uralkodó időjárási körülmények – elsősorban a zivatartevékenység – jelentik az egyik legfontosabb befolyásoló tényezőt az irányítók munkaterhelésére nézve. Ennek megfelelően elengedhetetlen, hogy ezek hatását figyelembe vegyük, ha olyan döntéstámogató eszközt kívánunk fejleszteni, amely a légiforgalom és a légtér várható állapota alapján képes becslést adni a várható munkaterhelésre. A zivatartevékenységnek valamilyen automatizált eszköz bemeneti adataként történő figyelembe vételéhez azonban fontos, hogy a légtérben megfigyelhető zivatartevékenységet le tudjuk írni a munkaterheléssel összefüggést mutató számszerű paraméterekkel.

A zivatartevékenységet leíró különböző paraméterek fontosságát a munkaterhelés szempontjából célszerű aktív légiforgalmi irányítási szakemberek szubjektív véleményére alapozni, aminek megismeréséhez a megfelelő szempontok figyelembe vételével felmérést kell végrehajtani. A felmérés elvégzéséhez többek között ki kell választani az abba bevont légiforgalmi alapszituációkat, meg kell tervezni a különféle időjárási szituációkat generáló algoritmusokat és ezek segítségével létre kell hozni azokat. Ki kell választani továbbá a megkérdezett szakemberek halmazát úgy, hogy minimálisra csökkentsük a szubjektív véleményekből eredő megbízhatatlanságot. Mivel az algoritmusok egy része már rendelkezésre áll, a következő lépés ezek működésének elemzése, valamint az időjárási szituációk tényleges létrehozása. A szituációk rendelkezésre állását követően el kell végezni a tényleges felmérést, majd annak eredményei alapján neurális hálós logika használatával kiválasztani a zivatartevékenységet leíró tényezők közül a legfontosabbakat. Az így előállított tényezők segítségével ezután lehetségessé válik az irányító munkaterhelés automatizált becslése úgy, hogy abban az időjárási tényezők is szerepet játszanak.

### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetet mondanak a HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt.-nek a szakmai munka támogatásáért.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] RODGERS, M.D., MOGFORD, R.H., MOGFORD, L.S.: The relationship of sector characteristics to operational errors. FAA Aviation Medicine Report, 98/14., 1998
- [2] SZÁMEL BENCE, DR. SZABÓ GÉZA: Optimális ATC szektorkonfiguráció komplexitás alapú becslését végző döntéstámogató eszköz fejlesztése. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2015/3, pp. 51–64., 2015

- [3] SZÁMEL BENCE, DR. SZABÓ GÉZA: Towards safer air traffic: Optimizing ATC controller workload by simulation with reduced set of parameters. Nowakowski et al. (szerk.), Safety and Reliability: Methodology and Applications: (ESREL2014.), CRC Press, 2014. pp. 979-987.
- [4] STEIERLEIN ÁKOS, KARDOS PÉTER: A leszállási előrejelzés verifikációja. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2015/2, pp. 70–89., 2015
- [5] AHLSTROM, U.: Work domain analysis for air traffic controller weather displays. Journal of Safety Research, 36, pp. 159-169., 2005
- [6] SZÁMEL BENCE, DR. SZABÓ GÉZA: Az időjárás körülmények figyelembe vétele a légiforgalmi szektor kapacitás irányítói munkaterhelés alapú számítása során, Innováció és fenntartható felszíni közlekedés, IFFK 2015, Budapest, pp. 27-33., 2015
- [7] GIANAZZA, D., GUITTET, K.: Evaluation of air traffic complexity metrics using neural networks and sector status, 2nd International Conference on Research in Air Transportation, 2006
- [8] Országos Meteorológiai Szolgálat, archív adatok (<http://www.met.hu/>)

### **SURVEYING THE EFFECT OF WEATHER PHENOMENA ON AIR TRAFFIC CONTROLLER WORKLOAD**

*When using mathematical methods for the determination of air traffic controller workload based on the different characteristics (complexity) of air traffic situations, it is important to consider the weather phenomena (especially thunderstorm) present in the airspace. Various numerical parameters can be used to describe the effect of thunderstorm on controller workload but it is unclear which of these has the highest impact. One possible method to find this out would be analysing the correspondence between the parameter values of different weather situations and the related increase in workload based on the opinions of experts. In this paper we present a method to prepare a survey among air traffic control experts aimed at unraveling the above mentioned correspondence, focusing primarily on the design and graphical visualization of weather situations.*

**Keywords:** Air Traffic Control, Workload, Weather, Thunderstorm, Decision Support, Neural Network

SZÁMEL Bence Domonkos (MSc)  
PhD hallgató  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar  
Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

szamel.bence@mail.bme.hu  
orcid.org/0000-0002-2844-184X

Dr. SZABÓ Géza, PhD  
egyetemi docens  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar  
Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

szabo.geza@mail.bme.hu  
orcid.org/0000-0002-5956-0868

SZÁMEL Bence Domonkos (MSc)  
PhD student  
Budapest University of Technology and Economics  
Faculty of Transportation Engineering and Vehicle  
Engineering Department of Control for Transportation  
and Vehicle Systems

szamel.bence@mail.bme.hu  
orcid.org/0000-0002-2844-184X

Dr. SZABÓ Géza, PhD  
Associate Professor  
Budapest University of Technology and Economics  
Faculty of Transportation Engineering and Vehicle  
Engineering Department of Control for Transportation  
and Vehicle Systems

szabo.geza@mail.bme.hu  
orcid.org/0000-0002-5956-0868



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-12-0326\\_Szamel\\_Bence-Szabo\\_Geza.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-12-0326_Szamel_Bence-Szabo_Geza.pdf)





Vas Tímea

## MAGYAR KATONAI LÉGIFORGALMI IRÁNYÍTÓK HADMŰVELETI REPÜLŐTEREKEN SZERZETT TAPASZTALATAI

*A magyar katonai légiforgalmi irányítók már a 2000-es évek elejétől, rövidebb hosszabb időszakokon keresztül teljesítettek és teljesítenek szolgálatot hadművelleti területek repülőterein. Kezdetben, még a délszláv háború idején, a koszovói Pristina repülőterének forgalmát is irányították magyar katonák, napjainkban elsősorban az afganisztáni hadszíntér repülőterein irányítják a polgári és katonai légijárművek repüléseit. A légiforgalmi irányítók tapasztalatait egy kérdőív segítségével kerültek összegyűjtésre, amely alapján a cikkben néhány a repülőtéri irányítás szempontjából fontos tématerület került feldolgozásra.*

**Kulcsszavak:** repülőtér, eljárások, képzés, légiforgalom, események,

A tapasztalatok feldolgozás eredményeinek bemutatása előtt célszerű ismertetni azt a folyamatot, ami lehetővé tette, hogy magyar katonai légiforgalmi irányítók, szakbeosztásokban teljesíthessenek szolgálatot a nevezett repülőtereken. Magyarország NATO<sup>1</sup> katonai szövetségben vállalt kötelezettségei okán elengedhetlenné vált a Magyar Honvédség légiforgalom szervezésének korszerűsítése is. Az ehhez kapcsolódó feladatokat a Honvédelmi Miniszter 40/2004 (HK10) utasításában [1] határozta meg, és egyben a megvalósítás érdekében létrehozta a 2006-ban újtárra induló MANS<sup>2</sup> programot. A program egyik fő célkitűzése a Magyar Honvédség légiforgalom szervezéssel kapcsolatos szövetségi felajánlásainak kialakítása is, összhangban a NATO ATMC<sup>3</sup> által kiadott „Principles of NATO Deployable Air Traffic Management Component” [2] dokumentummal, amellyel összhangban rövidesen megkezdődtek a speciális légiforgalmi szakszemélyzetek képzésének kidolgozása és végrehajtása [2]. A szövetség, tudván, hogy egy repülőtér üzemeltetése egyetlen nemzet számára igen megerőltető feladat, a nemzeteket együttműködésre ösztönözte, nevezetesen, egy jól szervezett és előre megtervezett eljárásrend alapján működő repülőtér és hozzá tartozó léginavigációs szolgálatok biztosítására a polgári és katonai vegyes légiforgalom kiszolgálásához, ami mindemellett a NATO műveletek, köztük az NRF<sup>4</sup>, támogatásához is hozzájárul.

A Tanács<sup>5</sup> 2006-ban pozitívan értékelte a NATMC azon szándékát, hogy meghatározza a DATM képességek módozatainak végrehajtását, mely elsősorban a nemzetek felajánlásán és erőforrásain alapul. A kidolgozó feladatok elvégzésére, létrehozta a NDATMSG<sup>6</sup>-t, [3] mely munkája során együttműködve a NMA<sup>7</sup>-kkel figyelembe vette, hogy a DATM feladatok végrehajtása, hogyan illeszkedik a nemzetek hosszú távú haderőtervezéséhez, és melyek azok a minimális követelmények, melyek elengedhetetlenül szükségesek a NATO ambíciószint eléréséhez, valamint az NRF létrehozásához.

1 NATO: NorthAtlanticTreaty – Észak Atlanti Szövetség

2 MANS: Military Air Navigation Services

3 NATO ATMC: NATO Air Traffic Management Committee

4 NRF: Nato Response Forces

5 Tanács: North Atlantic Council

6 NDATMSG: NATO Deployable Air Traffic Management Steering Group

7 NMA: Nato Military Authorities

A NATO Katonai Bizottsága<sup>8</sup> 2007-ben javaslatokat fogalmazott meg a DATM megvalósításának módozataira, újra kiemelve a DATM szerepének jelentőségét a további NRF képességek kiszolgáláshoz. A Katonai Bizottság továbbá ösztönözte, egy a SHAPE<sup>9</sup>-n belüli önálló csoport létrehozását, ami kizárólag a DATM területtel foglalkozik (DATM CELL). A DATM követelményeinek meghatározását az egyes elemek szintjén kellett elvégezni, melyek a következők:

- létrehozás;
- rendelkezésre állás;
- kiképzés;
- szabványosítás;
- kockázatok beazonosítása

A tervezési munka során igyekeztek meghatározni az egyes elemek megvalósításnak erősségeit és gyenge pontjait, beazonosítani azokat a részterületeket, ahol lépéseket kell tenni a DATM képesség megvalósításához. A jelenlegi rendszer legsérülékenyebb pontja az ATM képesség helyszínre történő kijuttatása, mert a résztvevő nemzetek közül csak a nagyobb NATO tagállamok rendelkeznek megfelelő szállító kapacitással. Figyelembe véve ezeket a nehézségeket a javaslatokat fogalmazták meg, a DTAM képességek felosztásra. Ennek eredményeképpen 14 kisebb kiszolgáló csoport jött létre, melyek az eszközeiket az elvégzett feladat után, a területen hagyják, a befogadó nemzet javára. A tervezés során igyekeztek ösztönözni a kisebb NATO nemzeteket, hogy fejlesszék szállítókapacitásukat ezzel járuljanak hozzá a DATM képesség mobilitásához. Minden egyes kiszolgáló csoportnak rendelkeznie megfelelő mennyiségű eszközzel, kiképzett személyzettel és parancsnokkal, melyek 28 napos készenlélet képesek fenntartani. A kezdeti ambíciószint teljesítéséhez, legyenek képesek egy teljesen előkészítetlen területen, a befogadó nemzet támogatása nélkül repülőteret üzemeltetni 1 évig, melyet ezután a NATO erőkből létrehozott csoportok, modulok váltanak fel. Ezt a fázist, NATO „Deployable Airbase Activation Modul”-ként (továbbiakban: DAAM) [5] definiálták.

A DATM koncepció vezető-nemzeti feladatait 2012-ben Olaszország önkéntesen vállalta. Az erők összevonásának és szétosztásának elvén alapuló „NATO SMART DEFENCE”<sup>10</sup> kezdeményezés a több nemzeti együttműködésén alapuló képességek sorába a DAAM projektet is felvette. Továbbiakban leszögezték, hogy a DAAM képesség nem csupán ATM központúak, meg kell jeleníteni emellett az erők védelmére szolgáló FORCE PROTECTION, valamint fizikai megvalósítást elősegítő LOGISTICS területeket is.

Mindez felülírta a DATM koncepció 5 részterületét biztosító kiszolgáló csoportok feladatrendszerét, a DAAM koncepcióban 12–14 modullal azonosítják be azokat a szolgáltatásokat, melyek a repülőter működtetéséhez szükségesek.

A NATMC 2014-ben konzultációra hívta össze a tagállamokat, hogy felülvizsgálják a DATM CONOPS<sup>11</sup> [6] tervezetét, mely részét képezi a SHAPE által kiadott *részletes megvalósítási*

---

<sup>8</sup> MC: Military Committee

<sup>9</sup> SHAPE: Supreme Headquarters Allied Powers Europe)

<sup>10</sup> [http://www.nato.int/nato\\_static\\_fl2014/assets/pdf/pdf\\_2014\\_06/20140602\\_140602-Media-Backgrounder\\_Multinational-Projects\\_en.pdf](http://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/pdf_2014_06/20140602_140602-Media-Backgrounder_Multinational-Projects_en.pdf)

<sup>11</sup> CONOPS: Concept of Operation

tervnek<sup>12</sup>, amit néhány nemzet már kiegészítésekkel látott el. Mindezzel egy időben, az elvégzett munka tesztelése, a kidolgozott CONOPS validálása, hibák feltárása érdekében törzsvezetési gyakorlatot szervezett „TRIDENT JUNCTURE 2015” néven. A gyakorlat célja, hogy meghatározzák a DATM kezdeti működési képességét. A fogalomrendszer ismét pontosításra került, a továbbiakban NDAM<sup>13</sup> néven találkozhatunk az eddigi DATM koncepcióban definiált repülőterrel. Valamint ezen belül pontosításra került, hogy mely kiszolgáltató csoportok dolgoznak együtt egy-egy képességmodul megvalósításában.

Capability module	Service Team
Crash Fire and Rescue	Crash Fire and Rescue
Engineering/Runway Operations	Aerodrome Surfaces (runways, taxiways and aprons). Support and Maintenance Service (including reconstruction)
	Runway Lighting and Approach Lighting systems
	Ground Electrical Support (full power generation)
	Aircraft Arresting Systems
	Snow and Ice removal, de-icing and anti-Foreign Object Damage(FOD) operations
	Ground Handling/Cross-servicing
Wing Operations	Aerodrome Operations
	Aeronautical Information Services
	Flight Safety
	Meteorological Service
Air Traffic Control	ATC aerodrome control; procedural approach and radar approach and precision services
	Navigation Aids
	Communication Services

1. táblázat DATM képességmodulok[5]

Jelen cikkben, a képességmodulok (1. táblázat) közül az ATC és azon belül a repülőtéri irányítás, az eljárással illetve radarral történő bevezető irányítás, valamint a precíziós bevezetés kerül felülvizsgálatra, a magyar katonai légiforgalmi irányítók tapasztalatainak begyűjtésére szolgáló kérdőív alapján.

Az összehasonlítást a következő szempontok alapján kerül bemutatásra:

1. a katonai légiforgalmi irányítók szakképzettsége, megfelel-e a NATO 7204 [7]-ben felsorolt szabványok elvárásainak;
2. a feladatra történő felkészítés milyen formában történt, megfelelt e valóságos körülményeknek;
3. milyen repülőtereken szolgáltak és azok illeszkednek-e a CONOPS gyakorlatban megjelölt repülőter fajtáknak;
4. miben tapasztaltak nehézséget a munkájuk során.

<sup>12</sup> DIP: Detailed Implementation Plan

<sup>13</sup> NDAB: NATO Deployable Airbase

## SZABVÁNYOKNAK VALÓ MEGFELELÉS [7]

A magyar légiforgalmi irányító szakszemélyzettel szembeni elvárás a NATO STANAG 7204 (továbbiakban STANAG) alapján, hogy szakszolgálati engedélyük megfeleljen az ICAO ANNEX 1[8] szabványainak és ajánlott gyakorlatának. Ismerjék az ICAO ANNEX 2-ben foglalt repülési szabályokat és azok alapján biztosítsanak a légiforgalmi légtér osztályoknak megfelelő légiforgalmi szolgálatot, mely az ANNEX 11 szabványai alapján alkalmazzanak, valamint a DOC 4444 ATM eljárásait betartva biztosítsák a légiforgalom szervezést, annak gyors és rendszeres áramlását.

A STANAG célja, hogy definiálja azokat a minimum követelményeket, mely a szakszemélyzetet felhatalmazzák, hogy légiforgalmi szolgálatot lássanak el, valamint a műszaki és technikai szakszemélyzeteket, hogy betartsák a biztonsághoz szorosan kapcsoló feladataikat, a NATO műveletekben történő részvételkor, mindezzel hozzájáruljanak a repülésbiztonság növeléséhez. További cél, hogy összhangba hozza a szaktudás és kompetenciák területén elvárható minimum követelményeket azon személyzettel szemben, akik ATM területen kiemelt felelősséggel bíró feladatokat látnak el, valamint az ICAO SARPS<sup>14</sup>-oknak megfelelő nemzeti eljárásokkal dolgoznak. Megfogalmazták emellett, hogy a már említett követelményeket kiterjesszék az ATM rendszer minden területére, ezzel lehetőséget biztosítsanak a jól képzett ATM szakszemélyzet alkalmazására a NATO műveletekben. Fontos meggyőződni arról is, hogy a szakszolgálati engedélyek mellett a szakszemélyzet képzése, felkészítése is hasonló módon történik.

A résztvevő nemzetek egyetértettek abban, hogy:

- ➔ szakszolgálati engedélyek feleljenek meg az ICAO ANNEX 1 szabványainak;
- ➔ az elvárt kompetenciák, azt jelentik, hogy a szakszemélyzet birtokában van annak a szakismeretnek, jártasságnak, tapasztalatnak és szakmai angoltudásnak, ami lehetővé teszi a biztonságos és hatékony ATM működést;
- ➔ továbbá kijelentik, hogy az EU ATC szakszolgálati engedély ügy tekintendő, amely megfelel a fenti STANAG elvárásainak;

Az alábbi táblázatban összehasonlításra kerül a szakszolgálati engedélyek jogosításai:

ICAO ANNEX 1	16/1998 ( X.28) HM- EüM rendelet
Repülőtéri irányítás látással	Repülőtéri irányító
Repülőtéri irányítása műszerrel	
Bevezető irányítás eljárással	
Bevezető irányítás radarral	Bevezető irányító
Precíziós radar bevezetés	
Körzeti irányítás eljárással	
Körzeti irányítás radarral	Körzeti irányító

<sup>14</sup> SARPS: Standards and Recommended Practices

Nyelvi követelményeknek történő megfelelés elvárja, hogy a szakszemélyzetek képesek legyenek folyékonyan beszélni és megérteni az angol nyelvet az ICAO ANNEX 1-ben 4-es szintnek megfelelően.

ICAO ANNEX 1	16/1998 (X.28) HM-EüM rendelet
4 szint: kiejtés, mondatszerkezet, szókincs, folyékony beszéd, szövegértés, interakció tekintetében jól használható tudással rendelkeznek.	középfokú angol nyelvvizsgát tett valamint az angol nyelvű rádió-távbeszélő kifejezésekből (fónia) sikeres vizsgát tett.

Annak ellenére, hogy a jelenleg még érvényben lévő hazai jogszabályok a jogosítás tekintetében nem követik maradéktalanul az ANNEX 1 szabványait, azonban kijelenthető a nemzetközi illetve európai szabványoknak való megfelelés irányába indult el a jogszabályalkotás. A nyelvi követelményeknek való megfelelés szintügy, hiszen annak ellenére, hogy az hatályos szakszolgálati engedély rendelet nem rendelkezik az ICAO 4 szintű nyelvismeret bizonyításáról, de a légiforgalmi irányítók elkezdtek megszerezni a követelményszintet igazoló vizsgát. A kérdőívben megkérdezett légiforgalmi irányítók 10%-a rendelkezik ICAO 4 szintű vizsgával, de szükséges megjegyezni, hogy azon személyekről van szó, akik életkoruk és tapasztalatuk alapján már pályázhattak a beosztás betöltésére, és voltak olyanok is, akik már nem aktív légiforgalmi irányítóként dolgoznak.

### JÁRTASSÁGFENNTARTÁS-FELKÉSZÍTÉS

A légiforgalmi irányítók jártasságának fenntartása érdekében, fontos, hogy egy meghatározott időperióduson belül adott irányított óraszámmal rendelkezzenek. Habár a STANAG nem határozza meg számszerűen mennyi a minimális követelmény, úgy fogalmaz „a jártasságfenntartáshoz szükséges” mértékben rendelkezzenek irányított órával. Továbbá rendeljék magukat alá a munkájuk folyamatos értékelésének, illetve rendszeres időközönként vegyenek részt kényszerhelyzeti felfrissítő képzésben. Mindez elősegíti, hogy az aktív munkától való távolmaradás után is képesek legyenek az elvárható kompetenciáknak megfelelni.

A jelenleg érvényben lévő hazai jogszabály [12] szerint az állományilletékes parancsnoknak igazolnia kell, hogy „a megelőző 24 hónap során hat hónapnál hosszabb folyamatos munkamegszakítása nem volt”. Az utóbbi időben a légiforgalmi irányítóink, rendszeres részt vesznek 1 hetes kényszerhelyzeti szimulációkban 3 D torony szimulátoron, valamint éves szinten kétszer kéthetes időszak rendelkezésre áll, hogy jártasságukat radar szimulátoros gyakorlatokkal fenntartsák.

A kérdőíves kutatás a kitért arra, hogy az irányítók a műveleti repülőtéren betöltött beosztást megelőzően részt vettek-e célirányos felkészítésen, mennyire tükrözte az a valós körülményeket, elegendőnek találták –e vagy sem, a helyszínen tartottak e számukra képzést illetve mennyi idő állt rendelkezésre a helyi jogosítás megszerzéséhez.

Az első kérésre miszerint részt vettek e célirányos felkészítésben többnyire igenlő választ adtak, ennek időtartama 2 és 6 hét között változott, helyszíne a ZMNE, illetve Pápa repülőtér volt. Többségében úgy találták, hogy a felkészítés ismeretanyaga és szimulációi közepes mértékben elegendőek voltak a beosztás ellátásához. A szakbeosztás előtt a 2000-es évek közepe táján egy

hathónapos időszak alatt teljesített 100–150 irányított órával felvértezve vágta bele a feladatba, ami napjainkra 60 órára csökkent és természetesen helyi repülőterek viszonylatában változó. A helyi jogosítás megszerzéséhez, rendelkezésre álló idő kb. 1 és 3 hét között változott, ami lehetőséget biztosít arra, hogy az oktató felmérje az irányító alkalmasságát, tudását, tapasztalatát a szakbeosztás betöltésére. Szüksége megjegyezni, hogy a műveleti repülőterek forgalma az említett időszakban havi szinten 2500–45 000-es műveletszám között mozgott, ami a hazai körülményeknek a legforgalmasabb időszaknak is többszörösét tették ki.

## REPÜLŐTEREK

Az elemzés következő fázisában összehasonlításra kerülnek a CONOPS részletes végrehajtási tervében megjelenített repülőtér típusoknak. A megválaszolt kérdőívek azoktól az irányítóktól érkeztek vissza, akik 2004–2016 közötti 12 év alatt az afganisztáni Kabul, Mazar-al Shariff illetve Kunduz repülőterén teljesített szolgálatot, általában 6 hónapos időszakok alatt. A begyűjtött adatokat a jelenleg érvényes AIP publikált légiforgalmi információival és adatival egészítve teljesebb képet kaphatunk.

A DATM (NDAB) koncepció tervet alapján a következő reprezentatív repülőtér modelleket (2. táblázat) jelenítették meg:

Model A	Model B	Model C
VFR repülések, csak nappal NAVAID nincs IFR csak katonai forgalom	VFR repülések nappal/éjszaka NAVAID IFR eljárás irányítás mellett Csak katonai forgalom	IFR/VFR nappal/éjszaka NAVAID Radar szolgáltatás biztosított Katonai és polgári forgalom
Korlátozott műszaki és futópálya műveletekkel kapcsolatos képességek	Műszaki és futópálya műveletek elérhetőek	Teljes műszaki és futópálya műveletek elérhetőek
Tűzoltó, mentő, baleseti szolgálatok	Tűzoltó, mentő, baleseti szolgálatok	Tűzoltó, mentő, baleseti szolgálatok
Korlátozott műveleti parancsnokság	Műveleti parancsnokság biztosított	Műveleti parancsnokság biztosított

2. táblázat DATM repülőtér modellek

A fenti táblázat sajátosságai egyezést mutatnak azokkal a repülőterekkel, melyek az előbb említésre kerültek.

Elsőként **KUNDUZ** (OAUZ) repülőtér, ami azonosságot mutat az „**A**”modellben említett példával. A kérdőív és az AIP adatai is alátámasztják, hogy napkelte és napnyugat között, csak VFR forgalom fogadására szolgál. A repülőtér AFIS szolgálata, G osztályú légtérnek megfelelően légiforgalmi tanácsadást és repülés tájékoztatást, valamint időjárás tájékoztatást biztosít a körzetben repülő légijárművek részére. A repülőterén korlátozottan elérhető a tűzoltó-mentő szolgálat, egyéb futópálya műveleteket biztosító szolgálatok. A repülőtér térképei nem állnak rendelkezésre, csak egy sematikus ábra a futópálya és gurulóút elhelyezkedését illetően. Korlátozások tekintetében érdemes megemlíteni, hogy sugárhajtóművel felszerelt légijárművek nem vehetik igénybe a repülőtérteret. A kérdőív adatai alapján a helyi eljárások megismerése nem okozott nehézséget, a forgalom jellege és mennyisége nagyrészt forgószárnyas VFR, SVFR szabályok szerint üzemel.

A „B” modellben leírt repülőter az afganisztáni **Mazar al Shariff** (OAMS) jellemzőivel bír. A kérdőív és az AIP alátámasztja, hogy légiforgalmi irányító szolgálat működik a repülőter D és E osztályú légtereiben, IFR és VFR forgalom, nappal és éjjel egyaránt lehetséges. A repülőter IFR forgalma radar nélkül, eljárás irányítás alapján kezelik, de a műszerezettség tekintetében ILS, VOR, rendelkezésre áll a biztonságos megközelítések végrehajtására. Az egyetlen eltérés fenti példától abban áll, hogy nemcsak katonai, de civil forgalom is igénybe veheti a repülőteret, előzetes bejelentés alapján. A repülőter műveleti parancsnoksággal, 9 illetve 10-es kategóriájú tűzoltó mentő szolgálattal rendelkezik, ami következtetni enged a repülőteret igénybe vevő légijárművek méretére. A kérdőív adatai szerint a teljes forgalom kb. 30%-át „heavy” turbulencia kategóriája teszi ki. A forgalom többsége itt is forgószárnyas, nemcsak a repülőteret igénybe vevő, de a körzetet átrepülő légijárművek mennyiségében is jelentős. A repülőter egyik érdekessége, hogy pilóta nélküli légijárművek is igénybe veszik, azok megfelelő elkülönítéséért szintén a légiforgalmi irányító szolgálat felelős.

Végezetül a „C” model mutat egyezést **KABUL** (OAKB) sajátosságaival. A repülőtéren légiforgalmi irányító szolgálat felelős az elkülönítésekért a D osztályú légtér feltételei alapján az IFR, VFR és SVFR forgalom számára. A repülőtéren ASR biztosítja a radarszolgáltatást, valamint a műszerezettség lehetővé teszi az ILS és VOR eljárások lerepülését. Mivel ma már a repülőter státusza civil/katonai, ezért minden olyan szolgálat, amely egy nemzetközi repülőtéren biztosított, itt is megtalálható.

### NEHÉZSÉGEK, MEGJEGYZÉSEK

Az adatgyűjtés során szerettem volna rávilágítani, vajon mi jelentett nehézséget, szakmai illetve személyes kihívást az érintett légiforgalmi irányítók számára. A szakmai okok között említést érdemel a kényszerhelyzetek, rendkívüli helyzetek jellege és kezelése. Minden megkérdezett rendelkezett tapasztalatokkal különböző súlyosságú események kezelésében, melyet hazai környezetben a saját repülőtéren, és nem kizárólag szimulációs környezetben, hanem éles helyzetben is találkozott. Általánosságban tehát elmondható, hogy több- kevesebb rutinnal rendelkeztek. A kényszerhelyzetek kiváltó okai a 12 éves időszak első felében arányait tekintve inkább a légijárművek nem megfelelő műszaki állapotának volt köszönhető, mint kommunikációs nehézségeknek félreértéseknek. Ez az arány a jelen időszakra visszajára fordult, mivel a beszámolók említik a kommunikációs nehézségeket, félreértéseket, leginkább a helyi, kiképzés alatt álló afgán személyzet részéről, de emellett természetesen előfordultak eljárási hibák és egyéb események is.

A személyes kihívásokat tekintve, annak ellenére, hogy egy igen színes, többnemzetiségű környezetben dolgoztak, nem jelentettek problémát a megkérdezetteknek. Fontos megemlíteni, hogy a többség a szakmai felkészülés mellett figyelmet fordított a mentális és fizikai felkészülésére a sikeres feladat végrehajtás érdekében.

Az irányítók tapasztalatai hozzájárulhatnak az alapképzés, a továbbképzés és célfelkészítése rendszerének és tematikájának naprakészen tartásához. A megkérdezettek többsége, emellett igényt fogalmazott meg a rendszeres, tervszerű szakmai és nyelvi felfrissítő és továbbképző tanfolyamok lebonyolítására a képesség és jártasságfenntartás érdekében, valamint, hogy az érintettek motivációját fenntartsák egy hasonló felkészítés vagy éppen kijelölés esetén.



### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 40/2004 HM utasítás: A Magyar Honvédség légiforgalomszervezésének korszerűsítéséről;
- [2] Dr. Palik Mátyás, Vajda András: polgári-katonai együttműködés a légiforgalmi szakszemélyzetek képzésében, Repüléstudományi Közlemények különszám, 2008. április 11, [http://www.repulestudomany.hu/kulon-szamok/2008\\_cikkek/Vajda\\_Andras\\_Palik\\_Matyas.pdf](http://www.repulestudomany.hu/kulon-szamok/2008_cikkek/Vajda_Andras_Palik_Matyas.pdf)
- [3] Implementation of NATO DATM Capabilities AC/92-(DATMSG)-WP (2007) 001 REV5 NATO Unclassified;
- [4] Smart Defence Proposal – Pooling of DAAM Resources AC/92-N(2012)0018, NATO Unclassified;
- [5] Air Traffic Management Committee (ATMC)-Smart Defence Initiatives Under the ATMC-DAAM CONCEPT-AC/92-N2012-0009, NATO unclassified;
- [6] Deployable Air Traffic Management (DATM) Draft Concept of Operation AC/92-N(2015)0005;
- [7] STANAG 7210 ATMC (Edition 1)- Guidance in the Selection of STANAGs for Deployed Air Operations Services; NS0/ 0337(2015)ATMC/7210;
- [8] STANAG 7204 NATO Minimum Requirements for Personnel Providing Air Traffic Services (ATS) in NATO Lead Operations;
- [9] ICAO ANNEX 1-Personnel Licencing; [http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/saglik\\_birimi/mevzuat/ICAO\\_Annex%201-ed11.pdf](http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/saglik_birimi/mevzuat/ICAO_Annex%201-ed11.pdf), (2016.04.11.)
- [10] Kérdőívek: „Szempontok adatgyűjtéshez” Címmel (Szerk.: Vas Tímea)
- [11] AIP Aeronautical Information Publication Republic OF Afghanistan ED 77 PART3 (2016.03.20.)
- [12] 16/1998 (X.28) HM EüM rendelete; [http://njt.hu/cgi\\_bin/njt\\_doc.cgi?docid=34284.54147](http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=34284.54147)

---

### **THE GAINED EXPERIENCE OF HUNGARIAN MILITARY AIR TRAFFIC CONTROLLERS FROM AERODROMES IN AREA OF OPERATIONS**

*The Hungarian military air traffic controllers have been serving at aerodrome in the area of operations during long and short term period since the early 2000s. At the beginning, meanwhile the Balkan wars, at Pristina airport, Kosovo was controlled by ATCs including Hungarian soldiers. Nowadays they are serving especially in the aerodromes of Afghanistan, where they should manage also the civilian and military air traffic. The gained experiences were collected according to a questionnaire, which is based on some important issues of aerodrome controlling procedures.*

**Keywords:** aerodrome, procedure, training, air traffic, incidents

---

VAS Tímea (MSc)  
tanársegéd  
Nemzeti Közszoigálati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Repülésirányító és repülő-hajózó tanszék  
[vas.timea@uni-nke.hu](mailto:vas.timea@uni-nke.hu)  
[orcid.org/0000-0002-0082-0370](https://orcid.org/0000-0002-0082-0370)

VAS Tímea (MSc)  
Assistant professor  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department Airspace Control and Pilot Training  
[vas.timea@uni-nke.hu](mailto:vas.timea@uni-nke.hu)  
[orcid.org/0000-0002-0082-0370](https://orcid.org/0000-0002-0082-0370)

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-13-0339\\_Vas\\_Timea.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-13-0339_Vas_Timea.pdf)

Gajdos Máté, Fekete Csaba Zoltán

## RUGALMAS LÉGTÉRFELHASZNÁLÁS ÚJ DIMENZIÓBAN: A LARA

*A tanulmány összefoglalja a légtér felhasználás alapjait, az érintett felhasználók kihívásait, problémáit, a rugalmas légtér felhasználás alapelveit, továbbá az állami, valamint a polgári fél, légtér gazdálkodással szemben támasztott igényeit. A szerzők bemutatják az Egységes Európai Égbolt ATM Kutatás keretében megvalósult Helyi és szub-regionális légtér kezelő rendszert, elemzik annak szerepét a rugalmas állami-polgári légtér felhasználásban.*

**Kulcsszavak:** SES, SESAR, FUA, LARA, civil-katonai kapcsolatok, légiforgalom szervezés

### BEVEZETÉS

Az Európai Unió és az EUROCONTROL légiforgalmi kutatásai szerint a 2020-as évre a légi forgalom megkétszereződését várhatjuk a 2004-es évhez képest.<sup>1</sup> A SESAR-t<sup>2</sup> az említett folyamat okozataként indította el az Európai Közösség. Ennek a forgalomnövekedésnek a légi forgalom szervezésének több területén is van lecsapódása. Ezek a problémák, arról a tőről fakadnak, hogy a légiforgalom szervezésének alapelveit és szabályait egy olyan korban határozták meg a jogszabályalkotók, amikor még a jelenlegi légiforgalom tizedével kellett a rendszernek, mint egésznek megbirkóznia.

Milyen rendszerről is beszélünk? Olyan struktúra ez, melynek felépülését csak időszoron lehet vizsgálni. Nem egyszerre jött létre minden építő köve (légtér gazdálkodás, elkülönítések, meteorológiai biztosítás, szabályozott karbantartás és javítás), hanem fokozatosan kialakult és közben újabbnál újabb megoldásokkal, szabályokkal bővült, melyeket – ahogyan már-már közhelesen szokás mondani – vérrel írtak.

Amikor 2007-ben a fent említett döntés alapján az Egységes Európai Égbolt elképzeléséhez már szervezet is párosult, egyértelművé vált minden résztvevő (léginavigációs szolgáltatók, légi utasok, európai polgárok, repülőtér üzemeltetők, légtér felhasználók, jogszabályalkotók és adminisztrációs szervek, tudományos közösség és beszállítók) számára, hogy nem elegendő a jelenlegi vázra tovább építeni a testet. Egy teljesen új alapra van szükség, ahhoz, hogy ezzel a hatalmas terheléssel (légi forgalommal) hatékonyan üzemeljen a rendszer. Az új bázisstruktúra kidolgozása során is több területen kell a kihívásokra választ találni. Az egyik ilyen terület a légtér gazdálkodás.

---

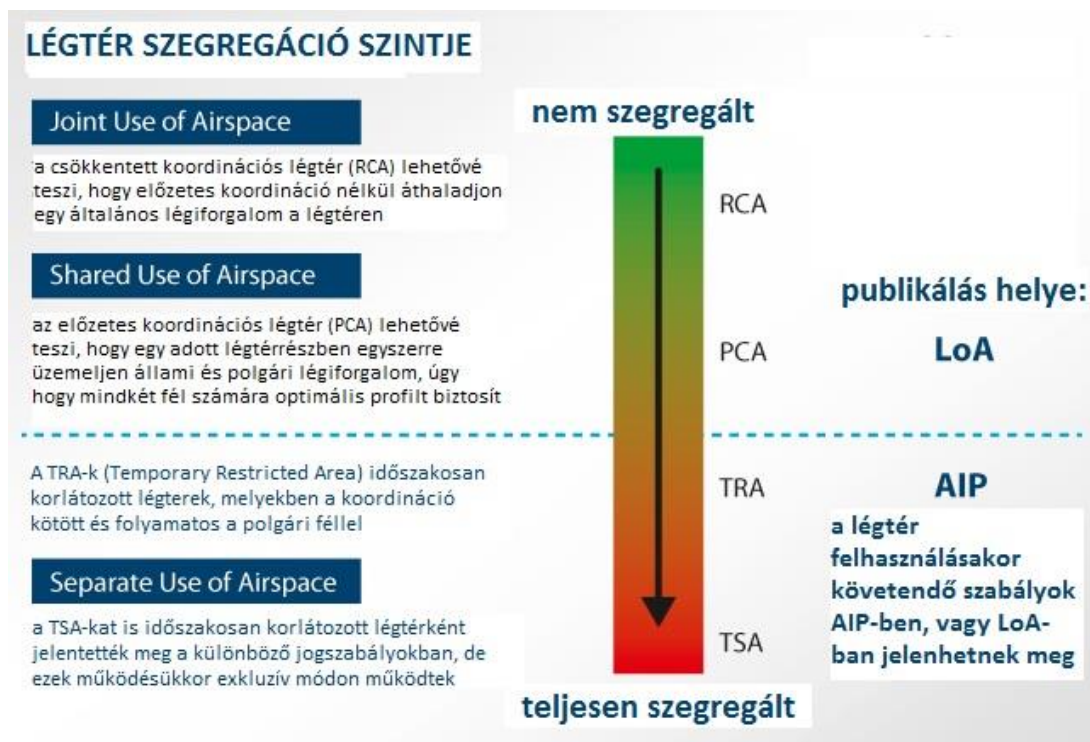
<sup>1</sup> Fekete Csaba Zoltán, Gajdos Máté: A SES-SESAR rendszer bemutatása, megvalósulásának folyamata Magyarországon. *ECONOMICA*, Szolnok, 2015, VIII. évf, 4/2 szám, pp. 185-193.

<sup>2</sup> Single European Sky Air Traffic Management Research (Egységes Európai Égbolt Légiforgalom Szervezés Tanulmány)

## A LÉGTÉRGAZDÁLKODÁS

A légtérgazdálkodás folyamat és funkció, melynek során a légtérgazdálkodó csoport egy olyan légtérstruktúrát épít fel és frissít folyamatosan, amely – a lehetőségekhez mérten – minden légtérfelhasználó számára a legideálisabb.<sup>3,4</sup> Ennek a bonyolult feladatnak a megértéséhez néhány történeti lépést és alapfogalmat tisztázni kell. A légtérrel való gazdálkodásnak vannak kronológiailag előzményei. A légtérgazdálkodás, mint önálló funkció nem bírt különösebb súllyal egészen 2005-ig, míg az Európai Közösség nem hívta életre a rugalmas légtérfelhasználás elgondolását.<sup>5</sup> Eddig az európai légtereket le lehetett írni, mint katonai, vagy polgári légtér, viszont ettől az időpillanattól a légtér egy olyan kontinuummá vált, amelyet minden érintett – állami- és polgári légtérfelhasználó – használ, de nem zárja ki (nem szegregálja) egyik a másikat az irányítása alá tartozó légtérrészből.

Eztán megjelenik az állami- és polgári feladatok összehangolásának igénye. Az összehangoltság nem csupán igény, de feltétel is lesz innentől a rendszerben. Látni fogjuk, hogy ugyan új dimenziókat nyit meg az együttműködés, mégis egy sor kérdést és problémát indukál. Már-már fölöslegesnek tűnik leírni, de az állami feladatok nagy részben nem profitorientált tevékenységek, hanem egy értéket és igényt: a biztonságot szolgálják. Viszont biztonságról sem beszélhetünk profit nélkül, így kétségkívül elengedhetetlen egy modern államban az együttműködés.



1. ábra A rugalmas légtérfelhasználás a forgalom-kirekesztés tükrében [1]

<sup>3</sup> [http://www.icao.int/APAC/RSO-Beijing/2014%20CMAC%20APAC%20Lecture%20Seminar%20Presentations/Day1-Airspace%20Organization%20and%20Management\\_Mr.Liu%20Song.pdf](http://www.icao.int/APAC/RSO-Beijing/2014%20CMAC%20APAC%20Lecture%20Seminar%20Presentations/Day1-Airspace%20Organization%20and%20Management_Mr.Liu%20Song.pdf) (2016.03.21.)

<sup>4</sup> <http://www.eurocontrol.int/services/airspace-management-asm-processes> (2016.03.21.)

<sup>5</sup> <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/article/content/documents/single-sky/cm/civil-mil-coordination/cmac-afua-201012.pdf> (2016.03.21.)

Természetesen, ahogyan azt az 1. ábra is mutatja a légtérgazdálkodás fejlődése egy folyamat volt, melyet befolyásoltak a jogszabályok, de mégis az érintettek fejlődése mind technikai, mind humán szempontból hozta el a légtér közös felhasználását. Ma kimondhatjuk, hogy Magyarországon a rugalmas légtérfelhasználás legfontosabb hozadéka, hogy az időszakosan elzárt légtérből időszakosan korlátozott légterek lettek. Mindezek felül új fejezetet nyitott a polgári-katonai együttműködés történetében a jelenség.<sup>6</sup>

Ugyanakkor, ha állami, katonai szempontból közelítjük meg a jelenséget, mint légtérfelhasználást, akkor kétségeink adódhatnak, hiszen sérülékenyebbé tesszük, kiszolgáltatjuk magunkat – a honvédelmi rendszert – és elsősorban kritikus infrastruktúráinkat a profit érdekében. Természetesen a rugalmas légtérfelhasználás kidolgozásakor bevonták a tervezésbe a katonai felet is. Ebből fakad, hogy mára egy, a katonák és a polgári felhasználók számára is egységesen kidolgozott, standardizált légtérfelhasználásról beszélhetünk. A rendszer működése más és más, békeidőben és különleges jogrend esetén. Különleges jogrend esetén – NATO<sup>7</sup> tagságunkból adódóan is – megváltoznak a repüléshez kapcsolódó szabályok. Mivel országonként változó és dinamikus rendszer a jogalkotás, a Szervezet<sup>6</sup> három, jól elkülöníthető állapotot határoz meg, annak érdekében, hogy esetekre lebontható legyen a légtérelőzéssel és légtérgazdálkodással kapcsolatos feladatok átalakítása. Nevesítve, a szembenálló felek egymáshoz fűződő viszonya elkülöníthető: békeidőszakra, válságidőszakra és fegyveres szembenállás időszakára.<sup>8</sup> A NATO különböző terminusokhoz feladatokat rendel a légtérgazdálkodással kapcsolatban is. Ami számunkra itt hangsúlyos, hogy a légtérgazdálkodás funkció, csupán a békeidőszakban van az adott ország – így Magyarország esetében is – polgári légiforgalom szervezéssel foglalkozó, kijelölt szervezet kezében, amely hazánkban a Hungarocontrol Zrt. Európa teljes légiforgalmának alig teszi ki huszadát a katonai forgalom, így reális elvárás, hogy a légterekkel, normál esetben a polgári fél gazdálkodjon<sup>9</sup>.

Ugyanakkor a folyamatos gyakorlatok és nem tervezhető események, korunk biztonsági környezetében sokszor nehezen tervezhetővé teszik a katonai repülések végrehajtását egész Európában. Nem meglepő, hogy sokszor az elvárható 24 órás tervezést sem képes hozni a védelmi rendszer, míg a polgári fél a legtöbb esetben viszonylag nagy valószínűséggel predesztinálni tudja, hogy egy év múlva, melyik pilótája és melyik légi járműve, mikor, hol fog tartózkodni. Egy olyan érzékeny rendszerben, mint az európai légtérszervezés – ahol egy paraméter változtatása forintmilliók és az elégetett többletüzemanyagon keresztül jelentős környezeti károkat okozhat a polgári légitársaságoknak és a környezetnek – feleslegesen nem engedhető meg ilyen erőforrás pazarlás, csupán eljárási okokból.

Szembeesülve a légiforgalom várható növekedésével a SESAR kutatói elkezdtek gondolkodni egy olyan rendszer életre hívásán, amely taktikai szinten kezeli a felmerülő légtérigényeket és csökkenti az igénylés összetettségét, az ahhoz szükséges időt és mind emellett még egyszerűsíti is a folyamatot.

---

<sup>6</sup> 26/2007. (III. 1.) GKM-HM-KvVM együttes rendelet, a magyar légtér légiközlekedés céljára történő kijelöléséről (2016.03.19)

<sup>7</sup> North Atlantic Treaty Organisation – Észak-atlanti Szerződés Szervezete

<sup>8</sup> Robert O’Neil - Doctrine, the Alliance and Arms Control, International Institute for Strategic Studies, 1986

<sup>9</sup> [http://www.dtic.mil/doctrine/new\\_pubs/jp3\\_52.pdf](http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp3_52.pdf) (2016.03.21.)

## A HELYI ÉS SZUB- REGIONÁLIS LÉGTÉRKEZELŐ RENDSZER

Az átlátható, közös döntéshozatalt, a Helyi és szub-regionális légtérkezelő rendszer (Local and sub-Regional Airspace Management System – LARA) támogatja a civil-katonai légtérigénylés folyamatában, biztosítva ezzel mindkét fél (állami és polgári) számára a legnagyobb hatékonyságot a feladat végrehajtás során. A rendszer célja a nemzeti, illetve regionális szinten összehangolt légiforgalom szervező rendszert támogató szoftver kifejlesztése, mely az összes érdekelt elvárásait kielégíti. A LARA fejlesztését a Transzeurópai Közlekedési Hálózaton<sup>10</sup> keresztül az Európai Tanács is támogatja a közös célok elérése érdekében.

Az EUROCONTROL által fejlesztett LARA szoftver ingyenesen áll az érintettek rendelkezésére, a közösségi légiforgalom szervezés fejlesztése érdekében. A légtérfelhasználók közötti valós idejű ASM<sup>11</sup> adatok megosztása lehetővé teszi a közös döntéshozatali eljárások megvalósulását, növelve ezzel a légtérigénylés átláthatóságát. A rendszer funkciói lefedik a légtér szervezés minden időszakát kezdve a hosszú távú tervezéstől a légterek aktiválásához szükséges valós idejű koordinációig. A nemzeti LARA rendszerek egymáshoz kapcsolásával akadály nélkül megvalósítható az államok határain átnyúló, vagy más államok légtereinek problémamentes megigénylése, felhasználása. A rendszerhez kapcsolt interfészek lehetővé teszik az eltérő szoftveres környezetek integrációját a LARA-hoz, ezzel is segítve a Network Manager<sup>12</sup> munkáját.



2. ábra A LARA 3 ASM szintje [2]

A LARA felhasználóbarát felülete biztosítja az online légtérigénylést, lehetővé teszi az átlátható koordinációt és automatizálja a légtérigényléssel kapcsolatos rutin feladatokat. A valós

<sup>10</sup> Transzeurópai Közlekedési Hálózat

<sup>11</sup> ASM: Air Space Management – Légtér Gazdálkodás

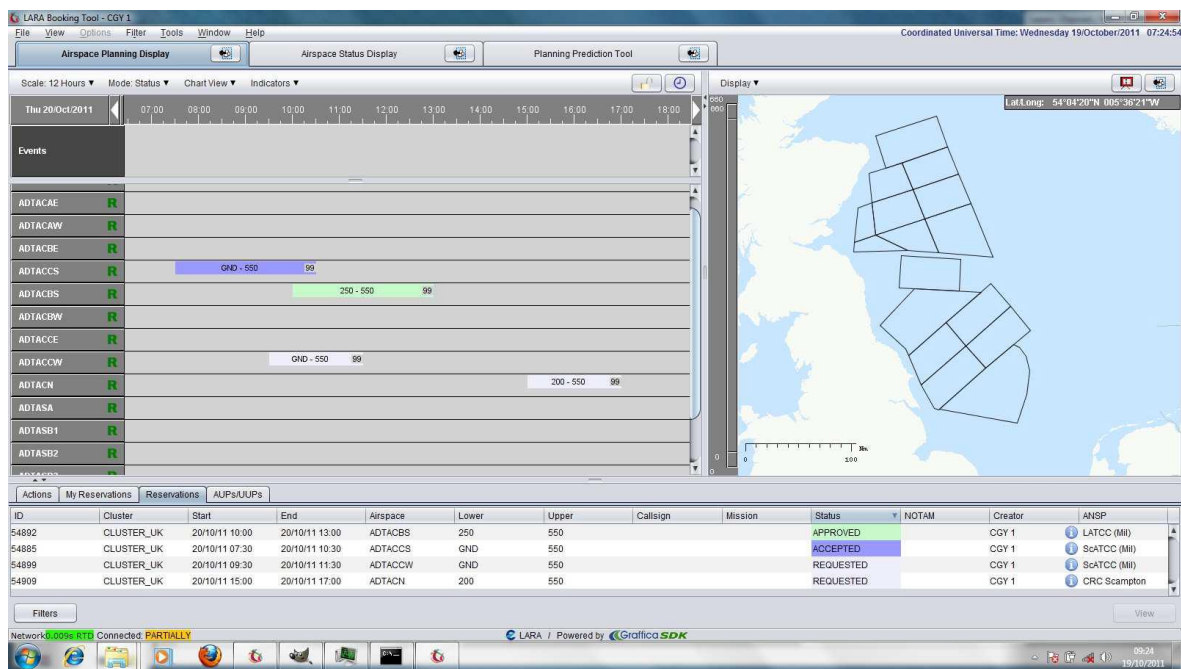
<sup>12</sup> Network Manager: Hálózat Gazdálkodás. A SESAR követelményeinek megfelelően, a légiforgalmi rendszer hatékonyságának növelése érdekében kinevezett pozíció

idejű információ megosztást biztosító megjelenítő felület segítségével a légtérigénylésben érintett összes résztvevő megbízható információkhoz jut, ami jelentősen növeli a repülésbiztonságot is. A szoftver konfigurációs beállításai lehetővé teszik a nemzeti légtérigényléshez szükséges valamennyi fontos információ testre szabásának és megjelenítésének lehetőségét, mindamellet jelentősen hozzájárul az európai Rugalmas Légtérfelhasználás elvének bevezetéséhez. A szerver menti a szoftver használata során az összes légtérigényléssel kapcsolatos információt, ami megkönnyíti a nemzeti és nemzetközi statisztikai számítások elvégzését.

A szerver mentett adataihoz hozzáférést kap a katonai-civil együttműködést segítő szervezet, a PRISMIL<sup>13,14</sup> is, a további légtér felhasználási mutatók optimalizálása érdekében. A LARA szoftvert az brit GRAFFICA cég fejlesztette, az EUROCONTROL Civil-Katonai ATM Koordinációs Osztályának felügyelete alatt. A fejlesztés során nagy figyelmet fordítottak a programozók a felhasználók tapasztalataira, és jelentős módosításokat végeztek a mindennapi felhasználók tapasztalatai alapján.

### Légtérigénylés

A légtérigénylés jelentősen leegyszerűsödik a LARA felhasználásával. Az interfész valamennyi felhasználó számára biztosítja a légtérigénylés lehetőségét, az azonnali online megjelenítés pedig segíti az igényléssel kapcsolatos konfliktusok megelőzését már az igénylés korai fázisában.

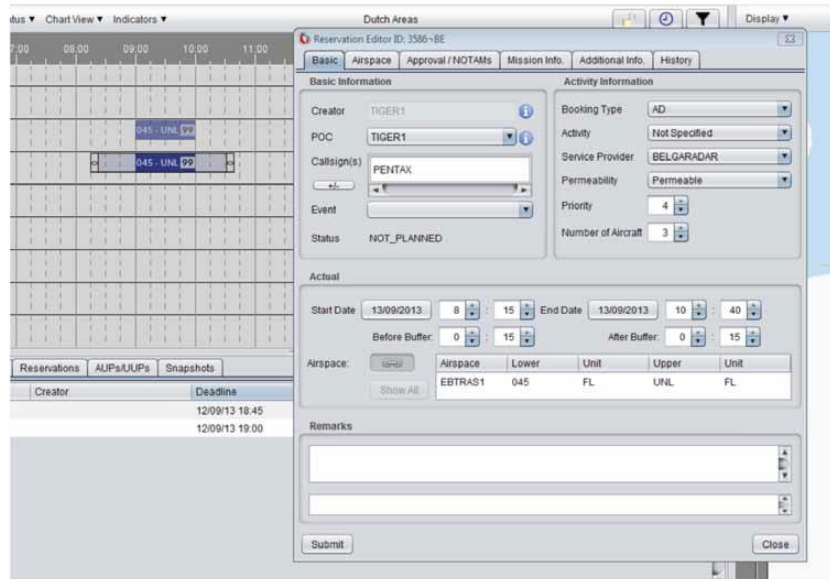


3. ábra LARA légtérigénylő kijelző [3]

Ha a felhasználó kiválasztotta a számára releváns légtérrel, illetve az igénylés időtartamát a kijelzőn, egy kattintással megigényelheti azt a LARA légtérigénylő felületén. A felület segítségével a felhasználással kapcsolatos egyéb fontos információk is megadhatóak, mint például a légtér magassága, a légtérben lévő légi járművek száma, a végrehajtott feladat természete.

<sup>13</sup> PRISMIL: Pan-European Repository of Information Supporting Civil-Military – A civil-katonai légtérkezelés hatékonyságát figyelő online európai szolgáltatás

<sup>14</sup> <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/prismil.pdf> (2016.03.21)



4. ábra LARA légtérigénylő kijelző szerkesztő felület [4]

A rendszer lehetővé teszi a szomszédos, vagy átfedő légterek egyesítését, egy légtérként kezelve azt, a Katonai Változó Profilú Légtér<sup>15</sup> (Variable Profile Area – VPA) fogalmai szerint. A feladat végrehajtásához grafikus illetve szöveges menük állnak a légtérigénylő rendelkezésére minden egyes légtér esetében.

A szoftver képes kiszűrni a légtérigényléseket érintő ütközéseket, vizuálisan megjeleníti azokat, figyelembe véve az egymástól függő légterek szerkezetét és a CDR<sup>16</sup>-eket.

ID	Cluster	Start	End	Airspace	Lower	Upper	Callsign	Mission	Status	NOTAM	Creator	ANSP
3363	BE	13/09/13 20:00	13/09/13 22:00	EBTRAS3	095	UNIL	GHOST		REQUEST		TIGER1	BELGAR...
3426	BE	16/09/13 07:00	16/09/13 09:00	EBTRAS4	045	UNIL			REQUEST		TIGER1	BELGAR...
3451	BE	16/09/13 08:25	16/09/13 10:25	EBTRAS4	045	UNIL			REQUEST		TIGER1	BELGAR...
3293	BE	13/09/13 13:00	13/09/13 14:00	EBTRAS2	095	UNIL			APPROVED		TIGER1	BELGAR...
3322	BE	13/09/13 15:25	13/09/13 17:20	EBTRAS1	045	UNIL			CANCELLED		TIGER1	BELGAR...
3388	BE	13/09/13 21:15	13/09/13 22:15	EBTRAS1	045	UNIL			CANCELLED		TIGER1	BELGAR...

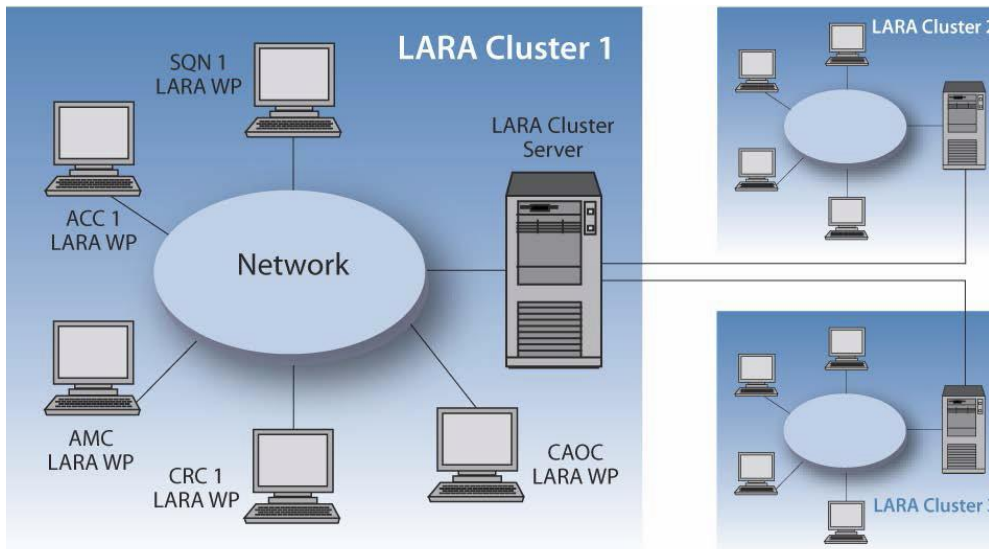
5. ábra LARA Konfliktus kijelzés [5]

A LARA hálózat felépítése olyan, mint a szőlőfűrt: egy-egy szem megfelel egy nemzeti vagy szervezeti fennhatóság (FAB) alatt álló rendszernek, melyek mindegyike kommunikációt foly-

<sup>15</sup> [http://www.eurocontrol.int/lexicon/lexicon/en/index.php/Military\\_Variable\\_Profile\\_Area](http://www.eurocontrol.int/lexicon/lexicon/en/index.php/Military_Variable_Profile_Area) (2016.03.18)

<sup>16</sup> CDR: Conditional Route - Feltételes Útvonal

tat az összes szemmel. Egy rendszer egy Központi Szerverből, illetve LARA Munkaállomásokból áll. A LARA rendszer lehetővé teszi az ASM adatok országhatárokon átnyúló kezelését, megvalósítva ezzel a FAB<sup>17</sup> környezetben végrehajtható működést.



6. ábra LARA cluster [6]

## A LARA CLUSTER ÉS HÁLÓZAT KAPCSOLATA

A légtérigénnyelssel egy időben, a végrehajtani kívánt feladattal kapcsolatban megadhatók a már említett kiegészítő információk. Ezek jelentősen segíthetik a hálózatban dolgozó többi résztvevő munkáját. A műveleti (katonai) feladatokkal kapcsolatos kiegészítő információk természetesen a nemzeti szabályok által felhatalmazott érdekeltek számára elérhetőek. Minden egyes légtér igénylése, a vele kapcsolatos koordináció és engedélyezésének folyamata az adott nemzet eljárásainak megfelelően testre szabható, ezzel is elősegítve a felhasználás nemzetközi alkalmazásának lehetőségét. A légtérigénnyelssel kapcsolatos információk megjelennek minden, az igénylésben érdekelt szervnél, szervezetnél, melyeknek jóváhagyása szükséges. A jóváhagyások sorrendje szintén konfigurálható, a legmagasabb szint lehet például az AMC<sup>18</sup> is. A jóváhagyási lánc bármely eleme számára adott a lehetőség, hogy engedélyezze az adott igényt, vagy módosító javaslatot tegyen a felhasználás ideje, magasságára vonatkozóan, vagy akár más légtérrel javasoljon, illetve e javaslatok tetszőleges variációjával éljen. Így, a légtérigénylés dinamikussá válik, a különböző paramétereket engedélyező szervezetek változtatási lehetőségei okán.

A LARA számtalan gyors és hatékony lehetőséget kínál a hálózat különböző résztvevői közötti koordinációhoz szükséges kommunikáció végrehajtásához. Megjegyzések és kommentek fűzhetők minden légtérigényhez, melyek az igénylés teljes időszakában hozzáférhetőek az engedélyezési lánc összes résztvevője számára. A koordináció elősegítése érdekében valós idejű, közvetlen kommunikációs lehetőség biztosított kettő vagy akár több felhasználó részére a köz-

<sup>17</sup> FAB: Functional Airspace Block –Funkcionális Légtérblokk

<sup>18</sup> AMC: Airspace Management Cell – Légtérigazgató Csoport



kedvelt csevegő alkalmazásokhoz hasonló formában. A koordináció segítése érdekében minden, a hálózatban résztvevő felhasználó postai címe, telefonszáma, e-mail és AFTN<sup>19</sup> elérhetősége gyorsan és egyszerűen hozzáférhető. Ezek a funkciók természetesen a különböző hálózatba kapcsolt LARA rendszerek között is elérhetőek.

A rendszer elérhető a polgári és katonai felhasználók számára is, így nem csak TSA<sup>20</sup>-k, TRA<sup>21</sup>-k, hanem CDR-ek, vagy eseti légterek is igényelhetők a segítségével.

A különféle légterek aktiválása, adott esetben légi útvonalak zárásához, azok módosításához vezethet, ezért a rendszer funkciói között szerepel, az ezen információk által generált automatikus NOTAM, mely egy tájékoztatás, a légiforgalom többi résztvevője felé a változások életbe lépésének tervezett idejéről, időtartamáról. A generált tájékoztatás ezek után az esetleges kiegészítések és módosítások után a rendszeren belül továbbítható a NOTAM Iroda felé, aki közzéteszi azt.

Összefoglalva a rendszer tökéletesen megfelel napjaink rugalmas légtér felhasználási elveinek, melyek a SES, illetve SESAR kezdeményezés alapkövetelményei. Rugalmasan használható mind polgári, illetve katonai oldalról, természetesen csak abban az esetben, ha mindkét fél részére biztosítottak a megfelelő jogosultságok és hatáskörök az igénylés hierarchiájában. Az állami légiforgalmi szolgálatok rendszerébe történő teljes integráció pedig jelentősen csökkentheti a légtérigénylések idejét. Továbbá a LARA implementációja szolgálja a rugalmas légtérfelhasználás mélyítését akár a legalacsonyabb (végrehajtói) szinten is, így békeidőben a környezettudatosság, a hatékonyságnövelés – késések és gyorsabb feladat végrehajtás révén, és a profitorientáció is hangsúlyosabb szerepet kap Európában.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Joint study PRU-Agency: Status of Civil-Military Co-ordination in air traffic management, url: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/article/content/documents/single-sky/pru/publications/other/civmilcoordrep.pdf> (2016.03.02)
- [2] Eurocontrol: Local And sub-Regional Airspace Management support system, url: <http://www.eurocontrol.int/services/local-and-sub-regional-airspace-management-support-system-lara> (2016.03.05)
- [3] Eurocontrol: PRISMIL, EUROCONTROL civil-military performance monitoring system, url: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/prismil.pdf> (2016.02.28)

### ÁBRÁK ÉS KÉPEK

- [1] saját készítésű ábra (Gajdos Máté)
- [2] <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/lara-brochure-2015.pdf>, page 3, 2016.02.10.  
Szerkesztette: Fekete Csaba Zoltán
- [3] <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/lara-brochure-2015.pdf>, page 5, 2016.02.10.
- [4] <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/lara-brochure-2015.pdf>, page 5, 2016.02.10.
- [5] <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/lara-brochure-2015.pdf>, page 6, 2016.02.10.
- [6] <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/lara-brochure-2015.pdf>, page 7, 2016.02.10.

---

<sup>19</sup> AFTN: Aeronautical Fixed Telecommunication Network – Légiforgalmi Állandóhelyű Távközlési Hálózat

<sup>20</sup> TSA: Temporary Segregated Airspace – Időszakosan Elkülönített Légtér

<sup>21</sup> TRA: Temporary Restricted Airspace – Időszakosan Korlátozott Légtér

---

### NEW DIMENSION IN FLEXIBLE USE OF AIRSPACE

*This paper summarizes the fundamentals of Airspace Management, challenges of affected users and problems of the use of airspace, as well as airspace management needs, imposed by both state and civil parties. The authors present one of the solutions of Single European Sky ATM Research: Local and sub-regional airspace management system and also analyse the role of flexible operational-general use of airspace.*

**Keywords:** LARA, FUA, SES, SESAR, civil-military cooperation, ATM

---

---

GAJDOS Máté Ádám (BSc)  
gyakorlati oktató  
Nemzeti Közszerológálati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék

gajdos.mate@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-3572-4637

---

FEKETE Csaba Zoltán (MSc)  
gyakorlati oktató  
Nemzeti Közszerológálati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék

fekete.csaba@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-1181-8276

---

GAJDOS Máté Ádám (BSc)  
instructor  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aerospace Controller  
and Pilot Training

gajdos.mate@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-3572-4637

---

FEKETE Csaba Zoltán (MSc)  
instructor  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aerospace Controller  
and Pilot Training

fekete.csaba@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-1181-8276

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-14-0333\\_Gajdos\\_M-Fekete-Cs.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-14-0333_Gajdos_M-Fekete-Cs.pdf)



Sápi Lajos Zoltán

## A KATONAI LÉGIFORGALMI IRÁNYÍTÓK REPÜLÉSIRÁNYÍTÁSI TEVÉKENYSÉGE, MINT MUNKAFOLYAMAT

*A katonai repülésirányító képzés talán legfontosabb része a gyakorlati repülésirányítás oktatása. A gyakorlati oktatás során a repülésirányítói munka értelmezése, megértése és működőképes gyakorlati tudássá válása oktatói szempontból és tanulói szempontból is nehéz feladat. Ennek a feladatnak, vagyis a repülésirányítói munka gyakorlati feladat végrehajtássá konvertálásához alkottam meg a repülésirányítói munkafolyamat folyamatábráját. Ezt mutatom be.*

**Kulcsszavak:** repülésirányító, tanulás, kompetencia, gyakorlati képzés, eredményes oktatás

### BEVEZETÉS

A katonai repülésirányítói szervezetek működésének, és az elvárt minőségű feladat végrehajtás biztosításának egyik alapfeltétele a jól képzett repülésirányító szakember. Képzésük hatékonyságát erősen befolyásolhatja, hogy mennyi időt töltenek a tisztjelöltek az iskolákban, szervezetszerű képzéseken. A gyakorlati repülésirányítói munka megalapozása – az elméleti ismeretek átadásával – előadásokon, szemináriumokon történik. Begyakorlása szimulációs tréningek segítségével valósul meg. A doktori kutatásaim a katonai repülésirányítókra, azon belül is a katonai légiforgalmi irányítókra fókuszál. A kutatásom során 16 egyéni és 2 csoportos interjút készítettem. A Magyar Honvédségben a katonai légiforgalmi irányítók maximális létszáma 75 fő, akik három katonai repülőbázison szolgálnak. Az állomány feltöltöttsége meglehetősen változó. Az interjúk feldolgozása és a kapott adatok kiértékelése még tart, de már most megállapítható néhány érdekes információ a katonai légiforgalmi irányítók munkájával kapcsolatban. Az interjúk kérdései a repülésirányítói munkavégzésre, a munkavégzés körülményeire, a munkához szükséges ismertekre, egyéni tapasztalatokra, hibákra és fortélyokra irányultak.

A repülésirányítás célját jogi dokumentumok, első sorban a légiforgalom irányításának szabályairól szóló 16/2000. (XI. 22.) KöViM rendelet határozza meg: [1]

#### „1.2. A légiforgalmi szolgálatok ellátásának céljai

A légiforgalmi szolgálatok ellátásának céljai a következők:

- a) összeütközések megelőzése a légi járművek között;
- b) összeütközések megelőzése munkaterületeken működő légi járművek, valamint az ott található akadályok között;
- c) a légiforgalom gyors és rendszeres áramlásának elősegítése és fenntartása;
- d) hasznos tanácsok és tájékoztatások nyújtása a repülések biztonságos és hatékony lebonyolításához;
- e) az illetékes szervezetek értesítése a kutatásra és mentési segítségre szoruló légi járműről, továbbá szükség szerint segítségnyújtás ezen szervezetek számára.”

A katonai és a polgári légiforgalmi irányító szervezeteket a fenti célok megvalósítására hozták létre. Amennyiben a célok megvalósulnak, akkor sikeres a munkavégzés. Hogyan érik el ezt a katonai légiforgalmi irányítók? Erre a kérdésre keresem a választ.

Az interjúkból tartalomelemzés [1] módszerével állítottok elő adatokat.

*„Tartalomelemzésnek nevezünk minden olyan eljárást, amelynek során közlemények, üzenetek törvényszerűen visszatérő sajátosságai alapján módszeres és objektív eljárással olyan következtetéseket vonunk le, amelyek a közleményekben nyíltan kimondva nincsenek, de az üzenet megszerkesztettségének, azaz a kódolásnak a módjából kiolvashatók, s esetleg más eszközökkel, más módon (nem tartalomelemzéssel) nyert adatok segítségével megerősíthetők, igazolhatók.”<sup>1</sup>*

Az adatok feldolgozása során azt állapítottam meg, hogy a repülésirányítói munka egy lineáris munkafolyamatként írható le. Ez a munkafolyamat általános jellegű, tehát a repülésirányító pozícióktól független. Mivel a repülésirányítók a repülési feladat más és más részét irányítják, ezért a munka célja is más és más, de az egyes munkafázisok azonosak. Vagyis a repülésirányítók munkájának a stratégiájuk azonos, de a taktikájuk különböző. Az repülésirányítói munka egy olyan lineáris folyamat, amelyben különböző munkafázisok vannak.

A munkafázisok a következők:

1. Helyzet analízis;
2. problémakeresés (nincs- vissza az első lépéshez);
3. problémakeresés (van);
4. a probléma megoldási változatok előállítása;
5. kiválasztás és döntés;
6. végrehajtás;
7. ellenőrzés;
8. új helyzet analízis és a folyamat kezdődik, előrel.

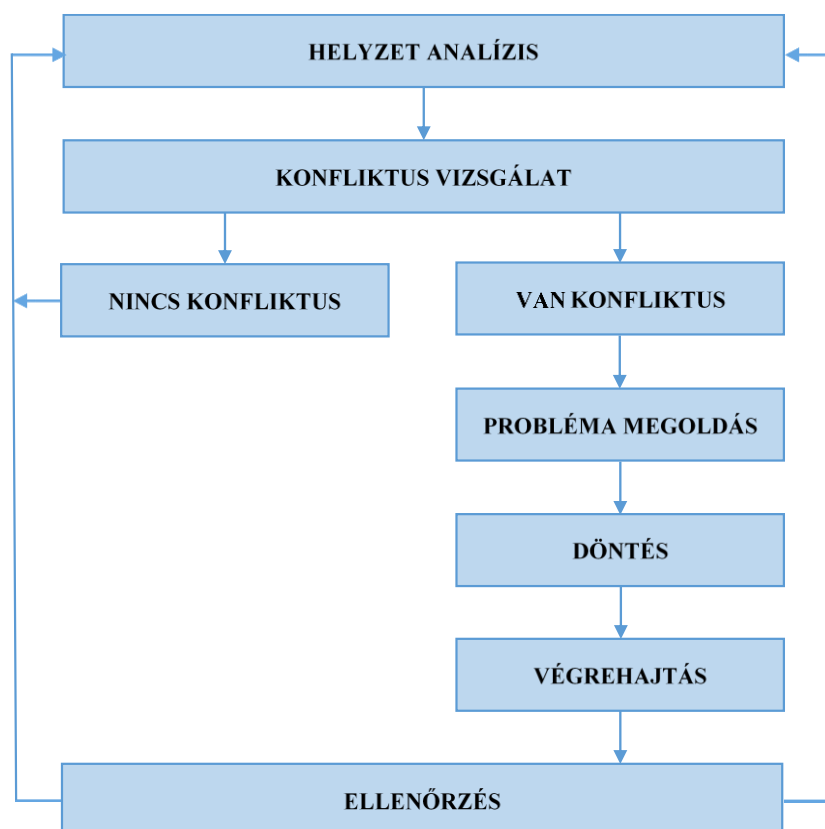
### A MUNKAFOLYAMAT MŰKÖDÉSE

A folyamat első és második eleme (1. sz. ábra) a Helyzet analízis és a Probléma kereséséről szól. A repülésirányító ebben a fázisban a légihelyzetet vizsgálja, adatokat gyűjt. Ezek a légihelyzetet alkotó légijárművek mozgás paraméterei és a repülési feladat pillanatnyi végrehajtási fázisaiból áll. A begyűjtött adatokból információkat állít elő és elemzi abból a szempontból, hogy a rendszer működése a megállapított határértékek belül alakul-e. Itt azonban nem egyszerűen arról van szó, hogy egy bizonyos értéket figyel, hanem arról hogy megítéli a rendszer működési és fejlődési dinamikáját. A rendszer dinamikájának megítélése a repülésirányítói munka lényeges része. Ebben a szakaszban a repülésirányítónak azt a döntést kell meghoznia, hogy be kell-e avatkozni a légihelyzet alakulásába vagy nem. Ez tulajdonképpen egy konfliktus vizsgálat, mely tartalmaz egy megjelenő kulcskompetenciát. Ez a kulcskompetencia a repülésirányítói projekció. A repülésirányítói projekció kulcskompetencia egy gondolati tevékenység, ami a jelen pillanatában meglévő légihelyzetet az időben előre vetíti.

---

<sup>1</sup> Antal László: A tartalomelemzés alapjai, 15. oldal

Az időben történő előrejelzés azt a légihelyzetet fogja mutatni, ami a légijárművek jelenlegi mozgás paramétereinek megfelelő repülés után alakulhat ki. A jövőbeni légihelyzet fogja megmutatni, hogy be kell-e avatkozni a forgalomba vagy nem. Az repülésirányítói projekció időbelisége nem határozható meg teljes pontossággal, hogy 2-3-4-5-6 perc, ez mindig az adott repülési feladatoktól és a légihelyzettől függ. A repülésirányítói projekció pontossága az irányítói munka fontos része, és véleményem szerint az repülésirányítói munka legbonyolultabb része. Azért a legbonyolultabb feladata, mert egy dinamikus rendszer jövőbeli állapotát kell kiszámolnia. Erre csak az a repülésirányító képes, aki a légihelyzet releváns adataival és információival rendelkezik. Ismeri a repülésirányítói rendszer működését a rendszer dinamikáját, a rendszer részeinek kapcsolatát és hatásait egymásra. Tehát csak az tudja jól kiszámolni, előrejelteni a rendszer jövőbeni állapotát, aki nem csak elméleti ismeretekkel rendelkezik, hanem gyakorlatban is ismeri már-már „társas viszonyban” van a rendszerrel, amit működtetni kell. A repülésirányítói projekció kulcskompetencia erősítése a képzés egyik alapeleme.



1. ábra A repülésirányító munkafolyamata<sup>2</sup>

Amennyiben nincs probléma, visszatér az első lépéshez és kezdődik az egész előről. Ha van probléma, akkor a negyedik lépésben a problémát meg kell oldani.

A probléma megoldás ismét a rendszer teljes ismeretére alapoz. Egy problémát akkor lehet gyorsan megoldani, ha annak megoldása már mintaként a rendelkezésünkre áll. Ha nem rendelkezünk a probléma megoldáshoz szükséges mintával, akkor a mintát elő kell állítani. A minta előállításához idő kell, valamint a rendszer működésének ismerete és olyan kompetencia

<sup>2</sup> Készítette a szerző

ami az adott helyzetben biztosítja a probléma megoldását. A probléma megoldására több javaslatot is kidolgozhatunk, ezért a kidogozott változatok közül kell választani egyet, tehát dönteni kell. Ez az ötödik lépés.

A hatodik lépés a probléma megoldási változat végrehajtása. A hetedik lépés a probléma megoldási folyamat végrehajtása után a rendszer ellenőrzése. Ez vonatkozik arra, hogy a beindított probléma megoldási folyamat hogyan zajlik és a probléma megoldási folyamat után a rendszer dinamikája vissza állt-e a normális működésre. Amennyiben vissza állt a normális dinamika, akkor a munkafolyamat kezdődik előről, ha nem állt vissza, akkor új helyzet jött létre melynek első lépése szintén a Helyzetanalízis.

A katonai légiforgalmi irányítók különböző pozíciókban dolgoznak. A különböző pozíciók munkacéljai is különbözők, mert a repülési feladat más és más fázisában irányítják a légijárműveket. A vázolt munkafolyamat minden repülésirányítói pozícióban leírja a munka lényegét, ami azonos.

## ÖSSZEGZÉS

Az általam megalkotott munkafolyamat részekre bontja repülésirányítói munkát. Ez a munkafolyamat egy szabályzó kör [3] melynek segítségével a repülésirányítás lényege válik értelmezhetővé. Egy tevékenység megértése a tevékenység megtanulásának az alapja. Segíthet az oktatóknak az oktatott munkájának elemzésében, mert megállapítható, hogy melyik munkafázisban milyen értékű munkát végzett. Segít abban is, hogy a munkafázisokhoz kompetenciákat kapcsolva megállapítsa, hogy a kompetencia milyen fejlettségű. Természetesen rendelkezni kell kompetencia skálával. Az oktatott objektív visszacsatolást kap a nyújtott teljesítményéről, valamint arról, hogy hol tart a tanulási folyamatban.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 16/2000. (XI. 22.) KöViM rendelet: a légiforgalom irányításának szabályairól <http://www.kozlo-nyok.hu/nkonline/MKPDF/hiteles/MK16018.pdf> Letöltve: 2016.03.04.
- [2] Antal László: A tartalomelemzés alapjai, Magvető Kiadó, Budapest, 1976, p. 152. ISBN 963 270 403 7
- [3] Dr. Kótay János, Dr. Seebauer Imre, Dr. Szabó András: Az általános rendszerelmélet (rendszerteran) alapjai és fejlődésének szakaszai, ZMNE egyetemi jegyzet, Budapest, 2000, pp. 154-155.

---

### *THE AIR TRAFFIC CONTROL INTERPRETATIVE*

*A military air traffic controller training perhaps the most important part of the practical air traffic control education. During the practical training in the interpretation of the air traffic control work and practical knowledge becomes operational difficulties instructor and student point of view, responsibility in terms. This task, that is, the air traffic control work in practice to convert created by the air traffic control work process flow chart. In my created the workflow helps us to understand the essence of air traffic control and simulation to prepare for the management of the task.*

**Keywords:** *air traffic controller, training, air traffic control, military air traffic controller, air traffic control work process*

---

SÁPI Lajos Zoltán (MSc)  
tanársegéd  
Nemzeti Közszerológálati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Repülésirányító és repülőhajózó tanszék  
sapi.lajos@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0003-2389-4476

SAPI Lajos Zoltan (MSc)  
Assistant professor  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of aerospace controller and pilot training  
sapi.lajos@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0003-2389-4476

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-15-0335\\_Sapi\\_Lajos\\_Zoltan.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-15-0335_Sapi_Lajos_Zoltan.pdf)





Palik Máttyás – Csermely Ildikó

## JAVASLAT A PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉPEK ZAJTERHELÉSÉNEK VIZSGÁLATÁRA

*Nemzetközi vonalon nincs még egységes módszer kidolgozva a drónok zajterhelésének vizsgálatára. A feladat nem egyszerű tekintettel az nemzeti kategóriába sorolás eltéréseire. Azonban egyértelműen látszik az országok szabályozásában, hogy a katonai és polgári felhasználást el kell választani egymástól és külön szabályozás alá kell vonni. A zajmérési módszer és a zajminősítés kidolgozásánál a minősítés alapját a sárkány szerkezet, a mechanikai meghajtás, a „hajtómű” elhelyezkedése és a maximális felszálló tömeg kell, hogy képezze.*

**Kulcsszavak:** pilóta nélküli repülőgépek, zaj, zajterhelés, szabályozás

### BEVEZETÉS

A pilóta nélküli repülő eszközök (a továbbiakban: drón) szabályozásával kapcsolatosan Európa most „ébred”. A drón definíciója igen széles mivel magában foglalja az összes távirányítású és autonóm légi járművet, a kedvtelési célú kisméretű, civilek által megvásárolható eszközöktől a nagyméretű nagy hatótávolságú biztonsági vagy egyéb kritikus felhasználású légi járművekig.

A zajmérési módszer kidolgozása során fontos tisztázni, hogy milyen kategóriákat állítunk föl – maximális felszálló tömeget figyelembe véve, kamerarendszer függvényében – az UAV zajminősítése szempontjából.

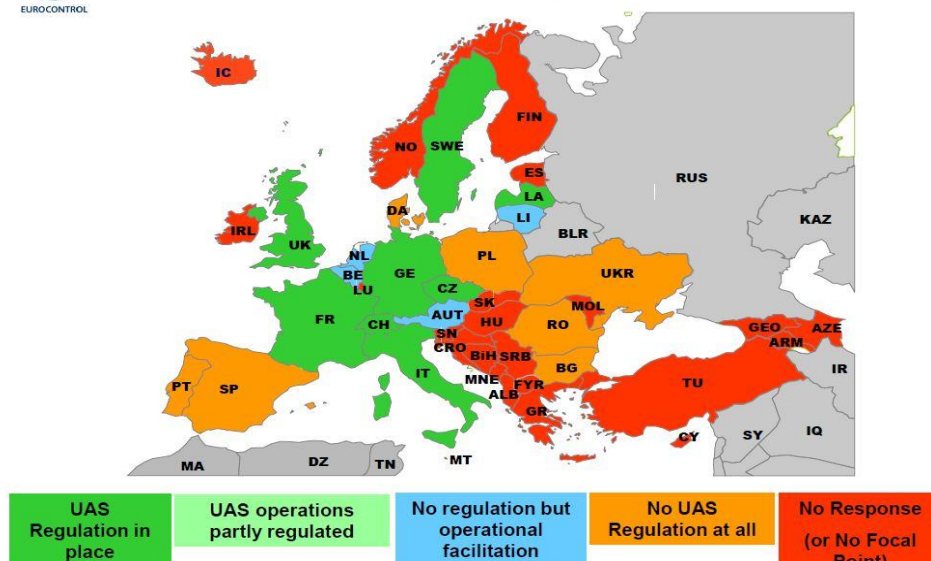
A drónra rögzített kamera rendszerek leggyakrabban kis formátumú (16/24/36 MP) digitális kamera a hasznos teher (payload), amivel többnyire a vizuális látótávolságon (VLOS, Visual Line of Sight) – 120 m alatt és 500 m-es sugarú körön (Unmanned Aircraft System Operations in UK Airspace - Guidance) - belül van lehetőség feladatot végrehajtani, ez kevesebb, mint 1 km<sup>2</sup>. (VLOS, EVLOS). Ugyanakkor elérhetők már olyan rendszerek (helikopterek 50–70 kg össztömegeg) is, ami középformátumú (60/80 MP) kamera hordozására is alkalmas, több óra repülési idővel, GPS vezérléssel, előre megtervezett vetítési középpontok alkalmazásával (BVLOS 5-10-15 km<sup>2</sup>).

Fontos megemlíteni azokat a drónokat azaz a forgalmazott eszközöket, amelyek (tri/quadro/penta/hexa/oktokopter, kisméretű helikopterek, illetve merevszárnyú repülő) professzionális felhasználásra, adatrögzítésre, légi távérzékelésre készülnek.

A fentiekre figyelembe véve mindenféleképpen külön kell kezelni zajminősítés szempontjából a polgári és katonai felhasználású, dugattyús, légcsavaros, gázturbinás drónokat.



Current Status Civ UAS Regulation in Europe per State



1. ábra A drón szabályozás Európában<sup>1</sup>

**Polgári és katonai pilóta nélküli repülő eszközök osztályozása**

A teljesség igénye nélkül az alábbiakban be kívánom mutatni néhány ország drónok kategóriába sorolását, Magyarországon a vonatkozó szabályozás kidolgozás alatt áll.

*NATO osztályozása*<sup>2</sup>

NATO UAS CLASSIFICATION						
Class	Category	Normal Employment	Normal Operating Altitude	Normal Mission Radius	Primary Supported Commander	Example Platform
Class III (> 600 kg)	Strike/Combat*	Strategic/National	Up to 65,000 ft	Unlimited (BLOS)	Theatre	Reaper
	HALE	Strategic/National	Up to 65,000 ft	Unlimited (BLOS)	Theatre	Global Hawk
	MALE	Operational/Theatre	Up to 45,000 ft MSL	Unlimited (BLOS)	JTF	Heron
Class II (150 kg - 600 kg)	Tactical	Tactical Formation	Up to 18,000 ft AGL	200 km (LOS)	Brigade	Hermes 450
Class I (< 150 kg)	Small (>15 kg)	Tactical Unit	Up to 5,000 ft AGL	50 km (LOS)	Battalion, Regiment	Scan Eagle
	Mini (<15 kg)	Tactical Subunit (manual or hand launch)	Up to 3,000 ft AGL	Up to 25 km (LOS)	Company, Platoon, Squad	Skylark
	Micro** (<66 J)	Tactical Subunit (manual or hand launch)	Up to 200 ft AGL	Up to 5 km (LOS)	Platoon, Squad	Black Widow

\*Note: In the event the UAS is armed, the operator should comply with the applicable Joint Mission Qualifications in ATP-3.3.7 (STANAG 4670) and the system will need to comply with applicable air worthiness standards, regulations, policy, treaty, and legal considerations.

\*\*Note: UAS that have a maximum energy state less than 66 Joules are not likely to cause significant damage to life or property, and do not need to be classified or regulated for airworthiness, training, etc. purposes unless they have the ability to handle hazardous payloads (explosive, toxins, chemical/ biological agents, etc.).

2. ábra A NATO osztályozása

<sup>1</sup> Zboray Zoltán: A pilóta nélküli repülőeszközök (UAV) jogszabályi környezetének és gyakorlati alkalmazásának távérzékelési aspektusai, MFGI, Budapest 2015.01.29

<sup>2</sup> ATP-3.3.7 Guidance for the training of Unmanned aircraft systems (UAS) OPERATORS Edition B Version 1 APRIL 2014

### *Az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség<sup>3</sup>*

A légiközlekedési szabályozás (216/2008/EK rendelet) értelmében a 150 kg-nál nagyobb tömegű drónok szabályozása az egyéb légi járművekhez (személyt szállító légi járművekhez) hasonlóan történik. Az ennél kisebb tömegű drónok szabályozását az EASA egyes tagállamai saját belátásuk szerint alakítják

Az új szabályozás abban az irányban indul el, hogy a drón jellemzőinek kizárólagossága helyett azt helyezi központba, hogy **„hogyan” és „milyen körülmények között” használják a drónt.**

Fentiek alapján három kategóriát javasolnak kialakítani:

**„Nyílt” kategória (kis kockázatú):** a biztonság megteremtése az üzemeltetés korlátozásával, az ipari szabványoknak történő megfeleléssel, bizonyos funkciók meglétének megkövetelésével, valamint minimálisan előírt üzemeltetési szabályozásokkal történik. Betartatását elsősorban a rendőrség végzi.

Kategória jellemzői: Megkövetelt a folyamatos rálátás a drónra, a 25 kg-nál kisebb tömeg, a drón 150 méternél kisebb magasságú üzemeltetése, valamint a „virtuális kerítés” (geofencing) funkció megléte.

A „nyílt” kategóriában három alkategória létrehozása:

- CAT A0: „Játékok” és „mini drónok” < 1 kg
- CAT A1: „Nagyon kis méretű drónok” < 4 kg
- CAT A2: „Kisméretű drónok” < 25 kg

**„Különleges” kategória (közepes kockázat):** az üzemeltető által végzett kockázatértékelést követően engedélyeztetés a nemzeti légügyi hatósággal (NAA), esetlegesen valamely minősített szervezet (QE) segítségével. Az üzemeltetési kézikönyv sorolja fel a kockázatcsökkentő intézkedéseket.

**„Minősített” kategória (magasabb kockázat):** a személyt szállító légiközlekedéséhez hasonló szabályozások. A felügyeletet a nemzeti légügyi hatóság (NAA) (engedélyek kiadása, karbantartás, üzemeltetés, képzés, ATM/ ANS és repülőterei szervezetek jóváhagyása) valamint az Ügynökség (kialakítás és külföldi szervezetek jóvá – hagyása) végzi.


### *International Civil Aviation Organization*

„Certification & airspace integration: ICAO Unmanned Aircraft Systems (UAS), Circular 328 általános leírást ad az ICAO szabályozásáról, üzemeltetéséről, használat személyi követelményeihez. Ugyanakkor az „Manual on Remotely Piloted Aircraft System (RPAS) ” című dokumentum – 2.27. pontja – a kategóriák felállításánál javasolja figyelembe venni a maximális felszálló tömeg, meghajtás, típus/terület üzemeltetés, teljesítményt.

---

<sup>3</sup> Forrás: „Javaslat a drónok üzemeltetésére vonatkozó közös európai szabályozás létrehozására,„ című dokumentumból

Ausztria<sup>4</sup>

		Airworthiness and Operational Notice Nr. 67								
Departments AOT and LSA		Airworthiness and Operational Notice for Unmanned Aircraft up to 150 kg								
Area of Operation										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">I undeveloped</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">II unsettled</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">III settled</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">IV densely popu- lated</td> </tr> </table>							I undeveloped	II unsettled	III settled	IV densely popu- lated
	I undeveloped	II unsettled	III settled	IV densely popu- lated						
mass up to and including 5kg	A	A	B	C						
up to and including 25kg	A	B	C	D						
up to and including 150kg	B	C	D	D						

3. ábra Ausztria nemzeti szabályozása

Anglia<sup>5</sup>

UNMANNED AIRCRAFT CLASSIFICATION TABLE						
Class	Category	Normal Employment	Normal Operating Altitude	Normal Mission Radius	Civil Category (UK CAA)	Example Platform
Class I < 150 kg	MICRO < 2 kg	Tactical Platoon, Sect. Individual (single operator)	Up to 200 ft AGL	5 km (LOS <sup>23</sup> )	Weight Classification Group 1 (WCG)	Black Widow
	MINI 2-20 kg	Tactical Sub-Unit (manual launch)	Up to 3000' AGL	25 km (LOS)		Small Unmanned Aircraft (<20 kg)
	SMALL > 20 kg	Tactical Unit (employs launch system)	Up to 5000' AGL	50 km (LOS)	WCG 2 Light UAV (20><150 kg)	Luna, Hermes 90
Class II 150 – 600 kg	TACTICAL	Tactical Formation	Up to 10,000' AGL	200 km (LOS)	WCG 3 UAV (>150 kg)	Sperwer, Iview 250, Hermes 450, Aerostar, Watchkeeper
Class III > 600 kg	MALE <sup>24</sup>	Operational/Theatre	Up to 45,000' AGL	Unlimited (BLOS)		Predator A & B, Heron, Hermes 900
	HALE	Strategic/National	Up to 65,000' AGL	Unlimited (BLOS)		Global Hawk
	Strike/Combat	Strategic/National	Up to 65,000' AGL	Unlimited (BLOS)		

4. ábra Anglia nemzeti szabályozása

Ausztrália<sup>6</sup>

Categories	Category Characteristics: Gross Weight <sup>4</sup> , w (kg)	Airworthiness Requirements	Operational Requirements
Micro UAV	w ≤ 0.1	None	Unspecified in CASR 101.F
Small UAV	a UAV that neither a large UAV nor a micro UAV Weight, w (kg) 0.1 ≤ w ≤ 150	None, if operated over unpopulated areas, can follow large UAV process for relief of this restriction	None for operation < 400 ft. AGL over unpopulated areas For operations ≥ 400 AGL, requirements include: maximum altitude, communication requirements, operating times, operating area limitations, and UAV equipment
Large UAV	w > 150 (airplanes) w > 100 (rotorcraft) There are other specifications for airships, parachutes and lift devices	Must use experimental or restricted category airworthiness certificate, comparable to requirements under manned standards	Must have an operating certificate

5. ábra Ausztrália nemzeti szabályozás

<sup>4</sup> Zboray Zoltán: A pilóta nélküli repülőeszközök (UAV) jogszabályi környezetének és gyakorlati alkalmazásának távérzékelési aspektusai MFGI, Budapest, 2015.01.29

<sup>5</sup> Unmanned Aircraft System Operations in UK Airspace – Guidance CAP 722

<sup>6</sup> Forrás: NASA/TM Perspectives on Unmanned Aircraft Classification for Civil Airworthiness Standards

## Nemzetközi ajánlások a drónok zajminősítésére

Nemzetközi vonalon nincs még egységes módszer kidolgozva a drónok zajterhelésének vizsgálatára. A feladat nem egyszerű tekintettel az előző fejezetben a teljesség igénye nélkül bemutatott nemzeti kategóriába sorolás eltéréseire. Azonban egyértelműen látszik az országok szabályozásában, hogy a katonai és polgári felhasználást el kell választani egymástól és külön szabályozás alá kell vonni. A zajmérési módszer és a zajminősítés kidolgozásánál a minősítés alapját a *sárkány szerkezet, a mechanikai meghajtás, a „hajtómű” elhelyezkedése és a maximális felszálló tömeg* kell, hogy képezze.

### Az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség zajvédelmi előírásai

Az Európai Repülés Biztonsági Ügynökség (a továbbiakban: EASA) nem dolgozott még ki konkrét minősítési és mérési javaslatot. Ugyanakkor az „*Concept of Operations for Drons: A risk based approach to regulation of unmanned aircraft*”, című dokumentum meghatározza, hogy a **Minősített kategóriában** drónoknak egy fajta típus bizonyítvánnyal kell rendelkeznie, amelynek egy úgy nevezett környezetvédelmi tanúsítványa is van. Ebbe a kategóriába tartozó drónok zajminősítésére az EASA a *Certification Specifications Group: CS-36 Aircraft Noise –ban foglalt* (a továbbiakban: CS 36) előírásokat írja elő alkalmazni, amely pedig az „*Annex 16 Environmental Protection I. volume – Aircraft Noise*” (a továbbiakban: Annex 16.) előírásaira épül.

### International Civil Aviation Organization zajvédelmi előírásai

Az ICAO a drónok zajterhelése tekintetében az Unmanned Aircraft Systems (UAS) című dokumentum 6.48-6.50. pontjai szerint az „*Annex 16*” dokumentumban megadott kategóriákra vonatkozó zajvédelmi követelmények teljesítését írja elő alkalmazni, feltételezve, hogy a drónok hasonló sárkányszerkezeteket és meghajtási rendszerekkel kerültek kialakításra, üzemelnek. A 12. pont szerint összehasonlítva zajterhelés szempontjából egy egymotoros légijárművet, – Cessna Skylane (1202 kg) – és a „small UA-val” megállapítható, hogy UA 10 kg hasznos teherrel 6–9 dB –el alacsonyabb zajszinttel rendelkezik.



6. ábra Cessna Skylane



7. ábra IAI Panther drón

### Német módszer a drónok zajminősítésére vonatkozóan

A drónok zajvizsgálatára vonatkozó ajánlást Austro Control dolgozott ki és adott ki az „*Anlage N zu LBTH 67 Lärmzulässigkeit von unbemannten Luftfahrzeugen bis 150 kg*” (a továbbiakban: LBTH) című dokumentumban.

Az LBTH 1 pontja szerint alkalmazni kell az ajánlást minden motoros hajtású pilóta nélküli repülőeszközre amelyet az Austro Control GmbH-val vagy Légügyi Hivatallal engedélyeztetni kell. A követelmények alól mentesülnek azok a pilóta nélküli légi járművek amelyek elektromos meghajtásúak és a maximális üzemi tömegük 5 kg.

A minősítést  $L_{Amax}$  dB (A)-ra definiálják a referencia hangnyomás 20  $\mu$ PA.

**Zajmérés pontok kijelölése:**

1 m-re talaj fölött ( $\pm 0,1$  m) 25 m-re a vonatkoztatási ponttól a repülés irányában  $45^\circ$   $90^\circ$   $135^\circ$ -ban a kipufogó oldalon (amennyiben van).

**Referencia pont kijelölése:**

- a) egy propeller hajtotta pilóta nélküli repülőgépek, légszavarag közepé;
- b) pilóta nélküli repülőgépek több propeller hajtja, legkülső légszavaragot összekötő vonal közepé;
- c) sugárhajtóműves pilóta nélküli repülőgépek, a levegő bemeneti nyílás közepé;
- d) több sugárhajtóműves pilóta nélküli repülőgépek a legkülső szellőzőnyílásokat összekötő vonal közepé;
- e) pilóta nélküli repülőgépek, a fő rotor, a középpont a fő rotor tengelye;
- f) pilóta nélküli repülőgépek több motorral, egy pontot kijelölni a motorok geometriai központjára.

**Zajterhelési határértékek:**

- dugattyús motorú pilóta nélküli légi járművek (beleértve a légszavaros UAV-t, helikoptereket) és elektromos motorú drónok esetében **82 dB**;
- Sugárhajtóműves pilóta nélküli légi járművek (helikopter) esetében **nem haladhatja meg a 90 dB (A)**.

**Referencia feltételek:**

- Reflexió elkerülésére miatt a repülőeszköz és a mikrofon környezetében 30 méteren belül ne legyen mérést befolyásoló elem;
- A mérést széllel szemben és hátszélben is el kell végezni;
- A szélsősebesség nem haladhatja meg az 5 m/s;
- A mérést mérési pontonként legalább 30 másodperc kell hogy legyen, és nagyobbat kell figyelembe venni;
- Környezeti hőmérséklet: 10–30 °C között, csapadék mentes időszakban.

**Mérési jegyzőkönyv tartalmi elemei:**

- domborzat és területi viszonyok;
- hőmérséklet;
- átlagos szélsősebesség;
- mérésre alkalmazott műszerek és a mért repülő eszköz teljesítmény és meteorológiai adatok;
- a vizsgált repülőeszköz gyártója, típusa, motorok, légszavar (fő és farokrotor amennyiben van);
- megengedett legnagyobb felszállótömeg;
- hangtompító rendszer (amennyiben van);
- repülőeszköz megengedett fordulatszáma, maximális sebessége (U/min) a fő és farokrotornak.

## Nemzetközi és nemzeti előírások a légijárművek zajminősítésére

Az ICAO a légijárművek zajminősítésére az Annex 16-t, az EASA a CS-36-t írja elő alkalmazni.

Az Annex 16. a légijárműveket zajminősítés szempontjából különböző kategóriába sorolja sebesség, meghajtás, prototípus elfogadott légalkalmassági bizonyítványának időpontja, légijármű tömege szerint. Ennek alapján az Annex 16 az alábbi kategóriákat állítja fel:

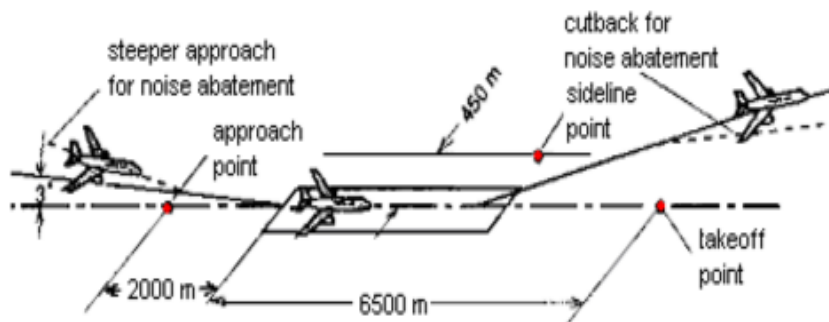
- 2. Fejezet
  - hangsebességtől lassabb gázturbina sugárhajtású repülőgépek – a prototípusra 1977. Október 6. Előtt elfogadott légi-alkalmassági bizonyítvány kérelmek;
- 3. Fejezet
  - 1. Hangsebességnél lassabb gázturbina sugárhajtású repülőgépek – a prototípus légialkalmassági bizonyítványa iránt 1977. Október 6-án és 2006 január 1. Előtt elfogadott kérelmek;
  - 2. A 5700 kg-nál nehezebb légcsavarhajtású repülőgépek – a prototípus légialkalmassági bizonyítványa iránt 1985. Január 1-én, vagy utána, és 1988. November 17. Előtt elfogadott kérelmek;
  - 3. A 8618 kg-nál nehezebb légcsavarhajtású repülőgépek – a prototípus légialkalmassági bizonyítványa iránt 1988 november 17-én és 2006 január 1. Előtt elfogadott kérelmek;
- 4. fejezet
  - 1. Hangsebességnél lassabb gázturbinás repülőgépek – 2006. Január 1. előtt elfogadott prototípus légialkalmassági bizonyítvány iránti kérelmek;
  - 2 A 8618 kg-nál nehezebb légcsavar hajtású repülőgépek – 2006. Január 1.-én, vagy utána elfogadott prototípus légialkalmassági bizonyítvány iránti kérelmek;
- 5. fejezet
  - A 5700 kg-nál nehezebb légcsavarhajtású repülőgépek – 1985. Január 1. Előtt elfogadott prototípus légialkalmassági bizonyítvány iránti kérelmek;
- 6. fejezet
  - 8618 kg, vagy könnyebb légcsavarhajtású repülőgépek – a Prototípus légialkalmassági bizonyítványa iránt 1988. November 17. előtt elfogadott kérelmek;
- 8. fejezet
  - Helikopterek;
- 10. fejezet
  - 8618 kg, vagy könnyebb légcsavarhajtású repülőgépek – a prototípusra, vagy módosított változatára 1988. November 17-én, vagy utána elfogadott légialkalmassági bizonyítvány kérelmek;
- 11. fejezet
  - 3175 kg, vagy könnyebb hitelesített maximum felszálló tömegű helikopterek;
- 12. fejezet
  - Hangsebességnél gyorsabb repülőgépek;
- 13. fejezet
  - Dönthető forgószárny tengellyel rendelkező repülőgépek;



További ajánlásokat ad az ICAO DOC 9501 AN/929 Környezeti műszaki kézikönyv a légijárművek zajminősítéséhez használt eljárások alkalmazásához.

### Légijárművek zajminősítése

A fentiek alapján a légijárművek zajminősítése leszállás, átrepülés, felszállás pontokon történik meghatározott referencia feltételek (referencia pontok, és referencia eljárások) mellett, kategóriától függően, dB (A) (8618 kg alatt) és EPN dB (8618 kg felett) szintben.



8. ábra Légijárművek zajmérőpontja a zajminősítés során

- Oldalsó referencia zajmérő pont:** a futópálya középvonalával, vagy a futópálya meghosszabbított középvonalával párhuzamos és attól 450 m oldaltávolságú egyenesen lévő pont, amelynél a felszállás során azajszint a legnagyobb;
- átrepülési (flyover) zajmérési pont:** A futópálya meghosszabbított középvonalán a felszálláshoz végzett nekifutás kezdeti pontjától 6,5 km-re elhelyezkedő pont; és
- megközelítési referencia zajmérő pont:** a futópálya meghosszabbított középvonalán a küszöbtől 2000 m távolságban a föld felületén lévő pont. Vízsíntes terep esetén ez megfelel a küszöbön belül 300 m távolságban eredő 3°-os siklópálya alatt függőleges irányban 120 m-re (395 láb) található pontnak.

**EPNL:** Ténylegesen észlelt zajszint. A PNL értéknek a spektrális szabálytalanságokra és a zaj időtartamra korrigált értéke. (EPN dB egység használatos a dB egység helyett.) A repülőgépzaj emberre kifejtett szubjektív haásainak egyetlen számmal kifejezett értékmérője. Egyszerűen kifejezve a pillanatnyilag észlelt zaj szintből (PNL-ből) áll, amelyet a spektrális szabálytalanságra (hangmagasság korrekciós tényezőnek nevezett korrekció, amelyet minden időpillanatban csak a legnagyobb hangmagasságra végeznek el) és az időtartamra korrigálnak. Az Annex 16. 2. függelék 4. pontja tartalmazza a tényleges észlelt zajszint kiszámítása a mért zajadatokból.

### Helikopterek zajminősítése

Helikopterek zajminősítése során a mérési módszer eltér a légijárművektől. A Helikopterek zajminősítése szintén megközelítés, átrepülés, felszállás pontokon történik, meghatározott referencia feltételek (referencia pontok, és referencia eljárások) mellett, kategóriától függően, SEL (3175 kg-ig) és EPN dB (3175 kg felett) szintben.

### Légijárművek zajminősítésének hazai szabályozása

A hazai szabályozást a motoros légijárművek zajkibocsátásának korlátozásáról szóló 49/1999. (XII. 29.) KHVM rendelet tartalmazza. A rendelet eltér a nemzetközi szabályoktól és más kate-

góriákat alkot annak ellenére, hogy Magyarországnak az ANNEX 16 szerint kellene a légi járművek minősítést szabályoznia. Ezért jelen dokumentumban a jogszabály elavultságára tekintettel nem kívánom a minősítés főbb szabályait bemutatni.

### Javasolt kategóriák a Drónok zajminősítéséhez

Figyelembe véve a korábbi fejezetekben leírtakat a feladat nehézségét a kategóriák felállítása adja, a csoportosítás sok féle módon megtehető.

- hajtások száma szerint;
- meghajtás típusa szerint (elektromos, üzemanyagos);
- szárny szerkezet szerint (merevszárnyú és rotoros);
- méret szerint (nano drone-októl a ember vezette repülőgép méretűek).

**Hajtások száma szerinti megkülönböztetésnél** elválnak a repülő és helikopter típusú UAV-k. Itt elsősorban a copter típusú gépekre térnek ki.

A klasszikus helikopterek és a multikopterek kerülnek csoportosításra. A helikopter és a multikopter közti meghatározó különbség az, hogy míg a helikoptereknél a forgószárnyak dőlésszögének változtatásával változtatják a felhajtóerőt, addig a multikoptereknél a fix dőlésszögű rotorkok forgási sebességének változtatásával teszik ezt. A multikopterek több rotorral, karral és motorral rendelkező, azok által a levegőbe emelkedő és ott tartott repülőgépek. A multikopterek leggyakoribb fajtái a quadrokopterek, melyek 4 karon 4 motorral (quadkopter) rendelkeznek. Ezen kívül használnak még:

- 3 karon 3 motoros;
- 3 karon 6 motoros;
- 6 karon 6 motoros (hexakopter);
- 8 karon 8 motoros (octokopter).



9. ábra Példa a multikopterekre

Tekintettel a drónok nagy számára és a típus változatosságára a minősítés során figyelembe kell venni az adott drón sárkány szerkezetét és meghajtását és tömegét.

Ennek alapján az alábbi kategóriákra vonatkozó zajminősítő egyenértékű eljárások kidolgozását javaslom:

- 1) multikopter pilóta nélküli repülő eszközök és nem merev szárnyú pilóta nélküli repülő eszközökre alkalmazhatók,
- 2) merev szárnyú pilóta nélküli repülő eszközökre alkalmazhatók

Jelen dokumentumban a merev szárnyú pilóta nélküli repülőeszközökre minősítési módszer nem kerül bemutatásra.

Jelen mérési módszer alkalmazása a 450 kg maximális tömeget meg nem haladó drónokra javasolt. Azon drónok esetében, amelyeknek maximális megengedett tömege meghaladja a 450 kg zajminősítésükre vonatkozóan javasolom alkalmazni az Annex 16 és kapcsolódó „DOC”-oknak az előírásait.

### **Multikopter és nem merevszárnyú pilóta nélküli repülőeszközök zajminősítése**

A minősítő eljárás javasolt alkalmazni az EASA által jelenleg megadott kategóriát figyelembe véve 4 kg-nál nehezebb repülőeszközökre.

A multirotoros repülőeszköz nem sorolható egyértelműen a helikopterek és repülőgépek közé sárkányszerkezeti és meghajtási kialakításuk miatt. Ugyanakkor felépítésüket tekintve mégis csak a helikopterekhez állnak közelebb, ezért a javasolt minősítési eljárás kidolgozása során helikopterzaj elméletét vesszem figyelembe ezen repülőeszközök tekintetében.

A zajminősítési szint teljesítését bizonyítani hivatott vizsgálatok felszállások és leszállások és átrepülések sorozatából állnak, az alábbiakban meghatározott referencia zajmérés pontokon.

- 1) Az átrepülési (flyover) zajmérés pont;
- 2) A megközelítési zajmérés pont;
- 3) A felszállási referencia zajmérő pont.

Továbbá ezekhez a pontokhoz tartozó referencia eljárásokat szükséges megadni a minősítéséhez.

#### *Referencia átrepülési (flyover) zajmérés pont*

A föld felületén a repülési pálya közép vonala alatt a kijelölt repülési szakasz felező pontja a repülési pálya referencia pontja.

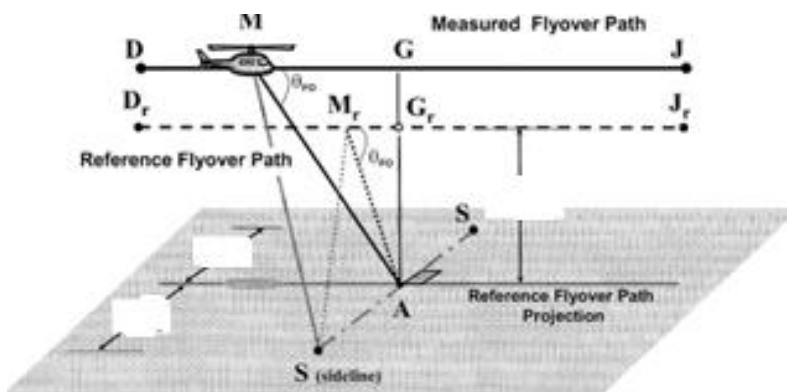
Az átrepülési referencia eljárásban meghatározott repülési pálya két oldalán, a repülési pálya referencia ponton átmenő egyenesen a föld felszínén szimmetrikusan 25-25 m-re elhelyezett két további pont.

#### *Átrepülési referencia eljárás*

A repülőeszközt a repülési pálya referencia pont felett 3 méteren  $\pm 0,1$  méter magasságon szint-repülésben kell stabilizálni, az átrepülési referencia eljárás során a maximális km/h sebességet kell mind végig tartani. A zajmérő műszert 1,5 méter magasságban szükséges elhelyezni.

Az átrepülés során a repülőeszköz magassága az átrepülési pontban mért referencia magasságtól  $\pm 0,2$  m-nél nagyobb mértékben ne térjen el.

A megközelítési zajvizsgálat alatt az  $5,5^\circ$  és a  $6,5^\circ$ -os megközelítési szögek által határolt légtérben a repülőeszközt stabilizált állandó sebességű megközelítésre kell állítani.



10. ábra Referencia zajmérési pontok az átrepülési zajvizsgálatánál

### A megközelítési referencia zajmérési pont

A föld felületén a repülési pálya közép vonala alatt a kijelölt repülési szakasz felező pontja a repülési pálya referencia pontja.

A megközelítési referencia eljárásban meghatározott repülési pálya két oldalán, a repülési pálya referencia ponton átmenő egyenesen a föld felszínén szimmetrikusan 25–25 m-re elhelyezett két további pont.

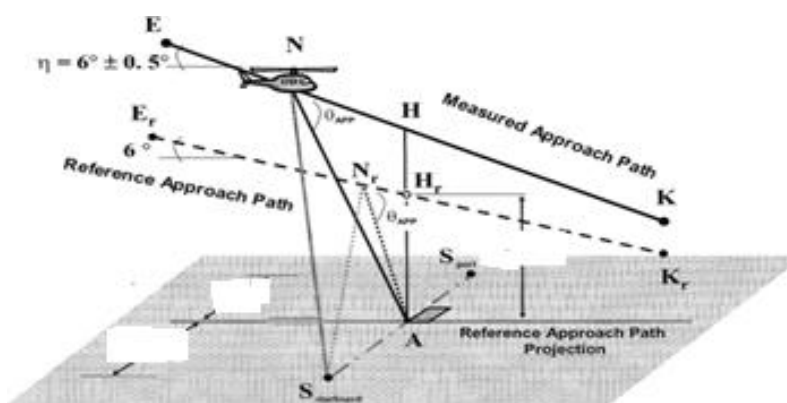
### A megközelítési referencia eljárás

A repülőeszköz legyen stabilizált és 6 fokos sikló pályát kövessen;

A megközelítést a legjobb emelkedési sebességgel kell végrehajtani, a megközelítés során végig stabilizált teljesítménnyel, a zajmérő pont felett átrepülve és a normál földet éérésig folytatott megközelítéssel;

A megközelítést a megközelítéshez engedélyezett maximum normál üzemi fordulatszámom stabilizált rotor sebességgel kell végrehajtani;

Kiengedett futóművel kell tartani mindvégig a megközelítési referencia eljárás során.



9. ábra Referencia zajmérési pontok az megközelítési zajvizsgálatánál

### A felszállási referencia zajmérő pont

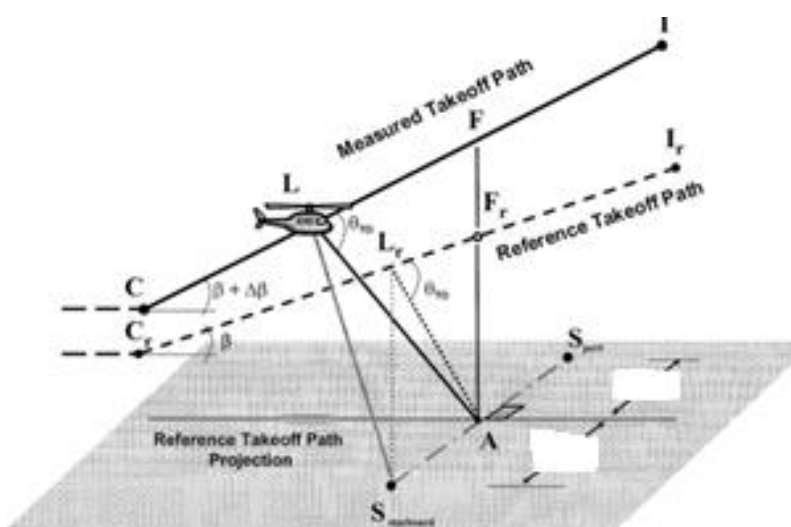
A föld felületén a repülési pálya közép vonala alatt a kijelölt repülési szakasz felező pontja a repülési pálya referencia pontja

A felszállási referencia eljárásban meghatározott repülési pálya két oldalán, a repülési pálya referencia ponton átmenő egyenesen a föld felszínén szimmetrikusan 25 - 25 m-re elhelyezett két további pont.

### A felszállási referencia eljárás

A repülőeszközt a következők szerint kell stabilizálni:

- a maximum felszálló teljesítményt el kell érni.
- a felszállási referencia eljárás során a legjobb emelkedési sebességhez tartozó sebességet végig tartani kell;
- a referencia felszálló pálya – definíció szerint – egy egyenes vonalú szakasz, amely a kezdőponttól (a központi mikrofonhely előtt 25 m-től és a föld felett 0,3 m-től emelkedik olyan szögben, amelyet a legjobb emelkedési mérték (BRC - Best Rate of Climb) és az illető hajtómű széria leggyengbb hajtóművének teljesítményéhez tartozó  $V_y$  határoz meg.



1210. ábra Referencia zajmérési pontok az felszállási zajvizsgálatánál

Minden eljárásban a mérő pontokat legalább 6 alkalommal kell átrepülni. A vizsgált eredményeknek egy átlag  $L_{Amax}$  és ennek 90%-os megbízhatósági határértéket kell eredményezni. A zajszint a mérőpont felett végzett összes érvényes korrigált mérések átlaga. Kellő mennyiségű mintának kell lenni, ahhoz, hogy a  $\pm 1,5$  dB (A)-t meg nem haladó 90%-os megbízhatósági határérték statisztikailag megállapítható legyen.

A vizsgálatot a repülőeszköz vonatkozó engedélyezett maximum tömegének 90 százalékánál nem kisebb tömeggel kell végrehajtani és végrehajtható a vonatkozó engedélyezett maximum tömeg 105 százalékát meg nem haladó tömeggel is. 90 dB  $L_{Amax}$  érték amit a minősítés során a repülőeszközök nem léphetnek át.

$L_{Amax}$  meghatározása a következő: a súlyozott A hangnyomásszintnek (lassú reagálás) a szabvány referencia hang nyomás ( $P_0$ ) négyzetéhez viszonyított és decibelben megadott maximum szintje.

### További javaslatok a mérés egyéb körülményeire

A szembeszélben végrehajtott szintrepülések száma egyezzen meg a hátszélben végrehajtott szint repülések számával. A cél a szél átrepülési zajszintekre gyakorolt hatásának minimalizá-

lása. Gyakorlati megfontolásokból, ha a földfelszín felett 10 m (33 ft) magasságban mért repülés irányú abszolút szélsősebesség 6 km/h-nál (3 kt-nál) kisebb, úgy a szél hatása elhanyagolhatóanak vehető.

A sebesség meghatározása történhet a repülőeszköz pályáján két ismert távolságra lévő pont közötti elhaladás idejének megméréseiből, az átrepülési zajmérések közben. A két pontnak a zajmérő mikrofontömböt közre kell fognia.

A repülőeszköz tömegének a maximum felszálló tömeg 90 és 105 százaléka közé kell esnie a felszállási és átrepülési esetekben, és a maximum leszálló tömeg 90 és 105 százaléka közé a megközelítési esetben.

### **Mérési és mérőrendszeri követelmények**

Környezeti levegő hőmérséklet 35 °C-nál nem több és -10 °C-nál nem kevesebb, valamint a relatív páratartalom 95 százaléknál nem magasabb és 20%-nál nem alacsonyabb a földfelszín felett 10 méter (33 láb) magasságban lévő pont és a légi jármű közötti teljes zajpályán;

Csapadék mentes időszak szükséges a mérés során.

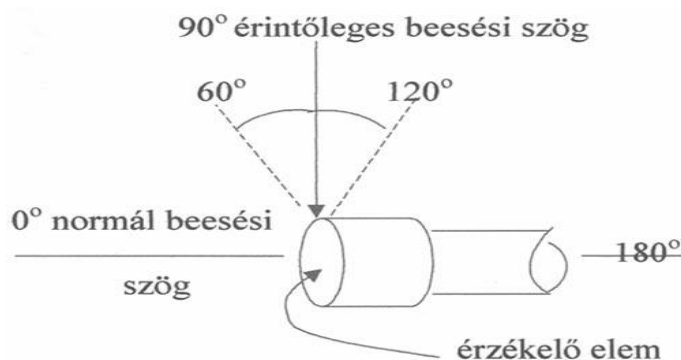
A levegőben lévő repülőeszköz zajának méréséhez túlzott hangelnyelő tulajdonsággal (mint amit a sűrű, tömörödött, vagy hosszú fű, bokrok vagy erdős területek okoznak) nem rendelkező viszonylag lapos környezetű terepet kell kiválasztani. Nem lehetnek a repülőeszköz zajmezőjét jelentősen befolyásoló akadályok a mikrofon alatt függőlegesen lévő pont feletti kúpos térben, amely kúpot a földfelszínre merőleges tengely és e tengelyhez képest mért 80°-os fél-szög határoz meg.

A mikrofont úgy kell felszerelni, hogy az érzékelőelem közepe 1,5 m magasságban legyen a helyi terep felülete felett, beesés irányra állítva, azaz az érzékelő elemnek alapvetően abba a síkban kell elhelyezkednie, amit a repülőeszköz névleges repülési pályája és a mérőállomás alkot. A mikrofon függesztési megoldás olyan legyen, amely a lehető legkisebbre csökkenti a mérendő hang tartóelemek általi interferenciáját. Az 13. ábra szemlélteti a mikrofonnal kapcsolatos beesési szögeket.

Az összes mikrofont egy ismert irányba kell beállítani, hogy az észlelt és legnagyobb erősségű hang lehetőleg pontosan abból az irányból érkezzon, amelyre a mikrofonokat kalibrálták. A mikrofonok érzékelő elemei a földtől kb. 1,2 m (4 -láb) magasságban legyenek elhelyezve.

A spektrális elemzéshez (lassú (SLOW) időszűréssel, vagy anélkül) az egymást követő hangnyomás szint minták közötti időtartam 500 ms  $\pm$  5 ms legyen;

Ha az elemző készülékben lassú (SLOW) idő átlagolás megy végbe, akkor az egyharmad oktáv sáv elemző rendszer egy állandó szinuszos jel hirtelen beérkezésére, vagy megszakadására való reagálást, az adott egyharmad oktáv névleges középsáv frekvenciáján, a beérkezését követően 0,5; 1; 1,5 és 2 másodperc időpillanatban vett mintán, illetve a megszakadást követően a 0,5 és az 1 másodperces mintavételi időpillanatokban kell mérni.



11. ábra Mikrofon hang beesési szögek szemléltetése

A mérőrendszer akusztikus érzékenységét ismert frekvencián ismert hangnyomásszintet előállító akusztikus kalibráló berendezés használatával kell meghatározni.

Elegendő számú hangnyomás szintkalibrálást kell végezni a napi munka során annak biztosítása érdekében, hogy a mérő rendszer akusztikai érzékenysége ismert legyen az egyes ellenőrzés sorozatokhoz tartozó fennálló környezeti feltételekre vonatkozóan. A mérőrendszer megfelelőnek akkor minősíthető, ha az adott napon a közvetlenül a méréssorozat előtt és után mért akusztikai érzékenységi szintek közötti eltérés nem haladja meg a 0,5 dB-t. A 0,5 dB-es határ a kalibrátor kimenő szintjére mindenféle légköri nyomás korrekció meghatározását követően alkalmazandó. Az elő- és utómérések számtani középértékét kell alkalmazni a mérőrendszer adott vizsgálat sorozat alatti érzékenységének bemutatására

A mérőponton tapasztalható háttérzajt a mérőrendszer erősítését a repülőgép zajméréséhez használt szintre állítva rögzíteni kell (legalább 30 másodperces tartamban). A rögzített háttérzaj minta feleljen meg az ellenőrző vizsgálat során fennálló háttérzaj viszonyoknak.

## JAVASLAT A PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐESZKÖZÖK ZAJVÉDELMI SZEMPONTÚ JOGI SZABÁLYOZÁSÁRA

Nem elhanyagolható az a tény, hogy napjainkban a pilóta nélküli repülő eszközök egyre nagyobb teret nyernek szerte a világban és ez magával vonzza az adott környezet zajterhelésének változását, mellyel foglalkozni szükséges. A kidolgozott mérési módszerek alapján kapott eredményeknek beilleszthetőnek kell lennie az adott ország nemzeti zajszabályozásába oly módon, hogy azt minősíteni lehessen olyan határértékre, amely ténylegesen zavarja a környező lakosságot. Szomszédjogi zavarásnak csak az a zavarás minősülhet, mely folyamatos és ismétlődő. Lenkovich Barnabás állampolgári jogok országgyűlési biztosa által kiadott jelentése szerint a szükségtelen zavarás fogalma kifejezi, hogy a zavarás bizonyos – mindig az egyedi esetben meghatározható - köre felfogható szükségesnek, azaz a zavarás valamely szintjét mindenki köteles eltűrni. Figyelembe véve az emberek eltérő tolerancia szintjét nagyon nehéz behatárolni a határértékek felállításánál, hogy mi az az érték és mi az a mértékegység, amit fel kell ahhoz állítanunk egy mérés vagy minősítés során ami még mindenki számára elfogadható és nem minősül zavarásnak. Nem szabad a tényt elfelejtenünk, amelyet az Európai Emberjogi bíróság már 1994-es határozatában megállapított még pedig azt, hogy a zajhatás szomszéd jogi probléma lenne, de az egészséges emberi környezethez való jog európai emberjogi alapelvnek minősül. Meg kívánom jegyezni, hogy a jelen dokumentumban bemutatott mérési módszer és mérési

távolságok csak elvi javaslatok azokat mérések nem előzték meg, fontos lenne a lefektetett elvet további vizsgálatok alá vetni és tekintettel a fenti jogi okfejtésre fontos lenne a hazai jogalkotóknak is a nemzeti szabályozásába beépíteni ezzel is megelőzve és kezelhetővé téve egy ránk váró megoldandó újabb 21. századi közlekedési eszköz zajártalmából adódó környezetvédelmi terhelés kezelését és csökkentését.

#### **FELHASZNÁLT IRODALOM**

- [1] Bera József – Pokorádi László: Helikopter zaj elmélete és gyakorlata Campus Kiadó, 2010. december
- [2] ICAO ANNEX 16/I Környezetvédelem: Légijárművek zaja
- [3] ICAO DOC 9501: Környezeti Műszaki kézikönyv légijárművek zajminősítéséhez használt eljárások alkalmazásához
- [4] A motoros légijárművek zajkibocsátásának korlátozásáról szóló 49/1999 (XII.29.) KHVM-KTM rendelet
- [5] Atp-3.3.7 Guidance for the training of Unmanned aircraft systems (uas) OPERATORS Edition B Version 1 APRIL 2014
- [6] Unmanned Aircraft System Operations in UK Airspace – Guidance CAP 722
- [7] Zboray Zoltán: A pilóta nélküli repülőeszközök (UAV) jogszabályi környezetének és gyakorlati alkalmazásának távérzékelési aspektusai, MFGI, Budapest, 2015.01.29
- [8] NASA/TM Perspectives on Unmanned Aircraft Classification for Civil Airworthiness Standards
- [9] Anlage N zu LBTH 67 Lärmzulässigkeiten von unbemannten Luftfahrzeugen bis 150 kg
- [10] European Aviation Safety Agency: Certification Specifications Group: CS-36 Aircraft Noise
- [11] European Aviation Safety Agency Concept of Operations for Drons: A risk based approach to regulation of unmanned aircraft
- [12] Julesz Máté: Környezetvédelem polgári jogi vonatkozásai PhD-értekezés, Pécs 2007
- [13] Az állampolgári jogok országgyűlési biztosának jelentése OBH 1981/2003

---

---

#### **PROPOSAL FOR THE NOISE IMPACT ASSESSMENT OF UNMANNED AIRCRAFTS**

*Currently, there exists no international standard method for the assessment of the noise impact of drones. Due to the differences in national classification systems, this task is not easy. However, national regulations clearly show that military and civil uses should be separately regulated. When developing noise measurement methods and noise rating schemes, the basis for such rating should be based on fuselage structure, mechanical drive, “propulsion unit” position, and maximum take off mass.*

**Keywords:** *unmanned aircrafts, noise, noise impact, regulation*

---

---

Dr. PALIK Mátyás (PhD)  
egyetemi docens  
Nemzeti Közszerződési Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztoképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék  
palik.matyas@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-2304-372X

---

Dr. PALIK Mátyás (PhD)  
Associate Professor  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aerospace Controller and Pilot Training  
palik.matyas@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-2304-372X

---

CSERMELY Ildikó (MSc)  
Zajvédelmi szakértő, projektmenedzser  
Akusztika Mérnöki Iroda Kft.  
csermely.ildiko@akusztikakft.hu  
orcid.org/0000-0002-7332-2743

---

CSERMELY Ildikó (MSc)  
Noise protection expert, project manager  
Akusztika Mérnöki Iroda Kft.  
csermely.ildiko@akusztikakft.hu  
orcid.org/0000-0002-7332-2743

---





[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-15-0342\\_Csermely\\_I-Palik\\_M.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-15-0342_Csermely_I-Palik_M.pdf)

Bödör Balázs, Nagy Rudolf

## A FORRESTAL REPÜLŐGÉP-HORDOZÓN BEKÖVETKEZETT TŰZESÉT VIZSGÁLATA

*1967-ben a Vietnami-háború idején az Egyesült Államok egyre nagyobb erőket vetett be Észak-Vietnam ellen. A harcokban részt vettek a repülőgép-hordozók is, amelyekről több századnyi csapásmérő repülőgép szállhat fel. Július 27-én tűz ütött ki a Forrestal hordozó fedélzetén. A jelentős anyagi kár mellett sokan veszítették életüket. Ezzel együtt Amerika egy jelentős veszteséget könyvelhetett el harcértéket tekintve. Az írás a hajó általános haditechnikai jellemzésére támaszkodva vizsgálja a baleset körülményeit, különösen a tűzvédelmi rendszernek az események kifejlődésében játszott szerepét. Áttekinti továbbá mindazon veszélyes és hadianyagokat, amelyeknek szerepük volt a hajó fedélzetén kialakult súlyos baleset bekövetkezésében, illetve további kockázatokat jelentettek a káresemény felszámolásában. A tüzeset vizsgálata választ keres arra a kérdésre, hogy miként következhetett be az egyik legsúlyosabb fedélzeti baleset a modern kori haditengerészet történetében.*

*Kulcsszavak:* repülőgép-hordozó, tűzvédelem, baleset, tűzoltó berendezés, veszélyes anyag.

### BEVEZETÉS

A modern haditengerészet egyik legsúlyosabb balesete 1967. július 27-én kevéssel 11 óra előtt következett be. Az Amerikai Egyesült Államok egyik legmodernebb hajóján, az USS Forrestal CVA<sup>1</sup> 59 fedélzetén, miközben a Vietnami háborúban teljesített szolgálatot.

A tengerészek mindig is tartottak a szolgálat teljesítése közbeni tüzesetektől, mivel a nagymennyiségű veszélyes anyagok jelentette jelentősen növelte a tüzek kitörésének kockázatát. Az ebbéli aggodalmaikat tovább fokozhatta az a tény egy hajón meglehetősen korlátozottak a menekülés lehetőségei, ami mind fokozottabban érvényesül, ahogyan távolodunk a fedélzeti szintől az alacsonyabban elhelyezkedő helyiségek irányába. Minél nagyobb tehát egy hajó egység vízkiszorítása, annál inkább felértékelődik a tűzvédelem elsődleges, életvédelmi célú alkalmazása. Ezt tovább tetézi, hogy egy olyan népes helyen, ahol több ezer ember szolgál a meneküléshez szükséges idő a járható irányok egyébként is szűkös voltából eredően tovább növekszik, míg a mentés végrehajtása egyre nehezebbé válik.

Ugyanakkor nem csak a hajóegységen szolgáló legénység biztonságának garantálása a cél a megfelelő tűzvédelmi rendszerek kialakítása kapcsán, de a haderő ezen nemének csapásmérő erejét is nagyban meghatározó kérdéssé lép elő a repülőgép-hordozókon megvalósítandó tűzbiztonság. A flotta harcértékének megőrzése nagyban függ ezen hajóosztály hadrafoghatóságának biztosításától, ami abban is tetten érhető, hogy komplex kiszolgálásában szinte minden hajóosztály részt vesz. Mivel a repülőgépek bevetései intenzív ütemű üzemanyag felhasználással járnak, szükség van a töltőhajókra, amelyek a kerozin utánpótlást szállítják a repülőeszközök

<sup>1</sup> CVA-Carrier Vessel Attack – Támadó Repülőgép-hordozó

számára, és emellett a legénység nagymennyiségű ellátmányát is biztosítani kell. A hadianyagok, mindenekelőtt a lőszer, bombák és rakéták egy másik nagyon fontos szükséglete a harci bevetéseknek, melyek biztonságos tárolásában a tűzvédelem kiemelt szerepet kap a hordozón.

Egy ilyen monstrumon az anyagi javak védelme is hangsúlyosan jelentkezik, mivel a légi csapásmérő eszközök – melyből nagyjából 100 darab található egy hordozón – különösen nagy értéket képviselnek. Nem is beszélve a magáról az igen komoly harcértékkel bíró repülőgép-hordozóról. Egy úszó légi bázis még napjainkban is jelentős potenciált képvisel a saját oldalon, és rendkívül értékes célpont a szembenálló fél számára. Ennek bizonyítékául szolgálhat az a történelmi tény, hogy a második világháborúban a csendes-óceáni hadszíntéren a japán haderő hordozóinak elvesztése fordulópontot hozott a katonai sikerek terén, és ezt követően a japán hadvezetés fokozatos meghátrálásra kényszerült.

## A HAJÓ

A Forrestal az Egyesült Államok Haditengerészetének (továbbiakban: US. Navy) első szuperhordozóinak egyike volt. A hajóosztály is a Forrestal nevet kapta, mivel az első hajó nevét viseli az osztály is. A névadó, James V. Forrestal pilóta volt a haditengerészetnél, aki később Védelmi Miniszter is lett<sup>2</sup>. 1954 decemberében bocsátották vízre. Az első hordozó az US. Navy történetében, amelyet kifejezetten sugárhajtású repülőgépek üzemeltetésére terveztek, és egyben a második világháború óta megépített első repülőgép-hordozó is volt. Méreteit tekintve is hatalmas volt. 328 méter hosszú és 77 méter széles repülőfedélzettel rendelkezett. Vízkiszorítása meghaladta a 79 000 tonnát. A hajó mozgatásáról és energia ellátásáról négy darab General Electric típusú gőzturbina gondoskodott. Ezek teljesítménye összesen 260 000 lóerő volt, maximum 63 km/h sebességre tudták gyorsítani a hajót. Nagyjából 5500 ember szolgált az úszó „erődben”, ebből hozzávetőlegesen 3000 fő üzemeltette a hajót, míg a fennmaradó közel 2500 fő a repülőgépek kiszolgálásában vett részt. A hordozón helyet kapott még a postahivatal, a mosoda és egy bolt is. Külön érdekesség, hogy naponta nagyjából 750 liter friss vizet tudtak a tengervízből előállítani a legénység számára. Ennek köszönhetően nem kellett a vízkészleteket folyamatosan újra tölteni.

Miután sikeresen felszerelték a hordozót, és minden próbát végrehajtottak rajta, a Szuezi-válság övezetébe vezényelték. Ekkoriban ez a hajó képviselte az egyik legnagyobb harcértéket a flottában. Az ezt követő éveket főleg a Földközi-tengeren töltötte, demonstrálva a többi ország számára kivételes csapásmérő erejét és az amerikai haditengerészet technikai fölényét. Ennek bizonyítéka, hogy a 60-as években a Forrestal fedélzetére egy C-130 Herkules szállító gép is landolt. Közben jóval keletebbre egyre inkább kiéleződtek az ellentétek az amerikai kormány által támogatott Dél-Vietnám és az Észak-Vietnámi kommunista állam között. Így az egységet 1967-ben a Tonkini-öbölbe vezényelték. Az első pár napban több száz sikeres harci bevetést teljesítettek a hordozóról felszálló repülőgépek. Ekkoriban a szárazföldi célpontok elleni csapásmérés volt a fő feladat, de a tengerészet pilótái gyakorta vívtak légiharcot az ellenséges MiG-ekkel. A hajón kettő századnyi F-4 Phantom II típusú vadászbombázó, további két század A-4 Skyhawk könnyű támadó repülőgép, egy század A-6 Intruder bombázó, ugyancsak egy-

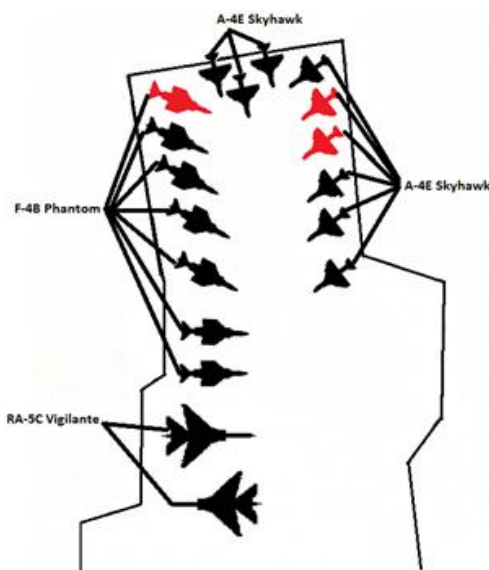
---

<sup>2</sup> Itt nem érnek véget a hajóval kapcsolatos politikai vonatkozások, ugyanis a baleset idején vadászpilótaként szolgált John McCain, aki A-4 Skyhawk típusú gépet repült és 2008-ban republikánus elnökjelölt lett.

egy századnyi RA-5C Vigilante felderítő, és E-2C Hawkeye légtérelenőrző, valamint A-3D Skywarrior légiutántöltő repülőgép szolgált. Emellett egy századnyi Sea King típusú helikopter is üzemelt a fedélzetről.

## A BALESET

1967. július 29-én a nap első bevetése sikerrel járt, melynek során minden repülőgép, amelyet elindítottak, sikeresen célba juttatta bombaterhét, majd veszteség nélkül tértek vissza. A személyzet előkészítette a repülőgépeket a második csapásmérésre. 27 teljesen felfegyverzett, és üzemanyaggal feltöltött gép volt ekkor a fedélzeten összefűzve<sup>3</sup>. Ilyenkor végzi el a személyzet az utolsó ellenőrzéseket bevetés előtt. Ennek során egy súlyos szabálytalanságok követtek el, amikor is a személyzet faládákban a fedélzeten tárolt néhány tonna bombát, a tengeri levegő korróziós hatásainak és a napsugárzás okozta felmelegedésnek kitéve. Eközben a Forrestal csapásmérés elindításához szembeszélbe fordult és 30 csomós sebességre gyorsított. Ez azért volt szükséges, hogy a repülőgépek biztonságosabban tudjanak felszállni a hajófedélzetről. A pilóták beindították a hajtóműveiket, de ekkor az 1. ábrán is feltüntetett egyik F-4 Phantom szárnya alól elindult egy Zuni levegő-felszín rakéta, megütve egy embert, majd egy szemben lévő A-4 Skyhawk-ot találva el.



1. ábra: A fedélzeten parkoló repülőgépek vázlata<sup>4</sup> [1]

A rakéta azonban nem robbant fel, hanem az óceánba csapódott. A sárkányszerkezeten keletkezett sérülés nyomán a fedélzetre kiömlő üzemanyag a rakéta lángcsóvájától begyulladt. A kifolyt hajtóanyag felszínén a tűz nagy sebességgel terjedt szét a fedélzeten, és további repülőgépeket borított lángba. Az 1 táblázatban szemléltetett adatokból kiolvashatóan igen gyúlékony éghető folyadék magas hőmérsékletű égése keltette erőteljes feláramlások miatti turbulenciát tovább fokozta a sebességnövelésével párosuló ellen szél is.

<sup>3</sup> Így nevezik, repülős nyelven, mikor szorosan egymás mellé állítják a gépeket.

<sup>4</sup> Az elsőként balesetet szenvedett repülőgépek pirossal kiemelve (archív filmfelvételek alapján szerzők).

Név	Tömeg	Gyulladáspont	Fagyáspont
JP-5 kerozin	0,81 kg/l	60 °C	-46 °C

1. táblázat A JP-5 Kerozin főbb fizikai jellemzői [2]

A fedélzetmester teljes harci riadót fújt és jelentést tett a helyzetről. Minden ajtót és nyílást lezártak, hátha a levegő szabad áramlását akadályozva valamelyest fékezni tudják a tűz terjedését. A hajót is lelassították, hogy a szél ne terjessze tovább a tüzet, de a lángok megfékezéséhez ez sem volt elég. Nagyjából 90 másodperccel a tűz kezdete után, a termelődő hő felrobbantott egy bombát, majd néhány másodperc múlva robbant a következő is. A detonáció következtében néhány matróz azonnal szörnyethalt, köztük a kiképzett tűzoltók nagy része is, akik kézi porral oltó készülékekkel (angol rövidítés szerinti: PKP) próbáltak beavatkozni. A hajófedélzet súlyosan megrongálódott, és a repeszek megsértették több másik repülőgép üzemanyagtartályát is, melynek következtében nagy mennyiségű üzemanyag folyt szét a fedélzeten, melynek nagyságrendjét jól érzékeltetik a 2 táblázatban szereplő adatok.

Típus	Mennyiség/gép [db]	Belső tartályok [l]	Póttartály(ok) [l]
F-4B Phantom II	7	7642	2271
RA-5C Vigilante	2	13265	6056
A-4E Skyhawk	12	2234	2149

2. táblázat A balesetben érintett repülőgéptípusok száma, teljes üzemanyagkészlete [3]

A fedélzetbe ütött lyukakon át tűz és füst jutott be a hajótestbe. Rövidesen a repülőgépek borítása is lángra kapott, amely a magas égéshővel rendelkező alumínium és magnézium tartalma miatt fokozta az egyébként is igen intenzív hőfejlődést, tovább nehezítve az oltást. Az elsőként odaveszett tűzoltók híján fellépő zűrzavarban, ahogyan azt az 1. kép is szemlélteti a legénység minden lehetséges eszközzel próbálta a terjedő lángokat eloltani.



1. kép A fedélzet a tűz megfékezése után [3]

A hősiessen helytálló személyzetnek több mint 24 órába tellett mire teljesen meg tudta fékezni a tüzet, amely a fedélzet alatt is tovább terjedt. A baleset során komoly veszteségeket szenvedett a tengerészet. 134 tengerész vesztette életét és további 161 sebesült meg. 21 repülőgépet veszítettek el. Ezen felül a sérülés következtében a Forrestal küldetését is fel kellett függeszteni. Két évbe telt mire ismét teljesen hadrafoghatóvá tudták tenni a hordozót. Akkori árfolyamon 72 millió dollárba került a felújítása. Nem is beszélve a harci potenciálban jelentkező időleges veszteségekről, amit a csapásmérő egységek hiánya következtében, kényszerűségből elszenvedtek. Mivel azonban az amerikaiak gyorsan pótolni tudták a Forrestal kiesését, összességében a háború kimenetelére nem volt kihatása a hajó térségből való kivonásának.

## ALKALMAZOTT TÜZVÉDELMI RENDSZER

A tengerészetnél mindig is nagy szerepet kapott a tűzoltás, illetve a károk kezelése, ugyanis egy hadihajón rengeteg veszélyes anyag található. Elég megemlíteni a rakétákat, bombákat, lövedékeket, üzemanyagot, festéket és lehetne folytatni a végtelenségig. Haditengerészet történetében nem egy tüzesetről tudunk, amely végzetes is lett. Például a Midwayi-csatában a japán repülőgép-hordozók túlnyomó részében közvetlenül a fedélzet alatt tárolták a bombákat, ezáltal ideális célpontok lettek. Említhetném a Saratoga tüzesetét is, ami ugyancsak súlyos sérüléseket szenvedett, azonban mégsem süllyedt el. Kiemelkedően fontos szerepet kaptak itt a tűzzáró cellák, melyeket külön-külön lehetett nyitni és zárni. Az US. Navy 1967-ben érvényes tűzoltási és kárelhárítási szabályzata, gyakorlatilag a második világháborús kiadványra épült. A világháborúban még nagyobb eséllyel kapott találatot egy hajó, ezért akkoriban ez a kérdés kihagyhatatlan volt, így ezeket a kimagaslóan nagy kockázati tényezőkké sorolták. A haditengerészetnek 7 nagy iskolája volt, ahol tűzoltókat képeztek. A teljes képzés mindössze 10 napot vett igénybe, itt végigvették, hogy milyen fajta tüzek keletkezhetnek repülőgép-hordozókon, és melyek az azoknak a megfelelő oltási módok, illetve megtanították a tűzoltó szakfelszerelések használatát. Az US. Navy-nél a tüzeket és az oltásukhoz használt oltóanyagokat az 3-es számú táblázatban foglaltak alapján osztályozzák.

Tűzosztály	Gyúlékony anyagok	Oltóanyag
Alpha	Ágynemű, könyvek	Víz
Bravo	Olaj, üzemanyag, festék, kenőanyag	Hab
Charlie	Elektromos berendezések	CO2
Delta	Fémek	Tengerbe dobás

3. táblázat A tüzek haditengerészeti nomenklatúra szerinti osztályozása [5]

Akkoriban nagyjából 600 hallgató végezte el a képzést havonta. Ez meglehetősen kevés, az elég szerény képzési időhöz viszonyítva.

1951-ben kiadták az új tűzoltási szabályzatot. Ez három fő részre volt tagolva. Az első rész a tűzoltás és kárelhárítás felszereléseit mutatta be, a második a megelőző berendezések működtetését taglalta, míg a harmadik a tűzoltás taktikáját és eljárásait tartalmazta.

Ami a hajók tervezését illeti, mindig úgy tervezték őket, hogy harcképtelenné válásuk ellenére komoly sérülésekkel is „túl tudják élni” a tengeren. A második világháborús tapasztalatok alapján tervezték az új Forrestal osztályú hajókat is. Kiemelt szerepet kapott a tervezés során a felszín alatti támadástól elszenvedett sérülés. A hajók teljes hosszában vízzáró cellák helyezkedtek el, ezek mérete a hajóétól függött. A tüzeket és robbanásokat vizsgálva a Forrestal fedélzetét nagyon kemény és vastag acélból építették. Ugyanis a világháborúban a legtöbb korabeli hajónak fából volt a feldélezte, ezáltal kedvelt célpontok voltak. Az említett tapasztalatok alapján kialakított erős fedélzet miatt a bombák nem tudták már a hajótest aljában elhelyezkedő hajógépeket károsítani.

### **Berendezések**

A hajón oltóberendezés volt található, amely sós vizet fecskendezett be szükség esetén, ezeket megszakító szelepekkel is ellátták, ugyanis az gyakorlati tapasztalatok alapján kiderült, hogy a beáramló víz mennyisége gyakran instabillá tette a hajót. A hangárfedélzetet a 2. képen bemutatott beépített habbal vagy vízzel oltó berendezésekkel (továbbiakban: Sprinkler<sup>5</sup>) látták el, a tüzek terjedésének megállítására érdekében. Néhány habtermelő állás is ki lett alakítva. Ezek nagy mennyiségű oltóhabot termelnek a hangárfedélzeten és a leszállófedélzeten lévő tüzek megfékezéséhez, elfojtásához.



2. kép A hangárfedélzet habsprinkler-rendszere működés közben [6]

### **Tűzoltási lehetőségek**

Egyidejűleg kétféle oltóanyagot igen ritkán alkalmazhatunk egy adott tűz oltására, ugyanis egymás hatásait kiolthatják. A halonokat mára már csak a haditengerészet használja oltóanyagként.

---

<sup>5</sup> Sprinkler berendezés – Beépített habbal vagy vízzel oltó berendezés.

A halonok szénhidrogének vegyületeiből állnak. Lánggal égő anyagok oltására alkalmasak, különösen jó repülőgépek hajtóműtüzeinél, robbanásvédelemre. Előnye más oltóanyagokhoz képest, hogy sokkal kisebb oltóanyag mennyiség szükséges, továbbá nincs visszamaradó kár.

### **Vízzel való oltás**

A leggyakrabban alkalmazott oltóanyag az oltóvíz. Oltóhatásai együttesen jelentkeznek. Elsődleges vagy fő oltóhatása a hűtőhatás. Másodlagos oltóhatása a kiszorító, vagy fojtóhatás. Emellett nagy mechanikai ütőhatása is van. Vezetőképessége miatt elektromos tüzekhez nem használható. Előnye, nagy mennyiségben megtalálható a természetben, nem mérgező, jó a hőelvonó képessége és nagy nyomással továbbítható. Hátrányai, a fagyásveszély, illetve a hőbomlás eredményezte robbanásveszély miatt az izzó anyagok, valamint a nagy sűrűsége okán a folyadékok, szénhidrogének túlnyomó része nem oltható vele. A hűtőhatása, a víz párolgásán és magas fajhőjéből eredő hőelvonó tulajdonságán alapszik. Mikor a lángzónába ér a víz, akkor nagy fajhőjének megfelelő mennyiségű hőt vesz fel, azaz hőt köt le, ezáltal a gyúlékony gázok lehűlnek és a hőátadás és hősugárzás csökkenésével növeli az égés hőveszteségét és amint ennek sebessége meghaladja a hőtermelés sebességét, a tűz fokozatosan kialszik. Másfelől, a gőzzé alakulás során bekövetkező halmazállapot-változáshoz szükséges párolgáshőt elvonva ugyancsak hűti a lángokat és a felmelegedett felületet. Fojtóhatáson belül a kiszorítás működik, mivel a hő hatására nagy mennyiségű és térfogatú gőz keletkezik a vízből. Ez a hirtelen bekövetkező 1750-szeres folyadék-gőz térfogatnövekedés az égéstérből kiszorítja az oxigént, illetve az éghető gázt az égési zónából. Az ütőhatás mechanikai elven, az égő anyagról leszakítja a lángot, ezzel megbomlik az égő felületre visszasugárzó hő folytonossága. Alkalmazási lehetőségeket tekintve, lehet alkalmazni kötött sugarat, porlasztott sugarat, vagy vízködöt. Kötött sugarat csak indokolt esetben lehet alkalmazni, leginkább, amikor a tűzfészket nem lehet megközelíteni, ugyanis nagy a hősugárzás vagy a robbanásveszély. A porlasztott sugár esetén a vízcseppek átmérője 0,5–1 mm nagyságú, vízfüggőnyt képez. A nagy fajlagos felület gyorsan vesz fel a hőt. Fontos megemlíteni, hogy ez kisebb kárt okoz jóval, mint a kötött sugár, azonban kicsi a hatótávolsága, és a szél, valamint a hőmérséklet különbség létrehozta felhajtóerő és turbulencia miatti intenzív gázcsere erősen befolyásolja irányíthatóságát. A vízködöt mikron nagyságú vízcseppek alkotják, kiemelkedően jó a hőelvonó tulajdonsága, azonban a gázcsere és a felhajtóerő könnyen magával ragadja. Felületi tüzeknél alkalmazzák.

Tűzivíz-hálózatra telepített tűzcsapokból tűzoltó tömlők és sugárcsövek segítségével vagy Sprinkler berendezésekkel juttatják a tűzre. A legtöbb tűzcsapnak a repülőgép-hordozókon 2½ hüvelyk átmérőjű csatlakozása van. Néhány csapnak 1½ hüvelyk átmérőjű csatlakozása volt, de ezek számát csökkentették. A tűzcsapok a Forrestralon úgy voltak elhelyezve, hogy bármely ponthoz legalább kettő helyről, darabonként egy 30 méteres tömlő elérjen. Ezek állandóan csatlakoztatva voltak a tűzcsapokhoz. A tűzcsapok mellett találhatóak a speciális kapocskulcsok, és az osztók, amivel plusz tömlőt lehet csatlakoztatni, ha szükséges. A többcélú sugárcsövekkel akár szórt, vízköd (Alpha és Bravo osztályú tüzek ellen, illetve a fegyverek felhevülése ellen) vagy egyszerű kötött sugarú (Alpha osztályú tüzek ellen) szórás kép is kialakítható. Mindegyik sugárcsőhöz tartozik egy 1,2 méteres, 3,0 méteres és egy 3,6 méteres eszköz, amit felszerelve alacsony nyomású párat lehet kilőni.



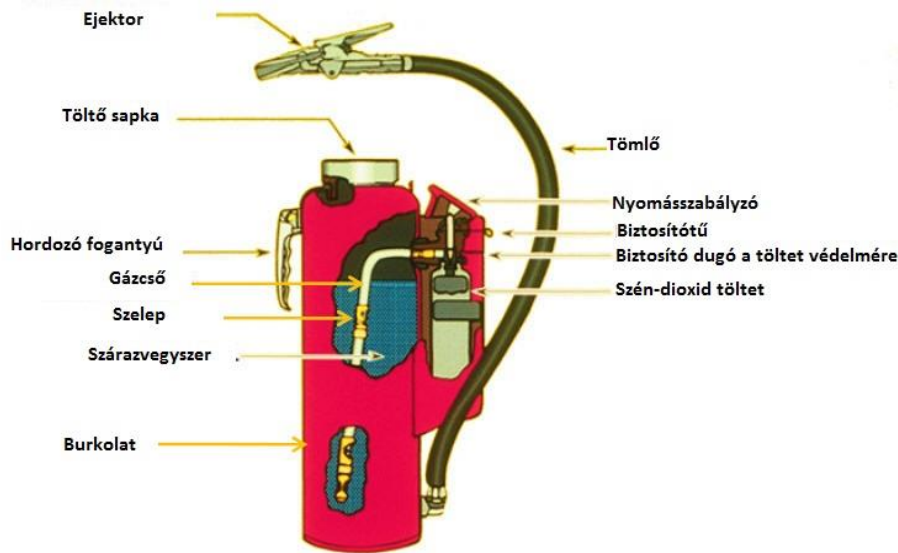
## Tűzoltóhab

A haboknak hűtő, takaró, oltó, és elválasztó hatása van. A takaró hatás lényege, hogy az égő anyagot elzárja az oxigéntől, mechanikai úton, ezért oxigénhiány miatt a tűz kialszik. Másrészt megakadályozza, hogy az éghető gőzök és gázok a takaró habréteg fölé kijussanak, és újra lángra lobbanjanak. 100 °C felületi hőmérséklet felett a hűtőhatás érvényesül, míg ez alatt a takaró hatás működik. Emulziót alakít ki a habból kiváló víz, többféle éghető folyadékkal, ez éghetetlen réteget képez. A nehézhab (proteinhab) tulajdonságai: nagy fajsúlya van, nagy távolságra lehet lőni, elég jelentős a terülőképessége, ennek a legkisebb a víztartalma. Míg a könnyűhab tulajdonságai: kicsi a fajsúlya, gyenge a terülőképessége, gyakorlatilag nincs is lőtávolsága. E kettő közötti átmenetet képeznek a középhabok. A habbal való oltás a legjobb megoldás Bravo osztályú tüzek ellen. 1967-ben kétfajta hab volt rendszeresítve az US. Navy-nél. A proteinhab és a könnyűhab. A könnyűhab fluortartalmú felületaktív anyagok keveréke. Mindkettő sűrített folyadék formában került a hajóra és 6% koncentrátum 94% víz formájában keverve került felhasználásra. A két hab teljesen kompatibilis egymással, tehát lehet egyszerre használni őket. A haditengerészet a proteinhabot tervezte kivonni, mert annak limitált szavatossági ideje van. A könnyűhabot korlátlan ideig lehetett tárolni. A legegyszerűbb módja a habbal való oltásnak, hogy veszünk egy ejektort egy szívó tömlővel. A tűzoltó tömlőt csatlakoztatjuk az ejektorhoz, és a szívó tömlőt, a szabvány 19 literes (5 gallonos) tartályba tesszük. Mikor a tömlő feltöltődött, az ejektoron át elkezdi áramlani ki a víz, ez szívóhatást hoz létre, ami a szívó tömlőn át magával szívja a koncentrátumot. Majd az ejektor keverő kamrájában a levegővel elkeveredve habot képez. Egy ilyen ejektor egy 19 literes tartályt nagyjából 90 másodperc alatt ürít ki. Ez idő alatt körülbelül 2500 liter hab képződik. Természetesen a tartályt után lehet tölteni, ha szükséges. Egy nagyobb számban jelen lévő oltóeszköz az adagoló. Ez az üzemi helyiségeket, hangárokat hivatott megvédeni. Itt vízszivattyú és pumpa segítségével állítják elő a habot. Ezek úgy vannak kialakítva, hogy a legjobb adagolásban keverjék a habot és a vizet. A vízellátás csövekről történik, míg a haboké az előre telepített, vagy mobil koncentrátum tartályokból. A sprinkler berendezésekhez hasonló hatékonysággal működnek. 3-4 ember szükséges egy habgenerátor működtetéséhez. A tartály mérete a berendezés méretétől függ, amelynek térfogata a 190 literestől egészen az 1135 literesig terjed. A nagyobb berendezések a hangárok védelmét szolgálják. E berendezéssel maximális teljesítményen üzemeltetve 21577 liternyi habot lehetett előállítani percenként. Ezzel az ütemmel 5 perc alatt ürült ki a 1135 literes tartály. Eközben a matrózoknak kötelességük 19 literes kannákból pótolni a koncentrátumot a tartályba, így folyamatosan biztosítható volt a berendezés állandó kapacitású üzeme.

## Hordozható oltókészülékek

Kétféle hordozható oltókészülék volt rendszeresítve a haditengerészetnél. A szén-dioxid és a por oltóanyagú. A szén-dioxid oltóanyagú készülékek hatásosak kisebb Alpha és Bravo, de még akár Charlie osztályú tüzek ellen is. 1–1,5 méter távolságból voltak hatásosak. Általában 40–45 másodpercig tudtak velük oltani. Mivel kis tömegben nagyon kicsi a szén-dioxid hűtő képessége, ezért a nagyobb tüzek újra fellobbanhatnak. Elsődleges oltóhatása a fojtóhatás - ugyan úgy, mint más oltógázok esetében – csak zárt térben érvényesül. Az égési reakcióban nem vesz részt mivel semleges, azaz inert gáz. Azonban a tűzbe juttatva az éghető gázok és az oxigén koncentrációját csökkenti.

A rendszeresített porral oltó készülékek, azaz kézi PKP oltókészülékek szintén nagyon nagy számban voltak megtalálhatóak a fedélzeten. Ezek 5,5–6 méter távolságból voltak hatásosan működtethetők, 18–20 másodpercen át. Kisebb Bravo és Charlie osztályú tüzek megfékezésére szolgáltak. Négyszer olyan hatásos, mint a szén-dioxidos testvére folyékony anyagok ellen, viszont elektromos tüzek ellen kevésbé hatásos, ugyanúgy, mint az imént említett készülék. Oltóhabbal együtt alkalmazva habtörő tulajdonságaik miatt lángok ismételt fellobbanását idézik elő, ezért tilos egyidejűleg alkalmazni habokkal.



2. ábra Kézi porraloltó készülék robbantott ábrája<sup>6</sup> [7]

A Forrestal fel volt szerelve vész szivattyú rendszerrel is, ami közel 950 liter vizet juttatott az oltórendszerbe 1 darab 1½ hüvelyk átmérőjű vagy 2 darab 1½ átmérőjű csövön át. Egy kisebb benzinmotoros szivattyú is rendszerben volt, amellyel 227 liter vizet lehetett 1 darab 1½ hüvelykes tömlőn át az oltásra felhasználni. Ehhez ugyanúgy lehet habgenerátort csatlakoztatni a habbal való oltáshoz. A tengerészek fel voltak szerelve merülő szivattyúkkal is, ha netán elárasztott helyiségből kell menteni. Ezek a hajó vízvonalánál helyezkedtek el és 757 liter vizet tudtak percnként kiszivattyúzni.

## VESZÉLYES ANYAGOK

Fegyverekből ugyan több fajta volt a fedélzeten, de a balesetben csak a 4 táblázatban felsoroltak játszottak szerepet.

Típus	Mennyiség/gép [db]	Fegyverzet	
		Elsődleges	Másodlagos
F-4B Phantom II	7	4 db AIM-7 rakéta	24 db Zuni rakéta
RA-5C Vigilante	2	-	-
A-4E Skyhawk	12	2 db AN-M65 bomba	-

4. táblázat A balesetben érintett repülőgéptípusok száma, fegyverzete<sup>7</sup> [8]

<sup>6</sup> Szerkeztették a szerzők a forrás nyomán.

<sup>7</sup> A forrás nyomán Szerkesztették a szerzők.

## Zuni rakéta



4. kép F-4 Phantom II Zuni típusú rakétát indít, melynek sebessége 2599 km/h [9]

A Zuni egy nemirányított, levegő-levegő és levegő-felszín rakéta, amelyet az 1950-es években kezdtek el kifejleszteni. Variálható robbanófejjel, általában LAU-10-es indítósínekről indították őket, ahogyan az a 3. képen indításközben látható, és amelyből 4 darab függeszthető a szárnyak alá. Hatótávolsága 8 km. Vietnámban igazolt légi győzelmet is értek el vele. Lézervezérlésű változata is kifejlesztésre került, a mai napig alkalmazzák.

## MK-82 bomba

Az MK-82-es, egy nem irányított tritonal töltetű bomba. 227 kg-mal mára ez a legkisebb hadrendben álló bomba. Ezt a típusú bombát dobják le a leggyakrabban a világban. A tömege függ a töltettől is, ez elég változó. Általában egy acél tokban 89 kg tritonal található. Ami 80% TNT és 20% alumínium por keveréke. 1216 MJ energia szabadul fel, mikor egy ilyen MK-82 bomba felrobban. Az MK-82-es töltete egyébként megegyezik a GBU-12 lézervezérlésű bombáéval. A tűz során 2 perc 30 másodpercig bírta mielőtt felrobbant. Általában alacsony szintű bombázás során használják. Terveztek rá egy lassító szárnyat, ami arra szolgál, hogy biztonságban el tudjon repülni a gép a becsapódás előtt.

## JP-5 Kerozin

Az üzemanyagot külön is érdemes megemlíteni, ugyanis ez különösen gyúlékony. A hajón JP-5 típusú kerozin alapú üzemanyagot használnak, amit 1952-ben állítottak elő először. Ez egy szénhidrogének, alkánok, arének és cikloalkánok alkotta elegy.

## AIM-7 Sparrow rakéta

Az AIM-7 Sparrow típusú levegő-levegő rakéta, egy lokátoros önirányítású félaktív harci eszköz. Az 1950-es években fejlesztették ki. Ezzel a fegyverrel már lehetővé vált látóhatáron túli

célok megsemmisítése is. Elterjedt rakéta lett a világban, a legtöbb nyugati repülőgéptípus képes volt hordozni.

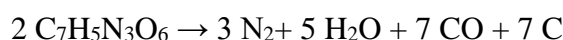
## TNT

A kémiai elnevezése trinitro-toluol. Világos sárga kristályos vegyület, alacsony ütészékeségű és közepes hatóerejű robbanóanyag. Főbb fizikai jellemzőit a 5. táblázat tartalmazza.

Rövidítése	Sűrűség	Olvadáspont	Fagyáspont
TNT	1,663 kg/m <sup>3</sup>	80,35 °C	240 °C

5. táblázat Trinitro-toluol robbanóanyag főbb fizikai jellemzői [10]

Az első világháború óta alkalmazzák. A robbanásakor felszabaduló tömegegységre vetített energiája a nukleáris robbanások hatóerejének egyenérték meghatározásánál viszonyítási alapul szolgál. A detonáció sebessége 6900 m/s. A lezajló kémiai átalakulási folyamat a következő reakcióegyenlettel írható le:



Robbanásához nincs szükség oxigénre, mivel azt kémiaiilag kötött állapotban tartalmazza. Az átalakulás során nagy mennyiségű gázhalmazállapotú termék szabadul fel, amely előidézi a nagy sebességű térfogatnövekedést, így biztosítva a robbanásra jellemző lökéshullámot. Alumíniumpor hozzáadásával jelentős hatásnövekedés érhető el.

## BALESET OKAI ÉS PROBLÉMÁK

A rakéta elszabadulásának okára bizonyos részletekből következtethetünk csak. Minden fegyverben kell lennie egy biztosítószegetnek, amilyen a 5. képen is látható. Eltávolításával lehet élesíteni az eszközt. Felszállás előtt a fegyverzettechnikai személyzetnek ezt ki kell húznia. Addig a nem robbanhat, és nem is szabadulhat el, amíg azt ki nem húzzák. A valószínűleg az erős tengeri szél rántotta ki azt a helyéről, és idő előtt élesedett a fegyver. Ugyanakkor arra, hogy hogyan szabadulhatott el a rakéta, magyarázatul szolgálhatnak a következők. A repülőgépek hajtóművének indítása külső energiaforrásról történik. Ez adja az energiát a hajtóművek felpörgetéséhez, ami már elegendő energiát fog termelni a repülőgép rendszereinek ellátásához. Valószínűleg mikor a pilóta átkapcsolta a külső forrásról a sajátja az energiát, egy téves jel indította el a rakétát, ami a láncreakciót létrehozta.



5. kép Biztosítószeget, aminek hiánya okozta valószínűleg a tragédiát [11]

Az eset után át lettek tervezve a biztosító rendszerek és hármass biztosítószegeket alkalmaznak a fegyvereken, ha netán az egyik elszabadulna, akkor is marad még tartalék biztosítás.

### A bombák időelőtti robbanásának lehetséges okai

A tűz keletkezése után 1 perc 30 másodperccel robbant az első bomba, majd ezt követően pár másodpercre rá a következő. A legénység azonban nem megfelelően tárolta a fedélzeten a bombákat, amelyek legalább 3 percet kellett volna kibírjanak, mielőtt felrobbannak. Ez talán elég lett volna a kezdődő tűz megfékezésére. A gyártás óta eltelt évek, valamint a nem megfelelő tárolás azonban lecsökkentette a bombák szerkezeti stabilitását és sokkal hamarabb robbant fel, mint ahogy az várható lett volna. Ez az AN-M65 típusú, a koreai háború idején gyártott néhány tonna öreg bomba azért kerülhetett a Forrestalra, mert az Egyesült Államok ipara nem bírta olyan gyorsan előállítani a bombákat, mint amilyen ütemben az alakulatok felhasználták Észak-Vietnámban. Az eset után a bombákat is áttervezték és az 6. képen látható külön hőálló burkolatot kaptak, amelyek akár 10 percig is kitartottak a tűzben.



6. kép: MK-82-es bomba megnövelt hőálló burkolattal [12]

### Oltási problémák

A bombarobbanások következtében GW. Farrier, és 36 további tűzoltó vesztette életét. A kiképzett tűzoltók túlnyomó része szinte azonnal meghalt. A detonációban további 59 ember halt meg, akik a fedélzet alatt tartózkodtak. A vizsgálat kimutatta, hogy a hangárfedélzeten lévő tüzet a sprinkler berendezés sikeresen fékezte meg. Ugyan a fedélzeten lévő tüzet 11 óra 40 perc körül sikerül csak elfojtani. A hajótestben kialakult tüzet azonban csak éjjel 4 órára sikerül eloltani. A legnagyobb probléma a fejetlenségben a habbal és vízzel való egyszerre történő oltás volt. Illetve az alsóbb szinteken olyan füst alakult ki, hogy sok ember azt sem tudta merre tart, sajnálatos módon a füst nem egy ember halálát okozta. Miután a tűzzáró cellákat lezárták sokaknak esélye sem maradt menekülésre. Nagy gond volt a repülőgépekre áterjedt tűz megfékezése, ugyanis a fémek melyek megtalálhatóak a repülőgépek sárkányszerkezetében, borításában hatalmas hőtermeléssel égnek. Közülük is kiemelendő a dural, ami egy alumínium-magnézium könnyűfém ötvözet. Oltóanyagot tekintve sem szén-dioxid sem a vízzel való oltást nem lehet kivitelezni, mert magas hőmérsékleten az alumínium a vizet elemeire bontja és durranógáz keletkezhet, míg a szén-dioxid fojtóhatása csak zárt térben kellően hatékony. Ezért a legegyszerűbb módszer a tengerbe gurítás volt.

Problémát jelentett a személyzet képzetlensége, mivel ők nem kaptak megfelelő képzést a tűzoltásra, így azzal kísérelték meg az oltást, ami éppen kezükbe akadt. Mára már minden tengerész kap megfelelő tűzvédelmi képzést. A kimutatások alapján a Forrestalon szolgáló emberek 50%-a kapott csak megfelelő felkészítést.

## **Kihatások**

A baleset után nagyjából kétszáz módosítást hajtott végre a tűzoltási, illetve balesetelhárítási szabályzatban. Sokkal nagyobb hangsúlyt fektettek a tűzoltók és a személyzet kiképzésére. Minden repülőgép-hordozót felszereltek egy fedélzeti oltó berendezéssel, amely habbal vagy vízzel teríti be a fel/leszálló fedélzetet. Az oltóanyagot a fedélzeten lévő lukakon át jutják ki. A 7. képen látható a repülőgépek parkoló helye, ahová az oltóanyag koncentrálódik.



7. kép F. D Roosevelt, az első módosított fedélzettel rendelkező hordozó [13]

## **ALAP REPTÉRI TŰZVÉDELEM MAGYARORSZÁGON**

Minden repülőüzem egy nagyon komplex és veszélyes cselekménysorozat, rengeteg veszélyes anyag és eszköz halmozódik fel egy helyen, egy időben, ennek megfelelően tűzvédelmi háttérnek is kiemelt szerepet kell szentelni a repülésbiztonságon belül. A repülőgépekben számtalan hiba miatt keletkezhet tűz, a motorindítástól kezdve az elektromos meghibásodáson át rengeteg veszélyforrás lappang. Természetesen megfelelő intézkedések, és szabályzat betartás mellett a kockázat csökkenthető. Kezdjük ott, hogy a hangárban járó hajtóművű repülőgép nem tartózkodhat. Ezáltal kivételek egyes katonai hangárfajták, illetve fűtött fedezékek. Repülőgépmotor indításakor a gázsabályzó kart típustól függően, de legtöbbször kb. 1/3-ig előretolt helyzetben tartjuk, így történik az indítás. Ebben az esetben a hajtómű beindulásakor túl tud dúsulni az éghető tüzelőanyag-levegő keverék. Abban a pár másodpercben, amíg a motor fordulatszáma „utoléri” a beállított gáz álláshoz tartozó fordulatot, addig a kipufogón néha látható kiáramló lángcsóva, ahogyan azt a 8. kép is szemlélteti. Ebből történt már nagyobb baleset. Ezért indítás-

kor kézi porraloltó készüléknek kell lennie a repülőgép közvetlen közelében, még hozzá hajtóművenként 1 darabnak. A motoros repülőgépek fedélzetén kisméretű kézi PKP eszköz található, ezzel az időben észrevett fedélzeti tüzek megfékezhetőek.



8. kép Spitfire repülőgép kipufogóiból lángcsóvák csapnak ki [14]

Katonai repülőgépek esetében a hajtóműindítást a reptéri tűzoltóság figyelemmel kíséri és adott esetben, beavatkozik. A hajtómű mögött általában néhány méterrel lángterelő lapokat helyeztek el, melyek nem tudnak lángra kapni a kiáramló csóva és hőhatás következtében. A harci repülőgépekre kiemelt figyelmet kell szentelni, a tartályokban lévő tüzelőanyag illetve a fegyverzet összetétele, és mennyisége miatt. Mivel a baleset óta eltelt közel 50 év, illetve egy haditengerészeti esetet vizsgáltunk, párhuzamba, illetve összehasonlítani nem tudnám a különböző módszereket.

Hazánkban ugyanúgy fel vannak szerelve a legmodernebb eszközökkel az egységek, mint bárhol a világban. Repülés esetén állandó készséget adnak a tűzoltók az adott repülőtéren, így bármilyen riasztás és baleset esetén azonnal reagálnak. A repülőtéren tűzoltó képzés mindig sokkal komplexebb feladat. Egy repülőtéren balesetnél ugyanis egyszerre akár több száz ember életének a mentése folyhat, illetve hatalmas mennyiségű veszélyes anyag található egy repülőgépben. A kiképzés esetében meg kell különböztetnünk katonai, illetve polgári repülőtéren tűzoltókat. A Honvédség kötelékében lévő emberek hivatásos katonák, akiket az alapképzés után válogatnak ki, fizikai és erőnléti eredményeik alapján. Akik gépjárművezetői feladatokat szeretnének ellátni, azoknak szükséges a C kategóriás jogosítvány, és a PAV-1 alkalmassági megléte. Az oktatás egy négy hónapos OKJ-s tanfolyam, melyből 2-2 hónap a gyakorlati illetve az elméleti képzés. Az oktatás végeztével vizsgákat kell tenni, ezzel civil tűzoltói képesítést is szereznek a résztvevők. Ezek után, technikai váltáskor vagy három évente osztályba soroló vizsgát kell tenni, amelyen első, másod, vagy harmadosztályú besorolást kaphatnak. Van egy mester fokozat is, ami nagyon ritka. Ezt követően egy szakmai, Honvédségen belüli tanfolyamot kell teljesíteni Szolnokon, ami 4 hétig tart. Itt speciálisan a katonai repülőeszközök vészhelyzeti, oltási és mentési sajátosságait tanítják meg, külön elméletben és gyakorlatban. A képzés végén szintén kötelező a vizsga. A legmagasabb osztályba soroltak közül önkéntes alapon elvégezhető egy levelező rendszerű kurzus, amivel váltásparancsnok válhat a jelentkezőből. Hosszú idő telik el, amire egy katona kiképzett tűzoltó lesz. A civil szakmabeliek tűzoltó képesítése után, szintén szükséges külön felkészítő tanfolyam. A két fő rész a felszerelés használata és karbantartása, illetve a taktikai

képzés. Szintén külön elméleti és gyakorlati bontásban. Az ICAO által kiadott szabvány alapján kötelesek szolgálatot felállítani a bázison. Ehhez figyelembe kell venni az állandó üzemeltetés alatt álló repülőgépek méreteit, melyet az 6. táblázat részletez. Ebből egy kategória születik, ehhez igazítják az oltóanyagokat, vizet és port, továbbá a tűzoltók létszámát, és a járműveket.

Kategória	Repülő eszköz hossza [m]	Legnagyobb megengedett törzsszélesség [m]
1	0–9	2
2	9–12	2
3	12–18	3
4	18–24	4
5	24–28	4
6	28–39	5
7	39–49	5
8	49–61	7
9	61–76	7
10	76–90	8

6. táblázat Repülőterek besorolása az ICAO szabvány alapján [10]

Kecskemét pl. 5-ös besorolást kapott ez 28 méteres repülőgéphosszt és 4 méteres törzsszélességet jelent, míg Pápa 8-ast (49–61 m törzshossz és 7méter törzsszélesség), a jóval nagyobb C-17-es szállító gép üzemeltetése miatt. Az alföldi reptér besorolását szükség szerint lehet emelni 7-esre, ezt gyakorlatban azt jelenti, hogy a teljes hossza a gépeknek 49 méterre módosulhat, a törzsre vonatkozó adat pedig 5 méterre. Kategóriákat tekintve különböző oltóhabok vannak előírva, és ezeken belül a vízmennyiség adott. Megszabott továbbá az oltóhabkeverék kilőtt mennyisége percben mérve. Kecskeméten üzemanyagot vételezni az egész nap folyamán lehet, a központi zónában 12 repülőgép részére van töltőállás. Korábban Rába (amit már tudomásom szerint kivontak) és MAN típusú tűzoltókocsik alkotják a repülőtér flottáját, ezek hasonlóak a polgári szférában alkalmazottakhoz. Az MAN típusokon plusz kiegészítés a városi kocsikhoz képest az orr és a tetőágyú. Ezek akár a fülkéből, akár azon kívülről egy távirányítóval irányíthatóak. A tetőn lévő ágyúhoz tartozik egy kijelző, amely mutatja, merre néz a berendezés. A legmodernebb eszköz a flottában az MAN-Rosenbauer kocsik, melyet a 9 képen is láthatunk. Ez 3500 liter oltóvizet, 500 liter habképzőt, továbbá 250 kg port képes szállítani. 50 méterre is képes az oltóanyagot eljuttatni, továbbá oltóanyaggal képes befűjni a fülkét és az üzemanyag-tartályt. Ez jelentős védelem az emberek és az eszköz érdekében. Ezen a járművön mozgás közben is lehet oltani, ezt teszi lehetővé az oltóberendezés független szivattyúja. Az egész napos készülség során legalább 3 jármű áll készenlétben, a reggeli eligazításkor derülnek ki a napi feladatok, illetve a repülési tervek. Ebből a tűzoltóság számára kiderül, hova és milyen állománnyal kell kivonulni.





9. kép Gripen és MAN tűzoltókocsi Kecskeméten [15]

A tűzoltókocsi a repülésirányító toronnyal állandó kapcsolatban van. Meghibásodás esetén a szolgálat parancsnoka szabja meg hova, mikor és ki vonuljon. A nagy kérdések ekkor, mennyi üzemanyag van a repülőgépben, és hordoz-e fegyvert. Ha egy elfogott, majd leszállított repülőgép érkezik a bázisra akkor is a tűzoltóké a szerep. Az esetleges vegyi és mérgező anyag ellenőrzés is az ő feladatuk. Az egyik kocsi a repülőgép indítását, hajtóművezését, illetve tankolását figyeli. Amint a készültséget jelző csengő megszólal, nem csak a pilóták rohannak munkaeszközükhöz. A tűzoltók ugyanúgy sietnek, 1 percük áll rendelkezésre, a kivonulás megkezdéséhez. A helyszínre érkezéskor bejelentkezik a parancsnok a toronyba, utána addig várnak, amíg a gépek le nem szállnak, újra nem töltik őket üzemanyaggal és szükség szerint fegyverzettel. A harmadik jármű, pedig ami a repülést biztosítja, ezzel a váltás 2-3 óránként zajlik, kivéve télen, amikor is a víz fagyásveszélye miatt 60 perces ciklusokban zajlik a váltás. A katonai repülőgépekben előfordul olyan rendszer, amely mérgező gázzal (ilyen pl. az amerikai F-16-os) működik, ezért rendszeresítve van túlnyomásos ruha is az állományban. Pápán, egy üzemnap során a C-17-esek biztosításához szükséges 29 450 liter víz biztosításához 6 darab MAN kocsi szükséges. Pápán ezért beszerzésre került kettő Panther típusú, nagy teljesítményű repülőtéri tűzoltó gépjármű, amivel a szolgálat biztosításához elég 4 járművel kivonulni. Ezek jóval több oltóanyagot tudnak szállítani, illetve erősebb, nagyobb szivattyúval és vízágyúkkal rendelkeznek. Ez 5000 liter víz/perc szinten dolgozik, 1800 literrel többet képes kilőni percenként, mint az MAN. A szivattyút tekintve ez 7000 liter/perccel dolgozik, míg az elődje 6000-rel. Ezzel a modern eszközzel biztonságosabbá, és modernebbé vált a szolgálat.

A polgári reptéri tűzoltók esetében, nagyobb létszám szükséges, ugyanis ott a repülőgépen lévő utasok száma sokkal nagyobb, illetve a repülőgépek mérete is meghaladhatja egyes típusokkal a katonai rendszerben lévőkét. Illetve sokkal többféle típusú repülőgép fordul meg a polgári reptereken. Ezekre külön ismertetőt nehéz lenne csinálni, ezért a repülőgép fő részeit ismertetik a tűzoltó jelöltekkel, hol helyezkednek el az üzemanyagtartályok, milyen típusú tüzelőanyagot használ az adott típus, hol lehet vágni, és, melyek azok a részek amelyek a legjobban nyelik el

az energiát, és deformálódnak ezáltal. Természetesen az adott repülőtér sajátosságait is ismerniük kell a tűzoltóknak.



11. kép: C-17 fűrdetése Pápán, Panther tűzoltókocsival [17]

A szakmai továbbképzés elengedhetetlen, legutóbb ezen év júniusában, ötször egynapos bon-tásban, majdnem 300 irányító beosztású tűzoltó vett részt továbbképzésen. Itt gyakorlati példákat vettek át, és szemléltető ábrákkal teli elméleti képzésen estek át. A fő téma a mentés, illetve a repülőgép tüzeinek oltása volt. A gyakorlati képzés része volt a szerelőhangárban, a repülő-eszköz szerkezeti felépítése, milyen veszélyforrások lehetnek, egyes helyeken, majd egy men-tési bemutatót is megnéztek. Egy tűzoltó szakmai képzése több százezer, akár egy millió forintot is elérheti. A légikikötőkön, szinte állandóan teljes létszámmal kell szolgálatot adni. A legkorszerűbb járművekkel fel vannak szerelve a tűzoltók az oltás hatékonyságának, illetve az emberélet védelmének érdekében. Gépjármű felállási alakzatot a felelős tiszt határozza meg, ezen belül a fecskendők elhelyezése rutinfeladat kell legyen. Legalább egy fecskendőt tartalék-ban kell tartani, ha szükségessé válik bevetése. A fő tevékenység a tűz megfékezése, illetve újragyulladásának megakadályozása. Az első jármű a gyors oltáshoz illő habot kell szállítson, természetesen a többi eszköz támogatását igényli. Az utasterek védelme illetve a menekülő utak biztosítása a fő irány az oltás során. Az oltóanyagok helytelen alkalmazása emberéleteket is követelhet, illetve a maximális oltó-hűtő hatás érdekében is elengedhetetlen a megfelelő takti-kai felkészülés. Szerencsére elég kevés esetben kerül éles bevetésre, ezért a kiképző és szinten tartó programok elengedhetetlenek. Ezek lehetnek biztosítékok arra, hogy egy baleset követ-keztében adott legyen az állomány, illetve a szükséges felszerelések bevetetősége.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Látszólag nem tanult a tengerészet hibáiból, ugyanis 18 hónappal később az USS Enterprise fedélzetén a szintén rosszul tárolt bombák, a napsugárzás, és az aszfaltozott fedélzet átforrósodása következtében felrobbantak. Főként pedig a fegyverek nem megfelelő tárolása emelhető

ki mint súlyos hiba, ugyanis ez a hő és tűzálló képességét lecsökkenti. Szerencsére az Enterprise tüze után nem következett be súlyosabb eset a repülőgép-hordozókon.

Az esetet ma is oktatják. Az új tűzvédelmi szabályzat új kiadása érdekes módon a következő a Forrestalon bekövetkezett tüzeset után jelent csak meg. Az új szabályzóban szinte minden kockázati tényező megtalálható, és ebben már a fő hangsúlyt a megelőzésre helyezték. Hogyan lehet a veszélyes anyagokat távol tartani a tűztől, illetve hogyan lehet megakadályozni a helyzetet mielőtt, súlyosbodik. Mindmáig Gerald W. Farrier tűzoltótiszt nevét viseli a Norfolkban található tűzoltó kiképző támaszpont. Hősiesen próbálta késleltetni a robbanás sorozatot PKP készülékével, azonban Ő és sokak halála a tűzvédelmi szabályok előrelátó és következetes alkalmazásával megelőzhető lett volna. Az ilyen és hasonló esetek kivédésé ma is szükségessé teszi a tűzvédelmi szakembereken túl valamennyi a repülésben résztvevő szakember tevéleges közreműködését.



12. kép: Gerald W. Farrier Tűzoltótiszt emlékére [18]

#### **FELHASZNÁLT IRODALOM**

- [1] National Geographic Seconds From Disaster S03 E08 Aircraft Carrier Explosion, <https://www.youtube.com/watch?v=pD7yoJPDC84>, (2015.09.17.)
- [2] Agency for Toxic Substances and Disease Registry: JP-5 AND JP-8 97 3. Chemical and Physical Information, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp121-c3.pdf>, (letöltve: 2015. 09. 23.)
- [3] The History of Insensitive Munitions: <http://www.insensitivemunitions.org/history/the-uss-forrestal-cva-59-fire-and-munition-explosions/>, (2015.09.18.)
- [4] Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/File:USS\\_Forrestal\\_explosion\\_29\\_July\\_1967.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:USS_Forrestal_explosion_29_July_1967.jpg), (2015.09.24.);
- [5] Henry P Stewart: The Impact of the USS *Forrestal's* 1967 Fire On United States, Navy Shipboard Damage Control, Fort Leavenworth, Kansas, 2004, (2015.09.17.)
- [6] Wikimedia: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/US\\_Navy\\_041106-N-7730P-002\\_Air\\_Department\\_personnel\\_perform\\_test\\_on\\_the\\_ship%5Ersquo,s\\_Aqueous\\_Film\\_Forming\\_Foam\\_\(AFFF\)\\_sprinkler\\_system\\_during\\_a\\_hangar\\_bay\\_wash-down\\_ aboard\\_the\\_Nimitz-class\\_aircraft\\_carrier\\_USS\\_Ronald\\_Reagan\\_\(CV.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/US_Navy_041106-N-7730P-002_Air_Department_personnel_perform_test_on_the_ship%5Ersquo,s_Aqueous_Film_Forming_Foam_(AFFF)_sprinkler_system_during_a_hangar_bay_wash-down_ aboard_the_Nimitz-class_aircraft_carrier_USS_Ronald_Reagan_(CV.jpg), (2015.10.21)
- [7] Maritime DC & PPE Information Cente: [http://www.dcfpnavymil.org/Equipment %20Des/SystemsEquipment/Equipment/Port%20Ext/PKPr.jpg](http://www.dcfpnavymil.org/Equipment%20Des/SystemsEquipment/Equipment/Port%20Ext/PKPr.jpg), (2015.09.24.)
- [8] Departments of the Navy: Bombs and bomb components, [www.worldcat.org/title/bombs-and-bomb-components/oclc/11177809](http://www.worldcat.org/title/bombs-and-bomb-components/oclc/11177809), 1966, (2015. 09. 24.)
- [9] [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4c/F-B\\_V143\\_firing\\_rockets\\_NAN1-65.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4c/F-B_V143_firing_rockets_NAN1-65.jpg), (2015. 09. 23.)

- [10] Химическая Энциклопедия, в пяти томах, Издательства «Большая Российская Энциклопедия» Москва, 1995, ISBN 5-85270-092-4 (т. 4) 1266. о.;
- [11] [http://a3.img.bidorbuy.co.za/image/upload/user\\_images/549/984549/984549\\_120603212047\\_68mm\\_Aircraft\\_Rocket\\_Pod\\_Arming\\_Pin\\_\(962\).JPG](http://a3.img.bidorbuy.co.za/image/upload/user_images/549/984549/984549_120603212047_68mm_Aircraft_Rocket_Pod_Arming_Pin_(962).JPG), (2015.09.24.)
- [12] The History of Insensitive Munitions: <http://www.insensitivemunitions.org/wp-content/uploads/2011/06/forrestal5.jpg>, (2015.09.23.)
- [13] Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/File:CVA-42\\_deck\\_edge\\_water\\_system\\_NAN11-69.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:CVA-42_deck_edge_water_system_NAN11-69.jpg), (2015.09.23.)
- [14] Internet: <http://theaviationist.com/wp-content/uploads/2013/11/Spitfire-flame.jpg>, (2015.10.25)
- [15] International Civil Aviation Organization: <http://www.icao.int/safety/implementation/library/manual%20aerodrome%20stds.pdf>, (2016.02.29)
- [16] Internet: <http://m.cdn.blog.hu/ai/airbase/image/2014-SZDRB/FIRE-26.jpg>, (letöltve 2016. 02. 29.)
- [17] Internet: <http://m.cdn.blog.hu/ai/airbase/image/2013-PBRT/Weekdays-SAC02.jpg>, (letöltve:2016. 02. 29.)
- [18] [http://callforphotos.vvmf.org/PhotoEffort/AssociatedImages/Medium/Farrier\\_Gerald\\_W\\_DOB\\_1935.jpg](http://callforphotos.vvmf.org/PhotoEffort/AssociatedImages/Medium/Farrier_Gerald_W_DOB_1935.jpg), (2015.09.24.)

---

---

**THE STUDY OF FIRE CAUSE ON THE AIRCRAFT CARRIER FORRESTAL**

---

---

*In 1967, during the Vietnam War in the United States more and more forces deployed against North Vietnam. The battles took part in the aircraft carriers that has been more squadrons attack aircraft can stay up. On July 27, a fire broke out aboard the carrier Forrestal. In addition to the substantial property damage, many lost their lives. Nevertheless, America is a significant loss recorded a struggle in terms of value. Writing is based on the ship's general military characterize investigate the circumstances of the accident, especially the fire protection system for the development of events played a role. also review all the dangerous and war materials that had evolved role on board the ship following a major accident or other risks were reported in the incident eradication. Examination of the fire looking for answers to the question, how could happen in one of the most serious accident on board the Navy's modern history.*

**Keywords:** aircraft carriers, fire protection, accident, fire system, hazardous material.

---

BÖDÖR Balázs (BSc)

hallgató

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtudományi Intézet Biztonságtechnikai Intézeti Tanszék

szdcobra@gmail.com

orcid.org/0000-0003-2598-4811

BÖDÖR Balázs (BSc)

student

Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering Institute of Mechanical Engineering and Security Sciences Department of Safety and Security Engineering

szdcobra@gmail.com

orcid.org/0000-0003-2598-4811

Dr. NAGY Rudolf mk. tű. ezredes PhD

adjunktus

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtudományi Intézet Biztonságtechnikai Intézeti Tanszék

nagy.rudolf@bgk.uni-obuda.hu

orcid.org/0000-0001-5108-9728

Dr. NAGY Rudolf fire engineer Colonel PhD

adjunct

Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering Institute of Mechanical Engineering and Security Sciences Department of Safety and Security Engineering

nagy.rudolf@bgk.uni-obuda.hu

orcid.org/0000-0001-5108-9728



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-16-0314\\_Bodor\\_Balazs-Nagy\\_Rudolf.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-16-0314_Bodor_Balazs-Nagy_Rudolf.pdf)

