



PHOTO: TOPIDOC



REPÜLÉSTUDOMÁNYI SZEMELVÉNYEK 2017



**REPÜLÉSTUDOMÁNYI SZEMELVÉNYEK
2017**

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

ISBN 978-615-5764-80-6



© A Szerzők 2017

© Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő Intézet

Szerkesztő:

dr. Szilvássy László, PhD

Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service

Lektorok:

dr. Békési Bertold, PhD

Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service

dr. Bottyán Zsolt, PhD

Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service

dr. Dunai Pál, PhD

Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service

prof. dr. Krajnc Zoltán, PhD

Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service

prof. dr. Óvári Gyula, CSc

Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service

prof. dr. Padányi József, DSc

Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service

dr. Szilvássy László, PhD

Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service

A REPÜLÉSTUDOMÁNYI SZEMELVÉNYEK 2017 című könyv a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Intézet, által évente legalább egy alkalommal kiadott, repüléstudományi tematikus kiadványa.

MEGJELENÉS

A kiadvány évente legalább egy alkalommal jelenik meg, a megjelenő írások lektoráltak. A közlésre szánt tanulmányokat a Repüléstudomány Közlemények honlapján kell regisztrálni és feltölteni <http://www.repulestudomany.hu> További részletekért látogasson el honlapunkra.

Kiadó: Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő Intézet

Kiadásért felelős: dr. Palik Mátyás ezredes, 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 ISBN 978-615-5764-80-6

Borítón található fényképet Dr. Toperczer István készítette

TARTALOM

Előszó	7
Horváth József Drón, drón, drón ...	9
Csengeri János A légiereő, mint a geostratégiai törekvések egyik meghatározó eszköze	31
Márton Andrea A finn légiereő története I. rész	67
Palik Máttyás, Somosi Vilmos A léginavigációs infrastruktúra-fejlesztés kockázatelemzési sajátosságai	93
Fehér Krisztina, Óvári Gyula Alternatív tüzelőanyagok alkalmazásának realitásai a repülésben, a XXI. század első felében	113
Szabó Sándor András Repülésélettani kihívások a hadműveleti tapasztalatok tükrében	159
Bali Tamás A többnemzeti végrehajtáshoz szükséges helikoptervezetői műveleti repülési készségek	197

SZERZŐK

Bali Tamás ezredes, PhD
Bázisparancsnok helyettes
MH 86. Szolnok Helikopter Bázis
bali.tamas@hm.gov.hu
orcid.org/0000-0001-6098-8602

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

Csengeri János (MSc)
egyetemi tanársegéd
Nemzeti Közszerológati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Vezetőképző Intézet
Összhaderónemi Műveleti Tanszék
csengeri.janos@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-4540-9681

Csengeri János (MSc)
Assistant lecturer
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Institute of Military Leadership Training
Department of Joint Operations
csengeri.janos@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-4540-9681

Fehér Krisztina
egyetemi tanársegéd
Nemzeti Közszerológati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Repülő Intézet
Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék
rozovicsne.fehér.krisztina@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-5057-733X

Fehér Krisztina
Assistant lecturer
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Institute of Military Aviation
Department of Aircraft and Engine
rozovicsne.fehér.krisztina@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-5057-733X

Horváth József (MSc)
doktorandusz
Nemzeti Közszerológati Egyetem
Katonai Műszaki Doktori Iskola
horvath0101@gmail.com
orcid.org/0000-0002-2743-3522

Horváth József (MSc)
PhD Aspirant
National University of Public Service
Doctoral School of Military Engineering
horvath0101@gmail.com
orcid.org/0000-0002-2743-3522

Márton Andrea PhD
Nemzeti Közszerológati Egyetem
andrimarton@gmail.com
martonandrea@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-4216-4797

Márton Andrea PhD
National University of Public Service
andrimarton@gmail.com
martonandrea@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-4216-4797

Dr. Óvári Gyula
egyetemi tanár
Nemzeti Közszerológati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Repülő Intézet
Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék
ovari.gyula@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-9876-6760

Dr. Óvári Gyula
Professor
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Institute of Military Aviation
Department of Aircraft and Engine
ovari.gyula@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-9876-6760

Dr. Palik Mátvás
ezredes, egyetemi docens
Nemzeti Közszerológati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Repülő Intézet
palik.matyas@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-2304-372X

Palik Mátvás, PhD
Colonel, Associate Professor
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Institute of Military Aviation
palik.matyas@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-2304-372X

SZERZŐK

Somosi Vilmos

FAB program menedzser és polgári-katonai együttműködési koordinátor

HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt

vilmos.somosi@hungarocontrol.hu

orcid.org/0000-0002-4763-2174

Somosi Vilmos

FAB Program manager and civil-military cooperation coordinator

HungaroControl Hungarian Air Navigation Services

vilmos.somosi@hungarocontrol.hu

orcid.org/0000-0002-4763-2174

Dr. habil. Szabó Sándor András, PhD

Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar

Katonai Műszaki Doktori Iskola oktatója

Szegedi Tudományegyetem Általános Or-

vostudományi Kar Repülő- és Űrorvosi Tanszék

tanszékvezető (docens)

sasi19620@gmail.com

orcid.org/0000-0002-1362-4723

Dr. habil. Sándor András Szabó, PhD

National University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training

Lecturer of Doctoral School of Military Engineering

University Szeged Faculty of Medicine Department

of Aviation and Space Medicine

Associate Professor

sasi19620@gmail.com

orcid.org/0000-0002-1362-4723

SZERZŐK

ELŐSZÓ

A hazai felsőoktatásban nem egyedülálló az, hogy tanszékek, intézetek, kutató műhelyek az általuk művelt tudomány- vagy kutatási terület további népszerűsítése céljából időszaki kiadványokat jelentetnek meg. Ezzel lehetőséget biztosítanak az adott szakterületen folyó oktatási és kutatás-fejlesztési tevékenységek eredményeinek mind szélesebb megismertetéséhez, a publikációs lehetőségek kiterjesztéséhez.

Intézetünk, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Intézete felsőfokú repülőszakember képzést és a repüléstudományhoz kapcsolódó szakmai területeken tudományos-kutatást folytató szervezet.

Fontos küldetésünknek tartjuk, hogy lehetőségeink szerint növeljük a repüléstudományi terület elismertségét, megismertessük a szakterületen egyéni-, vagy csoportos kutatásokat folytató szakemberek eredményeit, tovább népszerűsítve ezzel a tudományterületet.

A Repüléstudományi Szemelvények címmel 2016-ban elindított sorozatunkkal elsődleges célunk az, hogy hírt adjunk az adott évben a repülés- és a hozzá szorosan kapcsolódó területeken folyó tudományos-kutatások irányairól. E mellett szeretnénk teret adni tehetséges fiatal oktatóknak, kutatóknak, hallgatóknak publikációs lehetőségeik kiterjesztéséhez, ezáltal a tudományos tevékenység népszerűsítéséhez és mind szélesebb olvasóközönség figyelmének felkeltéséhez.

A kiadványunkban szereplő írásművek a repüléstudomány széles spektrumát fogják át. Olvashatók benne a légiközlekedés műszaki-technikai-, alkalmazói- és humán területeit bemutató tudományos igényű és alaposággal elkészített írásművek.

2017. évi számunkban már megtalálható néhány olyan publikáció is, mely az Intézet által elnyert a GINOP-2.3.2-15-2016-0007 azonosító számú „A légiközlekedés-biztonsághoz kapcsolódó interdiszciplináris tudományos potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen VOLARE” című pályázat kutatási eredményeit tartalmazzák.

Abban a reményben ajánlom második kötetünket az érdeklődő olvasó figyelmébe, hogy nem csupán a szakterület művelői, de mindazok számára is hasznos és tartalmas időtöltést nyújtunk, akik szívesen gondolkodnak együtt a repülés és a légiközlekedés modern világának izgalmas, egyes területeken a jövőbe mutató kérdéseiről.

Ez úton megköszönöm a kiadvány szerzőinek és annak szerkesztésében részt vállaló kollégáimnak a munkáját, mellyel hozzájárultak a sorozat 2017. évi kötetének összeállításához.

Szolnok, 2017. október 26.

Dr. Palik Mátyás
igazgató

DRÓN, DRÓN, DRÓN ...

Napjainkban számos helyen olvashatunk, hallhatunk a drónok alkalmazásáról, legyen az katonai, vagy polgári esemény. Katonai eseményekkel kapcsolatban általában a nagyméretű, felfegyverzett drónok bevetéséről van szó, amikor bejelentik egy-egy nagyfontosságú célpont (személy vagy objektum) sikeres támadását napjaink folyó műveleteivel kapcsolatban. A kisméretű drónok esetében általában saját, közvetlen tapasztalatainkról van szó, például amikor részt veszünk egy eseményen, melynek során a fejünk felett repül egy ilyen eszköz, vagy a híradásokban az ilyen eszköztől közvetített képet látjuk. Jelen tanulmány célja egy átfogó kép biztosítása az olvasó számára a drónokkal kapcsolatban, illetve a napjainkban oly sokakat foglalkoztató kérdés, a drónszabályozás/elhárítás lehetőségeinek elemzése.

Kulcsszavak: UAV, pilóta nélküli repülő eszköz, drón, targeting¹

A DRÓNOK FEJLŐDÉSE

A fejlődés főbb lépései

Napjainkban számos cikkben lehet olvasni drónok alkalmazásáról mind polgári, mind katonai vonatkozású eseményekkel kapcsolatban. Ahhoz, hogy ezen eszközök alkalmazásáról minél pontosabb képet kaphassunk, először is tisztában kell lennünk azzal, hogy mi is ez az eszköz. Sok oldalon találunk kevésbé vagy jobban kifejtett fogalmat, de általánosan elfogadható magyarázat szerint a drón egy pilóta nélküli légi jármű² vagy járműrendszer³ [1].

A légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. törvény módosítására vonatkozó 2016. évi CXXXVI. törvény szerint a pilótánélküli repülőgép olyan polgári légijármű, amelyet úgy terveztek és úgy tartanak üzemben, hogy vezetését nem a fedélzeten tartózkodó személy végzi.

Ezen eszközök lehetnek például repülőgépek, helikopterek, quadkopterek, hexakopterek, octokopterek stb. Mindenképpen fontos megemlíteni, hogy az eszköz mérete nem befolyásolja azt, hogy besorolják-e a drónok közé, egyértelműen idetartozik például az MQ-1 Predator, eredeti nevén RQ-1 Predator⁴ a maga 8,22 m hosszával, de ide tartoznak a 20–30 cm rotorátmérről rendelkező quadrokopterek is [1][2][3].

A drónok alkalmazásának első dokumentált eseménye 1849. augusztus 22-én Ausztriában történt. Mintegy 200 pilótánélküli légballont indítottak útnak bombával megrakva Velence ellen. A bombák egy része érte el csak a célt, egy részük már korábban felrobbant. Később az amerikai polgárháború időszakában (1861–1865) is alkalmazták a légballonokat, mindkét fél felderítő eszközként tekintett rájuk. 1896-ban Samuel P. Langley kifejlesztett és sikerrel reptetett 92 perc időtartamban egy gőzhajtású repülőeszközt a Potomac folyó mentén, Washingtonhoz közel. 1898-ban az amerikai-spanyol háborúban elkészült az első olyan légifelderítő fénykép, amelyet

¹ célfelderítésével, követésével és megsemmisítésével kapcsolatos eljárások összessége

² Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)

³ Unmanned Aircraft Systems (UASes), amely nemcsak a pilótánélküli repülőgépet, hanem a kezelőszemélyzetet, a földi irányítóállomást, a szükséges adatkapcsolatot, illetve tartalékeszközöket is magában foglalja.

⁴ RQ-1: felderítőgép, MQ-1: rakétával felszerelt felderítő és csapásmérő pilótánélküli repülőgép.

egy drónra függesztett fényképezőgéppel készítettek. Az első világháború során a légi felderítés tovább fejlődött, melynek során számos alkalommal alkalmaztak drónt [5][6].



1. kép MQ-1 Predator repülésre történő előkészítése [4]

A fejlesztésekben vezető szerepet betöltő amerikai haderő által alkalmazott drónok fejlődését 5, egymást átfedő időszakra osztják, ezt az 1. táblázatban mutatom be. Az első rakétaindítás egy amerikai drónról 2001. februárjában történt a nevadai Indian Springs repülőtéren [6].

	1.fázis	2.fázis	3.fázis	4.fázis	5.fázis
Időszak	20. század eleje	A két világháború közötti időszak	Hidegháború időszaka, részben a kubai rakétaválság utáni időszak	2001. szeptember 11. utáni időszak	2001. szeptember 11. utáni időszak
Alkalmazó	US Army	US Air Force	US Air Force, Stratégiai Parancsnokság	US Air Force CIA, Joint Space Operations Centre	Rendvédelmi erők, Vámügy, Határvédelem
Alkalmazás célja	Céltárgy	Felszerelés szállítása az ellensége vonal mögé	Légi felderítés elzárt vagy veszélyes területek felett	Embervadászat, targeting	Bűncselekmények, illegális határátlépések stb. felderítése

1. táblázat Az amerikai haderő által alkalmazott drónok fejlődésének szakaszai [6]

Természetesen a drónok fejlesztése nem állt meg a világháborúkat követően sem, folyamatosan fejlődik maga a hordozóeszköz, a pilótánélküli repülő, de a rászerezelt hasznos tömeg is, legyen az egy felderítő szenzor, vagy valamilyen nagy pontosságú fegyver. Számos cég foglalkozik katonai alkalmazású, kisebb-nagyobb méretű drónok gyártásával, például a Northrop Grumman, az Elbit Systems és a Boeing, hogy csak a néhányat említve. Egyes országokban, így például Kínában a dróngyártás legnagyobb része állami kézben van. Semmiképpen sem felejtkezhetünk meg Oroszországról ebben a vonatkozásban sem. Kisméretű drónokkal számos ország hadereje rendelkezik, de nagy hatótávolságú drónokkal már csak a néhány, jelentősebb hadsereg.

A katonai alkalmazás mellett a polgári felhasználású drónok fejlődése is folyamatos. Egyre nagyobb távolságra képesek biztonságosan repülni, itt is jellemző a hasznos teher méretének növekedése. A polgári felhasználók esetében a felhasználók számának folyamatos növekedésével számolhatunk, mivel az eszközökhöz egyre könnyebben lehet hozzájutni, egyrészt a méretük és áruk bizonyos szintre csökkenése miatt, másrészt az egyre többen forgalmazzák ezeket a növekvő kereslet miatt.

Az alkalmazás egyéb feltételeinek fejlődése

A pilótánélküli repülőgépekkel kapcsolatban számos publikáció elérhető mind magyar, mind angol nyelven. Kovács László „Az elektronikai felderítés korszerű eszközei, eljárásai és azok alkalmazhatósága a Magyar Honvédségben” című doktori (PhD) értekezésében javaslatot tett kis, közepes és nagy hatótávolságú pilótánélküli repülőgépre épített felderítő rendszerre (repülőeszköz+felderítő rendszer) [7].

Bali Tamás, Palik Mátyás „A harcászati pilótánélküli légijárművek fedélzeti berendezései” című cikkében részletesen felsorolta, hogy egy harcászati alkalmazású drónnak milyen fedélzeti berendezéssel kell rendelkeznie. Én nem szeretném ezt a felsorolást másolni, inkább az általam fontosnak és támadhatónak tartott elemeket emelem ki és teszek hozzájuk megjegyzést. Fontos azonban azt is megjegyezni, hogy a fenti cikkben anno még követelményként megjelenített elemek napjainkban már a drónok alapvető részeivé váltak, beigazolvva a szerzők korábban tett észrevételeit [8].

Ahhoz, hogy ezen pilótánélküli repülőgépek sikeresen hajthassák végre a feladataikat, számos alapvető követelménynek is teljesülnie kell. Ezek között van megfelelő képességgel, képesítéssel rendelkező kezelőszemélyzet megléte, a vezérlőjel, valamint a felvétel valósidejű továbbításához szükséges frekvenciasáv interferenciamentes rendelkezésre állása, a megfelelő szenzorok beépítése, illetve a szükséges jogszabályi környezet.

Ennek bemutatásához a korábban már említett Predator pilótánélküli repülőgép működésének ismertetését használom fel. A Predator rendszer az amerikai Védelmi Minisztérium megrendelése alapján készült, melyben elvárás volt a felderítő és pusztítási képesség egy platformra történő integrálása. Egy Predator pilótánélküli repülőgép rendszer az alábbi elemeket foglalja magában:

- 4 darab, szenzorral/fegyverrel felszerelt pilótánélküli repülőgép;
- földi irányítóállomás;
- Predator Primary Satellite Link (PPSL);
- tartalékeszközök és karbantartó személyzet [1].

A bevetésen lévő pilótánélküli repülőgép tevékenységének irányítását a földi irányítóállomáson dolgozó személyzet végzi, akik között van a repülést valóban irányító, valamint a szenzorokat vagy fegyvereket kezelő állomány. A felszállás és leszállás során az adatcsere a földi rendszer antennájára történő közvetlen rálátással történik. A repülés során az irányításhoz szükséges adatok továbbítása egyenes rálátás⁵ esetén közvetlen adatkapcsolattal, egyenes rálátás hiányában műholdas adatkapcsolat⁶ igénybevételével történik. A PPSL (Predator Primary Satellite Link) a látóhatáron túli kommunikációt biztosítja a repülőgépnek és a szenzoroknak. A repülőgépbe beépítésre került egy ARC-210 rádió⁷ és egy APX-100 IFF/SIF Mode 4⁸ üzemmóddal. A Predator szemé a Multispektrális Célkezelő Rendszer⁹, amely magában foglal egy infravörös szenzort, egy színes/monokróm nappali TV kamerát, képerősítéssel működő kamerát, szintetikus

⁵ LoS – Line-of-Sight communication

⁶ BLoS – Beyond Line-of-Sight communication

⁷ A rádió hang és adatkapcsolatot biztosító, többféle hullámformával normál, védett, vagy zavarellenálló üzemmódban üzemeltethető eszköz.

⁸ Transzponder, amely a légiforgalmi figyelmeztető és ütközés-elhárító rendszerrel (TCAS, Traffic Alert and Collision Avoidance System) kommunikál.

⁹ Multi-spectral Targeting System, MTS-A

apertúrájú radart¹⁰, lézer célmegjelölőt és egy lézer megvilágítót is. Az érzékelők által készített felvételek önmagukban, vagy fuzionálva is elemezhetőek. A repülőgép képes kettő darab AGM-114 Hellfire lézerrányítású rakéta hordozására, amely nagy pontosságú, kis járulékos kárt/veszteséget¹¹ okozó fegyver objektumok és személyek ellen [1][9].



2. kép MQ-1 Predator repülésre történő előkészítése [4]

Mint látható, az egyik legfontosabb tényező a hatékony működés során az adatkapcsolat megléte, amelynek egyik alapfeltétele a zavarmentes frekvenciatartomány rendelkezésre állása. Mint azt Szabó Miklós „A pilóta nélküli repülő eszközök katonai alkalmazásának lehetőségei és sajátosságai” című cikkében meghatározta, míg a hagyományos repülőgépek „pilótafüggők”, addig a pilóta nélküli eszközök nagymértékben „adatforgalom függők” [10].

Az interferenciamentes adatátviteli út biztosítása napjainkban azonban nem egyszerű feladat, mivel az elektromágneses spektrum egyre telítettebb. A technikai fejlődés folyamatossága miatt újabb és újabb, különböző frekvenciatartományban, különböző teljesítménnyel üzemelő eszközök jelennek meg nemcsak a katonai alkalmazásban, de a mindennapi ember kezében is. Emiatt – a katonai eszközökben biztosan – különböző szintű védelmi megoldások alkalmazása szükséges. Erről nem szabad elfelejtkeznünk azonban a polgári felhasználás során sem, gondoljunk csak bele abba, ha egy rendezvényen a résztvevők feje felett repülő drón irányítása lehetetlenné válik egy másik, a szintén ezen frekvenciatartományban üzemelő eszköz miatt. A katonai célú felhasználás esetében – ahol az eszközök nagyobb magasságban és a kezelő személyzettől nagy távolságra repülnek – a gyártók már felkészültek a megrendelők ilyen jellegű követelménytámasztásával szemben, a folyamatos kapcsolat érdekében megfelelő védelemmel, illetve képességgel ellátott rádióeszközök kerülnek beépítésre. Ilyen védelmi megoldások például dedikált és zavarvédett csatornák vagy frekvencia-ugratásos rendszerek alkalmazása, redundancia biztosítása az adatátviteli útban, illetve a műholdas kommunikáció felhasználása. Ez a polgári célú felhasználás esetén azonban kevésbé biztosított,

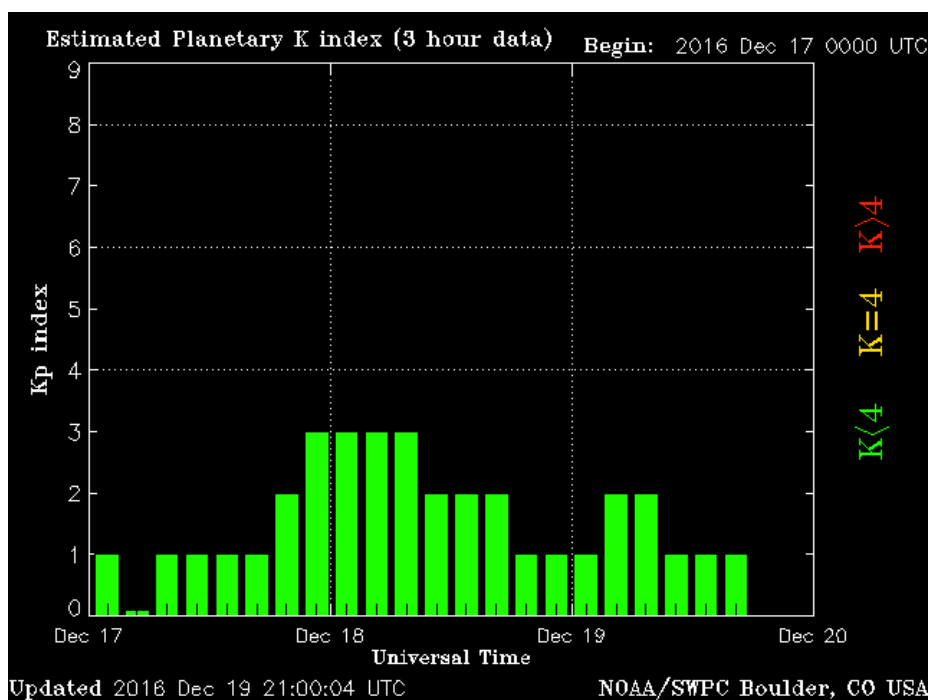
¹⁰ Synthetic Aperture Radar, SAR

¹¹ Collateral damage

elsődlegesen az elfogadható ár elérése érdekében kevésbé megbízható eszközök kerülnek alkalmazásra. Fontos megjegyezni azt is, hogy a kereskedelmi forgalomban kapható eszközök esetében az általuk használt frekvenciatartományban (általában 2,4 GHz) a kisebb magasság és a kezelőtől történő kisebb távolság miatt nagyobb valószínűséggel találkozhatunk egy másik, szintén ezen frekvenciatartományban üzemelő eszközzel. Bár a legtöbb eszköznél „párosítani” kell a földi vezérlőt és a repülőeszközt, előfordulhatnak interferenciák.

Mindenképpen meg kell említenünk a sokak által GPS-ként hívott helymeghatározó rendszert is. Először is a fogalmak tisztázása a feladatunk. A közismert GPS (Global Positioning System) elnevezés az amerikai fejlesztésű rendszertől ered. A globális helymeghatározó rendszer hivatalos neve a Global Navigation Satellite Systems (GNSS). A négy legnagyobb GNSS rendszer az amerikai NAVSTAR GPS, az orosz GLONASS, az Európai Unió által fejlesztett GALILEO és a kínai COMPASS. Amennyiben az eszközben egy típusú GNSS vevő van beépítve, különös figyelmet kell fordítani a jelerősség ellenőrzésére és meglétére. A jelerősség több helyen is ellenőrizhető, egyes típusok konzoljában is van ilyen képesség. A GNSS jel erősségét számos tényező befolyásolhatja, így például a lakott vagy ipari környezet, de akár a Föld mágneses terét megváltoztatni képes geomágneses viharok.

A 3. sz. képen jelzett időszak megfelelő a repüléshez, azonban sárga vagy piros sávok esetében nem ajánlott az alkalmazás [2].



3. kép GPS jelerősség [11]

Egyik lehetséges és már sok más eszközcsoportban alkalmazott védelem a kettő vagy több GNSS alkalmazás beépítése, általában NAVSTAR GPS és a GLONASS rendszereket használják. Ne felejtsük el azonban azt sem, hogy a „hazatérés”¹² funkció alapját a beépített GNSS képezi, azonban az olcsóbb verziók nem képesek az útjukba kerülő akadályok, épületek, fák stb. kikerülésére, amikor ezen üzemmódban repülnek.

¹² Return To Home, RTH

Mint azt már korábban bemutatam, a Predator esetében többféle szenzort integráltak egy elembe annak érdekében, hogy a célterület felderítését a lehető legjobb mértékben végre lehessen hajtani. Ennek szükségességét igazolja az alakulatoknál rendszeresített rádiolokációs álcázó eszközök, az úgynevezett szögviszaverők telepítésének egyik gyakorlása 2013. évben, melynek én voltam a fő szervezője. A feladat során az MH 37. II. Rákóczi Ferenc Műszaki Ezred szakállománya a szentesi, tiszai vízi gyakorlótéren két szögviszaverő típussal (Szféra és Piramida) próbált hidat imitálni a telepített PMP szalaghíd mellett. A vizuális felderítés ellen füstköd is alkalmazásra került. A telepítés hatékonyságát az MH 59. Szentgyörgyi Dezső Repülőbázis Gripenjei tesztelték [12].



4. kép PIRAMIDA szögviszaverő eszköz telepítése a Tiszán [12]

Az említett álcázási tevékenységgel számolnunk kell a katonai alkalmazás során, emiatt fontos, hogy többféle, a lehetőségekhez képest a legfejlettebb felderítő eszközöket integráljuk a katonai drónra, ebbe nemcsak a különféle spektrumban üzemelő kamerákat, hanem napjaink fejlett radarmegoldásait is beleértve. A polgári alkalmazás esetében szerencsére csak a kamerára kell koncentrálnunk, amelynek egyik fontos jellemzője a felbontás. Rengeteg esetben olvashatjuk az egyes eszközök leírásaiban, hogy HD kamera került beépítésre, azonban a kisebb árkategóriájú eszközök esetében mindenképpen érdemes jól körülnézni ebben a kérdésben is. A kamerával közvetlenül kapcsolatban lévő eszköz a gimbal, a vízszintes iránytűtök. Ennek a feladata, hogy a drón rendszeréből kinyert adatok alapján meghatározza a kamera helyzetét, ellensúlyozza a kilengésből származó hatást az optimális felvétel érdekében. Fontos szempont az is, hogy a beszerelt kamerát a drón valóban képes-e biztonságosan hordozni.

Az utolsó, de mindenképpen megemlítendő kérdés, hogy milyen módon kerül meghajtásra a pilótánélküli repülőgép. Ennek többféle formája lehetséges, amit a repülőgép mérete nagyban befolyásol. A nagyméretű drónok esetében alapvetően valamilyen kőolaj alapú üzemanyag a hajtóanyag, azonban vannak például hidrogén-meghajtású eszközök is, míg a kisebb gépek esetében általában elektromos motorokról beszélünk. A fejlettebb alkalmazások esetén a még hátralévő repülési időt/üzemidőt a fedélzeti számítógép kalkulálhatja, figyelembe véve a körülményeket (pl. időjárás, repülési magasság, manőverezés mértéke stb.), azonban a kisebb – főként a hobby célú – eszközök esetében csak a megfigyeléseinkre hagyatkozhatunk. A gyártók által

megadott katalógusadat ebben az esetben is egy olyan kiinduló adat, amelyet ideális esetként kell alapul venni. Az akkumulátorok típusuk, eredeti kapacitásuk, az alkalmazás körülményeinek (gyakoriság, hőmérséklet stb.) függvényében különböző mértékben vesznek el kapacitásukat a használat során és ennek következtében irányíthatatlanná válhat a drón. Az akkumulátorok is jelentős fejlődésen mentek keresztül az utóbbi évtizedben, azonban természetesen ebben sem lehetnek extrém elvárásaink a típus – méret – kapacitás viszony meghatározása során.

A repülési idő növelése érdekében jelenleg is fejlesztés alatt vannak olyan megoldások, amelyek lehetővé tennék azt, hogy az 5. képen látható módon a drón a villamos vezetékekhez történő csatlakozással feltöltse saját magát, így hosszabbítva meg a repülési idejét.



5. kép Pilóta nélküli repülőgépek energia felvétele elektromos távvezetésekről, balról-jobbra:
PLUS prototípus, Devil Ray [13]

Mint az egyes részelemek fenti felsorolásából is látható, a különböző drónoknak felhasználásuktól függően különböző méretű és tömegű felszerelést kell hordozniuk a saját tömegükön felül. Ehhez mérten kell kialakítani a drón szerkezetét, ez alapján kell megválasztani a váz anyagát, a motor és a hajtóanyag típusát. Ezen szempontok figyelembe vételével az összeállítást követően számos tesztrepülési feladatot kell végrehajtani annak érdekében, hogy ki lehessen jelteni, a forgalomba hozott eszköz megfelel a különböző szabványoknak, és így nem jelent veszélyt sem az alkalmazóra, sem a környezetére.

A DRÓNOK ALKALMAZÁSA NAPJAINKBAN

A drónok alkalmazásának módjai

Napjaink hétköznapi embere leginkább kettő esetben találkozhat a drónok alkalmazásával. Ezek alkalmak egyike a különböző hadszíntereken bevetett nagyméretű, célzott csapásokat végrehajtó drónok bombatámadásai eredményeinek bejelentése a különböző híradásokban, a másik pedig a kereskedelmi forgalomban kapható, kisméretű drónok alkalmazása igazából bárhol, amerre járunk, legyen az egy hivatalos rendezvény, de akár egy szimpla személyes célú felhasználás. Ilyen lehet például az, hogy már a családi rendezvényeinkről, születésnapokról, esküvőkről is rendelhetünk drónfelvételt, illetve ilyen felvételtől készített rövidfilmet. Személyes tapasztalatom volt, mikor egy augusztus 20-i tűzijáték során az azt figyelemmel kísérő tömeg felett megjelent egy drón és a közönség nagy része ezt követően egy ideig a repülő eszközt követte figyelemmel.

A drónok alkalmazása napjainkban igencsak elterjedt, én az alábbiak szerint osztom fel az alkalmazási lehetőségeket:

→ rendvédelmi célú:

- katasztrófavédelem, például árterek, erdőtüzek stb. megfigyelése;
- rendőrségi felhasználás, például épületek, személyek megfigyelése, eltűnt személyek felkutatása nehezen elérhető helyeken;
- határvédelem, például frekvenciált vagy nehezen elérhető határszakaszok megfigyelése;
- katonai felhasználás, például céltárgy, felderítő eszköz, adott terepszakasz megfigyelése, elektronikai zavarás, bombázás, nagy pontosságú támadások végrehajtása az emberi veszteség elkerülése érdekében.

→ polgári célú:

- magánjellegű, például hobby célú felhasználás;
- üzleti jellegű, például fotósok, filmesek, rendezvényszervezők által történő felhasználás, de ide sorolható például a mezőgazdasági alkalmazás is;
- hivatalos felhasználás, például állami erdészeti, állami térképészeti stb.

A különböző alkalmazásokra számos példa elérhető a neten. Sajnos ebben nemcsak pozitív példák vannak, a katonai alkalmazás esetén számolnunk kell a járulékos kárral/veszteséggel, míg a polgári alkalmazás esetében számos, különböző mértékű személyi sérüléssel és anyagi kárral járó balesetek történtek már. Ezekben találkozhatunk szerencsésebb kimenetelűvel is, azonban vannak komolyabbak is, így például egy fának csapódó drón elrepülő része miatt egy kisfiú elvesztette fél szemét.

A fent már említett balesetek, illetve a katonai eszközök esetében a precíziós csapások során fellépő járulékos károk/veszteségek mértéke miatt számos ellenzője van a drónoknak. Véleményem szerint, ha nem is teljes mértékben tiltani, azonban valamilyen mértékben korlátozni, szabályozni kell a felhasználás módját.

Az egyértelműség miatt a tanulmány alábbi részében a katonai alkalmazású drónokra vonatkozó lehetőségek elemzését a kereskedelmi forgalomban kapható drónok alkalmazásának elemzésétől elkülönítve teszem meg.

Katonai alkalmazású drónok

A katonai alkalmazású drónok csoportosítása többféleképpen lehetséges, így például feladat, méret, meghajtás, repülési paraméterek (sebesség, magasság stb.) szerint. Amennyiben a feladat szerinti csoportosítást vizsgáljuk, fontos megállapítás az, hogy az alábbi feladatok a legfontosabbak között vannak:

1. precíziós célmeghatározás, célmegjelölés és csapás;
2. felderítés;
3. rádióelektronikai felderítés¹³ [10].

Chris Cole 2016. októberében megjelent „Drone wars” című anyagában több adatot is közöl a drónok által végrehajtott támadások során okozott civil veszteségekről. A Bureau of Investigative Journalism (BIJ) szervezet jelentésére hivatkozva ismerteti, hogy 400 dróncsapásban 420–960 polgári személy halt meg, illetve azt, hogy 41 meghatározott célszemély elleni táma-

¹³ Signals Intelligence, SIGINT

dásban 1147 ismeretlen személy is meghalt. Az amerikai katonai elemző, Larry Lewis eredményei közül pedig azt idézi, hogy a drónokkal végrehajtott támadások tízszer több civil áldozatot követeltek, mint a valós pilótával lerepült támadások. The Intercept: The Drone Papers című anyagában foglaltak alapján 2012. május – szeptember között Afganisztánban 19 JACKPOT¹⁴-ot öltek meg drónokkal, azonban ezen csapásokban meghalt további 155 személy is. Ezen személyeket ütközetben megölt ellenségnek¹⁵ azonosították anélkül, hogy bármilyen adattal rendelkeztek volna az ő személyazonosságukról, hátterükről [14][15].



6. kép Tüntetés a drónhasználat ellen Pakisztánban [16]

A fenti esetekhez számos hasonló eseményt találhatunk online forrásokban, sok esetben itt már a polgári áldozatokhoz nevek, képek, hozzátartozók is kapcsolódnak. Számos ellenzője van ezen drónok ily módon történő alkalmazásának, a különböző emberjogi szervezetek, de még az ENSZ is élesen kritizálja az alkalmazó országokat.

Bár nem kifejezetten ilyen professzionális módon gyártott és alkalmazott drónokkal van dolgunk, amikor a különböző műveletekben kisméretű drónokat alkalmaznak bombahordozásra. Ettől függetlenül azonban mindenképpen meg kell említenünk azt, hogy nemcsak a nagyobb államok, de a különböző csoportok is képesek ilyen jellegű támadásokra, mint az ISIS¹⁶ vagy a Hezbollah [17][18].

Polgári alkalmazású drónok

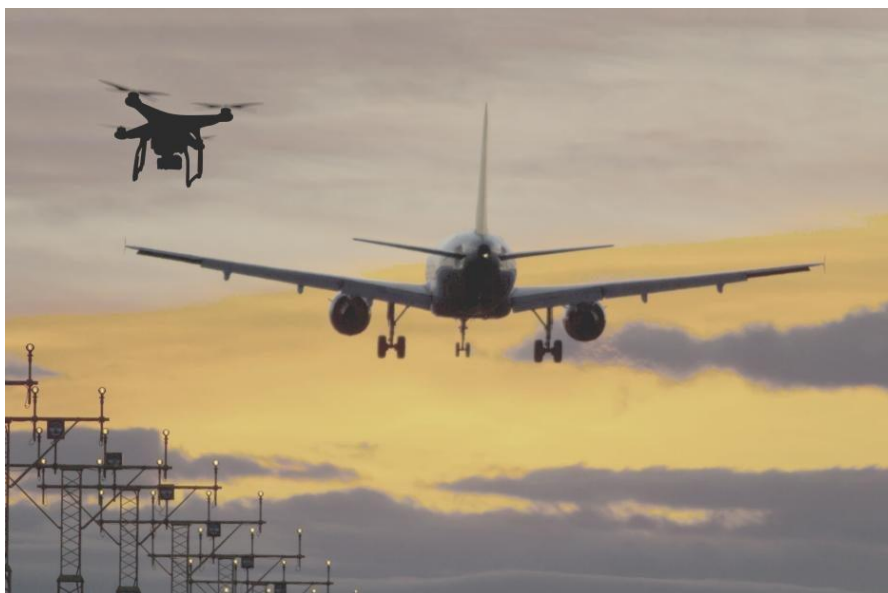
A polgári alkalmazású drónokon a kereskedelmi forgalomban elérhető pilótánélküli repülőeszközöket értem. Ezen eszközöket nemcsak hobby céllal vagy jogszerű módon, üzleti tevékenységre lehet felhasználni, hanem számos olyan módon is, hogy az bizonyos jogokat, érdekeket sértsen. Ilyen alkalmazás lehet például az úgynevezett paparazzik általi használat, amikor egyes

¹⁴ A feladat végrehajtása (TARGETING) során azonosított, a dróntámadás során sikeresen megölt személy.

¹⁵ Enemy Killed in Action, EKIA

¹⁶ Islamic State of Iraq and Syria

személyek magánélethez való joga sérül, de a repülésbiztonság és sok ember élete van/volt veszélyben, amikor repülők, repülőterek környezetében alkalmazzák a felelőtlen tulajdonosok. Az amerikai repülési hivatal¹⁷ minden hónapban több mint 100 jelentést kap pilótáktól vagy más személyektől arra vonatkozóan, hogy a repülőter vagy repülőgép közelében pilótánélküli repülőeszközt láttak. 2016. szeptember 28-án 08:08–08:35. között a dubai-i repülőteret zárva kellett tartani a dróntevékenység miatt [19][20].



7. kép Drón a dubai-i repülőter légtérében [20]

A fenti esetet még szerencsésnek mondhatjuk, mivel a repülőgépek a földön voltak, azonban vannak példák arra is, hogy a le és felszálló gépekkel ütköztek a drónok, szerencsére emberi áldozat nélkül.

Számos helyen van már kijelölt tiltott zóna a fontosabb épületek, létesítmények körül, így például a Fehér Ház vagy a washingtoni Ronald Reagan nemzetközi repülőter környezetében. Ennek ellenére azonban számos alkalommal történik még így is berepülés ezeken a térségekben is, amelyek többségükben nem szándékos cselekmények, hanem például környezeti behatás (például hirtelen szélvihar) vagy a kezelő kiképzetlensége okozza [21].

A fenti esetekben alapvetően az emberi felelőtlenség a fő oka a különböző veszélyhelyzetekben, azonban nemcsak ilyenekre van példa. Természetesen a bűnözők is felismerték a drónokban rejlő lehetőségeket. A kisebb méretű drónok alkalmasak a különböző rendvédelmi erők tevékenységének megfigyelésére, míg a nagyobb méretű drónok pedig alkalmasak csempésztevékenység folytatására, mivel képesek lehetnek néhány kilogrammnyi csempészáru szállítására. Számos példát találhatunk arra, hogy Mexikóból az Egyesült Államokba történő drogcsempészetre használnak házilag készített drónokat. Ezek a drónok kis tömegűek, könnyen szállíthatóak, a radarok által nem detektálhatóak, de elég erősek ahhoz, hogy a szükséges terhet szállítani tudják. Egy hivatalnok szerint a 45 kg-os tömegű drónok kb. 100 kg tömegű kábítószer

¹⁷ Federal Aviation Administration, FAA

szállítására képesek egy-egy út során. A drónokat nemcsak a határon történő csempészetre alkalmazzák, számos alkalommal próbálták meg így bejuttatni például drogot, mobiltelefont, USB sticket angliai börtönökbe is [22][23].

Azonban sajnos nem kell ilyen messze menni a bűnözők általi alkalmazáshoz, Magyarországgal kapcsolatban is jelentek meg ilyen jellegű hírek. Ezek egyike, miszerint a rendőri és katonai erők határvédelmi tevékenységét az embercsempészek drónokkal figyelik meg. A másik fő terület pedig a magyar-ukrán határon történő cigarettacsempészet során történő alkalmazásuk [24][25].

Drónokkal kapcsolatos jogszabályi környezet

Mint a felsorolt példákban is látható, a drónok alkalmazásának kérdései rendkívül széles réteget érintenek. Minden érintett – és ebbe beleértve a hobby felhasználók és a katonai drónok áldozatainak hozzátartozóit egyaránt – joggal kéri a felelős szervezeteket a szükséges jogszabályi feltételek kialakítására.

Az egyes országokban országos, vagy helyi szintű szabályozás került kiadásra a drónprobléma megoldására. Ezen szabályozások természetesen a kereskedelmi forgalomban kapható eszközökre vonatkoznak, a katonai alkalmazásban lévő eszközökre más, kevésbé publikus szabályok alkalmazandóak, így például az egyes műveleti területre vonatkozó (hadműveleti és hadijogi) szabályozók.

Az alábbiakban néhány ország vonatkozásában ismertetem a polgári alkalmazású drónokkal kapcsolatos szabályozást.

Németországban az 5 kg feletti drónok alkalmazásához a kijelölt repülési hivatal engedélye kell. A nemzetközi és regionális, valamint a katonai repülőterek védelme érdekében több szabályt is meghatároztak, ezek körzetében a drónoknak, modell repülőeknek a német Légügyi Hivatal engedélyével kell rendelkezniük, engedély nélkül 1,5 km-re nem közelíthető meg a repülőtér. Folyamatosan vizuális kontakt kell, a kezelőnek vagy egy második személynek folyamatosan ellenőriznie kell a légteret, illetve ha elveszti a kezelő a gép feletti kontrollt, akkor azt azonnal jelenteni kell a felelős légtérelenőrző szervezetnek [26].

Nagy-Britanniában különbséget tesznek a magáncélú, illetve az üzleti célú alkalmazás között. A magáncélú alkalmazáshoz nem kell engedély, azonban van néhány olyan előírás, amit be kell tartani. Ilyenek például, hogy a rálátást biztosítani kell, a maximális magasság 122 m, a maximális vízszintes távolság a kezelőtől 500 m, a helikopterektől, repülőgépektől és repülőterektől távol kell maradni. Ha kamera is van rajta, akkor távol kell maradni más személytől, illetve minden olyan épülettől, objektumtól, melyet nem a kezelő birtokol. Nagyobb embercsoport, pl. sportesemények, koncertek 150 m-nél jobban nem közelíthetőek meg. Várhatóan azonban ezen szabályokat módosítani fogják rövidesen és a 250 g feletti drónokra regisztrálási kötelezettséget írnak elő. Az üzleti felhasználásra más szabályok, például regisztrálási kötelezettség vonatkozik. Itt bevezetésre került egy olyan applikáció alkalmazása, amely segíti a drónhasználók tevékenységét [27][28].

Franciaországban is hoztak már szabályokat az alkalmazás vonatkozásában, így például biztonságos távolságot kell tartani emberektől és járművektől, csoportosulás fölé repülni tilos. A drón

és a kezelő közötti távolság nem lehet több 150 m-nél és a rálátást biztosítani kell. A repülőterektől minimum 5 km távolságot tartani kell, stratégiai és katonai objektumok fölé repülni tilos előzetes engedély nélkül. Az éjjeli repülés is tiltott [29].

Oroszországban minden 250 g-nál nehezebb drónt regisztrálni kell, egy kezelő és egy megfigyelő szükséges a repüléshez. Repülési terv elkészítése és leadása szükséges a repülési hatóságnak. Tömeg fölé repülni tilos, amennyiben nincsenek bevonva a feladatba. Tisztelni kell a magánszférát, tilos katonai bázisok, erőművek, egyéb fontos létesítmények fölé repülni. Csak nappal és megfelelő időjárási körülmények között szabad repülni. Nem üzemeltethető drón repülőter, illetve repülőgépek közelében [29].

Az Amerikai Egyesült Államokban 25 kg tömeg határig alkalmazhatóak a drónok hobby célra, azonban minden 250 g-nál nagyobb tömegű drónt regisztrálni kell. A maximális repülési magasság 120 méter a földfelszíntől, az időjárás vonatkozásában a láthatóságnak 5 kilométernek kell lennie, a rálátást folyamatosan biztosítani kell. A kezelő minimum életkora 16 év. A repülőterektől 9 km távolságot kell tartani, amennyiben nincs engedély a megközelítésre. Washingtonban a már korábban említett tiltott zónák (no-fly-zone) kerültek kialakításra, de minden állami szervezetnek joga van saját tiltott zóna kijelölésére. Az üzleti felhasználásra itt is más szabályok vonatkoznak [29].

Magyarország esetében A légitözlekedésről szóló 1995. évi XCVII. törvény módosítására vonatkozó 2016. évi CXXXVI. törvény határozza meg az alapvető szempontokat, azonban a részletesebb szabályozást a közlekedésrendészetért felelős miniszternek a honvédelemért, valamint a rendészetért felelős miniszterekkel egyetértésben, rendeletben kell meghatároznia. Kiemelném, hogy a fenti törvény értelmében Magyarországon is megalkotásra kerül egy olyan program/applikáció az angol példához hasonlóan, amely megkönnyíti a drónok alkalmazását, illetve az ehhez szükséges adminisztrációt [30].

A rendeletervezet 2016. decemberében elérhetővé vált és annak véleményezésére 2017. január 13-ig volt lehetőség. A rendeletervezetből az alábbiakban kiemelek néhány, általam fontosabbnak ítélt részletet. A rendeletervezet a 250 g alatti, kifejezetten játéknak gyártott pilóta nélküli légitűeszközök használatához semmilyen külön feltételt nem szab. A 2 kg alatti eszközök jogszerű használatának feltétele a légitűeszközök használatának honlapján közzétett, az ügyfélkapun elérhető oktatóanyag elsajátítása. Nyilvántartásba kell vettetni a 2 kg feletti eszközöket, illetve azokat, melyekkel ellenszolgáltatás fejében végeznek tevékenységet. A 25 kg maximális felszálló tömeg feletti pilóta nélküli légitűeszköz akkor működtethető, ha rendelkezik légitűeszközhasználati tanúsítvánnyal. A rendelet a felelősségbiztosítás mértékére is kitér, ami a harmadik személynek okozott károkra vonatkozik, 2 kg maximális felszálló tömeg alatt 3 000 000 Ft, 2 kg-tól 10 kg maximális felszálló tömegig 5 000 000 Ft, 10 kg maximális felszálló tömeg felett 10 000 000 Ft értékben. A rendelet foglalkozik a különböző védőtávolságokkal is, így például a Liszt Ferenc nemzetközi repülőter, a magánterület és lakóépület vonatkozásában, illetve meghatározza, hogy az eszközök nem repülhetnek a repülésben részt nem vevő személyek felett. A pilóta nélküli légitűeszköz működtetése csak napkeltétől napnyugtáig engedélyezett, a repülés teljes időtartama alatt folyamatos és közvetlen vizuális kapcsolatnak kell fennállnia, maximum

500 m-re távolodhat el a vezetőjétől. Az eszközzel maximum a földfelszíntől számított 130 m magasságig lehet emelkedni¹⁸ [31].

A DRÓNSZABÁLYOZÁS/ELHÁRÍTÁS LEHETŐSÉGEI

Mint azt az előző fejezetben bemutattam, a drónok alkalmazása nem minden esetben jogszerű, illetve a jogi szabályozás hiányában az alkalmazók magatartása miatt sem lehet felelősségteljes. Ennek feloldása érdekében nemcsak Magyarországon, hanem valamennyi országban egy egységes megoldás lenne javasolt, egyrészt mivel az interneten bármely országból, bármilyen termék megrendelhető, másrészt a felhasználók utazása (például Európán belül) esetén kisebb eséllyel merülnének fel kompatibilitási vagy az adott országra vonatkozó jogszabályokkal kapcsolatban értelmezési félreértések.

A drónszabályozás alatt a megfelelő jogszabályi környezet kialakítását értem. Az biztosan kijelenthető, hogy ameddig nincs egységes szabályozás, illetve a bűnözői csoportok is ki tudják aknázni a drónok által nyújtott lehetőségeket saját céljaik elérése érdekében, szükséges a drónszabályozás/elhárítás kérdésével foglalkozni. Drónelhárítás alatt ebben az esetben azt értem, hogy a saját tulajdonunk, magánszféránk védelme érdekében képesnek kell lennünk megakadályozni a drónok tevékenységét környezetünkben. Ugyanezen elv természetesen alkalmazható a kormányzati épületek, kiemelkedő gazdasági jelentőségű objektumok (erőművek, repülőterek stb.), állami és rendvédelmi személyek és tevékenységek védelme érdekében. Véleményem szerint a drónelhárítás technikai eszközök alkalmazását jelenti elsődlegesen.

Az, hogy számos fórumon meg van a szándék a drónszabályozás rendezésére, egyértelmű. Az is biztosan kijelenthető, hogy nem a teljes tiltás a cél a jogszabályalkotás során, azonban a biztonság kérdése miatt számos kompromisszumot kell kötni az egyeztetésben résztvevő feleknek. Erre az egyik példa az az Európai Unió célkitűzése, miszerint valamennyi, a légi közlekedésben részt vevő pilóta nélküli repülő rendelkezzen olyan rádióval, amely a legfontosabb azonosító adatokat azonnal és automatikusan közli a kérdezővel [32].

Az előző fejezetben számos jól alkalmazható szabály került felsorolásra az egyes országok saját szabályozásánál, amely egy egységes európai szabályozás alapját képezhetné, illetve a magyar helyzetet rendező miniszteri rendeletbe is beépíthető. Ezen szabályozás megfelelő alapot nyújthat a polgári alkalmazáshoz.

A katonai alkalmazású drónok alkalmazásával kapcsolatos szabályokat a nemzetközi jog, a nemzetközi hadijog, illetve az adott műveletre vonatkozó katonai szabályozók (pl. harcrintkezés szabályai – Rules of Engagement, ROE) határozzák meg.

Nagy hatótávolságú, katonai drónok elhárítása

A katonai alkalmazású drónok elhárítása, tevékenységének akadályozása nem egyszerű feladat, rendkívül fejlett technikai eszközparkot és jelentős erőforrást igényel. Fontos megemlíteni, azt is, hogy a különböző hatótávolságú katonai eszközök nem ugyanazon felszereléssel vannak el-

¹⁸ A rendelettervezet 2016. december 27-i állapotának megfelelően.

látva. A kisebb hatótávolságú eszközök például nincsenek felszerelve a műholdas kommunikációhoz szükséges eszközökkel, így ezen eszközök esetében az ilyen jellegű ellentevékenységeknek nincs is értelme.

Azt, hogy a nagyobb védelemmel ellátott, nagy hatótávolságú drónok elleni ellentevékenység nem lehetetlen feladat, a Lockheed Martin RQ-170 Sentinel felderítő drón iráni terület felett történő elfogása mutatja meg. Az Iráni Iszlám Köztársaság Hírügynöksége 2011. december 4-én jelentette be, hogy mélyen iráni területen fogták el a drónt. Bár számos magyarázat látott napvilágot, az egyik lehetséges szál, egy orosz zavaróállomás alkalmazását Dr. habil. Ványa László a „Kérdések és válaszok a szupertitkos RQ-170 iráni kézre kerüléséről” című cikkében cáfolta. Lehetséges megoldásként a műholdas, de nem erősen kódolt irányítójel lehallgatását, feltörését és más jelre történő átcserélését vázolta fel, hozzátéve, hogy talán majd az idő múlásával megkapjuk a valódi választ [33].

A katonai alkalmazású drónok egyik sérülékeny pontja lehet a műholdas kommunikáció, illetve az ehhez szükséges műhold. Több állam már régóta rendelkezik műhold elleni fegyverekkel¹⁹. Az első sikeres találattal végződött amerikai kísérlet 1985. szeptember 13-én történt, mikor a P78-1 jelű műholdat egy F-15-ös vadászgép az ASM-135 típusú, műhold elleni rakétával lelőtte. A támadás valós ideje nem volt több, mint 10–20 perc, így a célba vett műholdnak csak kevés ideje volt a manőverezésre, kitérésre [34].



8. kép Az ASM-135 ASAT indítása, 1985. szeptember 13. [35]

Napjainkban már számos ország rendelkezik műhold elleni támadási képességgel, folyamatosan végeznek tesztekkel olyan hordozóeszközökkel, amelyek képesek a műholdak ellen alkalmazható fegyverek szállítására. Az USA fejlesztését jól mutatja a fenti példa, de további példák is rendelkezésre állnak. Kína létrehozott egy Stratégiai Támogató Erőt, amelynek úrszekciója a felderítésre és a műholdakra fókuszál. A rendelkezésre álló információk alapján Kínának megvan a képessége, hogy zavarja a műholdakat, mind kommunikáció, mind a GNSS rendszerek

¹⁹ Anti-satellite weapons –ASAT

vonatkozásban, illetve rendelkezik hordozóeszkővel és rakétával is ilyen feladatokra. Természetesen Oroszország sem marad le a versenyben, 2015-ben és 2016-ban is hajtott végre sikeres tesztet a Nudol elnevezésű műhold elleni fegyverével [36][37].

Bár léteznek a műholdak elleni fegyverek, azonban véleményem szerint az ilyen típusú fegyver alkalmazásának az esélye nagyon csekély.

Kifejezetten csapásmérő és felderítő drónok ellen ajánl védelmet a 2013 februárjában az Associated Press emberei által Maliban, Timbuktaban egy al-Kaida harcosok által korábban elfoglalt épületben talált dokumentum. A szerző, Abdullah bin Mohammed 22 pontban leírja, hogy kell rejtőzni a drónok ellen, hogy lehet zavarni a kommunikációs rendszerüket és hogyan kellene a világ közvéleményét a dróntámadások ellen hangolni. Ványa László 2013. februárjában megjelent „Hogyan védekezzünk a drónok ellen?” című cikkében megállapítja a fenti dokumentummal kapcsolatban, hogy a 22 pont között több átfedés is van, semmilyen folyamatszerű megközelítés nem található benne, nem épül semmilyen idő- vagy más logikai rendre. Az egyes pontok között találhatóak különböző technikai eszközök alkalmazására utaló pontok, ilyen például az orosz gyártmányú „Sky Grabber”-nek nevezett eszköz, valamint a szintén orosz gyártmányú „Racal” nevű berendezés említése. Míg az előbbi egy, a műholdas jelek vételére szolgáló antenna és tuner (vevőkészülék) a drónok műholdas kommunikációs csatornájába történő behatolásra és a kódolt adások megfejtésére, addig az utóbbi valószínűsíthetően egy elektronikai zavaróeszköz. Lehetséges zavaróeszközként említi meg például a mikrohullámú sütőket, természetesen átalakítást követően. További védelmi eszközként javasolja az optikai eszközök ellen az üvegcserépek elterítését, mesterlövészpuska alkalmazását, a vezetési pontok mozgatását, a kisugárzás kontrollálását. Több pont is foglalkozik a berepülés észlelése esetén szükséges teendőkkel, javasolva a berepülés alatti mozgás beszüntetését, a rejtőzködést, a megtévesztést, a gépjárművektől történő távolmaradást, illetve az objektumok esetében több lehetséges menekülőút kijelölését. Fontos, hogy célpontként határozza meg a különböző célmegjelölő csoportokat, kémeket, fizetett ügynököket, akik a sikeres csapáshoz biztosítják a célinformációt. A 22 ponton felül ír arról is, hogy hogyan lehetne az amerikaiakat rábírní a drónok alkalmazásának befejezésére, például emberrablással [38].

A polgári és a kis hatótávolságú katonai drónok elhárítása

Ebben a fejezetben a kisebb védelemmel ellátott és a polgári kereskedelemben elérhető drónok elleni ellentevékenységgel foglalkozom, azonban a hasonló működésük miatt a kis hatótávolságú katonai eszközökre is alkalmazhatóak lehetnek a leírt tevékenységek.

A drónelhárítással kapcsolatos problémára természetesen már számos megoldás született, mivel a problémában érintett szervezetek (rendvédelmi szervek, repülőterek stb.) részéről egyre nagyobb és sürgetőbb az igény olyan eszközökre, amelyek képesek a drónok tevékenységét hatékonyan gátolni.

A drónelhárítást kettő feladatra osztom fel, ezek:

- a detektálás;
- és az elhárítás.

A detektáláson a drón tevékenységének mielőbbi felfedését értem annak érdekében, hogy a tevékenységének akadályozását mielőbb megkezdhessük. Azaz, ne akkor gondolkodjunk a lehetőségeinken, amikor az eszköz már a fejünk felett lebeg és készíti a videót rólunk. Azonban már a detektálás sem olyan egyszerű feladat. Véleményem szerint detektálási lehetőségek az alábbiak:

- audiovizuális (látási és hallási ingereket összekapcsoló) felderítés;
- a frekvenciaspektrum vizsgálatán alapuló keresés.

Az audió és a vizuális felderítés során hagyatkozhatunk természetesen saját érzékszerveinkre, azonban sokkal jobb eredményeket érhetünk el, amennyiben már ehhez is igénybe vesszünk valamilyen technikai eszközt. Mivel a kisméretű drónok nagyobb távolságról már nem vagy alig láthatóak, ilyen esetben mindenképpen szükségünk lehet valamilyen távcsőre. A hangalapú felderítés sem egyszerű feladat önmagában, mivel a drónok által keltett hang az emberek számára sok esetben csak akkor hallható, amennyiben a környezeti zajok szintje nagyon alacsony.

Természetesen a meglévő kereslet miatt már erre a célra is fejlesztettek ki technikai eszközt, ilyen például Dedrone cég Dronetracker terméke. A leírás alapján kb. 500 m-ről képes a drónok érzékelésére, egyrészt a mikrofonok, másrészt a kamerák, harmadrészt pedig a frekvenciaszkenner segítségével. A berepülésről a kijelölt személy részére értesítést küld SMS-ben, e-mailben vagy egyéb módon [39][40].

A frekvenciaspektrum vizsgálata során a drónok esetében általánosan használt frekvenciákra kell, hogy koncentráljunk. A drónok alkalmazásához három esetben van szükségünk a rádiófrekvenciás jelátvitelre, ezek a vezérlőjel és a videojel átvitele, illetve a GNSS jel vétele. Ezek közül kettő esetben lehetünk képesek a kommunikáció felderítésére, ezek a vezérlés és a videojel továbbítása. Számolnunk kell azonban azzal is, hogy nincs valós idejű videojel továbbítás, mivel a felvétel rögzítése az eszközben lévő memóriakártyára is történhet. Ebben az esetben máris csak a vezérlés frekvenciájának felfedezésére kell koncentrálnunk. A kereskedelmi forgalomban vásárolható drónok esetében ez általában ismert, azonban néhány esetben találkozhatunk házilag készített repülőeszközzel, ilyen esetben a megfelelő tartományban üzemelni képes frekvenciaszkenner nagy szolgálatot tehet. Fontos, hogy ebben az esetben sem felejtkezhetünk el a jelterjedés alapjainak ismeretéről.

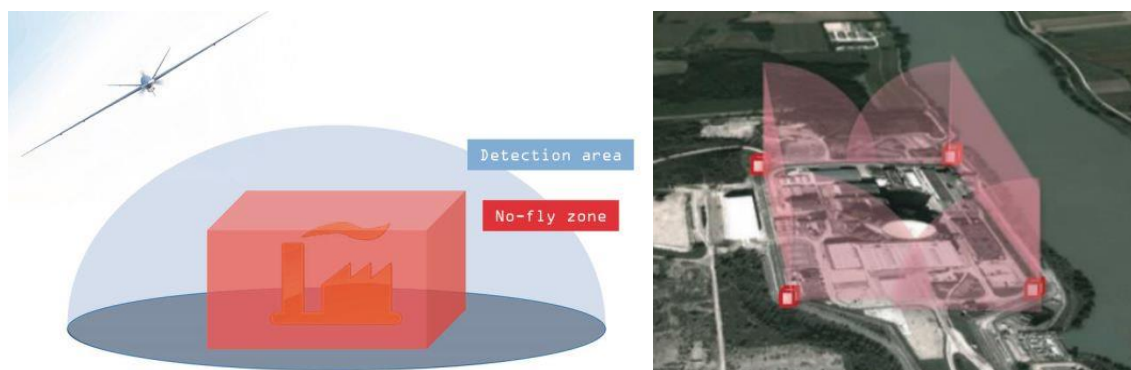
A következő lépés már maga a drón elfogása, vagy földre kényszerítése. Erre is többféle megoldás létezik. Elfogásra számos repülőtéren alkalmaznak vadászmadarakat a drónok ellen, illetve kifejlesztésre kerültek különböző, elfogóhálót kilövő fegyverek is. A drónok működéséhez szükséges frekvenciasáv használatának akadályozására is többféle eszköz elérhető már, ezek között vannak az úgynevezett drónpuskák, illetve a különböző műveleti területeken is alkalmazott elektronikai zavaróeszközök, a jammerek. A drónpuskák, illetve az elektronikai zavaróeszközök működése az elektronikai hadviseléshez kapcsolódik. Tevékenységük során elsődlegesen a vezérlő, illetve a GNSS frekvenciák zavarására fókuszálnak. Fontos szempont, hogy körsugárzó antenna helyett irányított antenna alkalmazásával a hatótávolság jelentősen növelhető.

„Az elektronikai hadviselés olyan katonai tevékenység, amely elektromágneses környezetben, az elektromágneses energia tudatos használatával biztosítja az elektromágneses műveletek ré-

szeként végrehajtott támadó és védelmi jellegű hatások/célok elérését.” Az elektronikai zavarás²⁰ az elektronikai ellentevékenységi funkció²¹ egyik részterülete, az elektronikai megtévesztés²² és az elektronikai pusztítás²³ mellett. „Az elektronikai zavarás az elektromágneses energia szándékos kisugárzása, visszasugárzása vagy visszatükrözése azzal a céllal, hogy korlátozza vagy megakadályozza az ellenség által használt elektronikai eszközök, berendezések és rendszerek rendeltetésszerű működését” [41].

A fenti eszközök tehát elektronikai zavaróeszközök, amelyek működtetése azonban számos országban jogszabályba ütközik, vagy minimum engedélyköteles. Magyarországon – bár számos számos webáruházban rendelhetőek ilyen eszközök – a haditechnikai eszközök és szolgáltatások kivételének, behozatalának, transzferjének és tranzitjának engedélyezéséről, valamint a vállalkozások tanúsításáról szóló 160/2011. (VIII. 18.) számú Kormányrendelet hatálya alá esnek és engedélykötelesek [42].

Az elektronikai zavaróeszközök működtetését kettőféleképpen javasolják. A drónpuska, illetve néhány elektronikai zavaróeszköz esetében irányított antennával történő zavarást hajtanak végre akkor, amikor felderítésre került a drón. A másik megoldás pedig egy tiltott repülési zóna (no-fly-zone) kialakítása az elektronikai zavaróeszközökkel. A 9. kép bal oldali részén látható, szürkével jelölt zónában még csak a vezérlőjelet zavarják. Amennyiben a drón nem fordul meg a vezérlőjel elvesztésekor, akkor belép a második, piros zónába is, ahol a GNSS jeleket is zavarják, így a drón nagy valószínűséggel lezuhan. A 9. kép jobb oldali részén egy kvázi elektronikai védőfalat hoznak létre [43][44][45].



9. kép Tiltott repülési zóna (no-fly-zone) kialakítása az elektronikai zavaróeszközökkel [44][45]

Mindenképpen fontos megjegyezni azt, hogy hatékony elektronikai zavarás kivitelezése, illetve ilyen tiltott repülési zóna (no-fly-zone) kialakítása gondos tervezést, számolást, valamint visszaellenőrzést igényel. Nem elegendő csak bekapcsolni a zavaróeszközöket, tervezni kell a lefogható és a le nem fogott zónák helyzetét, elkerülendő azt, hogy valahol rés maradjon és ott a drónokkal berepülhessenek.

A zavarandó eszközök lefogása akkor hatékony, ha a vevő bemenetén nagyobb zavar/jel vi-

20 Electronic Jamming – EJ

21 Electronic Counter Measures – ECM

22 Electronic Deception – ED

23 Electronic Neutralisation – EN

szonyt tudunk létrehozni, mint K_{zmin} értéke. A K_{zmin} , a lefogási tényező a lefogás bekövetkezésekor a bemeneten fellépő zavarjel és hasznos jel teljesítményének minimális aránya. Minél kisebb ez az arányszám, annál könnyebb energetikailag a hatékony zavarást létrehozni.

$$K_{zmin} = \frac{P_z}{P_j}$$

Lefogási zóna az a terület vagy térrész, ahol $K > K_{zmin}$. A le nem fogható zóna az, ahol $K < K_{zmin}$, azaz az a térrész, ahol a vevőkészülék bemenetén kisebb a zavar/hasznos jel aránya, mint az a hatékony lefogáshoz szükséges lenne. A kettő zóna közötti határon a $K = K_{zmin}$. [46]

A későbbi jogi problémák elkerülése érdekében az elektronikai zavarásra figyelmeztető táblákat is javasolt kihelyezni.

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben elemeztem és bemutattam a drónok működésével és üzemeltetésével kapcsolatos alapvetéseket és a használatukkal kapcsolatban felmerült főbb problémákat. Látható, hogy sem a katonai, sem a polgári alkalmazású drónokkal kapcsolatban nem egyszerű a helyzet, amely sok esetben nemcsak a felhasználó számára átláthatatlan jogi környezetet jelent, hanem a józanész diktálta szabályok figyelmen kívül hagyását is. Az is egyértelmű, hogy a drónok fejlődése a következő években is folytatódni fog, így egyértelmű és betartható szabályokat kell megalkotni a felhasználók részére, amelyeket később periodikusan felül kell vizsgálni. Nem szabad azt sem elfelejteni, hogy a drónok fejlesztésére és gyártására egy kisebb iparág épült már rá. Egyértelműen jónak tartom azon felvetéseket, melyeknek célja, hogy a pilótanélküli eszközöket a légiközlekedésbe integrálni kell egy adott technikai paraméter (tömeg, repülési sebesség, repülési magasság, vagy ezek kombinációja) felett és az ehhez szükséges részegységeket be kell építeni a meghatározott kategóriába tartozó gépek esetében.

A fentiek alapján a jogkövető magatartást követő alkalmazók igényei kielégítésre kerülnek, azonban semmiképpen sem szabad elfelejtkeznünk arról, hogy nem minden esetben történik jogszerűen a drónok alkalmazása. Egy kisebb méretű drón előállítását otthon is megoldható lehet, amennyiben rendelkezésre áll az alapvető szakismeret. A szükséges alapanyagok interneten és szaktoltokban minden korlátozás nélkül elérhetőek. Az is opció lehet, hogy egy kamerával felszerelt, boltban rendelhető drón hasznos terhet cseréljük le például robbanóanyagra, így a különböző biztonsági ellenőrzéseket megkerülve a levegőből juttathatják el például a futballmérkőzés nézőközönsége, vagy valamilyen stratégiai fontosságú objektum fölé. Ezen biztonsági kérdések miatt a drónelhárítás lehetőségeit folyamatosan vizsgálni kell, és bár ez is egy újabb macska-egér harc lesz, fel kell készülni a különböző elhárító eszközök fejlesztésére, tesztelésére és szükség szerinti alkalmazására.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] U.S. Air Force official webpage, MQ-1B PREDATOR factsheet, (online) url: <http://archive.is/jpRt> (2016.11.05)
- [2] Dróncenter: Mi a drón? (online) url: <http://droncenter.hu/a-dronokrol/mi-a-dron> (2016.11.05)
- [3] Margaret Rouse: Drone definition. (online) url: <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/drone> (2016.11.05)
- [4] RQ-1A/MQ-1 Predator UAV factsheet, (online) url: <https://defense-update.com/products/p/predator.htm> (2016.11.05)
- [5] Jonathan H. Kantor: 10 Misconceptions About Military Drones, (online) url: <http://listverse.com/2016/08/27/10-misconceptions-about-military-drones/> (2016.12.06)
- [6] History of U.S. drones, (online) url: <https://understandingempire.wordpress.com/2-0-a-brief-history-of-u-s-drones/> (2016.11.06)
- [7] Kovács László mk. őrnagy: Az elektronikai felderítés korszerű eszközei, eljárásai és azok alkalmazhatósága a Magyar Honvédségben, Doktori (PhD) értekezés, ZMNE, Budapest, 2003.
- [8] Bali Tamás – Palik Mátyás: A harcászati pilótánélküli légijárművek fedélzeti berendezései. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2013/1, pp. 223–236.
- [9] AN/ARC-210 Talon™ Programmable Digital Communication System Datasheet, (online) url: <https://www.rockwellcollins.com/~media/Files/Unsecure/Products/Product%20Brochures/Communication%20and%20Networks/Communication%20Radios/ARC-210%20Talon/Talon%20RT-8100%20data%20sheet.aspx> (2016.12.13)
- [10] Szabó Miklós: A pilóta nélküli repülő eszközök katonai alkalmazásának lehetőségei és sajátosságai, Repüléstudományi Közlemények Különszám 2013. (e-dok.) url: http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-61-Szabo_Miklos.pdf (2016.12.05)
- [11] Szerző nélkül: Estimated Planetary K index, (online) url: http://www.n3kl.org/sun/images/noaa_kp_3d.gif (2016.12.09)
- [12] Antal Ferenc: Átkelés és álcázás, (online) url: <http://www.honvedelem.hu/cikk/40053> (2016.11.15)
- [13] Árvai László: Robottechnika és térinformatika. Hadmérnök, Budapest, 2012. június, pp. 230-241.
- [14] Chris Cole: Drone wars: Out of Sight, Out of Mind, Out of Control. Drone Campaign Network, Oxford OX1 1LD, 2016 október, p. 28.
- [15] Sam Biddle: Leaked Documents: Bystanders Killed By Drones Automatically Become "Enemies, (online) url: <http://gawker.com/leaked-documents-show-american-drones-are-killing-lots-1736721716> (2016.12.22)
- [16] Szerző nélkül: Pakistanis protest against U.S. drone strikes, (online) url: <http://en.people.cn/90777/8084769.html> (2016.12.22)
- [17] Szerző nélkül: Iraqi special forces fire into the sky as an Isil drone drops small bombs on Mosul, (online) url: <http://www.telegraph.co.uk/news/2016/12/19/iraqi-special-forces-fire-sky-isil-drone-drops-small-bombs-mosul/> (2016.12.22)
- [18] Szerző nélkül: Hezbollah drone pounds militant positions in Syria's Aleppo, (online) url: <http://www.presstv.ir/Detail/2016/08/10/479417/Lebanon-Syria-Hezbollah> (2016.12.22)
- [19] Szerző nélkül: FAA, DHS, CACI, UMD Perform UAS Detection Work, (online) url: <http://www.aeronews.net/emailarticle.cfm?do=main.textpost&id=2f25abed-78ce-4a95-8a3a-55ef40e35ff4> (2016.12.22)
- [20] Szerző nélkül: Drone grounds Dubai airport again as UAE finalises new law, (online) url: <http://ameinfo.com/transportation/drone-dubai-airport-closure-uae-law/> (2016.12.21)
- [21] Bart Jansen: Small drone crashes near White House despite ban against flights in D.C., (online) url: <http://www.usatoday.com/story/news/2015/10/09/drone-crash-white-house-ellipse-us-park-police-federal-aviation-administration/73641812/> (2016.12.21)
- [22] Szerző nélkül: Cartels Are Reportedly Building DIY Drones to Fly Drugs Over the Border, (online) url: <http://motherboard.vice.com/read/cartels-are-reportedly-building-diy-drones-to-fly-drugs-over-the-border> (2016.12.27)
- [23] Szerző nélkül: Drones seized over HMP Pentonville carrying drugs and phones, (online) url: <http://www.bbc.com/news/uk-england-london-37152665> (2016.12.27)
- [24] Szerző nélkül: Drónokkal figyelik az embercsempészek a határt, (online) url: <http://halasinfo.hu/dronokkal-figyelik-az-embercsempeszek-a-hatart/> (2016.12.27)
- [25] Szerző nélkül: Az ukrán csempészek találékonysága határtalan, (online) url: <http://ukrajna.reblog.hu/cimke/ukr%C3%A1n-magyar+hat%C3%A1r> (2016.12.27)

- [26] Szerző nélkül: Regulation of Drones: Germany, (online) url: <https://www.loc.gov/law/help/regulation-of-drones/germany.php?loclr=bloglaw> (2017.01.02)
- [27] Szerző nélkül: Flying drones, (online) url: <https://www.caa.co.uk/Consumers/Model-aircraft-and-drones/Flying-drones/#4294979999-accordioncollapse-1> (2017.01.02)
- [28] Jim Martin: Drone law UK, (online) url: <http://www.pcadvisor.co.uk/feature/gadget/uk-drone-law-dronecode-where-to-fly-zones-3620507/> (2017.01.02)
- [29] John Patterson: Heliguy's Guide to Global Drone Regulations, (online) url: <https://www.heliguy.com/blog/2016/06/14/heliguys-guide-to-global-drone-regulations/> (2017.01.02)
- [30] A légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. törvény módosítására vonatkozó 2016. évi CXXXVI. törvény
- [31] A Kormány .../2016. (... ...) Korm. rendelete az egyes légiközlekedéssel összefüggő kormányrendeletek módosításáról, Tervezet
- [32] Szerző nélkül: Jövőre várható a hazai drón-szabályozás, (online) url: <http://iho.hu/hir/jovore-varhato-a-hazai-dron-szabalyozas-150707> (2016.12.28)
- [33] Dr. habil. Ványa László okl. mk. alezredes: Kérdések és válaszok a szupertitkos RQ-170 iráni kézre kerüléséről, Repüléstudományi Közlemények Különszám 2012. (e-dok.) url: http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012_cikkek/52_Vanya_Laszlo.pdf (2016.12.05)
- [34] Ágoston Tibor: Műhold elleni fegyverek, Hadmérnök, 2010. december, pp. 101-109.
- [35] J. Terry White: Historic ASAT Mission, (online) url: <http://www.whiteeagleaerospace.com/historic-asat-mission/> (2016.11.25)
- [36] John Costello: China Finally Centralizes Its Space, Cyber, Information Forces, (online) url: <http://thediplomat.com/2016/01/china-finally-its-centralizes-space-cyber-information-forces/> (2016.11.25)
- [37] Szerző nélkül: Chinese Anti-Satellite (ASAT) Capabilities, (online) url: <http://www.globalsecurity.org/space/world/china/asat.htm> (2016.11.25)
- [38] Ványa László okl. mk. alezredes, PhD: Hogyan védekezzünk a drónok ellen, Repüléstudományi Közlemények Különszám 2013. (e-dok.) url: http://epa.oszk.hu/02600/02694/00062/pdf/EPA02694_rtk_2013_2_255-261.pdf (2016.12.05)
- [39] Heather Kelly: How to catch drones smuggling drugs into prison, (online) url: <http://money.cnn.com/2016/06/24/technology/dedrone-drone-prisons/> (2016.12.10)
- [40] Dedrone - Multi-Sensor Drone Detection System, (online) url: <http://www.dronedefence.co.uk/Technology> (2016.12.10)
- [41] Magyar Honvédség Összhaderőnemi Elektronikai Hadviselés Doktrína, 2. kiadás, MH DOFT kód: MD 3.6 (2), 2014
- [42] A haditechnikai eszközök és szolgáltatások kivitelének, behozatalának, transzferjének és tranzitjának engedélyezéséről, valamint a vállalkozások tanúsításáról szóló 160/2011. (VIII. 18.) számú Kormányrendelet
- [43] Battelle DroneDefender, (online) url: <http://www.battelle.org/our-work/national-security/tactical-systems/battelle-dronedefender> (2016.12.10)
- [44] Dynopis Electronic Countermeasures, (online) url: <http://www.dronedefence.co.uk/dynopis-ECM> (2016.12.10)
- [45] Berta Sándor: Frekvencia-zavarás a drónok ellen, (online) url: <https://sg.hu/cikkek/117590/frekvencia-zavaras-a-dronok-ellen> (2016.12.10)
- [46] Haig Zsolt – Kovács László – Ványa László – Vass Sándor: Elektronikai hadviselés. Budapest, 2014., ISBN 978-615-5305-87-0

DRONE, DRONE, DRONE ...

Recently we can read in many places about the use of drones, both military and civilian events. Regarding to the military use, generally it is about the large, armed drones, using them against high value targets (person or building) in the ongoing operations. In connection with the small UAVs, generally we can speak about our own experiences, when we take part in an event and we see a drone, flying over us, or we can see pictures or videos in the news, broadcasting them from a drone.

The aim of this study is to provide an overall picture about the drones and introduce the legal situation as well as the possible protection measures against drones.

Keywords: UAV, Unmanned air vehicle, drone, targeting

Horváth József (MSc)
doktorandusz
Nemzeti Közszerológati Egyetem
Katonai Múszaki Doktori Iskola
horvath0101@gmail.com
orcid.org/0000-0002-2743-3522

Horváth József (MSc)
PhD Aspirant
National University of Public Service
Doctoral School of Military Engineering
horvath0101@gmail.com
orcid.org/0000-0002-2743-3522



<http://www.repulestudomany.hu/kiadvanyok/RepSzem-2017.pdf>

Csengeri János

A LÉGIERŐ, MINT A GEOSTRATÉGIAI TÖREKVÉSEK EGYIK MEGHATÁROZÓ ESZKÖZE

A tanulmányban a rövid felvezetést követően a releváns, és kardinális geopolitikai, geostratégiai nézeteket ismertetem, kiemelem azokat a gondolatokat, amelyek a légierő szempontjából meghatározó. A megemlített elemek azok, melyek kölcsönhatása, illetve az alkalmazott elem megfelelő kiválasztása szükséges a siker kifejlesztéséhez. Összefűzöm a geopolitikai illetve geostratégiai alapelveket, illetve a légierő alkalmazási lehetőségeit a korábbi jelentősebb, hasonló gondolatok vázolója után. A kapcsolódási pontokat áttekintve továbblépek a légierő alkalmazásának fejlődési ívére, végigvezetve a gondolat szálát a meghatározó légierő teoretikusok munkásságán, mely gondolatok (és az időközben lezajló háborúkban szerzett tapasztalatok) kialakították a különböző nemzetek és a Szövetség légierő doktrínáinak egybecsengését, és jelenlegi tartalmát. Az utolsó tárgyaló fejezetben megvizsgálom a hazai stratégiai dokumentumok vonatkozó részeit, szintetizálom mely részekkel (feladatokkal) kapcsolatban nyilvánulhat meg a légierő, illetve ennek milyen vonzatai adódnak. Feltárom a kötelezettségeket, illetve a lehetőségeket említett dokumentumok tükrében.

Kulcsszavak: légierő, geostratégia, légierő teória, légierő koncepció, légierő doktrína

„A tudomány legalapvetőbb gondolatai alapvetően egyszerűek, és szabályként bárki számára érthető nyelven megfogalmazhatóak.”

„A valósághoz mérten minden tudományunk primitív és gyerekes dolog – és mégis ez legnagyobb értékünk.”

Albert Einstein

BEVEZETÉS

Jellemzően nagyon sok vitát generál az erőszakszervezeteken, jelesül a haderőkön belül a haderőnemi, de akár a fegyvernemi szekvencia, melyet a feladatkörük, végrehajtott műveleteik fontosságából eredeztetnek. Ez a fajta versengés természetesnek mondható, mely általában ugyancsak jelen van egyéb szakterületeken is. A szárazföldi és tengeri haderőnem sok százados, évezredes múltra tekint vissza, és eme múlt jogán kezdetekben mindenképpen, de még napjainkban is szeretne a légierők fölé helyezkedni (ezt nem tudományos megállapításként, hanem személyes véleményemként állítom). A későbbiekben bemutatásra kerül, amint kezdetekben egyik-másik haderőnem, vagy szakcsapat kötelékében tevékenykedtek a légi szolgálatok, és minden nagy nemzetnél szükség volt egy vagy néhány bátor, erős akaratú, kiemelkedő jellemű, szellemi képességű, nagy formátumú személyre, aki vállára vette az önálló légi haderőnem létrehozásának keresztjét. Ezt a létjogosultságot azonban nemcsak a számos repülőgép típus és darabszám létrejötte illetve megépítése, vagy az individualizmus indokolta, hanem egy olyan képességekkel rendelkező hadviselési terület kibontakozása szolgáltatta, amelyről addig csak elképzeléseik, vagy ábrándjaik léteztek, és amely képességek teljesen új lehetőségeket, hadviselési formát hoztak magukkal. Nem kizárólag, sőt, döntő részben nem (hanem a hatékonyságot növelendő), de ezt a versengést igyekeznek kioltani a haderőnemek kooperáló, szinergikus alkalmazása, melyet összhaderőnemi műveletekként aposztrofálnak, és mára általánossá vált a haderők, vagy adott műveletekre csoportosított szövetséges csapatok ilyen elvek szerinti alkalmazása. Megjegyzem, itt is

megjelölik azt a haderőnemet, amelynek műveletei dominálni fognak, ő lesz a támogatott, és a többi haderőnem, amely segíti előbbi fő erőkifejtését lesz a támogató.

Jelen korunkban a szövetséges, vagy koalíciós műveletekben (Öböl háborúk, Koszovó, Afganisztán, Líbia, Szíria) egyre nagyobb részt tölt ki a légi haderőnem tevékenysége. Az aszimmetrikus hadviselési formánál, kimondottan az olyan változatban, ahol a szembenálló felek között haditechnikai felszerelés tekintetében nincs egyenlőség, kényelmes a légierőt alkalmazni, ugyanis mint legköltségesebb haderőnem, ezen a téren a nyugati szövetség/koalíció mindig jelentős fölényt birtokol, ezáltal a légi dimenzió uralma is szinte a műveletek kezdetétől biztosított. Miután a légi eszközök veszélyeztetettsége csekély (persze a bennük helyet foglalónak nem mindig ez a véleményük), így ilyen módon érhető el a legkisebb veszteség úgy technikai (vagy gazdasági, illetve képességbeli), mint személyi állomány (vagy morális) tekintetben.

Ebben a tanulmányban a rövid felvezetést követően a releváns, és kardinális geopolitikai, geostratégiai nézeteket vázolom fel, eljutva arra a pontra, ahol a légierő tevékenysége (itt lehetőség szerint gondoljunk inkább egy légierő által dominált, összhaderőnemi kötelékre) bevezethető a törekvések véghezvitelében, illetve említés szinten bemutatom azokat az egyéb elemeket, amelyek úgyszintén megjelennek e törekvések kivitelében. Továbbá itt reflektálok a pályázatom munkacímére, mely hangsúlyozza, hogy a légierő nem „csodafegyver”, és nem „omnipotens” (kb.: minden-képességű, teljhatalmú). A megemlítendő elemekkel való közreműködése, az alkalmazásuk közötti balanszírozás lehet szükséges a siker kifejtéséhez.

Összefűzöm a geopolitikai illetve geostratégiai alapelveket, illetve a légierő alkalmazási lehetőségeit a korábbi jelentősebb, hasonló gondolatok vázolója után. Bemutatom, hogyan lehet geostratégiai törekvéseket megvalósítani a légierő alkalmazása által, illetve kicsit megfordítva, milyen geopolitikai eredői lehetnek adott légierő birtoklásának, alkalmazásának (kifejezetten a magyar lehetőségekre koncentrálva, a később bemutatandó stratégiai fontosságú dokumentumokból következtetve).

A kapcsolódási pontokat áttekintve továbblépek a légierő alkalmazásának fejlődési ívére, végigvezetve a gondolat szálát a meghatározó légierő teoretikusok munkásságán, mely gondolatok (és az időközben lezajló háborúkban szerzett tapasztalatok) kialakították a különböző nemzetek és a Szövetség légierő doktrínáinak meglepő egybecsengését, és jelenlegi tartalmát.

Az utolsó tárgyaló fejezetben megvizsgálom a hazai stratégiai dokumentumok vonatkozó részeit, szintetizálom mely részekhez kapcsolódóan (feladatokban) nyilvánulhat meg a légierő, illetve ennek milyen vonzatai adódnak. Feltárom a kötelezettségeket, illetve a lehetőségeket említett dokumentumok tükrében.

GEOPOLITIKAI, GEOSTRATÉGIAI NÉZETEK, VIZSGÁLATUK TÁRGYA; KAPCSOLÓDÁSUK A LÉGI HADVISELÉSHEZ

A geopolitika diszciplínájának létezése több mint száz évre tekint vissza, amikor Friedrich Ratzel és Rudolf Kjellén, sorrendben német és svéd tudósok megalapozták a területet. Előbbi 1897-ben *Politische Geographie* című művével, utóbbi pedig kidolgozta a geopolitikai elemzések fő vonalait, illetve bevezette a fogalmat 1905-ben [10].

De mi is az a geopolitika (illetve geostratégia)? A következőkben a hellyel és hivatkozásokkal nem spórolva, részletesen utánajárok a fogalom tisztázásának. Nem kívánok az egyes nemzetek, hatalmak, csoportok szubjektív álláspontjaival foglalkozni (habár esetenként szétválaszthatatlan), mindössze az eszmetörténet, illetve diszciplína alapvetéseit, és vizsgálatának tárgyát kívánom áttekinteni.

Elsősorban Szilágyi István: Geopolitika című, 2013-ban megjelent könyvére támaszkodom, ugyanis véleményem szerint kiváló kiindulási alap. A fő szál lefektetése után, idézve a Csizmadia et al. (szerk): Geopolitikai Szöveggyűjteményben [8] fellelhető, illetve egyéb gyűjteményekben található, magával a diszciplína alapjaival foglalkozó műveket, átfogó képet igyekszem festeni a vizsgált fogalomról.

A geopolitika és a geostratégia fogalom megalapozásának története

A geopolitika klasszikusai tehát, egyben a szociáldarwinista irányzat képviselői az előző rövid felvezetőben említett német és svéd gondolkodó. Friedrich Ratzel (1844–1904) szerint minden állam egy kis darab emberiség és egy kis darab föld [9]. Ebből a rövidke kis idézetből már nagyon sok minden következtethető, tehát az emberek alkotják az államot, amely egyfajta organizmus, és akként is viselkedik (változtatja az alakját, a méretét, esetleg helyzetét; igényei, cselekedetei vannak, melyeket reakció követ, stb.), illetve hozzátartozik egy földterület, amelyen elhelyezkedik. Nem a földterület az állam, az csupán az a hely, amely életteréül szolgál az önálló entitású államnak. Ratzel úgy gondolta, hogy „minden egyes állam fejlődése azonos a föld folyamatos megszerzésével” [9], ebből következik, hogy csak akkor tekinthető egy állam fejlődőnek (szerrinte), ha növeli területét, azonban ez valószínű, hogy konfliktushoz fog vezetni más népekkel.

Rudolf Johan Kjellén (1864–1922) svéd tudós a geopolitikára, mint a háború tudományára tekintett, ugyanis a földrajzi és politikai térben a nagyhatalmak között a vetélkedés a világhatalmi státusz megszerzésére irányul, éppen ezért érdeklődésének középpontjában a nagyhatalmak térbeli jellemzői, viselkedésük törvényszerűségei álltak [15]. Az általános eszmetörténet mellett a világ akkori hatalmi állásáról is kifejtette véleményét, miszerint Németország az a nagyhatalom, mely értékeit a világ magáénak kellene vallja. Később az ő élettér elmélete jelentette a táptalajt a német terjeszkedési politikának [15], továbbá képezhette alapját a Karl Ernst Haushofer féle élettér (lebensraum) elméletnek, mely kiforgatva és leegyszerűsítve a Nemzetiszocialista Német Munkáspárt egyik dogmájává vált. Ezzel kapcsolatban fontos geopolitikai fogalomnak kell tekintsük a „térbeli befolyás”-t, mint a geopolitika egyik alapvetését.

A szociáldarwinista irányzattal együtt fejlődött a geostratégiai megközelítés. Öt pontba foglalható a vizsgálatának tárgya, jelen tanulmány szempontjából a következő a lényeges: a légi hadviselés megjelenése milyen hatást gyakorol a szárazföldi, illetve tengeri hatalmak viszonyrendszerére [15]. Ebből a vizsgálati megközelítésből egyfajta alárendeltségi viszony érződik ki, jóllehet, kezdeti állapotról beszélhetünk a XX. század elején a légi hadviselést tekintve. Jelenleg hasonló kérdés már nehezen lenne megfogalmazható, nemcsak a hadviselés egyre komplexebbé válása, hanem az egyéb adalékok (gazdasági lépések, diplomáciai megoldások, kibérlési hadvisel-

lés) növekvő szofisztikáltsága miatt is. Nem biztos, hogy ezeket az egyéb elemeket elválaszthatjuk a hadviseléstől, a manapság nagy figyelmet kapó úgynevezett „hibrid hadviselés”¹ elmélet felölelheti akár ezeket a területeket is.

A tengeri hatalom képviselője az amerikai Alfred Tayer Mahan (1840–1914). Tudományos életműve irigylésre méltó, jelen írás szempontjából 'A tengeri hatalom történelemre gyakorolt hatása 1660-1783' című művét kell kiemeljük. Első fejezetében kifejti, hogy csak a tengerekkel körülvett államok képesek határaikat megtartani, valamint a tengerekkel határolt államok egyfajta determinált sorsa, hogy haditengerészetet fejlesszenek, és birtokba vegyék a környező vizeket [15]. Megjegyzi továbbá, hogy azért is jelentősebb a tengeri hatalom a szárazföldinél, mivel a Föld felszínének csupán 30%-a szárazföld, és 70%-a vízfelszín. Itt meg kell jegyezni, hogy mindezt pedig körülveszi a levegő, a légtér, ami ráadásul vertikálisan 20–25 000 méteres (de akár még magasabban is, illetve az űreszközök esetében több száz kilométeres) magasságban igénybe vehető.

A szárazföldi hatalom jeles képviselője a skót származású Sir Halford John Mackinder (1861-1947). Műveiben a geopolitika szót nem használta, azonban egyéb szerzők megfogalmazzák a fogalom általa való értelmezését: „a geopolitika nem más, mint a globális hatalmi egyensúly kialakításának, illetve fenntartásának racionális módszertana” [15]. Sorra újabb és újabb, egyre továbbgondolt elméletekkel jött elő, melyek rendszerint a szárazföldi területeket jellemezték, kategorizálták, osztották fel, az egész bolygót figyelembe véve. 1904, kulcsövezet elmélet – 'A földrajz a történelem kulcsa' (The Geographical Pivot of History); 1919, magterület elmélet - 'Demokratikus ideálok és a valóság' (Democratic Ideals and Reality); 1943, Földközi-óceán és Léna-vidék elméletek – 'A kerek világ és a béke megnyerése' (The Round World and the Winning of the Peace) [15].

Karl Ernst Haushofer (1869–1946) a német geopolitikai iskola megalapítója, egyben az előző két (szociáldarwinista és geostratégiai) irányzat egyesítője. A geopolitikát, mint az állam tudatát, az állam térbeli megnyilvánulását tanulmányozó tudományt kezelte [15]. Előbbi miatt egyrészt az organikus, másrészt, mivel az expanziós aspektussal is bővítette a geopolitika vizsgálati körét, a geostratégiai jegyeket is hordozza a munkássága [15]. Továbbá szerinte az ország védelmébe nemcsak a határok megvédése, hanem az azon túl élő saját kultúrkörhöz tartozók biztonságának garantálása is hozzátartozik [3]. A határokon túli kultúrkör megőzése, vagy biztosítása pedig könnyen adhat indokot a mögöttes expanziós törekvések legitimizálására, valamint a vélt élettér szükséglet kielégítésére. E gondolatmenet végett mondhatjuk, hogy irányzategyesítő a német vezérőrnagy.

A második világháború befejeztével, a geopolitika száműzött tudományággá vált, illetve áltudományként aposztrofálták, mivel a haushoferi elméletek a náci földrajzi terjeszkedés alaptételeivé váltak. A XX. század közepére a vizsgálódások fókuszpontja áttolódott a kialakulóban levő (kétpólusú) világrend leírása irányába. Már a holland származású, viszonylag fiatalon, 49 éves korában elhunyt, Nicholas J. Spykman (1893–1943) – aki az USA-beli Yale egyetemen a nemzetközi tanulmányok terén hamar vezető tudós lett – is elsősorban az Amerikai Egyesült Államok helyét és szerepét tanulmányozta a második nagy háborúban, majd az USA háború

¹ Hibrid hadviselésnek „... azon képességeket nevezzük, melyek révén az ellenfelek hagyományos és nem hagyományos eszközöket egyidejűleg és adaptívan tudnak alkalmazni saját céljaik elérése érdekében” [4].

utáni pozíciójáról elmélkedett [15]. Mackinderhez hasonlóan, különféle övezetekre osztotta a Földet úgy, mint magterület, peremterület, illetve part menti szigetek és sziget-kontinensek. Szemlélete szerint a magterület Oroszországot, a peremterület a nyugat-európai, balkáni, Dél-, illetve kelet-ázsiai területeket, azaz a magterületet körülölelő kontinentális részeket jelenti [13].

A hidegháború – mely kezdetét Herry Truman, az USA 33. elnökének 1947. március 12-i beszédétől számítjuk, és amely a Szovjetunió 1991-es felbomlásával ért véget – geopolitikai gondolkodása már egyértelműen két domináns elv, a demokrácia és a diktatúra, a szabadelvűség és a totalitarizmus, tehát az Amerikai Egyesült Államok, illetve a Szovjetunió, mint a világot domináló két pólus vizsgálta [15]. Egyik kiemelkedő alakja e korszaknak Henry A. Kissinger (1923-) egykori amerikai külügyminiszter, nemzetbiztonsági főtanácsadó, aki szerint moderálni kell a marxizmus terjedését, illetve jellemzően nem jó és rossz lehetőség között kell adott ország vezetőjének választania, hanem jó és jobb, illetve rossz és rosszabb között [5].

A korszakot követően úgy tekintenek a világra, mint ahol az USA magára maradt nagyhatalmi pozíciójában, immár egypólusúvá vált [15]. Itt Zbigniew Brzezinski (1928) lengyel származású, szintén egykori nemzetbiztonsági főtanácsadót kell kiemelnünk. Egyik nagyszerű munkájában, „A nagy sakktabla” című kötetben új geopolitikai alapfogalmakat határoz meg úgy, mint geostratégiai játékos országok, valamint geopolitikai pillér országok. Az előbbi olyan államot jelent, amely képes és hajlandó hatalmát és befolyását határain túl is alkalmazni, utóbbi fontossága nem nemzetközi súlyából, hanem stratégiai (földrajzi) elhelyezkedéséből adódik [18].

További adalékok a geopolitika fogalmához és vizsgálatának tárgyához

Az egykori Stratégiai és Védelmi Kutatóintézet által kiadott Geopolitikai Szöveggyűjtemény eleji bevezetés, a geopolitikáról írt rövid áttekintő röviden summázza a tudományág eddigi fejlődését, mélypontját, majd újbóli virágzását. Olvashatjuk, hogy bizonyos nézet szerint a gyakorlati geopolitika nem más, mint adott állam külpolitikája, nemzetközi kapcsolatrendszere. Összehasonlítja a történelmi és a geopolitikai szemléletmódot, előbbi a leírással a múltból halad a jelen felé, utóbbi a jelent ábrázolja a legszükségesebb múltbeli kitekintéssel, illetve trendeket vizionál [14].

William T. Fox szerint (1983) „a geopolitika azáltal nyer politikai relevanciát, hogy tisztázza a politikusok, diplomaták és katonai tervezők feladatát, akik arra hivatottak, hogy biztosítsák az általuk szolgált állam fennmaradását és jövőbeli helyzetét a világban” [16]. Az előző gondolat mondanivalója egyértelmű, és örökérvényű intelemként, kritikaként is megfogalmazható a mindenkorai kormányok részére. E gondolat folytatásaként idézem Foxtól a következőket: „ha egy kishatalom nem tud a környező nagyhatalmak csoportjára támaszkodni szabadsága megvédésében, akkor ebből a szemszögből okosabban teszi, ha politikáját tartósan a legnagyobb szomszédja politikájához igazítja”. Ezt a felfogást korunk már meg is haladta, hiszen nemcsak, hogy a kishatalmak a nagyobbakhoz igazodnak, de igyekeznek szövetségi rendszerükhöz csatlakozni, nyíltan vállalva, és magukra kötelezettségeket vállalva annak érdekében, hogy biztonságukat növeljék, értelmezzük a biztonságot bármilyen vonatkozásban. Egy további idézett gondolat szerint „a geopolitikai gondolkodás korai szakaszának legfontosabb képviselőinél megfigyelhető az a széles körben osztott meggyőződés, hogy az „európai méretű” nagyhatalmak túlságosan kicsik lesznek az eljövendő világban, amelyet olyan államok fognak uralni, amelyek kontinenseket vagy óceánokat fognak át, vagy kontinenseket és óceánokat egyaránt”. Erre a jelenségre, tehát az európai

egykori nagyhatalmak befolyáscsökkenésére ma már történelmi távlatból tekintünk, és annak érdekében, hogy a mai nagyhatalmak megőrizzék súlyukat, szintén szövetségesekre kívánnak szert tenni. Az Amerikai Egyesült Államoknak például szüksége van (ha nem is mindenképpen ennyi) európai szövetségesre, hogy még a ma is nagyhatalmi vetélytársát, Oroszországi Föderációt megfelelő ellenőrzés, nyomás alatt tudja tartani, de még inkább, az igen „csöndesen”, de egyre komolyabb ázsiai konkurensét, Kínai Népköztársaság súlyát balanszírozza.

„Miként a tudományos politika tekinti az érintett államot, ugyanúgy tekinti a geopolitika is az érintett teret. A térségi kötődés vizsgálatából következik nála a térségért folyó küzdelem és a térség leküzdése.” „...a geopolitikai, illetve geostratégiai helyzet a tér-hatalom konstellációtól függ, dinamikus, a változásokra irányul.” [11]. Előző két idézet a német gondolkodótól plasztikusan szemlélteti a geopolitika mibenlétét, teszi ezt egy bírálatként is megfogalmazódó, a német geopolitika kutatási irányát kijelölő írásban.

Jacques Ancel 1936-ban kelt, a német geopolitikai gondolkodást bántóan becsmérő, és saját, francia irányba forduló 'Geopolitika' című írása [12] után igazi felüdülés egy olyan kiváló, közérthető és lényegre törő művet lapozni, mint Yves Lacoste 1993-as Geopolitikai Lexikonja. Szinte végig bemásolhatnám írását, de csupán a legrelevánsabb részekre szorítkozom. „Európában a vasfüggöny 1989-ben történt felszámolása óta egy tucatnyi új állam jelent meg, új területi követelésekkel együtt, ... az ellenfelek nem értékes erőforrások birtoklásáért harcolnak, hanem sokkal inkább nemzeti érdekeik érvényesítéséért, és egyes nemzettársaik által benépesített saját történelmi területeik felszabadításáért...” [17]. Azt is megjegyzi, hogy geopolitikai konfrontációról beszélünk nem csak államok között, hanem államokon belül, politikai pártok között, a hatalom gyakorlásáért folytatott versengés esetében is, illetve bizonyos országokban a bevándorlás is geopolitikai problémákat vet fel. A geopolitikától eljut a geostratégiáig: „De nem kell e, sajnálatos módon, az összes antagonisztikus gondolatot és érvet normálisnak tekintenünk, amikor geopolitikáról beszélünk? Rémisztő filozófiai kérdés, amikor a végletekig visszük őket, mert ily módon a háború és határok kérdése merül fel. Sose feledkezzünk meg arról, hogy a geopolitika drámák (és a dráma eredeti jelentésében cselekmény), sőt tragédiák sorozata.” [17.]

A francia iskolából még egy értelmezést mutatok be. Philippe Moreau-Desfrages 1994-es „Bevezetés a geopolitikába” című tanulmányában a következőként határozza meg a fogalmat: „A geopolitika, mint tudomány, a homo politicus és a tér közötti kapcsolatokat elemzi, miközben a térbeli faktorok súlyát vizsgálja a politikai értékválasztásokban és viszonyokban, és fordítva, a politikai adottságoknak a tér szervezésére és ellenőrzésére gyakorolt hatást kutatja. Ha a geopolitika nem akar a mechanikus determinizmus foglya maradni, az ember és a tér folyamatos és sokrétű kölcsönhatásának megértésére kell törekednie.” Előző mondatból kitűnik, hogy nem tehetjük meg, hogy egyfajta állandó, jól bevált séma szerint végezzük a geopolitikai elemzéseket, azok dinamikus mivoltuk miatt. A részleteket egymással való kölcsönhatásukban kell tekinteni.

Alekszandr Dugin: A geopolitika alapjai [1], és Alekszandr Zinovjev: A Nyugat [2] című, az orosz geopolitikai iskola egyaránt 2000-ben megjelent írásai a saját helyzetüket, irányultságukat, külső és belső viszonyaikat írják le. Az eszmetörténethez nem tesznek hozzá, egyfajta orosz öngazolást lehet kihallani a sorok közül.

A témában a szerzők közül végül egy hazai gondolkodó, Bárdos-Féltoronyi Miklós geopolitikai nézetét idézem: „Ha a politikára gondolunk, akkor a hatalom gyakorlása jut eszünkbe. Önkéntelenül valamilyen célból, illetve érdekből következő cselekvésre gondolunk. Ezek a tevékenységek lezajlódhatnak az ismerősök szűkebb körén belül, a munkahelyen vagy nagyobb társadalmi léptékben, sőt nemzetközi szinten is. A geopolitikai elemzés a politika kifejezést egy adott területen, vagy ágazatban, egy meghatározott cselekvés vagy tevékenység összefüggésén belül értelmezi, legalábbis ott, ahol hatalomról beszélhetünk. Alapfelvetésem, hogy a politikai elemzés tárgyai a hatalommal kapcsolatos jelenségek. Maga a hatalom képesség arra, hogy valaki/valami valamit előálítson, kifejlesszen, vagy elpusztítson, tönkretegyen, megsemmisítsen. Az erő a hatalom eszköze, míg az uralom a politikai, kulturális, társadalmi vagy gazdasági megtestesülése.” [6]

Utoljára pedig Bakos Ferenc 2004-es 'Idegen szavak és kifejezések szótárához' fordulok csupán a teljes pontosság kedvéért. „geológia: földtan” „geográfia földrajz” „politika: ... 3. valamely társadalmi csoportnak az államhatalom megszerzése, megtartása, és felhasználása érdekében folytatott tevékenysége 4. valaminek az intézésében, szervezésében követett irány 5. pejor furfang; ravasz, kiismerhetetlen eljárás” „geopolitika: 1. A társadalmi-gazdasági viszonyok fejlődésében a földrajzi tényezők jelentős szerepét valló elmélet” [5]. Utóbbi az irodalmakban is fellelhető legáltalánosabb, legtöbbször előforduló fogalommagyarázat.

Az eddigiek alapján tehát három alapvető vizsgálati területét különböztethetjük meg a geopolitikának mint tudományágnak, a geopolitikai tanulmányokat három csoportba sorolhatjuk (a 2–3-val, ahogy az elején írtam, szándékosan keveset foglalkoztam):

1. magát a tudományágot, vizsgálatának tárgyát, módszereit meghatározni igyekvő elméletek;
2. gyakorlati, szubjektív geopolitikaként az állam viszonyulását környezetéhez;
3. objektív szemléletmódként olyan elemzések, amelyek egy vagy több állam térbeli, más államokkal való, illetve egymás közötti jelenségeit, viszonyait írja le.

LÉGIÉLŐ GONDOLKODÓK, A LÉGIÉLŐ KONCEPCIÓK ÉS TEÓRIÁK LÉTREJÖTTE, VÁLTOZÁSA, FEJLŐDÉSE

A *geostartégiai célok elérésének eszközei* az ezidáig feldolgozott irodalmak alapján három nagy csoportba sorolhatók. *Diplomáciai* eszközök, *gazdasági/pénzügyi* lehetőségek, illetve a *haderő* alkalmazása, az erőszak eszkalálása. A célok a tanulmány szempontjából irrelevánsak, de említünk néhányat: lakosság gyarapítása, erőforrások megszerzése, piac elérhetővé tétele, területbővítés, tengerre való kijutás stb. A geopolitikai cél mögött a nemzet, vagy a politikai vezetés (napjainkban esetleg valamilyen nem állami szervezet) igénye vagy érdeke áll, ezt tekinthetjük a kiindulópontnak. Ez a mag legjellemzőbben ideológiai, vagy gazdasági természetű. Végül pedig az előzőeket körbeveszik egyfajta „mázzal”, ami a külvilágnak, de jellemzően a saját lakosságnak is (a támogatás elnyerését remélve) kommunikált, jogos indokként bemutatott nemzeti igény/érdek, geopolitikai cél, és ezek megvalósítását, elérését biztosító megfelelő, helyénvaló eszközök.

A nemzetek között kötött különböző szövetségek is geopolitikai lépések, köttetnek ezek a területi vagy állami épség megóvása érdekében (melyben a kölcsönös védelem a szövetség egyik fő pillére), vagy előnyös kereskedelmi feltételek biztosítására. Ez egy, a diplomácia segítségével megva-

lósuló geopolitikai cél. Egy ilyen esemény kifejezetten barátságos megnyilvánulás egy ország érdekszférájának bővítésének tekintetében, jellemzően kölcsönösen kedvező feltételekkel, arányos teherviseléssel a két vagy több érintett számára. Az előző példával ellentétben, a korábban felsorolt (geopolitikai célokat megvalósító) eszközöket inkább offenzív relációban értelmezem, jelen tanulmányban viszont ezekből is a hadviselési elemre koncentrálok, annak is a légi komponensére.

Ebben a fejezetben be kívánom mutatni a légi hadviselés jelentős gondolkodóit és nézeteiket, melyek nemcsak magával a harc megvívásának technikájával foglalkoznak, hanem a hadjárat, vagy háború megnyerésének olyan módját tárgyalják, mely jellemzően a politikai célmegvalósulást is eredményezi, azaz, hogy az akaratát egyik állam a másikra kényszerítse.

Giulio Douhet (1869–1930)

Olasz katonatiszt, tábornok, az első és egyben egyik legradikálisabb légierő gondolkodó, kritikus stílusa miatt az olasz hadbírótság 1 év börtönbüntetésre ítélte, azonban röviddel büntetése letöltését követően az olasz légierő parancsnoki beosztását látja el. A korabeli magyar hadtudományi gondolkodásra is nagy hatást gyakorolt, egyik elfogult követője Szentnémedy Ferenc. Kialakult az úgynevezett douhetizmus, mely fogalom az olasz tábornok nézeteit vallók jelzőjévé vált [49]. A légierőről alkotott gondolatait 1921-ben 'A légiuralom' (Il dominio dell'aria) című írásában rögzítette, melynek négy alaptétele volt: a légierő forradalmi; természeténél fogva támadó jellegű; a győzelemhez szükséges a légifölény kivívása; a jövő konfliktusai korlátok nélküliek lesznek [24]. Elmélete szerint: légierőszerű bombázó repülőgépek tömeges alkalmazásának az eredményeként a szárazföldi és haditengerészeti erők biztosító, kiszolgáló tevékenysége mellett a háborús győzelem csak a levegőből vívható ki. Ezzel összhangban például azt hangoztatta, hogy a szárazföldi és tengeri haderőnemeket kevésbé támogassa a hadiipar, és koncentráljanak a légierő eszközeinek fejlesztésére, a bombázó egységekre korlátlanul, a vadászrepülőkre pedig csak olyan mértékben, amekkora az ellenség hasonló erejének leküzdéséhez szükséges [25]. Az elmélet helyessége természetesen erősen vitatható, azonban Douhetnek, és az első világháború végére a katonai repülés hatalmas léptékű fejlődésének köszönhetően elkezdődött egy máig tartó elméleti és gyakorlati kutatási tevékenység, amely a légierővel és a légierőnek a hadviselésben betöltendő szerepével foglalkozik [37].

Hugh M. Trenchard (1873–1956)

Brit légi marsall (öt csillagos tábornok), kezdetben szárazföldi tiszt, majd 40 évesen, 1912-ben megtanult repülőgépet vezetni [24]. Az önálló brit légierő megalakulása előtt a Királyi Repülő Csapatok (Royal Flying Corps - RFC) parancsnoka (1912), majd Franciaországból történő hazatérése után az akkor megalakuló Királyi Légierő (Royal Air Force – RAF) első marsalljának nevezik ki (1918), mely beosztást több, mint egy évtizedig tölti be (1929-ig) [38].

Látszólag sok hasonlóság mutatkozik Trenchard és Douhet következő állításai között [50]:

- ➔ a bombázó mindig át fog hatolni, nincs szüksége kíséretre;
- ➔ a polgári lakosság morálja törékeny, de a briteké keményebb a németekénél, és a bombázás lélektani hatása sokkal pusztítóbb, mint a fizikai hatás;
- ➔ a támadó jellegű a hatásosabb légi hadviselési mód;
- ➔ az éjszakai navigáció, célmeghatározás és pontos célzás, mind képzéssel javítható feladat;
- ➔ a légi fölény minden más katonai művelet előfeltétele.

William L. Mitchell (1879–1936)

Az amerikai származású katonatiszt alezredesi rendfokozatban, megfigyelőként érkezett az európai hadszíntérre 1917 tavaszán, hogy Trenchard-tól „tanuljon” a légierő alkalmazásáról [24]. Nem csoda tehát, hogy a légi hadviselésről alkotott képe jelentősen egybevágt a brit marsalléval. Továbbá hasonlóságokat fedezhetünk fel Mitchellnél a douheti légierő szemlélettel is, igaz, nem vallott olyan radikális nézeteket, mint az olasz, azonban nagy ellenlábasa volt a tengeri haderőnek, mondván technikája elavult, nagymértékben sebezhető a levegőből. Elméletét zsákmányolt hadihajókon demonstrálta, amely kísérletek a gyakorlatban hol megerősítették, hol cáfolták dogmáját [31][32].

Nézeteit a következőképpen foglalhatjuk össze: a légierő dominálni fogja a hadviselés minden szegmensét. Figyelembe véve a légierők technikai összetettségét, valamint vezető szerepét, egy légierőben szolgáló személyre (airman – az angol terminológiában bárki, aki a légierő állományában szolgál) kell a vezetését bízni. A légierőt haderőnként úgy képzelte, mint ami a szárazföldtől és haditengerészettől független, önálló parancsnoksággal rendelkező szervezet, illetve a többi haderőnem repülő csapatokkal nem rendelkezik. A légierő biztosítja a döntő erőt a háborúban, melyben csökken a szerepe a szárazföldi erőknek, és szinte jelentéktelen a haditengerészeté. Az ellenség hátszágának szívében (vital centre) mért légicsapások eldönthetik a háborút a másik két haderőnemtől függetlenül. A légicsapások ellen korlátozott mértékben lehetséges a védekezés, az is csupán vadászrepülőgépekkel kivitelezhető, és nem a támadásra várva, hanem a levegőben „örjáratozva”. Véleménye szerint a tengeralattjárókban volt potenciál, mint hadviselési eszköz, azonban a repülőgép megjelenésével az összes felszíni jármű sebezhetővé vált, és a légijárművek átvették szerepüket [53].

Hasonlóan Douhethoz, ő is megjárta a hadbírósgot, öt éves szolgálattól való eltiltásra, és a nyugdíjától való megfosztásra ítélték kemény kritikái miatt. A haditengerészet vezetői tartottak a befolyásuk csökkenésétől, ezért kapcsolataikat felhasználva hozzájárultak büntetésének súlyosságához [21]. 1936-os halála 11 évvel azelőtt következett be, hogy az Egyesült Államok Légierőjét (United States Air Force – USAF) megalapították.

Walter Wever (1887–1936)

A két nagy háború közötti Luftwaffe (német légierő) vezérkarának főnöke, 1936-os haláláig. A légi hadviselésről vallott nézeteit 1936-ban, „A légi hadviselés” (Die Luftkriegführung) című írásban hagyta hátra, mely német légierő doktrínaként is funkcionált [55]. Wever még a kortárs légierő teoretikusokhoz képest is átfogóan szemlélte a légierőt. Nem a szárazföld egyik támogató (légi) fegyvernemének tekintette, ahogy sokan a politikában, vagy más haderőnemeknél, de még a Luftwaffében is tették, és nem is kizárólag egy erős, stratégiai nagytávolságú bombázó erőként, ahogy sok kortársa, hanem egy kevert (több) feladatú légierő koncepciót fogalmazott meg. Az „ő Luftwafféja” nehéz-, közepes- és könnyű bombázókból, vadászrepülőgépekből, valamint egyéb (pl. szállító, felderítő stb.) repülőgépekből állt, amelynek csupán egyik feladata a szárazföldi csapatok tűztámogatása [30] – ezidáig a német tábormok szemlélete áll legközelebb a mai légierő nézetekhez, doktrínákhoz.

Egy 1935-ös írásában úgy vélekedett, hogy a légi fölény kivívása a légierő minden más műveletét meg kell előzze – mely állapot nehezen meghatározható, és a körülmények változásával (ipari

termelési kapacitás változás, repülőgépek technikai fejlődése, darabszámuk változása) könnyen egyik oldaltól a másikhoz tolódhat. Óvatosan kezelte a stratégiai bombázás (az ellenség háterszágában levő termelő ipar, infrastruktúra és népesség pusztítása) kérdését is, véleménye szerint akkor van értelme ezt a feladatot végrehajtani, amikor a háborúban olyan állapot alakul ki, hogy gyors győzelem érhető el (például olyan célpontsűrűség jön létre, vagy olyan célpont támadása válik lehetségessé, mely sorsfordító hatással bír), egyébként e műveletnek elnyújtó hatása van a harcokra nézve. Négy olyan állapotot feltételezett, amikor hadászati bombázást érdemes végrehajtani: 1) olyan lehetőség áll fenn, amikor a légierő gyors befolyást tud tenni a háború befejezésére; 2) a szárazföldi és tengerészeti haderőnemek előkészítették ezt a lehetőséget; 3) a patthelyzet alakult ki; 4) döntő hatást lehet elérni az ellenség erőforrásainak pusztításával [30].

A korábban említett, 1936-ban írt doktrínában összefoglalóan a légierő feladatát a következőkben határozta meg: a légifölény kivívása és megtartása, a szárazföldi és haditengerészeti erők támogatása, az ellenség iparának pusztítása, valamint az ellenség utánpótlási rendszerének lefogása, bénítása a harcmező és a háterszág között [39].

Arthur W. Tedder (1890–1967)

Báró, a brit légierő marsallja több hadszíntéren is meghatározó alakja a második világháború szövetséges légi műveleteinek. Húszas évei közepéig kereste hivatását, melyet a hadseregben talált meg, és 1915 januárjában a brit szárazföldi haderőnemhez szerelt fel, mint hadnagy. Egy évvel később, 1916 január, amikor átkéri magát a királyi repülőcsapatokhoz, áprilisban megtanul repülőgépet vezetni. Karrierje nagy lépésekben halad előre, még egy év és megkapja az őrnagyi rendfokozatot, 1924-ben repülőezred parancsnokká nevezik ki. A második nagy háború elhozta számára a légi marsall fokozatot, mely előtt a légügyi minisztériumban is dolgozott, a kiképzés és felkészítés osztályt vezette. A közel-keleti hadszíntér parancsnokaként Sir Arthur Longmore tábornok helyettesének kérte Teddert Curchilltól, aki először Owen Boyd tábornokot küldte a helyettesi beosztásra. Azonban Boyd olasz hadifogságba esett úton a hadszíntér felé, így mégis Tedder került a hadszíntér parancsnokhelyettesi pozícióba, majd 1941 májusában át is vette a parancsnokságot Longmoretól [52].

1942-ben, a Britek El Alameini győzelme után, alkotta meg a légi hadviselésre, a légierőre vonatkozó, tíz pontban megfogalmazott elveit, amely szintén az önálló légierő koncepciójára épült. Ezek a következők [38]:

1. a légierőnek függetlennek kell lennie a szárazföldi és a haditengerészeti erőktől;
2. a légierő és a szárazföldi parancsnokságoknak egymás „szomszédságában” kívánatos települniük, amellyel jelentősen könnyebbé válik a koordináció és a híradás;
3. a minden „éjjel” tartandó összhaderőnemi törzsrtekezleten lehet kiküszöbölni a haderőnemek közötti káros interferenciákat, megalapozni a másnapi döntéseket, és integrálni a közvetlen légi támogatás és a légi lefogás műveleteit a szárazföldi parancsnok átfogó műveleti koncepciójába;
4. a radar nagyon fontos eszköz a légierő és a szárazföldi csapatok számára egyaránt, mert hatékony alkalmazásával kizárható az ellenség váratlan légi támadása;
5. a harcászati repülőgép a légierő alapvető fegyverrendszere, amelyet a következő légi küldetéseknél alkalmazhatnak:
 - o légtér megtisztítása az ellenségtől,

- könnyű és közepes bombázó bevetések,
 - az ellenséges légi hadviselési eszközeinek elfogása,
 - közvetlen légi támogatás a szárazföldi erők támogatására;
6. permanens híradást szükséges biztosítani a légierő főparancsnokság és a végrehajtó egységek parancsnokai között;
 7. a légierő egyes elemeit célszerű a frontvonal közelében elől települt légi irányítópontról vezetni;
 8. a légierő parancsnoki láncának egyszerűnek kell lennie, amelyben a légierő főparancsnokának jelentést tevők számát korlátozni szükséges (az észak-afrikai hadjáratban Lord Teddernek csak hat személy jelentett közvetlenül, így nem kellett foglalkoznia viszonylag „lényegtelen” dolgokkal);
 9. a hírszerzés, felderítés nagyon fontos szerepet játszik a légi és földi hadjárat sikerében egyaránt. Az információáramlás folyamatosságát biztosítani szükséges, és a műveleti tervezőknek és a felderítő részlegnek szorosan együtt kell működnie;
 10. a manőverkészség, a mobilitás képessége kulcsfontosságú a légi műveletek sikeréhez.

Carl A. Spaatz (1891–1974)

A West Point-on diplomázott, később az Egyesült Államok Szárazföldi Repülő Csapatainak (US Army Air Force – 1941–1947) altábornagya, a második világháborúban az Egyesült Államok Hadászati Légierőjének (US Strategic Air Force) parancsnoka az európai hadszíntéren, illetve más szövetséges légi csoportosításoknak is (Afrikában, és a Csendes-óceánon). Dwight D. Eisenhower tábornok egyik legkiválóbb tábornokának tartotta az egész háború során [28][46]. A háború után a függetlenné váló amerikai légierő (US Air Force; korábban jellemzően a szárazföldi haderőnem alárendeltségébe tartoztak a repülő csapatok a fejlődésüket tükröző, egyre több erőt és komolyságot sugárzó megnevezésekkel) első vezérkarfőnöke, 1947-ben [46].

Ha annyi nem volna elég, hogy a világ legjelentősebb légierője egyik atyjának (a másikat Harold H. Arnold tábornokot, illetve William Mitchell-t) tartják [19], határozott elképzelése volt a légierő alkalmazását illetően. Az első világháborúban, és közvetlenül utána, tapasztalatfeldolgozások során megfogalmazódó elméletek a második nagy háborúban tesztelhetővé váltak. Spaatz tábornok, mint kortársai oly gyakran, a nagyszerűnek és újszerűnek tartott stratégiai légi támadás mellett érvelt, illetve, hogy a légierő többi eszközrendszerét e művelet körülményeit megteremtendő szükséges alkalmazni. 1946-os írásában kifejti, hogyan tékoztak el a németek a kontinentális Európa feletti légi uralmukat, és Nagy-Britannia szigete feletti légi fölényüket. Ezután meghatározza a hadászati légierő-alkalmazás alapelemeit: 1) a tömegesség, a légierő képessége, hogy valamennyi eszközét egy helyen és időben tudja összpontosítani, erre soha előtte más haderőnemek által nem volt lehetőség; 2) szabad célkiválasztás, a légierő képes mélyen az ellenség szívébe hatolni, és pusztítani a létfontosságú központokat (Spaatznak ki is fizetődött a német üzemanyag ellátás rendszerének támadása). Ezeket a célpontokat hadászati bombázó hadjáratok keretében lehet elpusztítani, melyeket meg kell előzön a légtér birtoklásáért folytatott harc; 3) a gazdaságosság elve, csak azokat az elsődleges, legfontosabb célokat támadják a szükséges és elégséges erőfeszítéssel, melyek pusztulásával elérhetjük a kívánt hatást – a szükséges katonai vagy politikai eredményt [22].

Arthur T. Harris (1892–1984)

Brit tábornok, 1942 februárjában a Királyi Légierő Bombázó Parancsnokságának parancsnokává nevezik ki [48]. Ahogy amerikai kollégája, úgy ő is a hadászati bombázó hadjáratok szószólója volt, gyakorlati tevékenysége a németországi bombázásokban, azon belül is Drezda elpusztításában csúcsosodott ki, mindkettejüket Bombázó Báróknak nevezték, illetve a brit megkapta a 'Bomber Harris' gúnynevet, neve összeforrt a bombázás szóval [45][48][38].

Apja katonának szánta, azonban ő nem akarta ezt a hivatást, így hamarosan kalandos önálló fiatalkora kezdetét vette. Tizenhat évesen Rodéziába (a mai Zimbabwe területe, akkoriban angol telepesek éltek ott) került, hat évig mindenféle munkából tartotta fent magát, majd huszonkét éves korában kitört a háború. A rodéziai ezred kötelékében harcolt a németek ellen Afrikában, majd a német vereség után az ezred feloszlott, ő pedig visszautazott Európába. A gyalogsági szolgálatból eleget tapasztalt, így a Királyi Tüzérségbe való sikertelen jelentkezés után a Királyi repülőcsapatokhoz nyert felvételt. Ezután különböző repülő alakulatoknál szolgált, nem sokkal később már repülőszázad parancsnok volt. A háborút őrnagyként fejezte be, majd elfogadta a felajánlott beosztást a békeidőben tovább funkcionáló, újonnan létrehozott Királyi Légierőben. 1939-ben a háború kitörésekor bombázó repülőgép századparancsnok lett, számos harci bevetésben vett részt, és ahogy korábban említettem, '42-ben már a Bombázó Parancsnokság vezetője [40].

Arthur Harris életéről, katonai karrierjéről, és a második világháborúban betöltött szerepéről is jelentős mennyiségű irodalmat találhatunk, azonban ő maga nem hagyta hátra irodalmi műben a légi hadviselésről alkotott gondolatait. Ellenben a Németország elleni bombázó hadjárata, városok (pl. Drezda) teljes elpusztítása és a róla fellelhető irodalom alapján elmondható, hogy a brit tábornok is a hadászati légitombázásokban látta a sikeres légierő alkalmazás lényegét, melyek célpontjai a lakosság, akik a szenvedés, nélkülözés és megfélemlítés következményeként követelni fogják a politikai vezetéstől a háború befejezését.

Alexander P. de Seversky (1894–1974)

Grúz (akkori Orosz Birodalom) származású, Amerikai Egyesült Államokba emigrált katonatiszt. Nem ért el olyan magas rendfokozatot, mint az előzőekben ismertetett gondolkodók (őrnagyként fejezte be szolgálatait, majd így szólíttatta magát), ismertsége legalább vetekszik velük. Még az Orosz Birodalom tisztjeként az első világháborúban ászpilóta (számos harci sérülést szerzett, illetve élt túl, jobb lábát elveszítette), az USA-ban vállalkozóvá, repülőgép gyártóvá, műrepülő pilótává, íróvá és teoretikussá vált [23].

A korábban ismertetett William Mitchell mentoráltja, akárcsak Mitchell, Seversky is nagy elánnal cáfolta a haditengerészet létjogosultságát. Elavultnak, nehézkesnek, és a légierővel szemben kiszolgáltatottnak tartotta. Számos rövidebb publikációt és két könyvet írt, melyek közül a „Győzelem a Légierő által” (Victory Through Air Power, 1942) nagymértékű figyelmet kapott, nemcsak a katonai, vagy politikai vezetés, hanem az amerikai állampolgárok körében is. Felmérések szerint körülbelül öt millióan olvasták, és húsz millióan ismerték e művének tartalmát [29]. A híres rajzfilmkészítő, Walter Elias „Walt” Disney pedig eme érdeklődést kihasználva megfilmesítette a könyv lényegi részét [27].

Könyvének központi mondanivalója, hogy a légierő természetéből eredően *hadászati (stratégiai) erő*, abból adódóan, hogy fizikai akadály nem állhatja útját, így képes erőit összpontosítva

az ellenség hátszágában, mélységében, szívében csapást mérni. Ebből adódóan úgy vélte, hogy a légierő erőforrásait pazarlás a szárazföld támogatására fordítani, mely haderőnem elméleti szempontból nem a háború legmagasabb, hadászati szintjén küzd, hanem alacsonyabb, harcászati célokat teljesít, ezek összeadódásával, illetve ezeken keresztül hadműveletieket, majd csak ezt követően érhet el hadászati sikereket, mivel át kell küzdenie magát a szembenálló fél ellen, illetve fizikai akadályokon. Aztán a *légierő birtoklásának fontosságát* emeli ki. Mitchell és Douhet-val ellentétben nem a légi bázisok és repülőgépgyártó ipar támadásában látta ennek a lehetőségét, hanem magának a szembenálló légierőnek a pusztításával. A két korábbi gondolkodó idejében még nem alkalmaztak rádiólokációs berendezéseket (radarokat), és nem volt más hatékony előjelző rendszer sem, amivel a közeledő repülőerőket felderíthették volna, így egyszerűbbnek és biztonságosabbnak tűnt a mögöttes hadipotenciál megelőző támadása, illetve túl veszélyesnek látszott egy légi háború megvívása. A harmadik kulcsgondolat a *célpontkiválasztást* érinti. A légierő tehát képes a szembenálló fél mélységében csapást mérni, hadjáratot folytatni, viszont nem engedhető meg az, annak ellenére, hogy „bármit” megtámadhat, „akármit” támadjon. Tehát a hadászati célokat szem előtt tartva olyan célpontokat kell kiemelni és pusztítani, melyek e céloknak az elérésében előremozdíják a törekvéseket [43].

John C. Slessor (1897–1979)

Brit légi marsall, a repülőcsapatoknál szolgált még, amikor Királyi Repülőcsapatokként volt ismeretes és jóval azután is, hogy független haderőnemmé válva a Királyi Légierő névvel illeték a szervezetet. A legelmélyültebb gondolkodónak tartják a RAF történetében. Vadászpilótaként kezdte pályafutását az első világháborúban, majd törzstisztként folytatta a háború után Tranchard marsall parancsnoklása alatt. A második világháború kezdetekor a Légierő hadműveleti főnöke volt, majd 1950-ben megkapta az ötödik tábornoki csillagot és lett a Királyi Légierő vezérkarának főnöke és marsallja [41].

1936-ban készül el a „Légierő és a hadsereg” (Air Power and Armies) című könyvével [35], mely szintén mérföldkő a légi hadviselés-elmélet történetében. A korábbiakban is történt hivatkozás a műveire, illetve a későbbiekben mint kortárs teoretikus még szóba kerül, Meilinger egyik művének fejezetcíme a következő: „John C. Slessor and the Genesis of Air Interdiction” azaz „... a légi elszigetelés eredete”. A légi elszigetelés a stratégiai légi műveletek és a szárazföldi csapatok közvetlen támogatása szempontjából „köztes” műveleti vagy tevékenységi forma. Nem az ellenség szívében, de a harcoló csapatok mélységében, a frontvonalon jóval túl végrehajtott légitámadási forma. Ahogy a brit légi marsall is megfogalmazza, a célpontok közé tartoznak a még nem harcoló ellenséges csapatok, ellátmányuk, felvonulási útvonalak, az összeköttetési lehetőségek (kommunikáció, közlekedési infrastruktúra, hidak) stb. Ezen kívül Slessor is hangsúlyozza a légifölény fontosságát, mely előfeltétele a hatékony légi lefogási műveletek végrehajtásának, továbbá egy esettanulmányt is olvashatunk a harmadik fejezetben.

Curtis E. LeMay (1906–1990)

Az amerikai négycsillagos tábornok ismertsége vetekszik Mitchellével, szintén megosztó személyiség, nyers stílussal, akit nagyszerű parancsnoknak és problémamegoldónak tartottak, viszont vezetői és érdekérvényesítő képessége (politikai szinten) gyenge volt. Katonai akadémiát

nem végzett, a Tartalékos Tiszti Kiképző Iskola elvégzésével szerezte tiszti kinevezését. Ösztönös tehetségének köszönhetően a következő évtized alatt kiváló bombázó repülőgép navigátorra és pilótává vált, a második világháború pedig az előmenetelét lendítette fel. Kezdetben alezredesi rendfokozatban és repülőcsoport parancsnokként szolgált, majd 18 hónap alatt eljutott a vezérőrnagyi kinevezésig és repülőhadosztály parancsnoki beosztást látott el. A háborúban nem kisebb sikert ért el a Stratégiai Légi Parancsnokság (Strategic Air Command – SAC) parancsnokaként, illetve élvezve a politikai vezetés támogatását, minthogy a légierő alkalmazásával sikerült befejeznie a háborút a csendes-óceáni hadszíntéren, először gyújtóbombákkal előkészítve, majd a két atombombával pszichológiai (és természetesen rettenetes fizikai) hatást gyakorolva kapitulálásra bírta a japán vezetést. Ilyen eredményt sem a németek Anglia ellen, sem fordítva nem tudtak elérni [41].

A háború után William H. Tunner vezérőrnaggyal kidolgozták a blokád alá vont Nyugat-Berlin ellátását a levegőn keresztül, azaz az első „légi hidat” valósították meg, megalapozva a légierő negyedik nagy szerepkörét, a légi mobilitást vagy tágabban értelmezve a légi logisztikai műveletkört. A hidegháború időszakában a SAC parancsnoka, majd a légierő vezérkarának főnöke 1961-től ’65-ig. Az Amerikai haderőben a legfiatalabb vezérőrnagy (41 éves) volt a maga idejében, továbbá a leghosszabban LeMay viselte a négycsillagos tábornoki rendfokozatot [54].

John A. Warden (1943–)

Az eddigiek közül elsőként nevezhető kortárs légierő teoretikusnak az Egyesült Államok Légierőjének nyugállományú ezredese. Katonai tanulmányait, egyben karrierjét az Egyesült Államok Légierőjének Akadémiáján (U.S. Air Force Academy – USAFA) kezdte, 1965-ben. 30 évig szolgált, vadászrepülő pilóta, teljesített külszolgálatot Vietnámban, Németországban, Olaszországban, Spanyolországban, repülőbázis parancsnok, vezette az Air Command and Staff College-ot (Légierő Parancsnoki és Törzstiszti Főiskola). 1995-ben vonult nyugállományba, rövid ideig tanácsadója volt Bill Clinton alelnökének, James Danforth Quayle-nak, később elméleteit implementálta az üzleti folyamatokra, és képzéseket, tréning kurzusokat szervezett és tartott az üzleti világban dolgozóknak [26].

Több jelentős írása jelent meg, most a „Légi hadjárat – Harci tervezés” (Air Campaign – Planning for Combat) című, 1988-as kiadású könyvével foglalkozom részletesebben, mely fő művének tekinthető. A mű elején röviden leírja a háború négy szintjét (politikai-stratégiai, stratégiai, hadműveleti és harcászati), majd kritikát fogalmaz meg, mely szerint régen nem készült az utolsó előttiben alapos mű. Magyarazzák általában ezt azzal, hogy a harcászati és stratégiai szint között nehéz definiálni a gyakorlatban a hadműveletit, illetve azzal is, hogy a nukleáris fegyverek korában az alsóbb szintek elhanyagolhatóak (utóbbi magyarázat jelentős elnagyolás). Az ezt követő részben ő is kifejti a légtér birtoklásáról szóló nézeteit, szerinte a hadjárat kudarcra van ítélve, ha az ellenséges légierő birtokolja a légtérrel, és nem kezdhetőek meg sem az egyéb légi, sem a szárazföldi műveletek a légi fölény birtoklása nélkül. Kihangsúlyozza, ha csak egy dolgot tanulunk meg a hadviseléssel kapcsolatban az az legyen, hogy úgy nyerhetünk harcokat, amennyiben a kulcshelyeken nagyobb erőt koncentrálunk, mint az ellenség (a légierő ennek az elvnek a megvalósítására ideális). Ebben a fejezetben még öt esetet vesz számításba, különböző relációkban vizsgálva olyan szituációkat, amikor egyik vagy másik fél különböző mértékben kitett az ellenséges

légierő pusztító képességének. Warden három harci feladattípust határoz meg, amit a légierő végrehajthat: az előzőekben leírt légtér birtoklásáért folytatott tevékenységet, a légi lefogást és a közvetlen légi támogatást (a hadászati légítámadást nem említi). A következő két fejezet a második két feladattípust részletezi. A légi lefogás esetében 3 altípust állapít meg (távoli, közbenső és közeli), és ezekhez 6 lehetséges szituációt rendel aszerint, hogy az ellenséges vagy a saját csapatok milyen tevékenységet folytatnak (támadás, védelem, elszakadás [meghárítás/menekülés]). A harmadik feladattípus, a közvetlen légi támogatás a harcoló szárazföldi csapatok közvetlen tűztámogatása, melyet úgy érzékeltet, hogy ott kell alkalmaznia (igénybe vennie) a parancsnoknak, ahol tartalék erőit alkalmazná, viszont nincs már tartaléka, amit bevethetne. Az utolsó lényegi résznél a műveleti tartalékokról elmélkedik. A legtöbb, ha nem az összes légierő gondolkodó úgy vélekedik, hogy a légi hadviselésben tartalékot képezni pazarlás, hiszen a légierő erőforrásainak pusztító ereje egy (kis) helyen összpontosítható, így minden erőforrást be kell vetni a minél nagyobb arányú és gyors siker elérése érdekében, illetve nem engedhető meg a hezitálásból adódó veszteség, sikertelenség. Warden ezzel szemben úgy érvel, hogy a frissen, újonnan bevont erők döntő hatással lehetnek egy küzdelmes helyzetben, vagy a tartalék által kihasználható egy ellenség által elkövetett harcászati hiba [33][34].

Nem minden ízében eredeti alkotás, bár a hadműveleti szintű vonatkozása miatt mindenképpen hiánypótló műnek mondható, a tartalékokról szóló rész kifejezetten újszerű, üdítő. Hatása pedig megkérdőjelezhetetlen: számos modern légierő alapidoktrínában megjelenik a légi hadjárattervezés, mint hadműveleti-művészeti elem. Ötgyűrűs modellje (five-ring model), és az ellenség egyfajta rendszerként való értelmezése (enemy as a system) alapját képezi a hatásalapú légierő alkalmazásnak [33][34]. 1991-ben John Warden tervezte az első öbölháború légi hadjáratának forgatókönyvét, a légi hadjárat 1991. január 17-től 1991. február 28-ig tartott. A kiváló célpontkiválasztásnak és a légierő hatásalapú alkalmazásának köszönhetően rendkívül gyors katonai-politikai sikert értek el.

Philippe S. Meilinger (1948–)

Az Egyesült Államok légierőjének nyugállományú ezredese, szintén részt vett az öbölháború légi hadjárat terveinek kidolgozásában. 1970-ben szerezte BSc diplomáját a Egyesült Államok Légierőjének Akadémiáján, egyetemi (MSc) végzettséget az University of Colorado-n és tudományos (PhD) fokozatot a Michigani Egyetemen. C-130-on (szállító repülőgép) repült, repülést oktatott, külszolgálatot Európában és a Csendes-óceán térségében teljesített. Katonai pályafutása nem különösebben, ellenben akadémiai karrierje annál figyelemreméltóbb. Tanított almatérben, az USAFA-n, a haditengerészet felsőoktatási intézményében (U.S. Naval War College), és vezetője (dékánja) volt a Felsőfokú Légierő Tanulmányok Iskolájának (School of Advanced Airpower Studies – SAAS). Nyugdíjba vonulása után biztonsági elemzőként dolgozott tovább. Tíz könyve, és legalább 100 publikációja jelent meg magasan jegyzett periodikákban [41].

Legfontosabb művei (szándékosan angol nyelven hagyva): 10 Propositions Regarding Air Power (Washington D.C.: Air Force History and Museums Program, 1995); The Path of Heaven – The Evolution of Airpower Theory (Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, 1997); Air Strategy – Targeting for Effect (Aerospace Journal, 1999, Winter); Airmen and Air Theory - A Review of the Sources (Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, 2001); Airpower – Myths and Facts (Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, 2003).

Az alábbiakban a légierővel kapcsolatos tíz állítása olvasható [36][42][44]:

- aki a levegőt ellenőrzi, az általában a felszínt is uralja;
- a légierő a belső lényegéből fakadóan stratégiai erő;
- a légierő elsősorban támadó jellegű;
- lényegében a légierő támadó tevékenysége ciklikus: csapásmérés és a következmények elemzése után újból csapásmérés, majd ismét elemzés;
- a légierő fizikai és pszichológiai sokkot okoz a negyedik dimenzió, az idő kihasználásával;
- a légierő képes egyidejűleg, a háború bármely szintjén, katonai műveleteket folytatni;
- a precíziós légi fegyverrendszerek újraértelmezik a tömeges alkalmazás jelentőségét;
- a légierő különleges jellemzői megkövetelik a centralizált irányítást;
- a technológia és a légierő integrált, egymással kölcsönösen összefüggő kapcsolatban van;
- a légierő nem csak a katonai erőforrásokat foglalja magába, hanem a repülő- és űripárt, valamint a kereskedelmi repülést is.

Robert A. Pape (1960–)

Nem szolgált a légierőben, azonban első könyvét a légierő kényszerítő képességéről (stratégiai jelentőségéről) írta: *Bombing to Win – Air Power and Coercion in War* (Bombázás a győzelemért – A légierő és a kényszerítés a háborúban) [47]. Tanulmányait mindhárom képzési szintet tekintve a politikatudományok területén folytatta. Az alap és mester diplomáját is a Pittsburgi Egyetemen szerezte, mindkettőt 1982-ben. A tudományok doktorává (PhD fokozat) a Chicagói Egyetemen vált 1988-ban, ahol jelenleg is professzorként tevékenykedik. Négy nagyszerű könyvet írt és több tíz publikációja jelent meg tudományos és egyéb rangos folyóiratban [51].

E tanulmány szempontjából a már név szerint említett könyvet szükséges kiemelni. Nehéz olyan tömören magyarul visszaadni a cím lényegét, mint ahogy azt az angol nyelv által Pape teszi. Célpontkiválasztás szempontjából az ellenséges katonai erőkre helyezi a hangsúlyt [37]. E szembenálló fegyveres erőkre kell a légierővel olyan hatást gyakorolni, hogy gyors, ahogy ő fogalmaz „olcsó” győzelmet arassunk azáltal, hogy akaratunkat rákényszerítjük. Ennek folyamánként, amennyiben a szembenálló politikai akaratnak nincs többé a háborúban érdekérvényesítő képessége, ami ez esetben csak a (cselekvőképes) haderő, akaratát és céljait sem lesz képes továbbvinni. Abban az esetben, amikor az ellenséget teljesen, vagy a teljeshöz közelítően elpusztítjuk, nem megfelelően, pazarlóan alkalmazzuk a légierőt, és nem használjuk ki kényszerítő képességét. Az ellenség ellenállására és az akaratunk érvényesítési esélyeire a következő képletet és relációt írta fel:

$$R = B p(B) - C p(C); R < 0 \quad (1)$$

Ahol R az ellenség ellenállása, B az ellenállás hasznossága (az ellenállás milyen előnyökkel jár), C az ellenállás ráfordítása (a várható károk mértéke), $p()$ az előnyök elérésének, vagy a károk elszívódása valószínűségének mértéke. Amennyiben R kisebb érték lesz, mint nulla, az ellenségre (tőle racionális viselkedést feltételezve) rákényszeríthetjük a mi akaratunkat.

A légierő általi kényszerítésnek négy alternatíváját különíti el: megtorlás (punishment), kockáztatás (risk), dekapitáció (lefejezés-decapitation), tagadás (denial). Ismét furcsa megnevezések, de a tartalmuk megmagyarázza a kissé hatásvadász terminusokat. Megtorlás: a polgári lakosság támadása (fizikai pusztítása, és/vagy életkörülményeik rombolása – pl.: II. világháború).

Kockázatás: a célpont szintén a lakosság, viszont alacsony támadási intenzitással kezdve, egyre növelve azt (a politikai vezetés eldöntheti, hogy eláll céljaitól, és a támadás befejeződik, vagy vállalja a károkat – pl.: Koszovó, 1999). Dekapitáció: a politikai és/vagy katonai vezetés pusztítása (pl.: öbölháború, 1991). Tagadás: a katonai erők megfosztása a területmegtartási-, vagy cselekvőképességben. Ahogy korábban írtam, attól, hogy része elméletének nem támogatja a lakosság ellen intézett támadásokat, melyek nem hogy eltántorítanak azt az ellenállástól, hanem növelheti eltökéltségüket. Úgy véli, a legvalószínűbb és leghatékonyabb módja a sikerek elérésének a katonai erők ellehetetlenítése [20].

John A. Olsen (1968–)

Professzor Olsen a Norvég Királyi Légierő ezredese, jelenleg a Norvég Védelmi Minisztérium Biztonságpolitikai Elemző Osztályának igazgatója, a Minisztérium igazgatóhelyettese, vendég-előadó a Norvég Védelmi Egyetemen (Norwegian Defence University). Az alapszakot a Német Parancsnoki és Törzstiszti Főiskolán végezte, mester diplomáit a Trondheimi Egyetem angol nyelv szakán, és a Warwicki Egyetem kortárs irodalom szakán szerezte, PhD tanulmányait a De Montford Egyetemen végezte nemzetközi kapcsolatok témakörben. Katonai összekötőként teljesített szolgálatot a Német Műveleti Parancsnokságon, illetve a Berlini Norvég Nagykövetségen, vezetője volt a Védelmi Egyetem hadászati tanulmányok tanszékének. Szarajevóban 2009–2012-ig a NATO Parancsnokságon tanácsadócsoport vezetőként tevékenykedett [56][57][58].

Hadtudományi kutatóként és tudományszervezőként jelentős bibliográfia áll a neve mellett. Különösen a légierő elméleti írásai és szerkesztett művei ismeretesek, mely munkásság széleskörű és holisztikus repertoárt vonultat fel. Háborúkat és légiháborúkat elemez, teoretikusok életét és munkásságát dolgozza fel, számba veszi a jelentős légierők eszközrendszerét és képességeit, áttekinti a légierő elméletek történetét, valamint a hadműveleti művészet történetét. Írásai tankönyvekként szolgálnak, megkerülhetetlen lett a légierő-hadtudományi publikációkban az idézése, ami természetesen nem kényszer, hanem dús táptalaj. Főbb művei: szerzőként *Air Power in Desert Storm* (2003) és *John Warden and the Renaissance of American Air Power* (2007); társszerzőként *Destination NATO: Defence Reform in Bosnia and Herzegovina, 2003–2013* (2013); szerkesztőként *On New Wars* (2006), *A History of Air Warfare* (2010), *Global Air Power* (2011), *Air Commanders* (2012), *European Air Power* (2014) és *Airpower Reborn* (2015); társszerkesztőként *The Evolution of Operational Art* (2011) és *The Practice of Strategy* (2012).

ÖSSZEGZÉS

A végére értem az általam bemutatni kívánt légierő gondolkodók népes során. Természetesen a lista nem teljes, hiányolható esetleg John R. Boyd az ő OODA (Observation-Oriented-Decision-Act, megfigyelés-eligazodás-döntés-cselekvés) körfolyamata, viszont ezen elmélete jóval túlmutat a légierő keretein, a hadviselés minden szintjén és az üzleti életben, de akármilyen döntési folyamatban alkalmazható, így nem szándékoztam kisajátítani ebben a szűkebb témakörben. Aztán hiányolhatjuk Henry H. Arnold tábornokot, az egyetlen amerikai ötcsillagost, akinek a kezdeményezéséből a Project RAND mára a legnagyobb biztonságpolitikai tudástárrá vált. Vagy egyesek Ira C. Eaker tábornokról szerettek volna olvasni, mint az egyik legnagyobb volumenű második világháborúban szolgált légierő parancsnokról, esetleg olyas valakiről, akit még itt sem

említek meg. Sajnos bizonyos korlátozást be kellett vezetnem, azonban a hivatkozott irodalmakból kielégíthető a további érdeklődés. Nem esett szó továbbá a szovjet-országi légierő gondolkodásról, ezt a hiányosságot csillapítván Krajnc tanár úr publikációjából idézek:

„A II. világháború után a Szovjetunió sajátosan valósította meg légierő-koncepcióját. Az elképzelés kiinduló pontját a „szovjet, támadó hadászat” jelentette, amely szerint a stratégiai célpontok pusztítását, különösen amerikai területeken, föld-föld osztályú rakéta-fegyverrel tervezték elsősorban végrehajtani. A légierőt főleg hadműveleti mélységű légitámadásokra készítették fel, valamint a „Nyugattal” szemben, jelentős mennyiségi fölényben lévő páncélozott, harckocsi és gépesített lövész csapatok gyors támadásának a támogatására. A hadászati modell miatt így a Szovjetunióban az öthaderőnemes fegyveres erő (hadászati rendeltetésű rakéta csapatok; légierő; szárazföldi csapatok, haditengerészet; honi légvédelem) jött létre, amelynek alkalmazási tervei miatt a légteret gyakorlatilag két részre osztották fel. Az ellenséges terület feletti légtérben tervezték bevetni a „Légierő”-t, melynek elsődleges feladatai a szárazföldi csapatok támogatása és a hadműveleti mélységekben végrehajtott csapásmérések voltak. A „honi” légtérben pedig a „Honi légvédelmi csapatok”-nak természetesen tisztán légvédelmi feladatot kellett betölteniük.” [37]

Áttekintettem a főbb teoretikusokat, akik nyomán ma el tudjuk különíteni a légierők négy nagy szerepkörét: a légi szembenállást, a légi támadást, az információszerzés szerepkört, illetve a légi mobilitási-logisztikai feladatokat. A legalapvetőbb gondolatok a két világháború között és a második után már megszülettek, a repülőcsapatok önálló haderőnemékké váltak, ami biztosította az önálló feladatrendszer és a hadászati rendeltetés beteljesítését. Később olyan eszközzé vált a politika kezében, amely képes a globális csapásmérésre, erőkitetésre, elérésre. Képes harcászati, hadműveleti és hadászati hadviselési szinteken feladatot végrehajtani, akár ugyanazon a repülésen belül. Erejét képes egy helyen egyszerre összpontosítani, vagy növekvő intenzitással fokozni a nyomást az ellenségen. A magasság és sebesség különböző kombinációit, illetve egyéb kiegészítő lehetőségeket kihasználva nagymértékű rugalmasságra alkalmas. Célpontjait meg tudja közelíteni rejtve, vagy nagy figyelmet magára vonva, attól függően, hogy önmagára vigyázva, nagy magasságon, felhőzetben, vagy a felett, alacsony észlelhetőségi technológiát felhasználva rejtetten támad, illetve pszichológiai hatásgyakorolásként alacsonyan, nagy sebességgel, esetleg szuperszonikus tartományban repül az ellenséges csapatok felett. Számos támogató feladat ellátására alkalmas más haderőnemek részére, tűz- és logisztikai támogatásra egyaránt. Kifinomult szenzorrendszerei segítségével nagymértékben (esetleg döntően) kiveti a részét az összhaderőnemi hírszerzés-megfigyelés-felderítés feladatokból. Az emberi életet óvva, távolról irányított eszközeivel is képessé vált fontos küldetések ellátására.

A kortárs gondolkodóknak nevezhető személyeknek már nem volt alkalmuk olyan volumenű alaptételeket lefektetni, mint Douhetnek, Trenchardnak, Mitchellnek, vagy Slessornak, azonban a korábbiakat továbbgondolva, finomítva növelni tudták a légierő hadászati hatékonyságát, és mi sem igazolja jobban eredményüket, minthogy gondolataik ma szintén visszaköszönnek a légierők alapdoktrínáiból. Amivel továbbá hozzá tudtak tenni a légi hadviselés-elmülethez, a célpontkiválasztás racionalizálása, és a hatásalapú alkalmazás gondolatának tökéletesítése.

Amivel továbbmehetünk, az pedig véleményem szerint a távolról irányított, vagy robot eszközök egyre nagyobb mértékű integrálása a (légi)hadviselésbe. Szükségessé válik az alkalmazásuk morális oldalának vizsgálata, és biztos vagyok benne, hogy új harc eljárások és hadászati elvek fognak megszületni, hiszen ha robotok küzdenek egymással és az emberek csupán távolról, vagy rejtékhelyeken, bunkerekben figyelik a történéseket, annak is nagy hatása van a lakosságra, amennyiben pedig az emberélet kerül a robot célkeresztjébe, annak még inkább. Tehát a robothadseregnek kényeszeríteni kell (Pape után; rosszabb esetben semmisítenie) az ellenséges robothadsereget, azután nyomást kell gyakorolnia az előerőre fizikai pusztításuk, vagy életkörülményeik veszélyeztetése által. Óriási jelentősége lesz a kiberhadviselésnek, ezáltal is béníthatják, rongálhatják, legrosszabb esetben ellenünk fordíthatják „teremtőmányaikat”. Esetleg bízhatunk abban, hogy ez nem következik be, a fegyverkezési és technológiai trendek azonban nem ezt sejtetik.

NAPJAINK LÉGI ERŐ DOKTRÍNÁI

A gondolatok területén a múltból indultam, áthaladtam a jövőbe, ami még javarészt fantázia és tudományoskodó képzelgés, a harmadik fejezetben viszont azt tekintem át, hogy mi a légi hadviselés elmélet mai állása. Amely dokumentumok pedig erre a célra a legalkalmasabbak, a légi erők alapkörök. Azért azok, hiszen a bennük leírt alapelvek mentén fogják alkalmazni a légi erőt, az alkalmazás (háború) után pedig levonják a konzekvenciákat, és ahol elavultnak bizonyulnak, vagy jobb gyakorlat elérhető, ott fejleszteni fognak rajtuk.

Doktrína: tan, tudományos elméletek, elvek és nézetek rendszere. Akkor válik hivatalossá, ha azt az állami vezetés is elfogadja. A doktrína tartalma és irányultsága szerint lehet: politikai, ideológiai, teológiai, katonai, gazdasági, pénzügyi stb. ... A doktrínákra jellemző, hogy számos befolyásoló tényező hatására időnként változnak, módosulnak [63].

Abban a szerencsés helyzetben vagyunk, hogy a vezető légi erők (kivéve az amerikai) és a NATO légi erők-alkalmazást tárgyaló alapkörökét nemrég frissítették, így valóban korszerű dokumentumokat tanulmányozhatunk, illetve korszerű következtetéseket vonhatunk le. Az elemzésbe Amerikai Egyesült Államok, Egyesült Királyság, NATO és a 2015-ben kiadott Magyar Honvédség (MH) Légi Műveleti Doktrínát vonom be. Az elemzés módszerét úgy határoztam meg, hogy főként a légi erők műveleti kategóriákra koncentrálok, melyek szummája adja majd a légi erők képességrendszerét, ezeket doktrínaként külön vizsgálom majd, viszont a doktrínák első részében a hadviselésről, különböző alapelvekről található gondolatokat egy együttes összegzésben tárgyalom. E doktrínák fontos részét képezi adott légi erők vezetési architektúrájának lefektetése, ezekkel most nem foglalkozom, túl gyakran változnak e specifikumok, és habár a hatékonyságot nagymértékben, a légi erők abszolút értékét, az elméleti képességkeretet nem befolyásolják.

Amerikai Egyesült Államok légi erők doktrínája [59]

Az elemzendő légi erők doktrínák közül a legidősebb, 2011-ben került kiadásra, azonban jelent pillanatban ez tükrözi az Egyesült Államok Légierejének alapvető képességrendszerét (képességként/műveletitípusonként további dokumentumokat találhatunk, melyek részletezik azokat). Az első négy fejezetben különböző gondolatokat olvashatunk a doktrínákról, légi erőről, a háborúról, és a légi erőkkel kapcsolatos alapelvekről és tanokról. A középső részben (5. fejezet) a légi erők szerepeiről (role), küldetéseiről (mission) és funkcióiról (function) olvashatunk. A

harmadik logikai részben a vezetés-irányítási rendszert, illetve a légierő komponens összhaderőnemi csoportosításon belüli helyét és szerepét írja le a dokumentum.

Ahogy a bevezetésben a kutatási módszerről írtam, részletesen a légierő szerepköröket vizsgálom. Magát a légierőt a következőképpen definiálja: „A légierő a képesség, hogy katonai erőt jelenítsünk meg, vagy befolyást gyakoroljunk a légtér, a világűr és a kibertér használatán és birtoklásán keresztül annak érdekében, hogy hadászati, hadműveleti, vagy harcászati célokat érjünk el.” Jelen dokumentum úgy definiálja a fenti hármas fogalomcsoportot (szerepkör, küldetés, funkció), hogy: „Az elsődleges *funkciója* a haderőnemeknek, hogy szervezzék, kiképezzék, felszereljék és igazgassák az erőiket azért, hogy elláthassák *szerepköreiket* annak érdekében, hogy egy fegyveres csoportosítás parancsnoka véghezvihesse a *küldetését*, egy adott *hatás* eléréseért. Az elérendő hatás és a kitűzött küldetés elérése érdekében a légierő végrehajt egy sor különböző feladatot, amelyek összeadódva biztosítják a kívánt hatást.”

A légierő fő funkciói a legnagyobb mértékben ebben a dokumentumban vannak szétszabdalva, valószínűsíthető, hogy követve a nemzetközi trendeket a következő kiadásban letisztultabb formában fognak megjelenni. Mindazonáltal híven tükrözi az Egyesült Államok jelenleg betöltött szerepét a világrendben. Csak itt jelenik meg a nukleáris fegyverekkel való hadviselés, azonban inkább az elrettentésre fókuszálva, mint támadó szellemben. Megtaláljuk a klasszikus funkciókat: légi szembenállás (Air Superiority), szárazföldi erők elleni műveletek (Global Precision Attack), a hírszerzés-megfigyelés-felderítés (Global Integrated Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance) és a légi mobilitási/logisztikai funkciót (Rapid Global Mobility). Érdekes megfigyelni, hogy nagyon sok helyen megjelenik a 'globális' szó, ami kifejezi, hogy az amerikai gondolkodásban valóban egy politikai-stratégiai eszközként gondolnak a légierőre. A fő funkciók között jelenik meg az űreszközök alkalmazása és a világűrben végrehajtott feladatok együttese, a kibertérbeli védelmi és támadó tevékenység, a vezetés-irányítás, a személyi állomány kutatása-mentése és végül a más országokkal, szervezetekkel történő kapcsolatépítés. A többi dokumentumban nem, itt azonban külön fő funkcióként találjuk a különleges katonai erők (amely mára egyfajta negyedik haderőnemmé nőtte ki magát) mindenoldalú légi támogatását.

A légierő gondolkodók hatásait nem csak az előbb említett alapvető funkciókban találjuk, hanem megjelenik a tartalék kérdése, ahogy Warden arra kitért 'Air Campaign' című művében (korábban említve, hivatkozva).

Egyesült Királyság légierő doktrínája [60]

Egyesült Királyság légi és világűr doktrínája két nagy részre válik. Mindkettőben a relevanciának megfelelően a természetét, jellegét, felhasználását, alkalmazási módját tárgyalják az adott közegbeli erőknek, műveleteknek. Először a légierőt, majd az űrerőket fejtik ki azonos struktúrában. Már a doktrína legelején meghatározzák a négy alapfunkció csoportot: *a légtér birtoklása* – a szembenálló fél korlátozása és a saját csapataink mozgási és műveleti szabadságának biztosítása; *hírszerzés, megfigyelés és felderítés* – a harcászati, műveleti és hadműveleti helyzetkép minél nagyobb mértékű megértése; *levegő-föld támadások* – a lehetséges, vagy már elengedhetetlen szándékok megváltoztatásának, vagy fenntartásának kényszerítése (ennek része a hadászati légi támadás is); *légi mobilitás* - személyek, felszerelések, vagy anyagok mozgatása

annak érdekében, hogy lehetővé tegyék a műveleti vagy harcászati mozgásokat és az erők fenntartását. Ebben a doktrínában már az elején megtalálhatjuk a kapcsolódást egy korábban említett gondolkodóval, Robert A. Pape-vel, akinél a kényszerítés elméletét találjuk és ennek módszereit. Ami a többi feladatkört illeti, a mára általánosnak mondható felosztást követi.

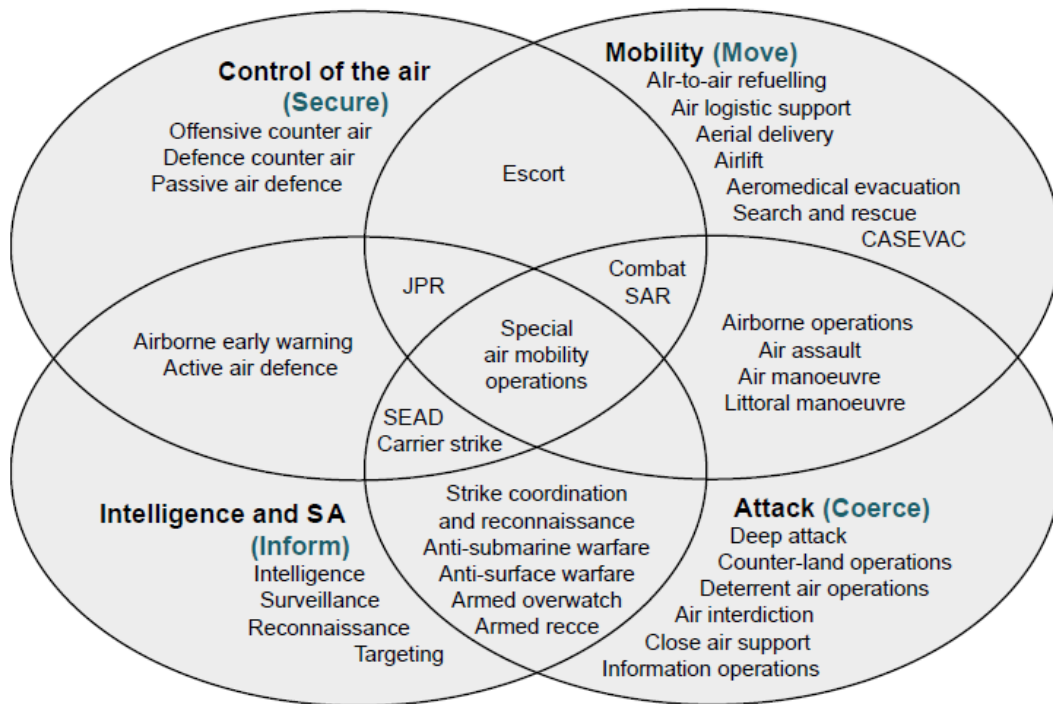
A légierő tulajdonságainál kifejtik, hogy lényegéből fakadóan összhaderőnemi erő, hiszen képességei nagy részét együttműködés keretében hajtja végre, illetve fő tevékenységét (stratégiai hatását) nem a levegőben, hanem valamilyen más közegben fejt ki jellemzően (tengereken is, de legfőképpen a szárazföldi felszínen); illetve áthatoló, ugyanis nem áll előtte fizikai (természeti) határ. A második jellemzőt már a legelső, például Douhet, Trenchard és Mitchell is felismerték. A doktrína a légierő alapvető tulajdonságaiként a magasságot, sebességet és hatótávolságot határozza meg, illetve további jellemzőként a mindenütt jelenléte, a mozgékonyt, a koncentrálhatóságot, a rugalmasságot, költséghatékonyt és a precíziós technológiák alkalmazását. A költséghatékonyt magyarázatra szorulhat: erőtöbbszöröző hatása miatt, illetve, mert felszíni erők alkalmazása nélkül is elérhetjük céljainkat, kifizetődő lehet, ha csak a légierőt alkalmazzuk, mint a csapatok költséges kitelepítését és fenntartását, illetve elégségesnek bizonyulhat kisebb szárazföldi erő alkalmazása, ha légi képességekkel egészítjük ki azokat. Az előnyök mellett a hátrányokat is számba veszik, melyek az ideiglenes jelenlét, a sebezhetőség és a korlátozott terhelhetőség.

Napjaink doktrínái nem száraz és arculatra nem egysíkú írások, olvasásuk élvezhető, érdekes. Kimondottan ilyenek a légierő 'nem halálos' hadászati mivoltát ecsetelő részek, egy helyen a kubai rakétaválságot említi, amikor U2 felderítő repülőgépek hadászati fontosságú információt gyűjtöttek arról, hogy Szovjetunió és vele egyetértésben Kuba nukleáris töltetű rakétákat telepít Amerikai Egyesült Államok partjaitól nem messze; továbbá a berlini légi híd esete, mely műveletben a blokádnál alá vont Berlin élelmiszerrel és egyéb alapvető termékekkel való ellátását említik, mint stratégiai jelentőségű és nem támadó természetű műveletet. A légierőt a következőként definiálja: „A légierő jelenti a képességet a szereplők viselkedésének, valamint az események menetének befolyásolására. A légierő lényegéből eredően stratégiai jelentőséggel bír. Erőtöbbszörözőként is funkcionál más katonai vagy nem katonai művelet elősegítőjeként és támogatása által.”

Az első rész harmadik fejezetében találjuk a légierő szerepköröket, és művelettípusokat. Ahogy már említettem, négy alapvető szerepkört állapítanak meg, és mindegyikhez egy hatást kötnek, úgy mint: légi szembenállás – őrzés; felderítési feladatok – informálás; támadás – kényszerítés; légi mobilitás – mozgatás. A különböző szintű tevékenységeket itt is egy fogalom-hármassal írják le: szerepkör (role – egy a négy légierő feladatkörből, egy fő komponens), küldetés (mission – egy sor feladat végrehajtása egy bizonyos cél elérése érdekében), bevetés (sortie – egy küldetés során egy repülőgép repülése, harcadata). A szerepkörökről és küldetésekről az alábbi kifejező halmazábrát (1. ábra) találjuk ebben a részben.

A fenti ábrából csupán a rövidítéseket oldottam fel, jelen tanulmány témája nem igényli a részletes kibontást. A halmazábra nagyon látványosan és hatékonyan foglalja össze a légierő feladatrendszerét, érzékelteti továbbá a szerepkörök és küldetések általi átfedéseket, a határterületeket. A továbbiakban kifejti ezeket a szerepköröket és küldetéseket, illetve nagyon gyakran hoz példát rájuk, különböző rövid esettanulmányok bemutatásával. A fejezet utolsó pontjaként a vezetés-irányítás kérdéskörét tárgyalja, az utolsó fejezetben pedig a többi haderőnemmel való együttműködést fejt ki, különböző relációkban (szárazföld, haditengerészet, kibertér, világűr).

A második részben pedig a világűrbeli műveleteket fejt ki, melyek főként az információgyűjtésre irányulnak, illetve a szembenálló fél üreszközeinek zavarására, pusztítására, továbbá a sajátjaink megóvására.



1. ábra Légierő szerepkörök ábrázolása a brit légierő doktrínában² [60]

Észak-atlanti Szerződés Szervezete légierő doktrínája [61]

A szövetséges doktrína az a dokumentum, mely harmonizálja a tagországok légierőinek alapvetéseit, feladat végrehajtásukhoz közös alapot biztosít. Nemrég került megújításra, 2016 áprilisában történt a közzététele. Az egyes fő szerepkörök meghatározásakor nagymértékben támaszkodik a szövetség vezető nemzeteinek légierő doktrínáira.

Öt fő fejezetre tagolódik, melyből egy foglalkozik a légierővel kapcsolatos alapvetésekkel, a többi három a vezetés és irányítás különböző aspektusait vizsgálja. Az első részben, az alapvetések között találjuk a légierő fő szerepköreit, mely hasonlóan a korábbi doktrínákhoz a légi szembenállást, a levegő-felszín támadásokat (szárazföldi és tengeri erők elleni, illetve hadászati, hadműveleti és harcászati viszonylatokban), a légi mobilitást és az információ gyűjtő feladatokat határozza meg fő szerepkörökként, és mintegy „négy és feledik” fő funkcióként a személyek kiemelését, haza/elszállítását hozza a doktrína (mely külön sorolás furcsa eljárás, hiszen tökéletesen beilleszthető volna a mobilitás funkció alá).

A további fejezetek a légi műveletek vezetési és irányítási kérdéseivel foglalkoznak, ezen belül a légierő komponens beágyazódásával a NATO vezetési rendszerébe, a vezetési és irányítási szerepkörökkel és szervezeti elemekkel, valamint az összeköttetési követelményekkel. A har-

² Az ábrában megjelenő rövidítések: JPR: Joint personell recovery; SAR: Search and rescue; CASEVAC: Casualty evacuation; SEAD: Suppression of enemy air defences; SA: Situational awareness.

madik fejezet a légierő komponens (haderőnem) parancsnokságának (mely Ramsteinben, Németországban található) alapjait fekteti le, a negyedik fő fejezet a légi műveletek tervezésének legfontosabb részleteit határozza meg. Az ötödik fő fejezet a világűrben telepített eszközök általi NATO műveletek támogatását tárgyalja viszonylag röviden, 13 oldalban.

Az előzőekhez képest a legszárazabb írás, illetve legkevésbé rugalmas a felhasználás tekintetében.

Magyarország – Légi Műveletek Doktrína [62]

Magyar viszonylatban kimondottan friss dokumentum, 2015 áprilisától hatályos. Követi a nemzetközi trendeket hasonló felépítésével, illetve műveleti felosztásával az előzőekben bemutatott doktrínákhoz képest.

Négy fő fejezetre tagolódik, melyben az első, az eddig megszokottakhoz hasonlóan a légierővel kapcsolatos alapvetéseket tartalmazza. Nem terjedősen, de megfelelő terjedelemben ecseteli mindezt.

A következő rész a már szintén megszokottak szerint a vezetési és irányítási alapelveket, szerepköröket, összeköttetési követelményeket, légtérgazdálkodás alapkérdéseit és mindezek rendszerben való működését vázolja.

A harmadik rész fekteti le a légierő műveleteit. A művelettípusok felosztása ugyancsak megfelel a nemzetközi trendeknek, azonban a stratégiai légitámadás elkülönítése a levegő-felszín egyéb támadásoktól kissé kirívó, mondhatjuk úgy is, hogy elavult. Elkülöníti tehát a légi szembenállást, a stratégiai légi támadást, a felszíni erők elleni műveleteket és a támogató légi műveleteket (ez utóbbi máshol mobilitásként jelenik meg, lényegében azonban ugyanazokat a feladattípusokat takarja). Nagy hangsúlyt kapnak az afganisztáni tapasztalatokra alapozott helikopterekkel végrehajtható műveletek, olyannyira, hogy ennek a résznek a terjedelme megegyezik az előbb ismertetett művelettípusok leírásának méretével. Megjelennek köztük a támadó feladatok, a légi-földi integráció, illetve többek között a különböző személy/sebesült kiemelő feladattípusok is. Külön kategóriát képez a légierő válságreakáló műveletekben történő közreműködése, itt jellemzően megfigyelő és szállító feladattípusokat említenek.

Láthatjuk tehát, hogy a Szövetségen belül vezető légierők doktrínái, maga a szövetségi doktrína, illetve ezekkel összhangban a magyar Légierő Műveleti Doktrína egybecseng, és nagyon hasonló módon értelmezi a légierő, illetve a modern megközelítés szerint a légi komponens feladatrendszerét, illetve ez által elérhető célokat.

Megállapíthatjuk, hogy jelenleg a légierő feladatkörei négy fő csoportba sorolhatóak. Ezek a következők: légi szembenállás, mely során a légteret igyekszünk uralmunk alá vonni. Attól függően, hogy a saját légterünkben igyekszünk a dominanciát fenntartani, vagy a szembenálló fél által birtokolt légtérben próbáljuk átvenni a túlsúlyt, beszélhetünk védelmi vagy támadó légi szembenállásról. Mindkét esetben az ellenséges légierő hatékonyságát próbáljuk csökkenteni, eszközeit, rendszereit pusztítani annak érdekében, hogy saját erőinket (nemcsak a légierőt) megóvjuk a levegőből érkező támadásoktól, egyfajta védőernyőt emeljünk föléjük.

A következő fő feladatkör az információgyűjtés, konkrétan a klasszikus hármass feladatcsoport a hírszerzés, megfigyelés, felderítés. A NATO doktrínában hozzáteszik még a „hozzájárulás az összhaderőnemi” előtagot, ami kifejezi, hogy nemcsak a légierő feladata az információgyűjtés, azonban jellegéből és szerteágazó képességű szenzorrendszereiből fakadóan nagymértékben ki tudja, illetve ki is kell vennie ebből a részét. E szerepkör fontosságából adódóan külön főcsoportként kell kezeljük, azonban a magyar doktrína a támogató feladatokhoz sorolja.

A harmadik fő szerepkör a légi mobilitási, vagy támogató légi műveletek. Jellemzően logisztikai, ellátó, kiszolgáló feladatokat sorolhatunk ide úgy, mint a légi szállítás, légi tüzelőanyag utántöltés, a légierő működését, feladat végrehajtását biztosító logisztikai feladatok, légi kutatás-mentés, légi szállítású (akár különleges műveleti) csapatok tevékenységi körzetükbe szállítása, ejtőernyős dobás stb.

Végül a levegő-felszín támadó műveletek, melyen belül hadviselési szintenként, illetve szárazföldi vagy tengeri csapatok elleni műveleteket különíthetünk el. A közegek szerinti elkülönítés egyértelmű, azonban a hadviselési szintek szerinti feladat elkülönítés magyarázatra szorul. Harcászati szinten (legalacsonyabb szint, a legkisebb hatást fejt ki a műveletre vagy háborúra) a közvetlen légi támogatást említhetjük, mely során a közvetlen harcérintkezésben levő szárazföldi csapatainknak biztosítunk légi tűztámogatást. Hadműveleti szinten a légi lefogás feladatot hajtják végre, jellemzően specifikusan kialakított repülőgép kötelékekkel, melyeket kis fogalomzavart okozva „egyesített légi műveletek”-ként (Combined Air Operations – COMAO) említenek. E feladat célja, hogy a szembenálló fél mélységében olyan célpontokat támadjanak, melyek gátolják a csapatainak (szervezett) harcba bocsátását, előrevonását, pusztítja készleteit, összeköttetési lehetőségeit (útvonalak, vasútvonalak, hidak, kommunikációs hálózatok, stb). Hadászati légitámadás keretében pedig a szembenálló fél háborús szándékát igyekszünk megtörni, olyan hatást kifejteni, mely nyomán nem lesz képes és/vagy hajlandó háborút viselni, vagy folytatni azt, illetve rákényszeríthetjük akaratumkat. A hangsúly jelen esetben a hatáson van, és nem az okozott károk mértékén, vagy a felhasznált eszközök mennyiségén esetleg milyenségén. Ezt a gondolatot a doktrínák is a legtöbb esetben kiemelik.

Ezek voltak tehát a légierő fő szerepkörök, utolsó gondolatként az elmarasztalások után azonban ki kell emelnem a magyar doktrínát, és a többi ellenében szólni. A hazai dokumentumban ugyanis annak ellenére, hogy a nemzetközi trendek mást diktálnak, külön kezeli a stratégiai légi támadás feladatot, ami a légierő, mint önálló haderőnem „lelkét” adó feladattípus. Talán helyesebb azonban, ha *stratégiai légi műveleteket* emlegetünk és ideértjük a nem halálos, de nagyfontosságú egyéb (szállítási, információgyűjtési) feladatokat is. Amennyiben alaposabban végig gondoljuk a fő funkciók rendeltetést, hatását, megállapíthatjuk, hogy valamennyi egyfajta támogató szerepet tölt be. Biztosítja vagy megkönnyíti valamelyik haderőnem működési körülményeit, legyen az szárazföldi, tengeri, vagy légi komponens. Amennyiben a légi haderőnemet tekintjük, azt a körülményt szükséges megteremtenie önmaga számára, hogy képes legyen végrehajtani stratégiai légi műveleteket, háborúban elsősorban támadó jellegűt. Ennek egyik esszenciája a megfelelő célpontkiválasztás, ami stratégiai fontosságú információgyűjtés eredményeképpen valósulhat meg. A célpontkiválasztás három logikai síkon történhet: a lakosság, az ipar és infrastruktúra, vagy a katonai/politikai vezetés támadása által; ez korábban, a légierő teoretikusoknál már kifejtésre került. Más haderőnemeknél is található repülő csapatok, azok

azonban csupán az adott haderőnem műveleteinek támogatására hivatottak. Az önálló légi haderőnem létjogosultságát tehát a stratégiai légi műveletek végrehajtásának képessége, és e képesség kihasználása szolgáltatja.

HAZAI FELSŐ SZINTŰ DOKUMENTUMOK VONATKOZÁSAI

Fontos az olyan dokumentumok áttekintése is, amelyek egyfajta vezérfonalként szolgálnak egy ország esetében a biztonság tekintetében (értem ez alatt elsősorban a katonai biztonságot), hazai viszonylatban ezek az Alaptörvény [64], a Nemzeti Biztonsági Stratégia [66], illetve a Nemzeti Katonai Stratégia [67].

Magyarország Alaptörvényének passzusaiban számos helyen említésre kerülnek a fegyveres szervek, illetve a Magyar Honvédség (MH), tehát közvetetten a légierő is. A „Nemzeti hitvallás” részben megemlékezést találunk a Hazát és Európát védő őseinkről. A „Szabadság és felelősség” rész XXXI. cikkében a magyar állampolgárok általános és különböző különleges jogrendbeli honvédelmi köteleseiről olvashatunk. „Az állam” című rész 45. cikke foglalkozik magával a Magyar Honvédséggel. Itt kijelentik, hogy Magyarország fegyveres ereje a Magyar Honvédség, illetve definiálják annak feladatait, mely leginkább a honvédelem (expanziós szándék fel sem merül), továbbá a szövetségi kötelezettségekből adódó feladatok ellátása, illetve humanitárius közreműködés. Szólnak továbbá a MH feletti irányítás jogosultjairól, környezeti katasztrófák elhárításában való részvételi kötelemeiről, illetve állományának kötelező politikai semlegességéről. Ugyanennek a résznek 47. pontja rendelkezik a katonai műveletekben való részvétel döntési jogköreiről.

Az alaptörvény negyedik nagy fejezetében, „A különleges jogrend” címűben számos alkalommal említik a Magyar Honvédség alkalmazhatóságának feltételeit és a döntésre jogosultak körét. A következő esetekben dönthetnek a MH alkalmazásáról: rendkívüli állapot (melyet idegen hatalom fegyveres támadásának közvetlen veszélye esetén hirdetnek ki), szükségállapot (a törvényes rend megdöntésére vagy a hatalom kizárólagos megszerzésére irányuló fegyveres cselekmény, továbbá az élet- és vagyonbiztonságot tömeges méretekben veszélyeztető, fegyveresen elkövetett súlyos, erőszakos cselekmények), megelőző védelmi helyzet (külső fegyveres támadás veszélyének esetén, vagy szövetségi kötelezettség teljesítése érdekében kerül kihirdetésre), terrorveszélyhelyzet (terrorátadás jelentős és közvetlen veszélye, vagy terrorátadás esetén), váratlan támadás (külső fegyveres csoportok Magyarország területére történő közvetlen betörése esetén). Utóbbi esetben explicit említésre kerül a légierő: „Magyarország területének a honi és szövetséges légvédelmi és repülő készülségi erőkkel való oltalmazása”.

Láthatjuk tehát, hogy a hatból öt különleges jogrendi esetben (a megfelelő jogi eljárások betartása mellett) alkalmazható a Magyar Honvédség, ezzel együtt annak légierője. A váratlan támadás kategória esetében pedig jelentős szerepet tulajdonítanak a légi- és légvédelmi erőknek. A hatodik különleges jogrendi állapot a veszélyhelyzet, melyet az élet- és vagyonbiztonságot veszélyeztető elemi csapás vagy ipari szerencsétlenség esetén, valamint ezek következményeinek az elhárítása érdekében hirdetnek ki. Ugyan ebben a kategóriában a MH alkalmazhatósága nincs megemlítve, az elmúlt évek tapasztalatai alapján tudhatjuk, hogy a légierő eszközei ilyen esetekben is jelentősen képesek hozzájárulni a katasztrófák elhárításához. Leginkább szállítási és megfigyelési feladatokat képesek ellátni, ahogy tették azt az elmúlt tíz év nagy árvizeinél,

illetve a „vörös iszap katasztrófa” elhárításakor is. A fentiekből továbbá geostratégiai szempontból négy kategóriát tudunk megállapítani, amikor a légierő alkalmazásra kerülhet: az országhatáron belülről érkező fenyegetés, az országhatáron kívülről érkező fenyegetés, valamint (elemi vagy ipari) katasztrófa általi fenyegetés, illetve szövetségi kötelezettség teljesítése.

A következő dokumentum meglehetősen régi (1998), azonban a mára szokatlaná vált ország megnevezés (Magyar Köztársaság), illetve alkotmány említésén kívül a benne foglaltak érvényesek napjainkban is. A közel két évtizede megjelent határozat (94/1998. (XII.29.) OGY határozat) fekteti le Magyarország (tehát akkoriban Magyar Köztársaság) biztonság- és védelempolitikai alapelveit [65]. Ebben a tanulmányban csupán a releváns részekkel (légierő és geostratégiai vonatkozások) foglalkozom, a stratégiai dokumentumokkal általában [68] és azok rendszerével [69], a magyar biztonsági- és védelempolitika fejlődésével [70], illetve a nemzeti katonai stratégiával és a stratégiai kultúrával [71] számos szerző foglalkozott, és teszik ezt napjainkban is.

Az 1998-as évi Magyar Köztársaság biztonság- és védelempolitikájának alapelvei című dokumentum a NATO tagországai közé történt csatlakozás után, még Magyarország Európai Unió (EU) általi tagfelvétele előtt keletkezett. Megfogalmazza a fenyegetések fajtáit és ezzel irányait, majd az ország biztonságpolitikájának fő céljait. A célok csupán az eddig megszerzett szuverenitást, alkotmányos rendet, szövetségi rendszert, az emberek békéjét kívánja fenntartani, azaz expanziós törekvéseink nincsenek, a korábbi történelmi területek visszaszerzésére, vagy történelmi egyesülések visszaállítására sincs említés téve. Ahogy az 5. bekezdésben fogalmaz a dokumentum „Magyar Köztársaság egyetlen államot sem tekint ellenségének”. A biztonságot két alapvető pillérre építi: a nemzeti önerőre, és a szövetségi (azóta ideértendő Európai Unió is) együttműködésre. A korábbi megállapításomhoz hasonlóan, a geopolitikai törekvések 3 fő eszközével összhangban Magyarország biztonságpolitikai céljait külpolitikai (diplomáciai), gazdaságpolitikai és védelempolitikai (katonai, rendvédelmi, katasztrófavédelmi) eszközökkel kívánja/képes elérni. Ebből vezethető le a Magyar Honvédség részvétele a geopolitikai törekvésekben (lásd: biztonságpolitikai célok), közvetetten tehát a légierő is, mely feladatokat nehéz konkretizálni, jellemzően a fenyegetésnek megfelelően kialakítandó a korábban ismertetett lehetőségek köréből. A dokumentum fölé az Észak-atlanti Szerződésben megfogalmazott alapelveket rendelik, illetve irányadónak tartják a Szövetség Stratégiai Koncepcióját, a 17. bekezdés pedig rendelkezik az alárendelt dokumentumok létrehozásáról úgy, mint Nemzeti Biztonsági Stratégia és Nemzeti Katonai Stratégia.

A következő dokumentum, melyet tehát az előbbi nyomán alkottak meg, a 2012-ben közreadott Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiája. Célja, hogy iránymutatást biztosítson hazánk számára a nemzetközi politikában, biztonsági rendszerben való érdekérvényesítésben. Megállapítja első részében, melyben az ország biztonságpolitikai környezetét taglalja, hogy előtérbe kerülnek azok a biztonságpolitikai kihívások, amelyek kezeléséhez átfogó és összehangolt politikai, gazdasági és katonai fellépésre van szükség. Itt is visszaköszön tehát a geopolitika érdekérvényesítő eszközrendszerének hármasa, ezek együttes alkalmazását nevezhetjük hibrid hadviselésnek is. Hazánk és a Szövetség ellen irányuló „hagyományos” fegyveres konfliktus veszélyét elenyészőnek tartja, azonban fenyegetők a közelmúlt régiókhöz földrajzilag közel eső konfliktusai, ahol a fegyveres küzdelem elsődleges szerepet kapott. Illetve a globalizációból adódóan földrajzilag távoli problémák rövid időn belül hatással lehetnek országunkra vagy szövetségeseinkre. Példa-

ként említhetünk egy 21. századi scenáriót: távoli vallási közösségek radikalizálódása felbuzdítja az adott vallás hazai követőit, melyben nagy segítségükre lehet a közösségi média, illetve reflektorfényt kaphatnak a hagyományos médiumok által. Azonban éppen a légierő áthatolóképességű eszközei és fegyverei (repülőeszközök és rakéták) által, melyek jellemzően nagy hatótávolsággal, sok esetben globális elérő képességgel rendelkeznek, földrajzilag távoli államok is hatással lehetnek más országokra közvetlenül, vagy egy csapással láncreakciót beindítva közvetett módon. Ezt tovább gondolva megállapítja, hogy biztonság kérdése nem határainknál kezdődik, illetve a konfliktusok kezelése globális szemléletet, valamint átfogó megközelítést igényel.

A dokumentum második részében Magyarország helyét és biztonságpolitikai érdekeit tárgyalja a világban. Ismét kifejezésre kerül, hogy Magyarország egyetlen országot sem tekint ellenségének. Felsorolja érdekeit, a biztonságpolitikát illetően pedig sok szó esik a szövetségi tagságokról és elkötelezettségről úgy, mint Egyesült Nemzetek Szövetsége (ENSZ), Európai Biztonsági és Együttműködési Szervezet (EBESZ), NATO és EU. Kifejezi a szándékot, hogy Magyarország részt kíván vállalni utóbbi két szövetség válságkezelő tevékenységében, misszióiban és műveleteiben. Két irányt nevez meg konkrétan, Amerikai Egyesült Államokat, akivel stratégiai partnerségét fent kívánja tartani, illetve a déli és keleti szomszédjainkat pedig mindinkább az európai térséghez és egységhez, értékekhez kívánja integrálni.

A harmadik rész a fenyegetésekkel foglalkozik, teszi ezt 15 hosszú bekezdésen keresztül. A definiált fenyegetések a következők:

- etnikai, vagy vallási (esetleg egyéb) okból kirobbanó helyi fegyveres konfliktusok Magyarország környezetében;
- regionális konfliktusok;
- tömegpusztító fegyverek és hordozóeszközeik terjedése;
- terrorizmus;
- gazdasági bizonytalanság;
- kiber fenyegetések;
- energiaellátás kihívásai;
- globális éghajlat- és környezetváltozás, ivóvízhez jutás korlátozottsága, erőforrások kimerülése;
- természeti és ipari katasztrófák;
- szervezett bűnözés;
- kábítószer kereskedelem;
- migráció;
- szélsőséges csoportok.

A fentiek közül a légierő nyilvánvalóan legaktívabban a fegyveres küzdelmek, konfliktusok különböző változataiban képes legaktívabban és leghatékonyabban részt vállalni, azonban hasznos képességekkel rendelkezik a terrorizmus elleni harc segítésére, az ipari és természeti katasztrófák elhárításának segítésére, illetve bárhol, ahol felderítési, megfigyelési, szállítási feladatokat szükséges végrehajtani.

A Stratégia végrehajtásának eszközeiről maga a dokumentum a következőket hozza. Szilárd gazdasági és társadalmi alapok, nemzeti egyetértés és támogatás, mely párbeszédre alapul, ak-

tív külpolitika, diplomácia. Összkormányzati megközelítés szükséges, honvédelmi, nemzetbiztonsági, rendvédelmi, igazságszolgáltatási, katasztrófavédelmi és polgári együttműködés. A Magyar Honvédséget kiemelve, a Stratégia az ország szuverenitásának alapvető letéteményesének nevezi, illetve nemzetközi szerepvállalásai által a külpolitika egyik meghatározó eszközének tartja. A Magyar Honvédség, benne a légierő képességrendszerét úgy kell tehát kialakítani, hogy az képes legyen az önvédelemre és támogassa a kollektív védelmet. Amikor egy magyar állampolgár felteszi a kérdést, hogy mi miért történik a Honvédségben, a válasznak mindig annak kell lennie, hogy az előbbi két cél teljesítése végett. Nemcsak azért, mert ez a helyes válasz, hanem mert ez történik a valóságban. További végrehajtott eszközként említik a polgári-katonai együttműködést, hatékony fejlesztéspolitika, hírszerzés és elhárítás, belső biztonság, rend fenntartása, komplex megelőzési rendszer működtetése.

A fejezetben az utolsó vizsgált dokumentum a Honvédelmi Minisztérium által szintén 2012-ben kiadott Nemzeti Katonai Stratégia, melyet a 1656/2012. Kormány határozatban tettek közzé. Öt fő fejezetből áll, bevezetőből, alapvetésekből, a működési környezet bemutatásából, a Magyar Honvédség feladatainak bemutatásából, illetve képességeinek vázolásából. A bevezetés első bekezdésében leszögezik a Stratégia célját, ami a szövetségi stratégiák, illetve a Nemzeti Biztonsági Stratégia iránymutatásával a Magyar Honvédség útjának, és a körülményeknek a kijelölése, amelyek segítségével teljesítheti küldetését.

Az alapvetések között ismét szerepel, hogy Magyarország egyetlen országot sem tekint ellenségének, azonban ellene irányuló agresszió esetén kész megvédeni szuverenitását, területét, légerét valamint lakosságát, anyagi javait. A honvédelem alappilléreinek a nemzeti önerőt és a szövetségi kooperációt tartja, azonban a biztonságot illetően nem lehet csupán a fegyveres erőkre támaszkodni, ahhoz összkormányzati együttműködésre van szükség, a szakminisztériumok közös munkájára.

A 'Működési környezet' fejezetben a biztonsági környezetet leíró részben számba veszik a biztonságot és stabilitást erősítő, illetve az ezek ellen ható folyamatokat. Az erősítő körülmények között szerepel szomszédjaink, a számunkra is szövetséget jelentő szervezetek felé mutatott integrációs törekvései, a fegyveres és nem hagyományos eszközökkel folytatott konfliktus valószínűségének minimális bekövetkezési esélye, az új (2010-ben megjelent) NATO stratégiai koncepció, illetve az EU közös biztonság- és védelempolitikai struktúrája, mechanizmusai. A biztonság és stabilitás ellen ható tényezőknél jellemzően a már korábban felsoroltakat találjuk, például tömegpusztító fegyverek, terrorizmus, gazdasági kihívások, migráció, etnikai ellentétek, perifériára szorult államok kiszámíthatatlansága, kiber kihívások stb. A működési környezetben meghatározónak tartja a Stratégia továbbá a szövetségi tagságot és nemzetközi egyezményeket. A haderő alkalmazásának jellemzőinél elképzelhetőek, illetve készen kell állnia a Magyar Honvédségnek az alacsony és magas intenzitású műveletekben való részvételre egyaránt. Jelenleg nemzetközileg meghatározó tevékenysége a válságkezelő műveletekben való részvétel, nem ritkán a megszokottól jelentősen eltérő földrajzi és éghajlati körülmények között.

A negyedik rész megfogalmazza a MH feladatait, ami a honvédelem (annak valamennyi dimenziójával), a szövetséges országok részére a befogadó nemzeti támogatás biztosítása, szövetségi kollektív védelemhez való hozzájárulás, természeti és ipari katasztrófák elhárításában való részvétel, koronaöri feladatok biztosítása. Az utolsó fejezetben először is a Honvédség

vízióját, jövőképét írják le, majd kitérnek a képességfejlesztés alapvető szempontjaira, a képességfejlesztési irányelvekre, illetve a végrehajtási irányelvekre egyaránt. A Stratégia megállapítja, hogy a Magyar Honvédség két haderőnemből, a szárazföldi és légi haderőnemből áll, melyeknek képeseknek kell lenniük együttműködve, tehát összhaderőnemi viszonyrendszerben feladatot végrehajtaniuk.

Ebben a stratégiában tehát megfogalmazásra kerülnek mindazok az irányelvek és jövőkép, amely szükséges egy hatékony honvédő fegyveres erő kialakításához. Nehéz lenne csak a légi erő részére ezek alapján feladatot meghatározni, azonban a légtér védelme egyértelműen kivehető kötelesség, illetve nap mint nap hozzájárul a szövetségi kollektív védelemhez a légi készenléti szolgálat üzemeltetésével, a légi járőrözés megvalósításával. Ezt a képességet pedig nemrég országunktól távol, a balti államok légtérben való járőrözés alkalmával is biztosítottuk fél éven keresztül, napi 24 órában. Továbbá nem biztonsági, de mindennapi biztosítási feladatot (légi kutató-mentő szolgálat) lát el a MH szolnoki és pápai bázisokról, mely elengedhetetlen (jogi) feltétele, hogy Magyarország légtérben kereskedelmi, illetve állami célú légiközlekedés megvalósulhasson.

KÖVETKEZTETÉSEK, ÖSSZEGZÉS

A záró gondolatok kezdetekor visszanyúlok és egy hazai gondolkodó, Bárdos-Féltoronyi Miklós geopolitikai nézetét idézem: „Ha a politikára gondolunk, akkor a hatalom gyakorlása jut eszünkbe. Önkéntelenül valamilyen célból, illetve érdekből következő cselekvésre gondolunk. Ezek a tevékenységek lezajlódhatnak az ismerősök szűkebb körén belül, a munkahelyen vagy nagyobb társadalmi léptékben, sőt nemzetközi szinten is. A geopolitikai elemzés a politika kifejezést egy adott területen, vagy ágazatban, egy meghatározott cselekvés vagy tevékenység összefüggésén belül értelmezi, legalábbis ott, ahol hatalomról beszélhetünk. Alapfelvetésem, hogy a politikai elemzés tárgyai a hatalommal kapcsolatos jelenségek. Maga a hatalom képesség arra, hogy valaki/valami valamit előállítson, kifejlesszen, vagy elpusztítson, tönkretegyen, megsemmisítsen. Az erő a hatalom eszköze, míg az uralom a politikai, kulturális, társadalmi vagy gazdasági megtestesülése.” [6]

Ahogy korábban megállapítottam, három alapvető vizsgálati területét különböztethetjük meg a geopolitikának mint tudományágnak, illetve a geopolitikai tanulmányokat három csoportba sorolhatjuk (a 2–3-val, ahogy az elején írtam, szándékosan keveset foglalkoztam):

1. magát a tudományágot, vizsgálatának tárgyát, módszereit meghatározni igyekvő elméletek;
2. gyakorlati, szubjektív geopolitikaként az állam viszonyulását környezetéhez;
3. objektív szemléletmódként olyan elemzések, amelyek egy vagy több állam térbeli, más államokkal való, illetve egymás közötti jelenségeit, viszonyait írja le.

Megállapítható továbbá, hogy a geostratégiai célok elérésének eszközei három nagy csoportba sorolhatók. Diplomáciai eszközök, gazdasági/pénzügyi lehetőségek, illetve a haderő alkalmazása, az erőszak eszkalálása. A célok például a következők lehetnek: lakosság gyarapítása, erőforrások megszerzése, piac elérhetővé tétele, területbővítés, tengerre való kijutás stb. A geopolitikai cél mögött a nemzet, vagy a politikai vezetés (napjainkban esetleg valamilyen nem állami

szervezet) igénye vagy érdeke áll, ezt tekinthetjük a kiindulópontnak. Ez a mag legjellemzőbben ideológiai, vagy gazdasági természetű. Végül pedig az előzőeket körbeveszik egyfajta „mázzal”, ami a külvilágnak, de jellemzően a saját lakosságnak is (a támogatás elnyerését remélve) kommunikált, jogos indokként bemutatott nemzeti igény/érdek, geopolitikai cél, és ezek megvalósítását, elérését biztosító megfelelő, helyénvaló eszközök.

A légierő, mint önálló haderőnem „lelkét” a stratégiai légi támadás adja, de talán helyesebb, ha stratégiai légi műveleteket emlegetünk és ideértjük a nem halálos, de nagyfontosságú egyéb (szállítási, információgyűjtési) feladatokat is. Korai nézetek szerint stratégiai bombázást (az ellenség hátszágában levő termelő ipar, infrastruktúra és népesség pusztítása) akkor érdemes végrehajtani, amikor a háborúban olyan állapot alakul ki, hogy gyors győzelem érhető el (például olyan célpontsűrűség jön létre, vagy olyan célpont támadása válik lehetségessé, mely sorsfordító hatással bír), egyébként e műveletnek elnyújtó hatása van a harcokra nézve. Napjainkban a légierő fő feladatát már nem stratégiai bombázásnak, hanem stratégiai légi támadásnak nevezzük, ami kifejezi, hogy nem a tömeges bombázáson, hanem a megfelelő hatás elérésén van a fő hangsúly. Amennyiben alaposabban végiggondoljuk a fő funkciók rendeltetését, hatását, megállapíthatjuk, hogy valamennyi egyfajta támogató szerepet tölt be. Biztosítja vagy megkönnyíti valamelyik haderőnem működési körülményeit, legyen az szárazföldi, tengeri, vagy légi komponens. Amennyiben a légi haderőnemet tekintjük, azt a körülményt szükséges megteremtenie önmaga számára, hogy képes legyen végrehajtani stratégiai légi műveleteket, háborúban elsősorban támadó jellegűt. Ennek egyik esszenciája a megfelelő célpontkiválasztás, ami stratégiai fontosságú információgyűjtés eredményeképpen valósulhat meg.

Áttekintettem a főbb teoretikusokat, akik nyomán ma el tudjuk különíteni a légierők négy nagy szerepkörét: a légi szembenállást, a légi támadást, az információszerzés szerepkört, illetve a légi mobilitási-logisztikai feladatokat. A legalapvetőbb gondolatok a két világháború között és a második után már megszülettek, a repülőcsapatok önálló haderőnemekké váltak, ami biztosította az önálló feladatrendszer és a hadászati rendeltetés beteljesítését. Később olyan eszközzé vált a politika kezében, amely képes a globális csapásmérésre, erőkitetésre, elérésre. Képes harcászati, hadműveleti és hadászati hadviselési szinteken feladatot végrehajtani, akár ugyanazon a repülésen belül. Erejét képes egy helyen egyszerre összpontosítani, vagy növekvő intenzitással fokozni a nyomást az ellenségen. A magasság és sebesség különböző kombinációit, illetve egyéb kiegészítő lehetőségeket kihasználva nagymértékű rugalmasságra alkalmas. Célpontjait meg tudja közelíteni rejtve, vagy nagy figyelmet magára vonva, attól függően, hogy önmagára vigyázva, nagy magasságon, felhőzetben, vagy afelett, alacsony észlelhetőségi technológiát felhasználva rejtetten támad, illetve pszichológiai hatásgyakorolásként alacsonyan, nagy sebességgel, esetleg szuperszonikus tartományban repül az ellenséges csapatok felett. Számos támogató feladat ellátására alkalmas más haderőnemek részére, tűz- és logisztikai támogatásra egyaránt. Kifinomult szenzorrendszerei segítségével nagymértékben (esetleg döntően) kiveszi a részét az összhaderőnemi hírszerzés-megfigyelés-felderítés feladatokból. Az emberi életet óvva, távolról irányított eszközeivel is képessé vált fontos küldetések ellátására.

A Szövetségben belül vezető légierők doktrínái, maga a szövetségi doktrína, illetve ezekkel összhangban a magyar Légierő Műveleti Doktrína egybecseng, és nagyon hasonló módon értelmezi a légierő, illetve a modern megközelítés szerint a légi komponens feladatrendszerét, illetve ez által elérhető célokat.

Megállapíthatjuk, hogy jelenleg a *légierő feladatkörei négy fő csoportba* sorolhatóak. Ezek a következők: *légi szembenállás*, mely során a légteret igyekszünk uralmunk alá vonni. Attól függően, hogy a saját légterünkben igyekszünk a dominanciát fenntartani, vagy a szembenálló fél által birtokolt légterben próbáljuk átvenni a túlsúlyt, beszélhetünk védelmi vagy támadó légi szembenállásról. Mindkét esetben az ellenséges légierő hatékonyságát próbáljuk csökkenteni, eszközeit, rendszereit pusztítani annak érdekében, hogy saját erőinket (nemcsak a légierőt) megóvjuk a levegőből érkező támadásoktól, egyfajta védőernyőt emeljünk följük.

A következő fő feladatkör az *információgyűjtés*, konkrétan a klasszikus hármass feladatcsoport a hírszerzés, megfigyelés, felderítés. A NATO doktrínában hozzáteszik még a „hozzájárulás az összhaderőnemi” előtagot, ami kifejezi, hogy nemcsak a légierő feladata az információgyűjtés, azonban jellegéből és szerteágazó képességű szenzorrendszereiből fakadóan nagymértékben ki tudja, illetve ki is kell vennie ebből a részét. E szerepkör fontosságából adódóan külön főcsoportként kell kezeljük, azonban a magyar doktrína a támogató feladatokhoz sorolja.

A harmadik fő szerepkör a *légi mobilitási*, vagy támogató légi műveletek. Jellemzően logisztikai, ellátó, kiszolgáló feladatokat sorolhatunk ide, úgy mint a légi szállítás, légi tüzelőanyag utántöltés, a légierő működését, feladat végrehajtását biztosító logisztikai feladatok, légi kutatás-mentés, légi szállítású (akár különleges műveleti) csapatok tevékenységi körzetükbe szállítása, ejtőernyős dobás stb.

Végül a *levegő-felszín támadó műveletek*, melyen belül hadviselési szintenként, illetve szárazföldi vagy tengeri csapatok elleni műveleteket különíthetünk el. A közegek szerinti elkülönítés egyértelmű, azonban a hadviselési szintek szerinti feladat elkülönítés magyarázatra szorul. Harcászati szinten (legalacsonyabb szint, a legkisebb hatást fejt ki a műveletre vagy háborúra) a közvetlen légi támogatást említhetjük, mely során a közvetlen harcérintkezésben levő szárazföldi csapatainknak biztosítunk légi tűztámogatást. Hadműveleti szinten a légi lefogás feladatot hajtják végre, jellemzően specifikusan kialakított repülőgép kötelékekkel, melyeket kis fogalomzavart okozva „egyesített légi műveletek”-ként (Combined Air Operations – COMAO) említenek. E feladat célja, hogy a szembenálló fél mélységében olyan célpontokat támadjanak, melyek gátolják a csapatainak (szervezett) harcba bocsátását, előrevonását, pusztítja készleteit, összeköttetési lehetőségeit (útvonalak, vasútvonalak, hidak, kommunikációs hálózatok stb). Hadászati légitámadás keretében pedig a szembenálló fél háborús szándékát igyekszünk megtörni, olyan hatást kifejteni, mely nyomán nem lesz képes és/vagy hajlandó háborút viselni, vagy folytatni azt, illetve rákényszeríthetjük akaratumkat. A hangsúly jelen esetben a hatáson van, és nem az okozott károk mértékén, vagy a felhasznált eszközök mennyiségén esetleg milyenségén. Ezt a gondolatot a doktrínák is a legtöbb esetben kiemelik.

Méltatnom kell a magyar Légierő Műveleti Doktrínát, melyben annak ellenére, hogy a nemzetközi trendek mást diktálnak, külön kezeli a stratégiai légi támadás feladatot, ami a légierő, mint önálló haderőnem „lelkét” adó feladattípus. Talán helyesebb azonban, ha *stratégiai légi műveleteket* emlegetünk és ideértjük a nem halálos, de nagyfontosságú egyéb (szállítási, információgyűjtési) feladatokat is. Amennyiben alaposabban végiggondoljuk a fő funkciók rendeltetését, hatását, megállapíthatjuk, hogy valamennyi egyfajta támogató szerepet tölt be. Biztosítja vagy megkönnyíti valamelyik haderőnem működési körülményeit, legyen az szárazföldi, tengeri, vagy légi komponens. Amennyiben a légi haderőnemet tekintjük, azt a körülményt szükséges

megteremtenie önmaga számára, hogy képes legyen végrehajtani stratégiai légi műveleteket, háborúban elsősorban támadó jellegűt. Ennek egyik esszenciája a megfelelő célpontkiválasztás, ami stratégiai fontosságú információgyűjtés eredményeképpen valósulhat meg. A célpontkiválasztás három logikai síkon történhet: a lakosság, az ipar és infrastruktúra, vagy a katonai/politikai vezetés támadása által; ez korábban, a légierő teoretikusoknál már kifejtésre került. Más haderőnemeknél is található repülő csapatok, azok azonban csupán az adott haderőnem műveleteinek támogatására hivatottak. Az önálló légi haderőnem létjogosultságát tehát a stratégiai légi műveletek végrehajtásának képessége és e képesség kihasználása szolgáltatja.

A kutatás a Pallas Athéné Geopolitikai Alapítvány támogatása által, a PhD hallgatókat támogató ösztöndíj keretében valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Alekszandr DUGIN: A geopolitika alapjai. In: Geopolitika és biztonság. Zrínyi Kiadó, Budapest, 2006. ISBN 963 327 413 3
- [2] Alekszandr ZINOVJEV: A Nyugat. In: Geopolitika és biztonság. Zrínyi Kiadó, Budapest, 2006. ISBN 963 327 413 3
- [3] Anna WATKINS (szerk.): Footnotes to History: Selected Speeches and Writings of Edmund A. Walsh, S.J. Georgetown University Press, Washington D.C., 1990. ISBN 087 840 506 2
- [4] BABOS Tibor: Hibrid hadviselés a NATO-ban. In: Honvédségi Szemle, 64/6. pp.9-11. 2010. ISSN 1216 7436
- [5] BAKOS Ferenc: Idegen szavak és kifejezések szótára. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2004. ISBN 963 057 875 1
- [6] BÁRDOS-FÉLTORONYI Miklós: Bevezetés a geopolitikába. L'Harmattan Kiadó, Párizs, 2006. ISBN 963 968 35 6
- [7] BÉKÉS Rezső: Kissinger és Brzezinski. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1980. ISBN 963 326 065 5
- [8] CSIZMADIA Sándor, MOLNÁR Gusztáv, PATAKI Gábor Zsolt (szerk.): Geopolitikai szöveggyűjtemény. Kiadja: Stratégiai és Védelmi Kutatóintézet, Budapest, 2006. ISBN 963 811 768 0
- [9] Friedrich RATZEL: Politikai földrajz. In: Csizmadia et al.: Geopolitikai szöveggyűjtemény. Kiadja: Stratégiai és Védelmi Kutatóintézet, Budapest, 2006. ISBN 963 811 768 0
- [10] GAZDAG Ferenc (szerk.): Geopolitika és biztonság. Zrínyi Kiadó, Budapest, 2006. ISBN 963 327 413 3
- [11] Heinz BRILL: Geopolitika és geostratégia. In: Csizmadia et al.: Geopolitikai szöveggyűjtemény. Kiadja: Stratégiai és Védelmi Kutatóintézet, Budapest, 2006. ISBN 963 811 768 0
- [12] Jacques ANCEL: Geopolitika. In: Csizmadia et al.: Geopolitikai szöveggyűjtemény. Kiadja: Stratégiai és Védelmi Kutatóintézet, Budapest, 2006. ISBN 963 811 768 0
- [13] Nicholas John SPYKMAN: Eurázsia politikai térképe. In: Csizmadia et al.: Geopolitikai szöveggyűjtemény. Kiadja: Stratégiai és Védelmi Kutatóintézet, Budapest, 2006. ISBN 963 811 768 0
- [14] PATAKI Gábor Zsolt: A geopolitika: egy multidiszciplináris elemző módszer. In: Csizmadia et al.: Geopolitikai szöveggyűjtemény. Kiadja: Stratégiai és Védelmi Kutatóintézet, Budapest, 2006. ISBN 963 811 768 0
- [15] SZILÁGYI István: Geopolitika. Publikon Kiadó, Pécs, 2013. ISBN 978 615 5001 74 1
- [16] William T. FOX: A geopolitika és a nemzetközi kapcsolatok. In: Csizmadia et al.: Geopolitikai szöveggyűjtemény. Kiadja: Stratégiai és Védelmi Kutatóintézet, Budapest, 2006. ISBN 963 811 768 0
- [17] Yves LACOSTE: Geopolitika. In: Csizmadia et al.: Geopolitikai szöveggyűjtemény. Kiadja: Stratégiai és Védelmi Kutatóintézet, Budapest, 2006. ISBN 963 811 768 0
- [18] Zbigniew BRZEZINSKI: A nagy saktábla. Európa Könyvkiadó, Budapest, 1999. ISBN 963 076 533 0
- [19] Alen ALEXROD: Encyclopedia of World War II. Infobase Publishing, New York, 2007. ISBN 081 606 022 3
- [20] Angélique L. FAUSILE: Two Theories on the Use of Air Power: Warden vs. Pape. National War College, Washington D.C. 2003.
- [21] Bert FRANSEN: Learning and adapting – Billy Mitchell in World War I. In: Joint Force Quarterly, 72. 2014. ISSN 1070 0692
- [22] Carl A. SPAATZ: Strategic Air Power – Fulfillment of a Concept. In: Foreign Affairs, 24/3. 1946. pp. 385-396. ISSN 0015 7120
- [23] Clayton K.S. CHUN: Aerospace Power in the Twenty-First Century – A Basic Primer. United States Air Force Academy, Colorado Springs, 2001. ISBN 158 566 091 4
- [24] David BERKLAND: Douhet, Trenchard, Michell and the Future of Airpower. In: Defence & Security Analysis, 27/4. 2011. ISSN 1475 1801
- [25] Giulio DOUHET (ford. Tandori Dezső): A légiuralom. Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Budapest, 1971.
- [26] GÖNCZI Gabriella, KRAJNC Zoltán: Korunk meghatározó légiereő teoretikusa – John A. III. Warden In: Hadmérnök V/1. 2010. ISSN 1788 1919
- [27] James ALGAR, Clyde GEROMINI, Jack KINNEY, H.C. PORTER (rendezte): Victory Through Air Power. United Artists, Walt Disney, 1943. (<https://www.youtube.com/watch?v=J1iPBvwaIkI>, letöltve: 2016.09.13.)
- [28] James Jay CARAFANO: After D-Day – Operation Cobra and the Normandy Breakout. Stackpole Books, Mechanicsburg, 2000. ISBN 978 081 173 487 5
- [29] James K. LIBBEY: Alexander P. de Seversky – and the Quest for Air Power. Potomac Books, Washington D.C., 2013. ISBN 978 161 234 179 8
- [30] James P. DUFFY: Target: America – Hitler's plan to attack the United States. Lyons Press, Guilford, 2012. ISBN 978 076 277 292 6

- [31] JENEI Imre, SZÜCS Pál, KRAJNC Zoltán: William Mitchell légierő értelmezése 1. In: Repüléstudományi Közlemények, XXVI/1. 2014. ISSN 1789 770X
- [32] JENEI Imre, SZÜCS Pál, KRAJNC Zoltán: William Mitchell légierő értelmezése 2. In: Repüléstudományi Közlemények, XXVI/1. 2014. ISSN 1789 770X
- [33] John A. OLSEN: John Warden and the Renaissance of American Air Power. Potomac Books, Washington D.C. 2007. ISBN 978 159 797 084 6
- [34] John A. WARDEN III.: The Air Campaign – Planning for Combat. National Defence University Press, Washington D.C. 1988.
- [35] John C. SLESSOR: Air Power and Armies (Oxford University Press, London, 1936). The University of Alabama Press, Tuscaloosa, 2009. ISBN 978 081 738 330 5
- [36] KRAJNC Zoltán, JENEI Imre: „Tíz állítás a légierővel kapcsolatba” – Philippe S. Meilinger légierő értelmezése. In: Repüléstudományi Közlemények, XXV/2. 2013. ISSN 1789 770X
- [37] KRAJNC Zoltán: A légierő alkalmazásának alapkérdései. In: Krajnc Zoltán (szerk.): A katonai vezetői-parancsnoki (harcászati vezetői) kompetenciák fejlesztési stratégiája. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2014. ISBN 978 615 530 567 2
- [38] KRAJNC Zoltán: A légierő eszmerendszerként való értelmezése. In: Krajnc Zoltán (szerk.): A katonai-vezetői-parancsnoki (harcászati vezetői) kompetenciák fejlesztésének lehetséges stratégiája. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2014. pp.175-192. ISBN 978 615 530 567 2
- [39] Leonard BAKER, Benjamin F. COOLING: Developments and Lessons Before World War II. In: Benjamin Frankin COOLING (szerk.): Case Studies in the Achievement of Air Superiority. Office of Air Force History, United States Air Force, 1994. ISBN 091 279 963 3
- [40] Martin MIDDLEBROOK: Harris. In: Micheal CARVER (szerk.): The War Lords – Military Commanders of the Twentieth Century. Pen & Sword Books, Barnsely, 2005. ISBN 184 415 308 8
- [41] Philippe S. MEILINGER: Airmen and Air Theory – A Review of the Sources. Air University Press, Maxwell Air Force Base, Alabama, 2001. ISBN 158 566 101 5
- [42] Philippe S. MEILINGER: Airwar – Theory and Practice. Frank Cass Publishers, Oxon, 2003. ISBN 071 468 266 7
- [43] Philippe S. MEILINGER: Proselytiser and Prophet – Alexander p. de Seversky and American Airpower. In: John GOOCH (szerk.): Airpower – Theory and Practice. Frank Cass Publishers, London, 1995. ISBN 978 113 520 846 2
- [44] Phipippe S. MEILINGER: 10 Propositions Regarding Air Power. Air Force History and Museums Program, Washington, D.C. 1995.
- [45] Richard G. DAVIS: Carl A. Spaatz – Bomber Baron. In: John A. OLSEN (szerk.): Air Commanders. Potomac Books, Dulles, 2013. ISBN 978 161 234 577 2
- [46] Richard H. KOHN, Joseph P. HARAHAH: Strategic Air Warfare – An Interview with General Curtis E. LeMay, Leon W. Johnson, David A. Burchinal and Jack J. Catton. Office of Air Force History, United States Air Force, Washington, 1988. ISBN 091 279 956 0
- [47] Robert A. PAPE: Bombing to Win – Air Power and Coercion in War. Cornell University Press, Ithaca, 1995. ISBN 080 143 134 4
- [48] Robert HAVERS: The Second World War – Vol. 2. – Europe 1939-1943. Routledge, London, 2005. ISBN 020 034 988 0
- [49] SZABÓ Miklós: Légiuralom-elmélet – légi fegyverkezés – a Magyar Királyi Légierő az 1930-as években. Mindentudás Egyeteme (előadás) 2006. (http://mindentudas.videotorium.hu/hu/recordings/details/8338,Legiuralom-elmélet_legi_fegyverkezes_a_Magyar_Kiralyi_Legiero_az_1930-as_evekben, letöltve: 2016.08.25.)
- [50] SZÜCS Pál, KRAJNC Zoltán: Hugh Trenchard légierő értelmezése. In: Repüléstudományi Közlemények, XXVI/1. 2014. ISSN 1789 770X
- [51] The University of Chicago, Department of Political Sciences /People/Faculty/Robert Pape/Curriculum Vitae (<http://political-science.uchicago.edu/people/faculty/Pape%20CV%202014.pdf>, letöltve: 2016.09.15.)
- [52] Vincent ORANGE: Tedder, Arthur William. Oxford Dictionary of National Biography, Oxford University Press, 2004. (<http://www.oxforddnb.com/view/article/36446>, letöltve: 2016.09.05.)
- [53] William D. O’NEIL: Transformation Billy Mitchell Style. In: Proceedings Magazine, 128/3. 2002. ISSN 0041 798X
- [54] Williamson MURRAY: Curtis E. LeMay – Airman Extraordinary. In: John. A. OLSEN: Air Commanders. Potomac Books, Washington D.C. 2013. ISBN 978 161 234 577 2

- [55] Williamson MURRAY: The Luftwaffe Experience 1939-1941. In: Benjamin Franklin COOLING (szerk.): Case Studies in the Development of Close Air Support. Office of Air Force History, United States Air Force, 1990. ISBN 091 279 964 1
- [56] Henri Coanda Légierő Akadémia, Románia honlapja (http://www.afahc.ro/ro/afases/2015/afases_2015/speakers/olsen.pdf, letöltve: 2016.09.16.)
- [57] Air University, Maxwell Airforce Base, Alabama, USA honlapja (http://www.au.af.mil/au/ssq/digital/pdf/spring_2014/Mellinger.pdf, letöltve: 2016.09.16.)
- [58] International Fighter nemzetközi harcászati repülő konferencia honlapja, előadók bemutatása (http://www.au.af.mil/au/ssq/digital/pdf/spring_2014/Mellinger.pdf, letöltve: 2016.09.16.)
- [59] AFDD 1 - United States Air Force Basic Doctrine, Organisation and Command. LeMay Center, Air University, Maxwell Air Force Base, Alabama, 2014.
- [60] JDP 0-30 UK Air and Space Doctrine. UK Ministry of Defence; Development, Concepts and Doctrine Center, 2013.
- [61] AJP 3.3 B – Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations. NATO Standardization Office, NATO, Brussels, 2016.
- [62] Re/419 – Légi Műveletek Doktrína. Magyar Honvédség, 2015.
- [63] Szabó József (szerk.): Hadtudományi Lexikon A-L. Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 1995. ISBN 963 045 227 8
- [64] Magyarország Alaptörvénye (2011.04.25.) letöltve: 2016.11.24.
- [65] 94/1998. (XII. 29.) OGY határozat a Magyar Köztársaság biztonság- és védelempolitikájának alapelveiről. letöltve: 2016.11.22.
- [66] A Kormány 1035/2012. (II. 21.) Korm. határozata Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról. letöltve: 2016.11.22.
- [67] Honvédelmi Minisztérium: Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiája. 2012. letöltve: 2016.11.22.
- [68] JOBBÁGY Szabolcs: A Magyar Köztársaság biztonságpolitikájával foglalkozó alapdokumentumok. In: Hadtudományi Szemle, 3/4. 2010. ISSN 2060 0437 pp.28-39.
- [69] CSIKI Tamás: A stratégiai dokumentumok rendszere. In: Nemzet és Biztonság, 1/8. 2008. ISSN 1789 5286 pp.76-81.
- [70] SZENES Zoltán, TÁLAS Péter: A magyar biztonságpolitika fejlődése és a haderőreformok, 1989-2011. In: Nemzet és Biztonság, 5/2. 2012. ISSN 1789 5286 pp.37-49.
- [71] TÁLAS Péter: A nemzeti katonai stratégia és a magyar stratégiai kultúra. In: Hadtudomány, 23/3-4. ISSN 1215 4121 pp.14-28.

THE AIR POWER AS ONE OF THE MOST DETERMINING INSTRUMENTS OF GEOSTRATEGY

In the essay after a short introduction I expound the main and relevant geopolitical and geostrategic theories as well as those which are connected to and determining for Air Power. The synergy of the mentioned elements and the proper sort of the items determine the development of military success. I combine the relevant geopolitical and geostrategic principles with the employment options of Air Power after the expression of the main Air Power concepts and theories. After surveying the major connecting points I continue with the evolution of Air Power theorists whom thoughts and the gained war experiences articulated today's Air Power doctrines and their similarity. In the final part I examine the Hungarian Constitution, National Security Strategy and the National Military Strategy and I synthesize the element and task in which Air Force can be involved or Air Force shall act.

Keywords: *air force, geostrategy, air force theory, air force conception, air force doctrine*

Csengeri János (MSc)
egyetemi tanársegéd
Nemzeti Közszerológati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Vezetőképző Intézet
Összhaderőnemi Műveleti Tanszék
csengeri.janos@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-4540-9681

Csengeri János (MSc)
Assistant lecturer
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Institute of Military Leadership Training
Department of Joint Operations
csengeri.janos@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-4540-9681



<http://www.repulestudomany.hu/kiadvanyok/RepSzem-2017.pdf>

Márton Andrea

A FINN LÉGIERŐ TÖRTÉNETE I. RÉSZ

A tanulmányomban egy kis ország légierőjének kialakulását és történetét mutatom be. Kérdésként merülhet fel miért pont Finnország ez az ország. A válasz egyszerű: ez az ország mely a világ legrégebb önálló légierőjével büszkélkedhet és egyben a nemzet születésével együtt született a haderő és benne a légierő haderőnem. Fontos azonban kiemelni, hogy Finnország már a repülés hőskorában meglehetősen pragmatikusan gondolkodott a hadsereg és a légierő fejlesztéséről, továbbá a nagy nemzetek „szakértőinek” is kész volt a segítségét kérni.

Kulcsszavak: Finnország, légierő történet, a légierő kialakítása, orosz befolyás

A birodalmak megjelenése óta a hadsereg szerves részét képezi az állam működésének. A hadsereg által megvívott háború mindig az adott nemzet fejlődését szolgálta. A győzelem az ország területi épségének a megőrzését, hadisarc szerzését, a vereség pedig az ország kifosztását jelentette és területének csökkenésével járt. Az elmúlt évezredekben a haderő és az általa használt technika folyamatos fejlődésen ment keresztül. E fejlődést mindig az állam vagy az államhatárolom birtokosai által kitűzött célok határozták meg. Minden esetben, amikor a politikai hatalom birtokosai célokat tűznek ki, legyenek azok, jók vagy kevésbé jók gondolnak azokra az eszközökre is, amelyekkel a céljaikat megvalósíthatónak vélik. A haderő fejlődése és tervszerű fejlesztése mindig a kitűzött politikai célok alapján történik. A független államok által fenntartott hadseregek fejlődése mindig a nemzet fejlődésével együtt történik, míg a tervszerű fejlesztés valamilyen politikai cél elérését szolgálja.

Ugyanakkor előfordult az is, hogy a technikai fejlődés kényszerítette rá az államokat arra, hogy új gépeket, berendezéseket használjanak a hadseregeik. Így volt ez a repüléssel is. Az ember megalkotta a repülőgépet és a korszerű hadseregek elkezdtek használni békében és háborúban egyaránt. Ezzel gyakorlatilag megszületett egy új haderőnem a légierő. Az elmúlt évszázadban a repülés, a repülőgépek és a légierő számos változáson ment keresztül. Ezek a változások mindig tükrözték a kor technikai színvonalát és azt gazdasági, politikai és társadalmi környezetet melyben megszülettek.

Tanulmányomban egy független állam, Finnország légierőjének a kialakulását fogom bemutatni. Azért választottam a témát, mert a repülés, amely mindig vonzotta az embert csak a XX. század elején valósult meg, továbbá a Finnország is csak ekkor vált független állammá, azonban ezzel együtt a világ legrégebb önálló légierőjével rendelkezik. A tanulmány terjedelmi okok miatt nem mutatja be teljes terjedelmében az ország teljes történelmét, illetve a történelmi eseményeket, valamint a korszakoként a kül- és biztonság- és védelempolitikai stratégiájának változását csak azokat az elemeket emeltem ki belőlük, amelyek szükségesek a légierő haderőnem fejlődésének és fejlesztésének megértéséhez.

A kezdetek

Azt szokták mondani, hogy minden kezdet nehéz... Igen, így van... Azonban amikor témát választottam, úgy gondoltam, hogy egy olyan kis ország, mint Finnország légierőjének kialakítása és a II. világháború előtti története egy „sikertörténet”. Elmerülve a témában és kutatva a történeti

eseményeket és felfedezve számtalan általam kevésbé ismert korai repülőgépet kiderült számomra, hogy Finnország, bár a világ legrégebbi önálló repülő-haderőjével rendelkezik nagy árat fizetett érte. A Finn Légielő története, tehát nemcsak egy haderőnem születése, mely a legújabb technikai vívmányokat használta és használja ma is, hanem egy születő nemzet és egy létrejövő új független állam kialakuló hadseregének és benne az „égen járók” története is.

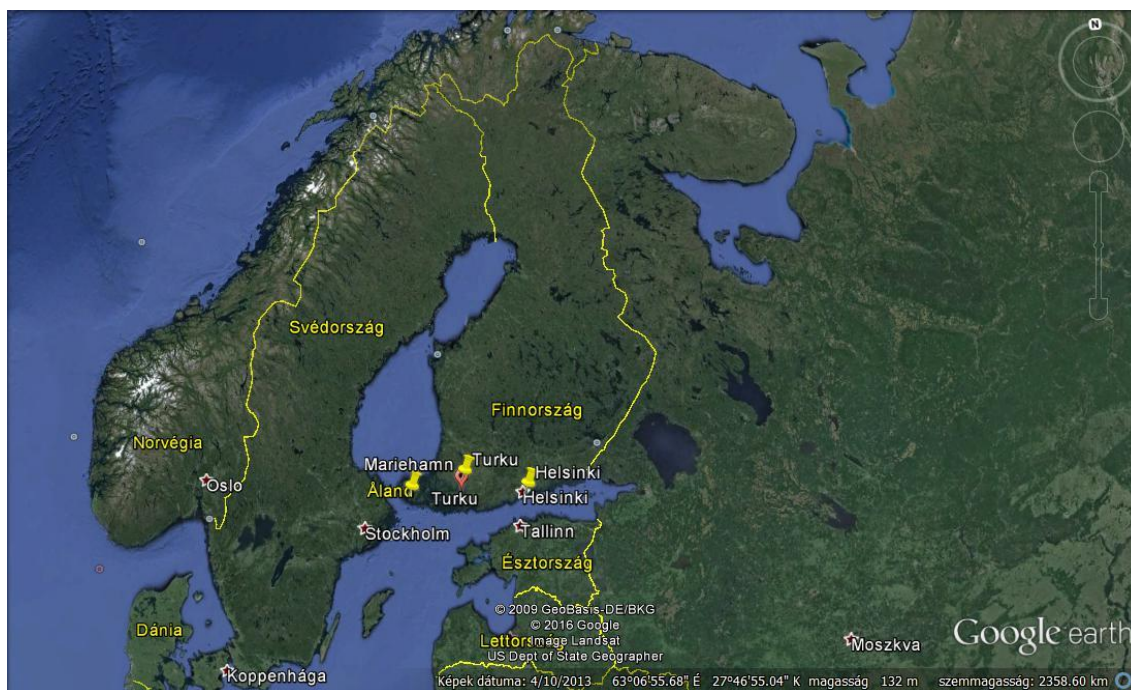
Finnország 1809-ig a Svéd Királyság része volt, majd a svéd-orosz háború után a Fridrikshamni béke csatolta – autonóm nagyfejedelemséggként, az Åland szigetcsoporttal együtt – a Cári Oroszországhoz.



1. ábra Finnország és Åland szigetcsoport területe [1]

Az orosz katonai törekvések egyértelműen arra irányultak, hogy fagymentes, folyamatosan hajózható kikötőket biztosítsanak az országnak és egyben képesek legyenek katonailag sakkban tartani Svédországot. Ezt a politikai és katonai célkitűzést sikerült végrehajtani. Svédország a béketárgyalásokon szerette volna visszakapni a stratégiai jelentőségű szigetcsoportot. Amikor, azonban a svédek rájöttek, hogy ez nem lehetséges akkor az Åland szigetcsoport katonai jelentőségét szerették volna csökkenteni. Ennek oka az volt, hogy a szigetcsoport a Botteni-öböl bejáratánál fekszik és innen lehetséges ellenőrizni az öböl egész területét valamint a Balti-tenger keleti medencéjét, az itt zajló hajózást és kereskedelmet, és elérhető Svédország teljes keleti partvidéke. A Cári Oroszország, hogy e teljes stratégiai célokat megvalósítsa 1832-ben erődöt kezdett építeni a szigetcsoporton. Az építkezés már nemcsak a svédekben, hanem a britekben és a franciákban is aggodalmat keltett, hogy a balti-tengeri hajózást és kereskedelmet Oroszország bármilyen módon is képes befolyásolni. A Krími háború (1853–1856) ideje alatt a balti hadjáratban (1854) brit és francia katonai egységek támadták meg a még félkész erődöt és lerombolták. A krími háborút lezáró békeszerződés szövegéhez, egy kiegészítő mellékletet fűztek, melyben a szigetcsoport teljes szárazföldi területét demilitarizálták. Ugyan a szigetcsoport szárazföldi területén a katonai erő állomásoztatását megszüntették a tengeri kikötők továbbra is nyitva voltak a haditengerészeti egységek előtt.

1914-ben kitört az I. világháború, melyben a Cári Oroszország is részt vett 1917-ig. Részben Finnország földrajzi elhelyezkedése, részben pedig az I. világháború eseményei miatt számos repülőgép és repülő egység állomásozik az ország területén. Itt kell megjegyeznünk, hogy a Nagy Háború¹ harci cselekményei ugyan nem érintik az autonóm Finn Nagyhercegség területét, azonban a Cári Oroszország szárazföldi erői és a Balti Flotta hajói és repülőcsónakjai jelentős számban állomásoztak az itteni orosz bázisokon.



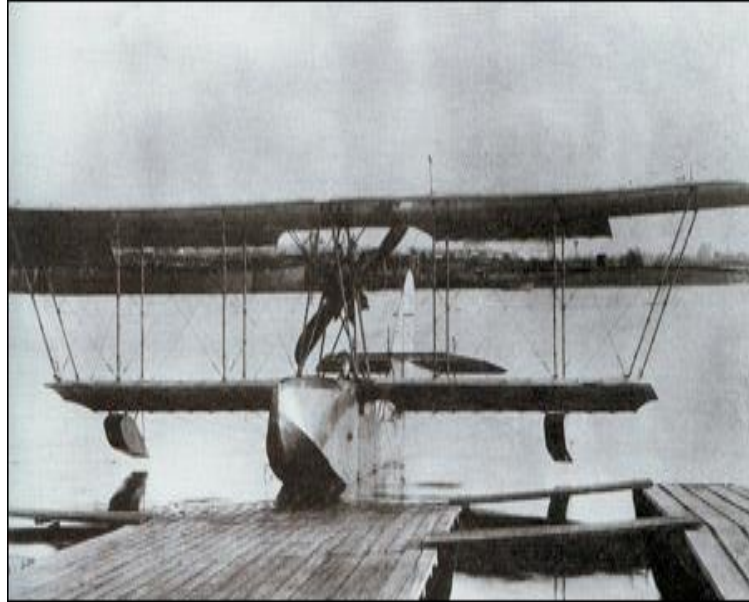
2. ábra A Balti Flotta légibázisai 1914-1917 között [2]

Ahogy a fenti térképen sárgával jelölve látható az orosz bázisok a Finn Nagyhercegség déli részén helyezkedtek el. A bázisok elhelyezkedése azt a stratégiai célt szolgálta, hogy a Cári Oroszország képes legyen ellenőrizni a Balti-tenger keleti medencéjét. Ugyanakkor további jelentőségüket az adta, hogy a Cári Orosz Légierő, mely a francia után a második legjelentősebb volt a korszakban számos hidroplánt használt a Finn-öbölben. Habár a Nagy Háború idején a Cári Orosz Légierő volt a második számú, mégis 1917-re számos elavult jelentős részben francia repülőgéptípussal (Farman HF XVI tengerészeti felderítő a/c és Farman MF 11 tengerészeti felderítő repülőgép) rendelkezett. Ezt a hiányosságot próbálta meg Oroszország saját tervezésű és gyártású repülőcsónak fejlesztéssel pótolni. Az első ilyen sikeres típuscsalád a Dmitrij Pavlovich Grigorovich által tervezett repülőcsónak család volt. A számos kísérletezés után kialakított M-5 modell volt az első, melyből legalább 100 darab megépítését tervezték, elsősorban a szolgálatban levő külföldi típusok leváltására, beleértve a Curtiss Model K és az FBA típusokat is.

Maga az M-5 modell két úszótalpas, eltérő szárnyfesztávú, kétfedeles repülőcsónak volt, egylépcsős kialakítású hajótesttel. A hajótestet furnér, míg a szárnyakat és a farokrész felületét vászon borította. A tat felőli lépcsőnél a hajótest vitorlarúdszerű kúpban végződik, megtámasztva a függőleges vezérsíkot és oldalkormányt, amelyet rugóstagok és huzalok merevítettek. Az M-5 motorja a szárnyak között elhelyezett 101 lóerős Gnome Monosoupape típusú toló motor volt. A

¹ A tanulmányban a Nagy Háború és az I. világháború megnevezéseket azonos jelentés tartalommal használom. A szerző megjegyzése.

pilóta és megfigyelő egymás mellett helyezkedtek el a nagyméretű pilótafülkében, melyet a szárnyak előtt volt. A megfigyelő egy 7,62mm-s Vickers típusú géppuskával rendelkezett, amit egy forgatható állványon helyeztek el. A típus szolgált a cári Balti- és a Fekete-tengeri flottában, később pedig megjelent az orosz polgárháború mindkét oldalán. Néhány darab M-5-ös kiképző, felderítő és szállító repülőgépként szolgálatban maradt az 1920-as évek végéig².



3. ábra Grigorovich M-5 repülőcsónak [3]

Az orosz légielő megrendelésére a típuscsaládot továbbfejlesztették és több kísérlet után létrehozták a Grigorovich M-9. A típus egy sikeres fejlesztés volt, megbízható és az átlagnál magasabb hullámok között is megtartotta jó manőverezési képességét.

A típus egyes darbjait sítalpakkal szerelték fel, amely lehetővé tette az északi területeken is a le és felszállást. Az M-9-es fegyverzete igen változatos volt, alapszériában egy Vickers típusú 7,71 mm-es géppuskával szerelték fel, azonban egyes változatok Gotshkis vagy Aerlikon ágyúval voltak felszerelve. A felderítőgépek rádióval is fel voltak szerelve. Az orosz polgárháborúban az M-9 típust használták a folyami és a tengeri hajók elleni légi harci műveletekben.³

Eddig ugyan csak a Cári Oroszország Légierőjéről írtam, ami nem véletlen, hiszen a Finnország még nem független állam és ebben az időszakban a finn pilótákat is az orosz légielő számára képezték ki. Bár még zajlott az I. világháború, Oroszországban és a Finn Nagyhercegségben is megindultak azok a társadalmi folyamatok, amelyek megváltoztatták a fennálló társadalmi rendet. 1917 novemberében kitört a szovjet-orosz forradalom, amely megdöntötte a cári uralmát, ekkor gyorsulnak fel Finnországban is a belpolitikai események⁴ és december 6-án kéri Finnország függetlenségének elismerését a Nemzeti Komisszárok Tanácsától. Oroszország példáját számos állam követte és ismerte el Finnország függetlenségét⁵. Bár létrejött a független új Finn állam, ez a függetlenség mégis korlátozott volt, hiszen az ország területén még ott voltak az

² Grigorovich M-5: <http://www.wviaviation.com/flying-boats-russian.html>

³ Grigorovich M-9: <http://www.wviaviation.com/flying-boats-russian.html>

⁴ Belpolitikailag kettészakad az ország, a rend fenntartására létrejön a Fehér Gárda (polgárőrség) és a Vörös Gárda.

⁵ Az elismerő államok között volt többek között: Svédország, az antant államok Anglia és az Amerikai Egyesült Államok kivételével, Németország.

orosz katonai erők és Helsinki kikötőjének előterében is ott horgonyzott a Balti Flotta számos hajója. Ugyanekkor belpolitikailag sem volt stabil az új állam, hiszen két részre szakadt. A Vörösgárdistákra, akiknek Oroszország hadifelszerelést és támogatást ígért, valamint a polgári Fehérekre, akik a hivatalos kormányerőket jelentették. 1918. január 23-án Podvojszkij, Oroszország hadügyi népbiztosa parancsot adott a Finnország területén állomásozó 42. hadtestnek, a finn nemzetőrség lefegyverzésére. A parancs megérkezésére már a szenátus a fiatal Finn állam hadseregévé nyilvánította a nemzetőrséget, így az ellenük végrehajtott akció már a finn állam elleni háborúvá vált⁶.



4. ábra Grigorovich M-9 repülőcsónak [4]

A háború kitörése előtt tért vissza Finnországba Gustaf Emil Mannerheim⁷ lovassági tábornok, akit a szenátus január 27-én kinevezett a hadsereg főparancsnokává úgy, hogy hadügyminisztériumot sem hoztak létre, a harcokat érintő valamennyi kérdésben a főparancsnok döntött. Mannerheim tábornok a harcok hátszágának a nyugat-finnországi Pohjanmaat választotta. Tette mindent azért, mert az orosz haderő itt kis létszámú volt, ráadásul a Vörösgárdisták működése sem volt jelentős, és a külföldi államokkal innen lehetett a legjobban tartani a kapcsolatot. 1918. január 28-án Mannerheim csapatai szervezett támadásokban lefegyverezték az orosz egységeket.

Amikor Mannerheim csapatai lefegyverezték az ország területén állomásozó 42. hadtest helyőrségeit, a hadtest azonnal kimondta, hogy háborúban áll Finnország kormányának csapataival. Bár hadiállapot hosszú ideig inkább formálisnak volt tekinthető megszüntetéséhez szükség volt a Tartui békeszerződésre. Március 3-án Brestben Németország és a szovjet kormány között létrejött ideiglenes békeegyezmény kimondta, hogy az orosz csapatokat ki kell vonni Finnország területéről.⁸ Az orosz csapatok távoztak az ország területéről, azonban számos orosz katonát a Finnországban maradt önkéntesként, hogy támogassa a Vörösgárdistákat⁹, vagyis a függetlenségi háború részben külső támogatással vívott polgárháborúvá vált¹⁰.

A fiatal finn állam a polgárháború kitörésekor nem rendelkezett a hagyományos értelemben vett hadsereggel, hiszen a szemben álló felek csapataiban jelentős számú képzetlen civil is volt.

⁶ Jutikkala, Eino.-Pirinen, Kauno: Finnország történelme, Kairosz Kiadó, Debrecen 2004 303. oldal

⁷ Gustaf Emil Mannerheim született 1867.június 4-én elhunyt 1951.január 28-án. Lovassági tábornok, a finn hadsereg főparancsnoka, Finnország marsallja, politikus, államférfi. bővebb önéletrajz:

http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Carl_Gustaf_Emil_Mannerheim

⁸ Jutikkala, Eino.-Pirinen, Kauno: Finnország történelme, Kairosz Kiadó, Debrecen 2004 305. oldal

⁹ A Vörösgárdistákat és a Vörösöket ebben a tanulmányban megegyező jelentéstartalommal használom. A szerző megjegyzése.

¹⁰ Jutikkala, Eino.-Pirinen, Kauno: Finnország történelme, Kairosz Kiadó, Debrecen 2004 305. oldal

Mindez a kormánycsapatokat zavarta kevésbé, hiszen a főparancsnok Mannerheim tábornok egy a Cári Oroszország katonai akadémiáján tanult főtiszt volt, és rajta kívül számos képzett tiszt is szolgált. Ugyanakkor a Vörösgárdisták hátrányban voltak a bolsevik támogatás ellenére is, hiszen nem rendelkeztek megfelelő számú képzett tiszttel, mert a katonai szolgálataikat önkéntesen felajánló orosz tisztekre támaszkodhattak.

A polgárháború frontvonalai néhány nap alatt a Fehérek és Vörösgárdisták között megállapodtak, ami azt jelentette, hogy az ország nagyjából fele volt a kormánycsapatok és fele az ellenük bolsevik támogatással harcoló Vörösgárdisták kezén volt.

Mindazonáltal, hogy a fiatal finn állam nem rendelkezett légierevel az orosz hadsereg kivonulása után számos légi jármű és bázis maradt az ország területén. A Vörösgárdisták kézen maradt néhány bázis, amit az orosz hadsereg hátrahagyott és összesen 12 darab repülőgép. A repülőgépek között volt három darab Nieuport 10 felderítő repülőgép, egy Nieuport 17, egy Nieuport 21, és három darab Nieuport 23 és egy-egy SPAD S VII és Rumpler 6 B típusú vadászrepülőgép.

A Nieuport 10 típusú repülőgépet 1914-ben tervezte meg Gustave Delage. A repülőgép eredetileg a Gordon Bennett Trophy nevű versenyre készült, amelyet az I. világháború kitörése miatt töröltek. Később a típust átalakították és 1915-ben, mint kétüléses felderítő repülőgép kezdte meg a katonai szolgálatát.

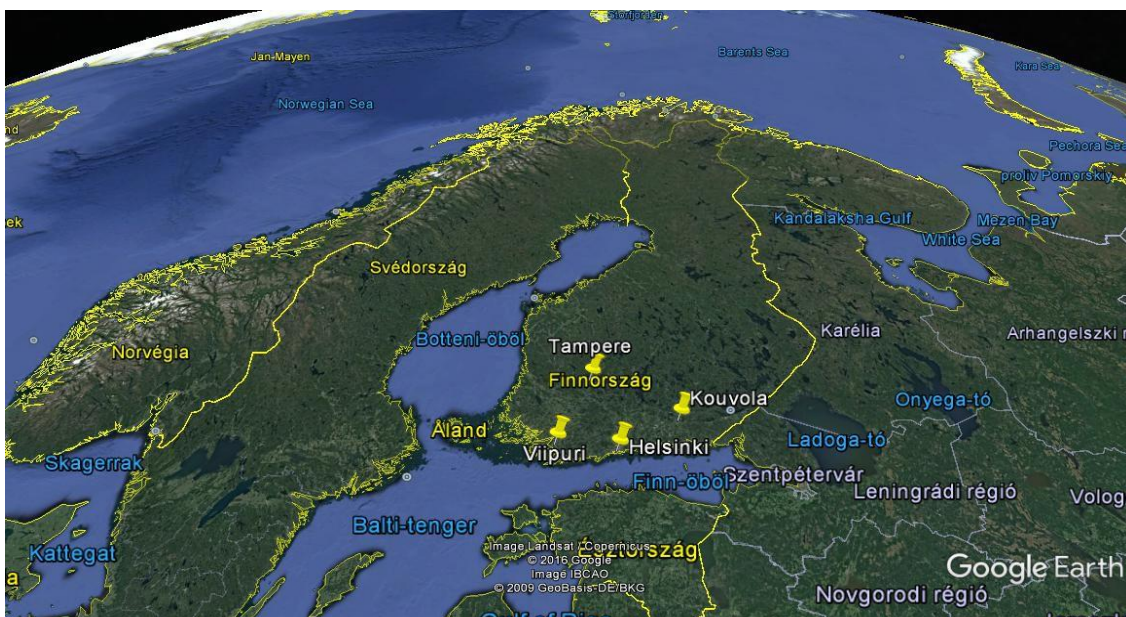


5. ábra Nieuport 10 típusú repülőgép [5]

A típus egy jellegzetes „V” merevítést kapott, az alsó és a felső szárny közé. Az háború ideje alatt számos Nieuport 10-s repülőgépet alakítottak vagy építettek át úgy, hogy az első pilótafülkét lefedték és Lewis vagy Vickers géppuskát szereltek előre vagy a felső szárnyak alá. Ezzel az átalakítással lehetett vadászrepülőgép szerűen használni. A Nieuport 10 felderítő repülőgépnek két fő típusát fejlesztették ki Nieuport 11, amely egy együléses és a Nieuport 12, amely egy kétüléses nagyobb felső szárnyal rendelkező, kétfedelű vadászrepülőgép típus volt. Ezenkívül még oktatógépeket is építettek és számos a Nieuport 10 törzsre épített változatot.

A Vörösgárdisták a kormánycsapatokhoz képest nagyszámú repülőgéppel rendelkeztek, mégsem volt előnyük, mert nem rendelkeztek képzett pilótákkal. A gépek használatához az önkéntes katonai szolgálataikat felajánló orosz pilóták közül béreltek fel néhányat. A Vörösgárdisták

központi parancsnokság felállítása nélkül hoztak létre légi egységeket Helsinkiben, Tampereben, Kouvólán, és Viipuriban. Ezek az egységek a hozzájuk legközelebbi front parancsnokának alárendeltségébe tartoztak.



6. ábra A Vörösgárdisták által létrehozott légi egységek elhelyezkedése [6]

1918. február 24-én 5 repülőgép érkezett Oroszországból Viipuriba, melyet még aznap átirányítottak Riimäkiba. A kapott orosz gépek között volt egy Nieuport 10 felderítő repülőgép és egy Nieuport 17 vadászipülőgép, melyeket továbbküldtek a tamperei légibázisra. Az orosz segítségnek köszönhetően 4 pilóta és 6 technikus is érkezett a légibázisra. A Vörösgárdisták első háborús bevetésére 1918. március 1-én került sor Vilppulán.

A Vörösök által végzett légi műveletek elsősorban a felderítésre, tüzérségi felderítésre és a propagandaanyagok terjesztésére korlátozódott. Az általuk végzett légi műveleteket nem tekintjük különösen sikeresnek, mert a nem érték el a kitűzött célokat és számos repülőgépük elpusztult vagy a Fehérek kezére jutott.

A kormánycsapatok (Fehérek) az oroszoktól szereztek meg néhány repülőgépet, azonban inkább külföldi pilótákra és repülőgépekre támaszkodva hajtották végre a légi műveleteket. A finn kormány segítséget kért Svédországtól, azonban a semleges állam nem avatkozott bele a háborúba. A svéd pilótáknak megtiltotta, hogy Finnországba menjenek, ugyanakkor az állampolgárainak nem tiltotta meg a segítségnyújtást. Ennek köszönhetően a svéd polgárok és a svéd napilap az Aftonbladet főszerkesztője Waldemar Langlet vásárolt – a Finnország barátai szervezet által összegyűjtött pénzből – egy NAB Albatros repülőgépet, amely Haparandán keresztül, egy Kokkolai pihenővel és egy motorhiba miatt végrehajtott kényszerleszállással 1918. február 25-én John Allan Hygerth és Per Svanbäck pilótákkal megérkezett Finnországba¹¹.

¹¹ WingnutWings 1/32 Fokker D.VII (OAW) In Finnish Service – REVIEW <https://themodelgallery.wordpress.com/2014/02/04/wingnutwings-132-fokker-d-vii-oaw-in-finnish-service-review/>



7. ábra A Fehérek első repülőgépe N. A. B. Albatros Typ 9 [7]

A Fehérek második számú repülőgépe, a svéd Eric von Rosen gróf által adományozott Thulin Type D. típus volt. A repülőgép egy svéd építésű Morane-Saulnier, kétüléses vadászipülőgép, melyet számos motorváltozattal szereltek fel. Az I. világháború alatt nagyszámban gyártották, mintegy 600 darabot építettek belőle. A Finn Légierőben 1918–1923 között szolgált. A pilóta Nils Kindberg volt az ajándékozó von Rosen gróf utasként tartózkodott a fedélzeten. A svéd kormánynak, ahogy jeleztem már nem volt ellenvetése az ajándékozással kapcsolatban, így a gép 1918. március 6-án Vaasaba. repült. A sikeres repülést követően, utólag a svéd kormány megbüntette a pilótát, mert engedély nélkül hagyta el az országot¹². A fehérek a harmadik repülőgépet úgy vásárolták meg. A kormánycsapatok úgy gondolták, hogy a meglévő repülőgépek támogatják majd a hadműveleteiket, azonban a gépek nem voltak alkalmasak erre. 1918 február 28-án Vilppulán megalakult az első Fehér repülő különítmény, majd március 25-én Antreaban a második. A Karjalai légi hadtest pedig 1918 április 16-án jött létre.

A kormánycsapatok számára nyilvánvalóvá vált, hogy az iparosodott déli országrész elfoglalásához újoncokat kell behívni és külső segítségre is szükség lehet. Az érvénybehelyezett 1878-as hadkötelezettségi törvény alapján megkezdték az újoncok behívását megkezdték, tiszteknek pedig a Németországból hazatérő jáákäri tisztakat nevezték ki. Bár a polgárháború frontvonalai egyhelyben maradtak a Vörösgárdisták által kormányzott országrészből sokan menekültek el. Finnország vezetése tudta, hogy amennyiben idegen segítséget vesz igénybe a „szabadságharc”-nak a jellege is megváltozik. Ennek ellenére a Finnország Németországtól kért expedíciós erőket. A német döntés a segítségnyújtásról nem volt egyszerű, hiszen már a császárság megkötötte a breszt-litovszki békét és külpolitikailag kezdett szovjetekhez közeledni. Az ideiglenes békeszerződés kimondta, hogy az orosz csapatokat ki kell vonni Finnország területéről, ugyanakkor a né-

¹² WingnutWings 1/32 Fokker D.VII (OAW) In Finnish Service – REVIEW <https://themodelgallery.wordpress.com/2014/02/04/wingnutwings-132-fokker-d-vii-oaw-in-finnish-service-review/>

metek az expedíciós erők odaküldését azzal indokolták, hogy segíteni kell a finneknek a rabló csapatok elleni harcukban¹³. A gyakorlatban mindez azt jelentette, hogy Mannerheim tábornok alá beosztott német csapatok a finnektől teljesen elkülönülve harcoltak. A német expedíciós erők jelentős része szárazföldi és haditengerészeti műveleteket hajtott végre, az általuk végrehajtott légi műveletek főként felderítő repülésekből és a Kouvolai vasútállomás bombázását jelentették.

Bár megalakultak a finn légi különítmények a létrejött Fehér Légierő javarészt külföldi pilótákból, technikai személyzetből állt. A kormánycsapatok létrehozták az első önálló légibázis Kolhoban a parthoz közel. A bázison három repülőgép szolgált. 1918 március 7-én az első repülőgépet vasúton vitték a bázisra, és tíz nappal később végrehajtották az első felszállást is. 1918. március 18-án végrehajtották az első felderítő repülést is egy N.A.B. Albatros Typ 9 típusú repülőgéppel. A háború frontvonalai egyre délebbre mozdultak, a légi különítményeket is itt vetették be. 1918. március 31-én már Tamperét bombázták¹⁴.

Bár voltak bevetései a kormánycsapatoknak összességében elmondható, hogy a légi különítmények hozzájárulása a katonai sikerhez nem volt meghatározó.

A polgárháború idején a külföldi segítséggel létrejött Fehér Finn Légierő 16 svéd, 1 dán, 6 orosz és 2 finn pilótából, 2 svéd, 1 dán, 1 orosz, 6 finn megfigyelőből, 2 finn mérnökből és 11 svéd, 16 finn szerelőből állt. Míg a géppark 40 darab repülőgépből, amely 14 típusból tevődött össze, aminek a jelentős része a Vörösgárdistáktól zsákmányolt hidroplán volt¹⁵.

A létrejött Finn Légierőnek (Suomen Ilmavoimat) inkább szimbolikus, mint stratégiai jelentősége volt. A megalakulás utáni időszakban a légierő tisztjei még nem rendelkeztek gyakorlati ismeretekkel a harci repülőgépek használatáról, így az új szervezet parancsnokai jelentős szabadsággal rendelkeztek az új taktikák és módszerek kipróbálására. Ez egyben azt is jelentette, hogy a fiatal állam alacsony katonai kiadásai és gyakran az innovatív taktikai megoldások tették lehetővé az egyébként elavult berendezések működtetését. A légierő első éveinek legfőbb kihívása a légibázisok megszervezése külföldi példák alapján és a kezdeti kiképzési programok elindítása volt. 1918 nyarán szervezték meg az öt légibázist Finnország déli részén, amelyek közül három területén kiképző központok is működtek. A kiválasztott helyszínek mindegyike hidroplán kikötő volt, mert a légierő 40 darab repülőgépének a felét hidroplánok tették ki, valamint az ország számos tóval és sík vidéki területtel rendelkezett/rendelkezik és a Finn-öböl, valamint a Legoda-tó térségét így lehetett a legkönnyebben ellenőrizni.

A német beavatkozásnak voltak következményei külpolitikai és a légierő további fejlődése szempontjából is. A beavatkozás hatására a fiatal finn állam erősen kötődött politikailag és gazdaságilag Németországhoz. A légierő szempontjából az egyik legfontosabb, hogy 1918. április 28-a és december 13-a között egy német tiszt, a gyakorlott pilóta Carl Seber százados¹⁶ lett a

¹³ Jutikkala, Eino.-Pirinen, Kauno: Finnország történelme, Kairosz Kiadó, Debrecen 2004 308. oldal

¹⁴ H. M. Tillotson: Finland at peace & war 1918-1993, Michael Russell Ltd., 1993 65-67. oldal

¹⁵ The Suomen Ilmavoimat (Finnish Air Force): a Brief history through the first half of 1920's <http://www.alternativefinland.com/suomen-ilmavoimat-finnish-air-force-brief-history-first-half-1920s/>

¹⁶ Carl Seber (1883. január 19.-1945. november 12.) német katonatiszt, a Finn Légierő parancsnoka. Először a német hadseregben tűzértségében szolgált, majd az I. világháborúban a Szász Királyi Légierő parancsnoka. Számos katonai kitüntetést kapott. 1918. áprilisában lesz a Finn Légierő parancsnoka. Német pilótákat és szakembereket vitt Finnországba. A Finn Légierő első fejlesztési tervét is ő készítette el. Bővebb önéletrajz: http://wikivisually.com/lang-fi/wiki/Carl_Seber

Finn Légierő parancsnoka. Seber fontosnak tartotta a légierő önálló fejlesztését a hadseregen belül, részben ennek a koncepciónak köszönhetően 1918 októberében 5 légi különítmény és egy zászlóalj jött létre. A parancsnok, mivel Finnországban a haditengerészeti repülés alapjai voltak meg támogatta egy tengeri repülőgép típus kialakítását¹⁷. Ennek alapot adott, hogy a Finn Légierő elfoglalta a korábbi orosz hidroplánbázisokat, Helsinkiben, Loviisan, Koiviston és Suursaariban. Továbbá, hogy finn pilótákat és szerelőket küldtek Németországba képzésre, illetve repülőgép beszerzési együttműködést kötöttek. Miután Németország elvesztette az I. világháborút a német tisztek és a technikai személyzet elhagyták Finnországot, ezzel együtt a Finn Légierő elvesztette első tényleges parancsnokát Carl Sebert is. Továbbá, a korábbi képzési programokat meg kellett szakítani és a finn pilóták kénytelenek voltak visszatérni hazájukba.

A finn felségjel a horogkereszt

A horogkereszt számos kultúrában és vallási felekezetnél a boldogság és a szerencse jelképe, amely még mindig jelen van. A nyugati kultúrkörben azonban a náci Németország szimbólumaként vált ismerté.

Finnországban és a skandináv kultúrában már a vaskori régészeti leleteken megtalálható volt. A későbbi korokban pedig edényeket és textileket díszítésére használták, mint szerencsehozó szimbólumot.

A független Finnországban számos szervezet használta a jelképet, úgymint a finn Ápolók Szövetsége, a fegyveres erők, és számos kitüntetésen megtalálható volt, mint például a Szabadság Érdemrend Kereszttel, a Finnországi Fehér Rózsa Rend.

A II. világháború befejezése után a horogkereszt egyet jelentett a náci Németország jelképével így Finnország is változtatott a kitüntetés szimbolikáján. Bár mindvégig kitarított és a mai napig kitarít amellet, hogy nemzeti jelképeinek semmi köze a nácizmushoz.

A horogkereszt, mint a légierő jelképe

Az önálló Finnország a függetlenségi háborúban jött létre, míg a Finn Légierő a polgárháborúban született meg. Az első repülőgép egy Thulin Typ D, melyet a svéd Eric von Rosen gróf adományozott a Fehéréknek viselte a kék horogkeresztet. A horogkereszt vagy finnül Hakaristi, a svéd gróf személyes szerencse jelképe volt.

1918-ban a fiatal finn állam a kék horogkeresztet fehér kör emblémába helyezte el és így lett a megszülető Finn Légierő jelképe.

Finnország és a Szovjetunió 1940–1945 között a Téli Háborút, a Folytatólagos Háborút és a Lappföldi Háborút vívta egymással. A két ország közötti fegyverszüneti megállapodásra 1944. szeptember 4–5-én került sor. A Lappföldi háborút időlegesen lezáró békeszerződést 1944. szeptember 19-én írták alá Moszkvában¹⁸. A Szövetséges Ellenőrző Bizottság Helsinkiben tartózkodott, hogy ellenőrizze, a finnek eleget tesznek-e az ideiglenes békeszerződésben foglalt

¹⁷ Vasili Hristoforov: Eversti Carl Seber 1888–1945: Sotilaslentäjä, josta tuli suomensaksalainen pienviljelijä, tiedustelu-upseeri ja Helsingin paikalliskomendantti, 254–262 oldal in: Sotapahtumia, internoiteja ja siirto sodanjälkeisiin oloihin. Kansallisarkiston artikkelikirja. Wars, Internees and the Transition to the Postwar era. A book of Articles from the National Archives of Finland (szerk.: Lars Westerlund). Kansallisarkisto, Helsinki 2010 http://www.arkisto.fi/uploads/Palvelut/Julkaisut/Internoidut_Naytto.pdf

¹⁸ Jutikkala, Eino.-Pirinen, Kauno: Finnország történelme, Kairosz Kiadó, Debrecen 2004 350. oldal

kritériumoknak és hogy véglegesítsék a békeszerződés szövegét. Az Ellenőrző Bizottság tagjai, köztük Andrejev vezérőrnagy megdöbbenve szembesültek azzal, hogy a Finn Légierő repülőgépei fehér alapon kék horogkereszttel vannak megjelölve.



8. ábra A Finn Légierő eredeti jelképe a horogkereszt és a zászló címere 1918-1945 között [8]

A finnekkel közösen tartott következő ülésén a Szövetséges Ellenőrző Bizottság felvetette a kérdést, melyre a finn Lundqvist tábornok és Janarmo ezredes elmondta, hogy nemzeti jelképről van szó és 1918 óta viseli a légierő ezt a jelképet és Mannerheim tábornokra semmiféle náci eszme nem volt hatással, mikor a jelképet hivatalossá tették. A Szövetségi Ellenőrző Bizottság jelezte a finn partnereinek, hogy horogkereszt a legyőzött náci Németországot szimbolizálja így szeretnék, ha jelképet a légierő nem használná. A finnek kijelentették, hogy az általuk használt jelkép semmilyen módon nem kapcsolódik a náci szimbólumokhoz, ettől függetlenül teljesítették a bizottság kérését. 1945-ben a légierő és a légvédelmi csapatok, valamint a páncélos erők felhagytak a horogkereszt viselésével¹⁹.

1945. január 4-től a Finn Légierőnél bevezetett új kód a fehér kék kokárda lett. Bevezetésével az összes nemzeti jelképet törölték, vagyis a politikai realitások érvényesültek.

Az 1953. március 5-én meghalt Sztálin, és a Szovjetunió tájékoztatta Finnországot, hogy hajlandó egyezséget kötni. Ez volt a külpolitikai változások előfutára. 1955. szeptember 15-én a finn elnök Paasikivi Moszkvában járt és bejelentették, hogy a Porkkala-i enklávét visszakerül Finnországhoz²⁰. További fejlemény volt, hogy 1956 augusztusában Vorosilov, aki parancsnok volt a Téli Háborúban és egy évvel korábban megkapta a Fehér Rózsa Nagy Kereszt Lánccal Kitüntetést Finnországban tett látogatásakor viselte azt. Ez egy újabb bizonyítéka volt az elfogadásnak. A meglepő történelmi fordulat az volt, hogy lehetőséget adott Paasikivinek, aki Mannerheim helyett helyettes köztársasági elnökként aláírta a parancsot, mely kimondta a horogkereszt és a többi nemzeti jelkép törlését, a hivatalos álláspont változtatására a horogkeresztet érintő kérdésekben²¹.

A megváltozott politikai légkörben a finn nemzeti öntudat is érvényesült, így számos szervezet, köztük a légierő is vissza akart térni a nemzeti jelképek használatához. 1957-ben egy évvel Vorosilov látogatása után, Kekkonen köztársasági elnök jóváhagyta a Finn Légierő zászlóinak

¹⁹ Suomen hakaristin historia: [http://www.karjalanimailumuseo.fi/artikkelit/suomalaisen_hakaristin_\(swastikan\)_historia/](http://www.karjalanimailumuseo.fi/artikkelit/suomalaisen_hakaristin_(swastikan)_historia/)

²⁰ Jutikkala, Eino.-Pirinen, Kauno: Finnország történelme, Kairosz Kiadó, Debrecen 2004 347. oldal

²¹ Uo. 348. oldal

terveit. Az új zászlót Olof Eriksson tervezte meg. A zászló kék színű közepén egy fekete horogkereszt látható, melyet hat az óra járásával ellentétesen álló madárszárny fog körbe. A korábbi zászló motívumhoz képest kimaradtak a rózsalevelek és a korona, így hangsúlyozva a köztársasági államformát. 1958. április 6-án Helsinkiben a Szenátus téren a Védelmi Erők Napja alkalmából tartott felvonuláson adta át az új zászlót a köztársasági elnök²².

A horogkeresztet ma is használják Finnországban. A légierő, ma már az új heraldikával ellátott, azaz a fekete és nem a történelmi kék horogkeresztet használja.

A háború utáni évek

Az I. világháború befejezése megváltoztatta a hatalmi viszonyokat egész Európában, a skandináv térségben már nem öt független állam volt, hanem kilenc. Németország vesztes államként, már nem tudott befolyással lenni a régióra, az önálló Finnország pedig új külpolitikai helyzetben találta magát. Megkezdődött a finn külpolitika útkeresése és az ország identitásának meghatározása a nemzetközi közösségben. Finnország a német orientáció után még az antant államok között keresett szövetségeseket, ugyanakkor közeledni próbált a skandináv államokhoz is. Svédországgal való viszonyát jelentős mértékben meghatározta az Åland szigetcsoport sorsa, melyet 1917-ben kapott meg Finnország, azonban a szigetcsoport sorsát csak az 1921. október 20-i Genfben megtartott konferencia rendezte véglegesen²³. A finn kül- és biztonságpolitika célkitűzése ebben az időszakban a Népszövetséghez történő csatlakozás volt, amit az ország 1920-ban teljesíteni is tudott. A háború utáni években a kül- és a belpolitika szinte teljesen elválik egymástól. Míg belpolitikai cél az ország társadalmi berendezkedésének megszilárdítása, az esetleges kommunista veszély elhárítása, addig a külpolitika kevésbé foglalkoztatja a politikusokat. A háború utáni éveket és a fegyveres erő fejlesztési és fejlődési lehetőségeit meghatározta a pénzhiány.

A Németországgal történt szakítás után, 1919. december 14-től 1919. január 9-ig Torsten Aminoff töltötte be a légierő parancsnoki tisztét. 1919. január 10-én Sixtus Hjelmman alezredes személyében új parancsnokot neveztek ki a légierő élére. Parancsnoksága alatt kapta meg a Finn Légierő első költségvetését, és Bertel Mårtensson vezérkari százados segítségével vásárolta meg a három Fokker D VII és a hat darab Junkers J.1 típusú repülőgépeket²⁴. A finn légierő helyzete és repülési képességei meglehetősen gyengék voltak ebben az időszakban, ami egyrészt a fiatal állam költségvetési helyzetéből adódott, részben pedig abból, hogy számos repülőgép típust használt, melyek egy részét a polgárháborúban szerezte, vagy vásárolta, melyek műszaki állapota meglehetősen kétséges volt.

Ebben az időszakban Finnország repülési szakértőket keresett Nyugaton. Franciaország az első között létesített diplomáciai kapcsolatot Finnországgal és egyben felajánlotta a repülési szakértőit is. Finnország elfogadta, így a légierő parancsnokság finn kézben maradt, azonban a finn pilóták és a technikai személyzet franciaországi kiképzést kapott. Ugyanakkor diplomáciai

²² Suomen hakaristin historia: [http://www.karjalanimailumuseo.fi/artikkelit/suomalaisen_hakaristin_\(swastikan\)_historia/](http://www.karjalanimailumuseo.fi/artikkelit/suomalaisen_hakaristin_(swastikan)_historia/)

²³ Ezen a konferencián erősítik meg, hogy a szigetcsoportot nemcsak demilitarizálni kell, hanem teljesen semlegesíteni. Ez a megállapodás lesz a szigetcsoport jelenlegi nemzetközi státuszának alapja.

²⁴ The Suomen Ilmavoimat (Finnish Air Force): a Brief history through the first half of 1920's <http://www.alternativefinland.com/suomen-ilmavoimat-finnish-air-force-brief-history-first-half-1920s/>

nyomás is volt a finneken, hiszen a franciáknak sikerült elérniük, hogy a légierő parancsnokság töröljön egy Fokker D. VII és egy Albatros repülőgép beszerzést Németországgal, és helyette szerezzenek be 30 darab Brequet 14 típusú repülőgépet azért, hogy 20 darab legyen mindig üzemképes, 10 darab pedig a tartalék.



9. ábra Brequet 14 típusú repülőgép [9]

Mivel Finnországban a légierő támogatta a hidroplánok beszerzését így kompromisszumos megoldás született: 20 darab Brequet 14 repülőgépet és 12 db Georges Levy repülőcsónakot szereztek be²⁵.

A repülőgépeket közül négy darabot 1919 júliusában szállítják le, majd 10 darab érkezik 1921-ben és 8 darab 1922-ben. A gépek felderítő repüléseket hajtottak végre Szent-pétervár közelében. Az 1919–1922 között számos légi incidens történt a finn-orosz határ térségében. Az orosz légvédelem a finn számos alkalommal tüzet nyitott a finn felderítő repülőgépekre. Itt kell megjegyezni, hogy Finn Légierő nem vett részt 1919-ben az orosz fehér generális Judenics Szent-pétervár elleni támadásában. Azonban a Finn Légierő felderítette és bombázta a finn területre engedély nélkül belépő szovjet hajókat. A két ország között létrejött békeszerződés és a határok rendezése után ezek az incidensek megszűntek.

A békeszerződések megkötésével a külpolitikai helyzet a régióban is rendeződött, azonban a finn belpolitikát továbbra is két alapvető törésvonal (az örökölt nyelvi harcok és a polgárháború és annak következményei) jellemezte. A belpolitikai nyelvi harcok következménye volt, hogy a svéd nyelvű, ám Finnországhoz tartozó Åland szigetcsoporthoz Svédországhoz akart csatlakozni. Svédország hadihajókat küldött a térségbe. Ennek következménye volt a szigetcsoporthoz elrendelt megemelt védelmi készütség. A Finn Légierő meglévő Brequet 14 típusú gépekkel és a Georges Levy GL 40 HB2 repülőhajókkal látta el a tengeri felderítést és járőrözést. A repülőcsónakok voltak alkalmasak a feladatra. A hajók kialakítása miatt számos halálos baleset következett be. A gépek beceneve egyszerűen „repülő koporsó” lett. Részben a balesetek, részben pedig a finn repülőgép ipar beindulása miatt a légierő elkezdte leváltani ezt a típust.

1920 októberében a Finn légierő élére új parancsnokot neveztek ki Arne Sakari Somersalo²⁶, egykori lovassági tiszt személyben. A fiatal parancsnok azt a feladatot kapta, hogy alakítsa át

²⁵ Brequet 14 A2 in Finnish Service 1919-1927 <http://www.virtualpilots.fi/hist/WW2History-Bregue14.html>

²⁶ Arne Sakari Somersalo önéletrajz: https://fi.wikipedia.org/wiki/Arne_Somersalo

és bővítse ki a Finn Légierőt. Az új parancsok hamar felismerte, hogy a légierő számos kihívással néz szembe. Az első és legfontosabb az volt, hogy mindössze 9 darab harcképes Brequet 14-es áll rendelkezésre és a pilótaképzés megújításához számos új technikai eszközt be kellett szerezni. Ráadásul a rendelkezésre álló katonai repülőterek még a cári Oroszország igényei szerint lettek kialakítva és az új stratégiai helyzetnek sem feleltek meg. Somersalo úgy gondolta, hogy a nem túl távoli jövőben a meghatározó elemei a légierőnek a harci egységek lesznek. Ebből az elgondolásból kiindulva támogatta a külön bombázó, légi felderítő és a harci egységek létrehozását és határozottan ellenezte egy „igásló” típusú repülőgép beszerzését. A parancsnok úgy gondolta ki kell dolgozni, hogyan lehet hatékonyan ellenőrizni a nemzeti légtérrel, akár háborús körülmények között is. Továbbá, védte a légierő függetlenségét, ugyanakkor támogatta a szárazföldi és a haditengerészeti egységekkel az együttműködést²⁷.

A Finn Légierő ebben az időszakban egy nagyon fontos fejlődési korszakba lépett, hiszen a hazai repülőgép ipar kialakítása lehetőséget adott arra, hogy új gyakorlógépeket és később külföldi licenz alapján hazai gyártású harci repülőgépekkel legyen felszerelve. Somersalo, mint parancsnok szilárdan hitt a politikai támogatással megvalósuló ötlet helyességében.

1920-ban 12 Caudron G.3 repülőgépet vásároltak Franciaországtól kiképzési célokra. Egy évvel később a Légierő szervizét kibővítették és megszerezték az engedélyt a Caudron G3 kiképző repülőgép gyártására. Majd hamarosan a Hansa-Brandenburg W33 engedélyét, melyet A22 Hansa néven építettek meg. Az első finn építésű IVL A22 Hansa 1922. november 4-én hajtotta végre.

Somersalo, mint parancsnok felismeri, hogy a Finn Légierő nem rendelkezik a kor kihívásainak megfelelő vadászpilóta erővel. 1921-ben elkészítette a Légierő Fejlesztési tervét. A terv 136 darab vadászgép, összesen pedig 315 darab repülőgép beszerzését tartalmazta, amelyeket 15 vadászpilóta-, 10 felderítő és 8–8 bombázó és csata repülőszázadokban szerveztek. A döntés úgy szólt, hogy az első századot külföldről vásárolt gépekkel, míg a többit Finnországban gyártott gépekkel kell felszerelni. 1922 októberében három külföldi cégtől (holland Fokker, a francia Goudou & Leseurelle, és a brit Aircraft Company) kért ajánlatot. Az értékelést követően a francia cég nyert, így Goudou & Leseurre-GL-22 típusú vadászgépeket szereztek be.

Somersalo 1926-ban lemondott a légierő parancsnoki posztról és politikai pályára lépett. Lemondásának elsődleges oka, az volt, hogy a világos célok és elképzelések hiánya miatt nem lehetett megvalósítani a fejlesztéseket. A politikai akarat és elképzelések hiánya egyben azt is jelentette, hogy a légierő nem felel meg a feladatainak a háborús körülmények között. Somersalo, amikor politikai pályára lépett, úgy gondolta nem fog elszakadni a légierőtől és politikusként segíti a fejlődést és a jövőbeli fejlesztést. A parancsnok lemondása után Finnország ismét a győztes államok között keresett útmutatást és szakértelmet. Finnországban brit tanácsadó csoport érkezett Walter Kirke tábornok vezetésével. A brit tanácsadók készítettek egy fejlesztési tervet, amelyen a kor katonai teoretikusának Giulio Douhetnek a gondolatai a meghatározóak. A britek által készített terv hangsúlyozta a finn partvédelem fontosságát és egyben a haditengerészeti repülés fejlesztése okán a haditengerészeti bombázó repülőgép beszerzését. A brit tervet áthatotta a tengeri dominancia elve és a Finnországban megtalálható számos tó, valamint

²⁷ Olavi Salla: „Meidänkin oli ehdottoman välttämätöntä sijoittaa lentoase oikeudenmukaiselle paikalleen” - So-tilaiden ja valtiohallinnon toiminta Suomen ilmavoimien kehittämisessä 1920-ja 1930-luvuilla https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/12136/URN_NBN_fi_jyu-2005234.pdf?sequence=1

a meglévő hidroplánbázisok hasznosításának lehetősége²⁸. A fejlesztési terveket ismét a forráshiány sodorta veszélybe.

A Finn Légierő katonai repülés korabeli trendjeinek és az állam anyagi helyzetének figyelembevételével próbálta a repülőgép beszerzéseit megvalósítani. 1920-as évek végéig a fejlesztési terveket eltemették, amelynek az lett az eredménye, hogy az 1930-as évek elejére 80 darab repülőgép maradt a légierőnél²⁹.

Az 1920-as évekről ugyanakkor elmondható, hogy a fiatal Finn Légierő nemcsak finanszírozási, hanem irányítási gondokkal is küzd. A fiatal állam külföldi szakemberekre és szakértőkre bízta a kiképzést és a légierő irányítását, melyek nem működtek megfelelő hatékonysággal. Ugyanakkor a teljes hadsereg irányítási struktúrája is ebben az időszakban jött létre, mely a hadsereg főparancsnoki tisztségét a köztársasági elnökre, az adminisztratív feladatok megszervezését és ellátását a hadügyminiszterre, míg a szakmai irányítást a vezérkar főnökre bízta. A hadsereg tényleges szükségleteit/beszerzési igényeit ebben az időszakban még bizottságokban vizsgálták és vitatták meg. A legáltalánosabb hatásköre a Finn Védelmi Bizottságnak volt. E bizottság készítette el a védelmi előrejelzéseket, melyek már tartalmazták a háborús védelemre történő felkészüléshez szükséges berendezések, felszerelések beszerzéseit. A kezdeti időszak után ezek a felülvizsgálati tervek egyre inkább közelítettek a valós igényekhez. Az 1930-as évekre a védelmi tervek pontosabbá váltak.

1931-ben Mannerheim tábornokot választották a Finn Védelmi Bizottság elnökévé. Az elnök még abban az évben kezdeményezte a Finn Védelmi Erők vizsgálatát, mert úgy gondolta, hogy a jövő háborúiban kiemelten fontosak lesznek a légi műveletek és ezért javítani kell a légierő harci potenciálját. A felülvizsgálat eredménye egy ötéves fejlesztési program. A 1937-ben programban 11 század volt meg, amely 81 darab vadászrepülőgépet, 27 darab bombázót, 52 darab felderítőgépet és csatarepülő, valamint 13 darab haditengerészeti felderítő repülőgépet tartalmazott. A fejlesztési program befejezetlen volt, 1939 novemberében mikor a Téli Háború elkezdődött a Finn Légierő összesen 114 darab repülőgéppel rendelkezett, amelynek fele elavult volt³⁰.

A Téli Háború (Talvisota)

A II. világháború kitörése után néhány nappal Finnország Norvégiával, Dániával és Svédországgal együtt – 1939. szeptember 18–19-e között tartott konferenciájukon – kijelentették, hogy semleges országok. Közösén úgy döntöttek, hogy nem vesznek részt a háborúban. 1939. augusztus 23-án Németország és a Szovjetunió megnehtámadási egyezményt kötöttek. A Molotov-Ribbentrop paktumban volt egy titkos záradék, amely azt tartalmazta, hogy Finnország a szovjet érdekszférába kerül. Miután Finnország saját területén nem engedett katonai bázisokat létesíteni a Szovjetunióknak, Moszkva felmondta az országgal 1932-ben kötött megnehtámadási egyezményt és ezzel egyidejűleg 1939. november 30-án megtámadta Finnországot³¹.

²⁸ Christopher F. Shores: Finnish Air Force 1918-1969. Osprey, London 1969

²⁹ Heikki Nikunen: Air DA efence in Northern Europe, National Defence Collage, Helsinki 1997

³⁰ Mikko Uola. Suomen Ilmavoimet 1918-1938, Arvi A. Karisto Oy, 1975

³¹ Eino Jutikkala-Kauno Pirinen: Finnország történelme Kairosz Kiadó, Budapest, 2000. 330-336. oldal

Sztálin és Vorosilov hadügyi népbiztos úgy számolt, hogy néhány hét alatt lezajlik a finnek ellen vívott háború és sikerül elfoglalni Finnországot. Azonban a finnek kitartásának és terep viszonyoknak és az időjárásnak köszönhetően a szovjet villámháború nem hozta meg a kívánt sikert.

A Téli Háború főbb harci cselekményei a Mannerheim vonalon történtek, mely a Suvanto-tó vonalát követi és a Taipale folyón keresztül ömlik a Lagoda-tóba.



10. ábra A Mannerheim vonal[10]

A védelmi vonal keleti szakaszán a Karéliei-földszoroson a finnek védelmi stratégiája az volt, hogy 4 harccsoport gerilla taktikával jelentős veszteségeket okoz a támadó szovjet csapatoknak és vonul vissza a Mannerheim vonalba, ahol százezer finn katona ásta be magát, hogy megállítsa a Vörös Hadsereget. A 4 finn harccsoport sikeresen hajtotta végre feladatát, így a legelső szovjet csapatok csak 1939. december 6-án Taipale folyónál érték el a védelmi vonalnak a finn-szovjet határhoz közel eső szakaszát. A támadók a 40 km hosszú Suvanto tavon nem tudtak átkelni a finn védelem miatt, így a jóval keskenyebb Taipale folyónál próbálkoznak³².

A jól beásott finn védelem működött. A szovjetek egészen 1939. december 28-ig próbálkoztak, azonban nem jártak sikerrel, így Sztálin leállította a támadásokat és új haditerv kidolgozására utasította a hadvezetést.

A Karéliei-földsoros nyugati oldalán, ahol nagyobb távolságra van a határtól a Mannerheim vonal itt található Summa térségében a legjobban kiépített beton bunkerekből, lövészárkokból, szögesdrót akadályokból álló védelmi rész. A védelmi vonalnak ezt a részét a szovjet tankok jelentős tűzérségi elkészítés után 1939. december 16-án érték el. Mintegy három nappal később a védelmi vonalon sikerül egy körülbelül 1 km szélest rést ütniük, így a korabeli források alapján mintegy húsz szovjet harckocsinak sikerül átjutnia a védelmi vonalon. A finnek azonban nem adják fel és a harckocsik után érkező gyalogságot megállították. Ennek a küzdelemnek köszönhetően az áttörést végrehajtó harckocsik elszakadnak az utánpótlásuktól és tűzérségi támogatástól a finnek pedig egyesével semmisítették meg³³.

³² A szovjet- finn téli háború első heteinek történései: http://1939-1945.blog.hu/2014/12/10/a_szovjet-finn_teli_haboru_elso_heteinek_tortenesei

³³ U.o. letöltési idő:2017-07-27

A Téli Háborúban természetesen nemcsak a finn szárazföldön zajlottak a támadások. A szovjetek által elképzelt villámháborúnak egyik fontos kezdeti eleme volt a propaganda háború, melyről Mannerheim tábornok a háborúról szóló visszaemlékezésében, mint a finn társadalom és az állam létfeltételeinek félreismerését és a valós szovjet célokat bemutató nyilatkozatnak nevezte. Ugyanitt jegyezte meg, hogy szerinte: „*Ez a propaganda csak arra volt jó, hogy tovább szilárdítsa belső frontunkat.*”³⁴

Ebben Mannerheimnek igaza volt, amikor a finnek a felismerik a valós szovjet célokat és egyben megkezdődik Finnország vidéki településeinek bombázása a társadalom és a politika képes minden addigi nézeteltérésen felülemelkedni. A finnek megértik, hogy a szovjet kormány Finnország teljes bekebelezését tűzte ki célul. Mannerheim a már említett emlékiratában így ír erről: *A szovjet kormánynak ez a politikai sakkhúzása azt is megmutatta, hogy Moszkva egész Finnország elnyelését tervezte, ezért a megegyezés elvárásának utolsó reménye is elveszett (...)* Húsz éven keresztül a vezérkarra nyomasztóan hatott a kérdés, hogyan tudnák gyenge reguláris csapataink háború kitörésekor védelmezni a Karjalai-földszoros kapuit addig, amíg a mozgósított hadsereg főerői elfoglalják állásaikat³⁵.

A finn katonai vezetés és a Védelmi Bizottság azért foglalkozott a Karéliei- földszoros védelmével, mert a korábbi háborúkban az oroszok Viipuri város alatt levő területek kihasználásával támadták meg Finnországot.

A légierő vadászrepülőnem gerincét a Finnországban gyártott 41 db Fokker D.XXI-3 típusú vadászgép alkotja, mely az 1935-ben a holland Fokker gyár által kifejlesztett repülőgép 2 változatának licenz változata volt. A Fokker C.XXI-3 együléses, alsó szárnyelrendezésű, rögzített futóművel szerelt repülőgép volt, melyet a Bristol Mercury VIII csillagmotorral hajtott. A vadászgépeket 4 db 7,92 mm-es géppuskával szerelték fel. A Téli Háborúban a típus jól teljesített, azonban amikor a háború végén megjelentek az újabb típusú szovjet vadászgépek hátrányba került. Finnországban a típus gyártása folytatódott a II. világháború végéig.

A Fokker D. XXI-3 típuson kívül a Finn Légierő még 1 db Bristol Bulldog IVA repülőgéppel is rendelkezik. Ezt a típust 1920-as években fejlesztették ki, így a Téli Háború kezdetére már elavult repülőgépnek számít, a háború végén kivonják a frontszolgálatból és már csak kiképzési célokra használták.

Ahogy már korábban is említettem a kialakított Finn Légierő az állami forráshiánynak és az elmaradt, illetve befejezetlen fejlesztéseknek köszönhetően számos elavult géptípussal rendelkezett. Éppen ezért a Finn Légierő lehetőségei is korlátozottak voltak, hogy felvegyék a harcot a mintegy 2500 szovjet repülőgéppel. Mivel a Finn Légierő nem tudott érdemi támogatást nyújtani a szárazföldi csapatoknak, így a légierő is gerilla taktikát alkalmazott a szovjet bombázók ellen. A gyakorlott finn vadászpilóták az úgynevezett „négy ujj” taktikát alkalmazták, amely abból állt, hogy két géppár repült a kötelekben egyik magasabban a másik alacsonyabban, a gépek önállóan harcoltak, azonban a kötelék alacsonyabban repülő tagjai támogatták a támadó gépet. A taktika rendkívül eredményes volt. A gyakorlott finn vadászpilóták jelentős károkat okoztak a szovjet repülőszáza-

³⁴ G. Mannerheim: A Téli Háború (1939–1940) Püski Kiadó, Budapest, 1997 23-28. oldal

³⁵ I.m. 28. oldal

dokban, mert a jól manőverezhető könnyű vadászgépek nagy pontossággal tüzeltek. Ettől függetlenül a fiatal Finn Légierő jelentős hátrányban volt a szovjetekkel szemben, hiszen a finn technikai és infrastruktúra rendkívül szegényes volt. A finn légitámaszpontok sok esetben mezőkön voltak, és a gépeket sokszor a bevetések után a pilótáknak kellett karbantartani, míg a szovjetek esetében ezt a feladatot a technikai személyzet látta el. A finnek számára további nehézséget okozott, hogy a -30 , -40 °C-os hidegben a gépekből az olajat és az üzemanyagot le kellett szivattyúzni, majd meleg helyen tárolni és csak közvetlenül a felszállás előtt feltölteni a gépeket.



11 ábra A Fokker C.XXI-3 típusú repülőgép[11]

A Téli Háború légi harcainak végső mérlegeként elmondható, hogy a Finn Légierő 684 szovjet repülőgépet semmisített meg, és 62 repülőgépet veszített el.³⁶

A Téli Háború békeszerződéssel ért véget, melynek értelmében a Szovjetunió megkapta Finnország dél-keleti részét. Ez volt az egyetlen alkalom a független Finnország történetében, amikor idegen katonák állomásoztak a területén.

Magyar önkéntesek a Téli Háborúban³⁷

A magyar önkéntes önálló zászlóalj felállítását Gróf Teleky Pál miniszterelnök és Bartha Károly vezérezredes támogatta, a belügyminisztérium pedig 350 015/0939 számú engedélyével hivatalos országos gyűjtést kezdeményeztek. Mivel ekkor Magyarország még nem volt hadban álló fél és a Molotov-Ribbentrop paktum érvényben volt a diplomácia szervezési oldalról a feladat rendkívül bonyolult volt. A finn-magyar kormányközi megállapodás értelmében a felállított zászlóalj a Finn Hadsereg részét képezte. A zászlóalj parancsnoka: Kémeri-Nagy Imre

³⁶ Zétényi-Csukás Ferenc-Boros János András: SISU magyar és külföldi önkéntesek a finn-orosz háborúban szerzői kiadás 2011, 100-102 oldal

³⁷ U.o. 121-123 oldal

főhadnagy volt. A zászlóalj 2 tiszttel, 52 altiszttel, 2 orvossal, 2 táborigazgatóval és 264 gyalogos önkéntesből állt. A magyar önkéntesek 1940. február 8-án nagy kerülővel indultak el Finnországba. A magyar önkéntesek Tornio és Oulu érintésével érkeztek meg Lapuába, ahol a külföldi önkéntesek kiképzése és felkészítése folyt. A magyar zászlóalj március első hetére kérte a frontra küldését. 1940. április 16 és május 19-e között a zászlóalj határbiztosítási feladatokat látott el.

Az önkéntes zászlóalj 1940. május 20-án fejezte be Finnországi küldetését és indult haza Magyarországra.

A pilóta

Természetesen nemcsak szárazföldön harcoló önkéntesek vettek részt a Téli Háborúban. Pirtyi Mátyás korának legsokoldalúbb pilótája vadászpilóta és utasszállító pilóta és Békássy Vilmos is³⁸. Pirtyi visszaemlékezésében így vallott a jelentkezés körülményeiről: *ebéd után Vadas és Békássy félrehívtak és súgva kérdezték, hajlandó lennénk-e Finnországba menni, hogy ott, mint repülő segítségünk finn testvéreinken. (...) Bejelentésüket nem vettem komolyan és azt mondtam: ha ti mentek én is veletek tartok*³⁹.

Pirtyi és Békássy 1939. december 7-én jelentkeztek a budapesti finn nagykövetségen önkéntesnek. Vadas később visszavonta, azonban Pirtyi és Békássy kitartott a jelentkezés mellett, melyet a finnek elfogadták. Három nap múlva a finn nagykövet felesége, a finn követségi titkár, Erdődi Miska, Hajnal Pali, Almássy Teddi, Vadas Lambi búcsúztatták a Keleti pályaudvaron. Pirtyi és Békássy a Berlin-Sassnitz-Malmö útvonalon érkezett meg Stockholmba.⁴⁰

Pirtyi és Békássy két napos stockholmi tartózkodásuk alatt meglátogatták a magyar nagykövetet Villáni Frigyes bárót, aki feltehetően a kitört finn háború miatt egy saltsjöbadeni szanatóriumban feküdt. Majd Helsinkibe utaztak, 1939. december 16-án léptek a Finn Légierő szolgálatába, és a 2. repülőezred 26. vadászszázad állományába vezényelték őket. Hämeenlinnaba vezényelték őket, ahol szerződést kötöttek velük. A két magyar pilóta 6 hónapi szolgálatra kötelezte el magát, azzal a feltétellel, hogy ha a háború előbb érne véget, akkor a háború befejezéséig teljesítenek szolgálatot.

Hämeenlinnaban átképzésen vettek részt, a kiképzés az angol gyártmányú Gloster Gamecock és Bristol Bulldog, valamint a svéd J-6B Jaktfalken vadászgépeken folyt. Itt kell megjegyezni, hogy a Finn Légierő repülőgépei az 1920-as évek gyártmányai voltak, melyek a 40-es évekre teljesen elavultnak számítottak⁴¹.

A Finn Légierő a háború elején FIAT G.50-es típusú vadászgépeket vásárolt, azonban a gépek leszállítása nem volt egyszerű feladat, mert a Molotov-Ribbentrop-paktum érvényben volt így Németország nem engedhette meg, hogy a légtérén keresztül érkezzenek meg a gépek Finnországba. A gépeket kerülő úton Svájc, Hollandia és Svédország érintésével szállították Finnországba.

³⁸ Zétényi-Csukás Ferenc-Boros János András: SISU magyar és külföldi önkéntesek a finn-orosz háborúban szerzői kiadás 2011, 124. oldal

³⁹ Pirtyi Mátyás: Mátyásföldtől Bankstownig, Magyar Repülőszövetség, 1977

⁴⁰ Zétényi-Csukás Ferenc-Boros János András: SISU magyar és külföldi önkéntesek a finn-orosz háborúban szerzői kiadás 2011, 124. oldal

⁴¹ Dr. Vágvölgyi Ádám: Magyar vadászpilóták a finn-szovjet „Téli Háborúban” http://magyarszarnyak.uw.hu/katrep_10/vagv_finn_hab.html

Pirityi és Békássy kiképzése eseménytelenül telt 1939–1940 fordulóján. Januárban csatlakozott hozzájuk még 7 külföldi állampolgárságú pilóta. 1940. január végén Pirityit és Békássyt, valamint egy finn társukat Stockholmba vezényelték, hogy a megérkezett FIAT G.50-es típusú repülőgépeket átvegyék, és azokkal Turkuba repüljenek. A repülőgépek február 3-án körül érkeztek meg, és egy svéd pilóta magyarázta el a legszükségesebbeket. Az újonnan érkezett gépekkel néhány gyakorló repülést hajtottak végre, finn társuk azonban a február 7-i gyakorlórepülés közben olyan súlyosan megsérült, hogy kórházba kellett szállítani. Mivel a háborús helyzet nem engedte meg a várakozást másnap a két magyar pilóta visszaindult a gépekkel Turkuba. A géppár parancsnoka a rangidős Pirityi volt. Az indulási repülőtéren rendkívül rossz időjárási körülmények között egyesével szálltak fel. A felszállás után alacsony magasságon Pirityi még látta Békássy gépét, azonban a sűrű hóesésben a kísérőgép nem tudta utolérni. 15–20 perces repülés után Pirityi a kísérőgépet végleg szem elől veszítette. Uppsala felett két kört tett meg, remélve, hogy a kísérőgép utoléri, azonban ez nem következett be. Pirityi visszafordult és leszállt Västerasban jelentette a történetet. A parancsnok telefonált Turkuba, abban a reményben, hogy Békássy hátha megérkezett a bázisra. A válasz nemleges volt. Megindult a keresés Békássy felkutatására, azonban minden igyekezet hiábavalónak bizonyult, így nap után beszüntették a keresést⁴².

A Fiat G.50-es típus repülőideje rövid volt, még a legkedvezőbb időjárási viszonyok között is csak körülbelül két óra. Békássy repülőbalesetének magyarázata valószínűsíthetően az volt, hogy a pilóta a rendkívül rossz látási viszonyok miatt túlságosan délre repült és a Balti-tengerbe veszett.



12. ábra A FIAT G. 50-es típusú repülőgép[12]

A baleset után Pirityinek meg kellett várnia, hogy a másik két megrendelt gép megérkezzen és át lehessen repülni Turkuba. 1940. február 15-én a három gép készen állt az átrepülésre. A tiszta időben délelőtt 11 órára tervezett indulást el kellett halasztani, mert a két újonnan érkezett gép

⁴² Dr. Vágvolgyi Ádám: Magyar vadászrepülők a finn-szovjet „Téli Háborúban” http://magyarszarnyak.uw.hu/katrep_10/vagv_finn_hab.html

motorja nem akart beindulni. Jó 15 perccel később, a két másik gép motorja is beindult és így 11 óra 20 perckor elstartoltak. A gépek jó látási viszonyok között Åland szigetcsoport-Turku útvonalon repültek. Körülbelül egy órai repülés után a Botteni-öböl felett Pirityi gépe elkezdett üresen járni, a hadnagy tudta, hogy az üzemanyag elfogyott. Intett a parancsnoknak, hogy baj van, majd a befagyott Botteni-öböl jegére letette a mintegy kéttonnás gépet. Szerencséjére a jég nem szakadt be a gép alatt. Két társa látva mi történt billegtetett és továbbrepült Turku felé. A kérdés az volt, hogy mikor érkezik meg a segítség. Pirityi tudta, hogy alacsony magasságon csak mintegy 1 óra 10 percig lehet a levegőbe maradni. Így számára is érhetővé vált társa Békássy Vilmos repülőbalesete⁴³.

Pirityi számára dél körül érkezett meg a segítség, a finn szerelők kézi pumpával feltöltötték a gépet üzemanyaggal, így a hadnagy elstartolt a jégről és néhány perc múlva leszállt Turkuban.

Pirityi hadnagy a Téli Háborúban a 22 légi csatában vett részt. Helytállásáért megkapta a Finn Repülőérmét⁴⁴.

A Folytatólagos Háború (Jatkosota)

1940 augusztusában Finnország megállapodást kötött Németországgal, amely megszerezte a jogot, hogy katonákat szállítson a megszállt Norvégián keresztül. Ez a megállapodás nem volt összeegyeztethető a Finnország által deklarált semlegességi politikával.⁴⁵ A finnek arra számítottak, hogy Németország segítségével visszazerezhetik elvesztett területeiket. Ennek érdekében Lundqvist tábornok parancsnoksága alatt megkezdődött a Téli Háborúban megtizedelt légierő felkészítése a Szovjetunió elleni hadjáratra. 1940 őszén a németek 52 db Curtis Hawk 75 A és Morane- Saulnier MS. 406 C-1 típusú vadászrepülőgépet adtak át, ugyanakkor az Állami Repülőgépgyár tovább gyártotta a Fokker D.XXI-33 és a Bristol Blenheim típusú repülőgépeket. Ugyanakkor a légierő rendelkezett FIAT G.50-es, Brewster Buffalo és Hawker Hurricane Mk. I. repülőgépekkel is. 1941 januárjában már 168 db vadász-, 42 db bombázó- és 63 db felderítő repülőgép tartozott a repülőcsapatok állományában. Az ezredek 2–4 századból és a századok 2–3 rajból, rajonként 20–30 repülőgéppel. A századok nagytöbbsége egy repülőgép típust repült, így könnyebb volt üzemeltetni a vegyes összetételű gépparkot.

A Finn Légierő 1941 nyarán 4 repülőezreddel és egy önálló haditengerészeti repülőszázaddal rendelkezett. A legváltozatosabb gépparkja a haditengerészeti repülőszázadnak volt, mert fegyverzetét teljes egészében a Téli Háborúban zsákmányolt szovjet gépek tették ki. Így Tupoljev SB-2 bombázókkal és Polikarpov I-153 vadászgépekkel is repültek a finn pilóták⁴⁶.

1941. június 17-én Finnországban elrendelték az általános mozgósítást, öt nappal később pedig Németország Norvégián és Finnország északi területein keresztül megtámadta a Szovjetuniót. 1941. június 25-én már finn célpontokat értek bombatalálatok, így a finn kormány bejelentette,

⁴³ Dr. Vágvölgyi Ádám: Magyar vadászrepülők a finn-szovjet „Téli Háborúban” http://magyarszar-nyak.uw.hu/katrep_10/vagv_finn_hab.html

⁴⁴ In memorian Matyas” Matyi” Pirityi <http://www.virtualpilots.fi/en/hist/WW2History-Inmemorian-pirity-English.html>

⁴⁵ Márton Andrea: Finnország biztonság- és védelempolitikájának változása a hidegháború végétől napjainkig, doktori értekezés, 2014. 21. oldal

⁴⁶ Bernád Dénes-Mujzer Péter-Hangya János: Horrido- légicsaták a Keleti Fronton Omikk Budapest, 1992 8-9 oldal

hogy megtámadták. Finnország belépett a háborúba és „Folytatólagos Háborút” (Jatkosota) vívott a Szovjetunió ellen⁴⁷.

1941. július 10-én megindult a szárazföldi támadás, alacsony támadó és felderítőszázadok repülőgépei hatékonyan oltalmazták és támogatták az előrenyomuló szárazföldi alakulatokat. A Karéliai Hadsereg szeptemberig visszafoglalta az 1940-ben elvesztett finn területeket, majd tovább nyomultak előre és csak decemberben álltak meg a Szvir folyó keleti partján. A finnek Leningrád ostromában nem vettek részt, így fő feladatuk az összeköttetés biztosítása volt Északon, valamint a német csapatok között. A háború első hónapjai után egy lövészárk háború alakult ki, aminek köszönhetően az égen és a szárazföldön is enyhültek a harcok. A légierő ezalatt az idő alatt egy kis lélegzetvételhez jutott. A légierő 1. számú repülőezredét feloszlatták és az alacsony támadó- és felderítőszázadokat közvetlenül a szárazföldi erőknek rendelték alá. A harcok során jelentős veszteségeket elszenvedő Hawker Hurricane típusú gépeket kivonták az első vonalból.

Az 1942-es harcokban a légierő fő feladata ismét a szárazföldi csapatok támogatása maradt. Ebben az évben a finn pilóták egyre korszerűbb gépekkel ütköztek meg, azonban a légi fölény a mennyiségi és minőségi túlsúly ellenére sem billent a szovjetek oldalára. Mindez azzal magyarázható, hogy a szovjet pilóták még nem sajátították el az új gépeik megfelelő kezelését, a finn pedig technikai tudásukkal és elszántságukkal ellensúlyozták gépeik gyengébb teljesítményét.

1942 novemberében felállították a haditengerészet alárendeltségébe tartozó repülőezredet, amelynek a feladata a partvidék és Dél. Finnország védelme volt.

1943-ra a szovjet légi fölény egyre nyomasztóbbá vált, a hadsereg vezetése felismerte, hogy a Finn Légierőnek is korszerűbb repülőgépekre volt szüksége, hogy felvegye a harcot a korszerű gépekkel szemben. Ugyanakkor az egyre előregedő finn gépekkel számos baleset is történt. 1942 és 1944 között 6 db repülőgép zuhant le műszaki okok miatt és csak egyetlen repülőgép semmisült meg ellenséges behatás következtében. Finnországban 1937-ben már pénzhíányra hivatkozva törölték a légierő fejlesztési tervét, pedig már akkor is új gépeket kellett volna beszereznie. 1943-ra a politikai helyzet megváltozott és a németek már hajlandóak voltak a szövetségeseiknek 30 db Messerschmitt Bf 109G-2-es vadászgépet eladni. A németek vállalták a veszteségek pótlását is. 1943–1944-re már összesen 159 db Messerschmitt Bf 109G-2, G-6 és G-8 típusú vadászgépet adtak át⁴⁸.

A Finn Légierő az 1930-as évek fejlesztési terveinek a felfüggesztése, illetve törlése és a pénzhíány miatt igyekezett repülőgépeit a legvégsőkig rendszerben tartani. Így került sor a már elavult Morane-Sauliner 06-osok felújítására. A már elhasználódott motorok helyére egy szovjet zsákmányolt M-105P típusú motort építettek be. Az új motorral ellátott gép 1943 februárjában hajtotta végre az első felszállást.⁴⁹ A felújított repülőgép megfelelt az elvárásoknak. 1944 márciusában a 30. század elavult repülőgépeit is Messerschmittekre cserélték. A típus G-6-os változatát a németek szárny alá szerelt gépágyúval szállították, azonban a csapatoknál leszerelték ezeket, mert a manőverezést fontosabbnak ítélték⁵⁰.

⁴⁷ Eino Jutikkala-Kauno Pirinen: Finnország történelme Kairosz Kiadó, Budapest, 2000. 344-350. oldal

⁴⁸ Bernád Dénes-Mujzer Péter-Hangya János: Horrido- légicsaták a Keleti Fronton Omikk Budapest, 1992 8-9 oldal

⁴⁹ Ilmavoimat: Ilmavoimien lentokonetyyppejä talvi-, jatko- ja Lapin sodassa <http://ilmavoimat.fi/documents/1951206/2016331/Ilmavoimien+lentokalusto+++Toinen+maailmansota.pdf/8784ecd9-ff83-418e-a511-58bb45279ffc>

⁵⁰ Bernád Dénes-Mujzer Péter-Hangya János: Horrido- légicsaták a Keleti Fronton Omikk Budapest, 1992 16. oldal



14. ábra A Myrsky II repülőgép[14]

A Téli Háború mérföldkő lett Finnország biztonság- és védelempolitikájában, ugyanis megmutatta, hogy egy kis nemzet is képes ellenállni egy nagyhatalom hódításának, másrészt megmutatta, hogy az addig folytatott semlegességi politika nem volt hiteles a Szovjetunió szemszögéből, jóllehet más semleges államok támogatását is elnyerte⁵⁵. Mindez a jövőre nézve maradandóan meghatározta a finn biztonság- és védelempolitikai gondolkodást.

A Finn Légierő születése egybeesett a nemzet függetlenségének kivívásával, egy olyan korban született meg, ahol nemcsak haderőnek jöttek létre, és tűntek el, hanem a technikai fejlődés jelölte ki az önálló hadseregek fejlődési irányait. A Finn Légierő is megküzdött az önálló haderőnemi státuszáért és számos problémával szembesült. Ezek közül a legfontosabbak a kezdeti időszak parancsnokváltásai, illetve a koncepció nélküli fejlődés voltak. A már tudjuk és tapasztaljuk, hogy a légierő technikai és technológiai fejlesztésének lehetőségeit mindig egy legalább közép vagy hosszútávú koncepció megalkotása határozza meg. Finnországban a kezdeti időszakban nemcsak a koncepció hiányzott, hanem a pénz és a döntési képesség is mely legalább olyan fontos.

A légierő történetében 1920-as évek közepe és a 1930-as évek már egyértelműen a fejlesztésről szóltak, noha az ország anyagi helyzete miatt számos fejlesztést töröltek vagy elhalasztottak mégis a védelmi felülvizsgálatok alapján a fokozatos fejlesztés elveit betartva igyekezett az ország a lehetőségeihez mérten növelni a rendelkezésre álló repülőgépek számát.

Ebben a tanulmányban a Finn Légierő kialakulásának kezdeti lépéseit vázoltam fel. A kutatásaimat még nem fejeztem be, a következő részben a II. világháború után kialakult helyzetben fogom bemutatni a légierő fejlődését.

⁵⁵ Svédország ugyan deklarálta semlegességét, mégis változtatott az álláspontján és bár nem avatkozott be a Téli Háború menetébe fegyvereket szállított Finnországnak.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Bernád Dénes-Mujzer Péter-Hangya János: *Horrido- légicsaták a Keleti Fronton Omikk* Budapest, 1992
- [2] Brequet 14 A2 in Finnish Service 1919-1927 <http://www.virtualpilots.fi/hist/WW2History-Bregue14.html>
- [3] FIAT G. 50-es repülőgép: <http://harcunk.info/index.php/archiv/1053-a-finn-legiero-a-szovjet-finn-teli-haboruban>
- [4] Grigorovich M-5 típus <http://www.wviaviation.com/flying-boats-russian.html>
- [5] Grigorovich M-9 típus: <http://www.wviaviation.com/flying-boats-russian.html>
- [6] Hristoforov, Vasili: Eversti Carl Seber 1888–1945: Sotilaslentäjä, josta tuli suomensaksalainen pienviljelijä, tiedustelu-upseeri ja Helsingin paikalliskomendantti, 254–262 oldal in: *Sotapahtumia, internointeja ja siirto sodanjälkeisiin oloihin. Kansallisarkiston artikkelikirja. Wars, Internees and the Transition to the Postwar era. A book of Articles from the National Archives of Finland* (szerk.: Lars Westerlund). Kansallisarkisto, Helsinki 2010 http://www.arkisto.fi/uploads/Palvelut/Julkaisut/Internoidut_Naytto.pdf
- [7] Ilmavoimat: Ilmavoimien lentokonetyyppejä talvi-, jatko- ja Lapin sodassa <http://ilmavoimat.fi/documents/1951206/2016331/Ilmavoimien+lentokalusto+-+Toinen+maailmansota.pdf/8784ecd9-ff83-418e-a511-58bb45279ffc>
- [8] In memoriam Matyas” Matyi” Purityi <http://www.virtualpilots.fi/en/hist/WW2History-Inmemorian-purity-English.html>
- [9] Jutikkala, Eino.-Pirinen, Kauno: *Finnország történelme*, Kairosz Kiadó, Debrecen 2004
- [10] Márton Andrea: *Finnország biztonság- és védelempolitikájának változása a hidegháború végétől napjainkig*, doktori értekezés, 2014
- [11] Messerschmitt Bf 109G-2: <http://www.airpages.ru/eng/lw/bf109g2.shtml>
- [12] Myrsky II repülőgép: <https://www.militaryimages.net/media/vl-myrsky-ii.4913/>
- [13] N.A.B. Albatros repülőgép: <http://www.militaryimages.net/media/n-a-b-typ-9-albatros-b-ii-scout-during-the-spring-1918.10810/>
- [14] Nieuport 10 típus: http://www.pilotfriend.com/photo_albums/timeline/Nieuport%2010.htm
- [15] Nikunen, Heikki: *Air Defence in Northern Europe*, National Defence Collage, Helsinki 1997
- [16] Olavi Salla: „Meidänkin oli ehdottoman välttämätöntä sijoittaa lentoase oikeudenmukaiselle paikalleen”- Sotilaiden ja valtiosuojelun toiminta Suomen ilmavoimien kehittämisessä 1920- ja 1930-luvuilla https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/12136/URN_NBN_fi_jyu-2005234.pdf?sequence=1
- [17] Shores, Christopher F: *Finnish Air Force 1918-1969*. Osprey, London 1969
- [18] Dr. Vágvölgyi Ádám: *Magyar vadászpilóták a finn-szovjet „Téli Háborúban”* http://magyarszarnyak.uw.hu/katrep_10/vagv_finn_hab.html
- [19] Zétényi-Csukás Ferenc-Boros János András: *SISU magyar és külföldi önkéntesek a finn-orosz háborúban* szerzői kiadás 2011

ÁBRA JEGYZÉK

- [1] Finnország és Åland szigetcsoport területe: A térkép forrása: www.google.com/earth/ a térképet szerkesztette a szerző
- [2] A Balti Flotta légibázisai 1914-1917 között: A térkép forrása: www.google.com/earth/ a térképet szerkesztette a szerző
- [3] Grigorovich M-5 repülőcsónak: http://www.aviastar.org/air/russia/grigorovich_m-5.php
- [4] Grigorovich M-9 repülőcsónak: <http://wio.ru/ww1a/fboat.htm>
- [5] Nieuport 10 típusú repülőgép: http://www.century-of-flight.net/Aviation%20history/photo_albums/timeline/Nieuport%2010.htm
- [6] A Vörösgárdisták által létrehozott légi egységek elhelyezkedése: A térkép forrása: www.google.com/earth/ a térképet szerkesztette a szerző
- [7] A Fehérek első repülőgépe N. A. B. Albatros Typ 9: <http://www.militaryimages.net/media/n-a-b-typ-9-albatros-b-ii-scout-during-the-spring-1918.10810/>
- [8] A Finn Légierő eredeti jelképe a horogkereszt és a zászló címere 1918-1945 között: http://www.virtualpilots.fi/feature/articles/honorable_swastika/
- [9] Brequet 14 típusú repülőgép: <http://ilmavoimamuseo.fi/tietoja-museosta/> letöltési idő: 2017-02-10
- [10] A Mannerheim vonal: http://1939-1945.blog.hu/2014/12/10/a_szovjet-finn_teli_haboru_elso_heteinek_tortenesei

- [11] A Fokker C.XXI-3 típusú repülőgép: <http://users.kymp.net/mode0522/planes/fokker%20d-21.html> letöltési idő: 2017-08-10
- [12] A FIAT G. 50-es típusú repülőgép: <http://harcunk.info/index.php/archiv/1053-a-finn-legiero-a-szovjet-finn-teli-haboruban>
- [13] Messerschmitt Bf 109G-2: A kép forrása: http://hyperscale.com/2007/features/bf109g2finnishbg_1.htm letöltési idő: 2017-08-05
- [14] A Myrsky II repülőgép: <https://www.militaryimages.net/media/vl-myrsky-ii.4913/>

HISTORY OF THE FINNISH AIR FORCE PART I.

In this study, I present evolving and history of a little country's air force. The question may arise why this country is Finland. The answer is simple: this is the country has the oldest independent air force in the world and at the same time armed forces was born with birth of the nation included in the Air Force. It is important pick up that Finland had pragmatically thinking about the development of the Army and Air Force in the flight early days, as well as it was ready task for help from „expert” of the big nations.

Keywords: *Finland, History of Air Force, Evolving of Air Force, impact of the Russia*

Márton Andrea PhD
Nemzeti Közszerológati Egyetem
andrimarton@gmail.com
martonandrea@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-4216-4797

Márton Andrea PhD
National University of Public Service
andrimarton@gmail.com
martonandrea@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-4216-4797



<http://www.repulestudomany.hu/kiadvanyok/RepSzem-2017.pdf>

A LÉGINAVIGÁCIÓS INFRASTRUKTÚRA-FEJLESZTÉS KOCKÁZATELEMZÉSI SAJÁTÓSÁGAI

A dinamikusan változó léginavigációs iparági környezetben a szolgáltatóknak stratégiai irányelvek mentén valósítják meg üzleti és technológiai fejlesztéseiket. Az infrastruktúra üzemben tartásához és fejlesztéséhez olyan (egymással is összefüggő) elemzéseket kell végezni, amely feltárja a lehetséges üzletviteli, repülésbiztonsági és légi-közlekedés védelmi tényezőket, és garantálja a szükséges alternatív megoldásokat, eljárásokat, redundanciákat.

Kulcsszavak: delegált légiforgalmi szolgáltatás, távoli irányítás, központosított szolgáltatások, léginavigációs szolgáltatások, CNS, kockázatelemzés

BEVEZETŐ

Az Egységes Európai Égbolt (Single European Sky – SES) keretében működő léginavigációs szolgáltatás biztosításához szükséges ún. EATMN (European Air Traffic Management Network) rendszerek és rendszerelemek telepítéséhez, üzemben tartásához és a jogszabályi megfelelés érdekében tett fejlesztésekhez elengedhetetlen olyan részletes elemzés elkészítése, amely feltárja a lehetséges kockázati tényezőket és garantálja az ún. CNS¹ és ATM² üzembiztonsághoz szükséges alternatív megoldásokat, eljárásokat, redundanciákat. Napjaink geopolitikai környezetében a kockázatelemzés során már nem csak repülésbiztonsági szempontokat, hanem bizonyos iparági stratégiai és légiközlekedés-védelmi aspektusokat is indokolt elemezni, amelyek kiterjednek a léginavigációs szolgáltatás, mint kritikus infrastruktúra védelmével összefüggő lehetséges gyenge pontok beazonosítására, továbbá megoldásokat szolgáltatnak a polgári léginavigációs szolgáltatóknak (ANSP-knek) a nemzeti honvédelmi, illetve a NATO integrált légvédelmi rendszerének³ támogatásához.

Az egyes iparági (különösen légitársasági) lobbis és az Európai Bizottság liberalizációs törekvései eredményeként az ANSP-knek – működési stabilitásuk és a formálódó piaci viszonyok közötti pozicionálásuk érdekében – pénzügyi-gazdasági kockázatelemzésekkel is számolniuk kell, melyek eredményei hosszú távra befolyásolhatják helyüket és szerepüket a dinamikusan átalakuló iparági környezetben, illetve meghatározhatják a technológiai fejlesztéseik menetét, ütemezését, továbbá a szakmapolitikai és külkapcsolati akciótervek végrehajtását.

A szolgáltatók tehát az alábbi területeken végzett komplex, és egymással szignifikánsan korreláló elemzési folyamatok keretében határozzák meg közép- és hosszú távú üzleti, illetve beruházási tevékenységükre vonatkozó döntéseiket:

- ➔ szakmapolitikai stratégiai és versenytás-elemzések;
- ➔ pénzügyi-gazdasági és piacelemzések;
- ➔ technológiai és repülésbiztonsági elemzések;
- ➔ légiközlekedés- és kritikus infrastruktúra védelmi elemzések.

¹ Communication, Navigation, Surveillance

² Air Traffic Management

³ NATINADS

SZAKMAPOLITIKAI STRATÉGIAI ÉS VERSENYTÁRS-ELEMZÉSEK

Az Európai Bizottság (Bizottság) által kezdeményezett SES koncepció, illetve a megvalósítását célzó közösségi jogszabályi csomagok a légiforgalom-szervezés (Air Traffic Management – ATM) liberalizációs folyamatait hivatottak felgyorsítani. A Bizottság a légiközlekedési kérdésekben közösségi hatáskörének növelésére törekszik, a tagállami hatáskörök fokozatos csökkentése mellett. Ennek keretében a jelenlegi – a monopolizált helyzet megszüntetésére irányuló – iparági környezet jelentős átalakítása várható, aminek részeként a fontosabb nemzetközi intézmények és kormányközi szervezetek (pl. EASA⁴, EUROCONTROL⁵) jog- és feladatköreiben is jelentős változások következnek be, a szolgáltatók és az ipari beszállítók pedig az egyre erősödő versenykörülmények között kell, hogy megfeleljenek az új elvárásoknak. Az élénkülő versenykörnyezetben olyan új központosított (centralised) és ún. távoli (remote) funkciók jelennek meg Európában, amelyek a nemzeti szolgáltatásokat megszüntetve csökkenthetik a nemzeti szolgáltatók portfólióját és beszűkítik gazdasági mozgásszabadságukat, illetve hatást gyakorolhatnak a honvédség nemzeti légtér-ellenőrzési kötelezettségeinek maradéktalan teljesítésére.

A formálódó szabályozói, hatósági felügyeleti és stratégiai (makro-) menedzsment (Network Manager, SESAR⁶ Deployment Manager) feladatok környezetében és a formálódó új európai iparági/szolgáltatói környezetben tehát az ANSP-knek folyamatos elemzésekkel kell feltérképezniük a formálódó szakmai érdekköröket, azok perspektíváit és hosszú távú terveiket. Az elemzések részeként rendszeresen felül kell vizsgálni a képviselhető és képviselendő szakmapolitikai álláspontokat, különösen annak tükrében, hogy mi az adott ANSP szándéka:

- status quo (a jelenlegi európai szabályozói, intézményi és gazdasági környezet fenntartása);
- már formálódott és meghatározó szakmai érdekkörhöz való csatlakozás;
- meghatározó szereplőként és álláspont mentén új érdekcsoport kialakítása;
- önálló érdekek és a nemzeti piaci környezet individuális védelme;
- passzív, reaktív magatartás.

A fent vázolt jövőbeni megvalósulási lehetőségek (különösen a két szélsőséges helyzet, a status quo vs. teljes iparági liberalizáció) között az ANSP-knek különös körültekintéssel kell álláspontjukat kialakítani, képviselni és szövetségeseiket keresni – hiszen amennyiben az uniós folyamatok mégsem érnek célba, a túlzottan liberális szempontok akár az adott szolgáltató elszigetelődését is eredményezhetik.

A kis- és közepes méretű ANSP-k önálló érdekképviselete kevésbé célravezető az európai folyamatokat befolyásoló nagy szolgáltatókkal szemben, ezért számukra főként a potens iparági szereplők érdekcsoportjával való szövetség jelentheti a megoldást. Viszont a nagyobb érdekkörhöz való csatlakozás is kockázatokat rejt, mivel nehezen beazonosíthatók azok a szempontok, amelyekkel a tagság elérhető, illetve az érdekcsoporton belül sem feltétlenül biztosított a jelen körülmények közötti erőviszonyok megtartása.

Az európai léginavigációs infrastruktúra liberalizációját az Európai Bizottság számos (direkt és megbízáson keresztül végzett indirekt) kezdeményezésen keresztül kívánja elérni, melyek az elmúlt évek és a jelen tapasztalatait gyűjtik össze, illetve figyelembe veszik a jövő (ún. SES II+

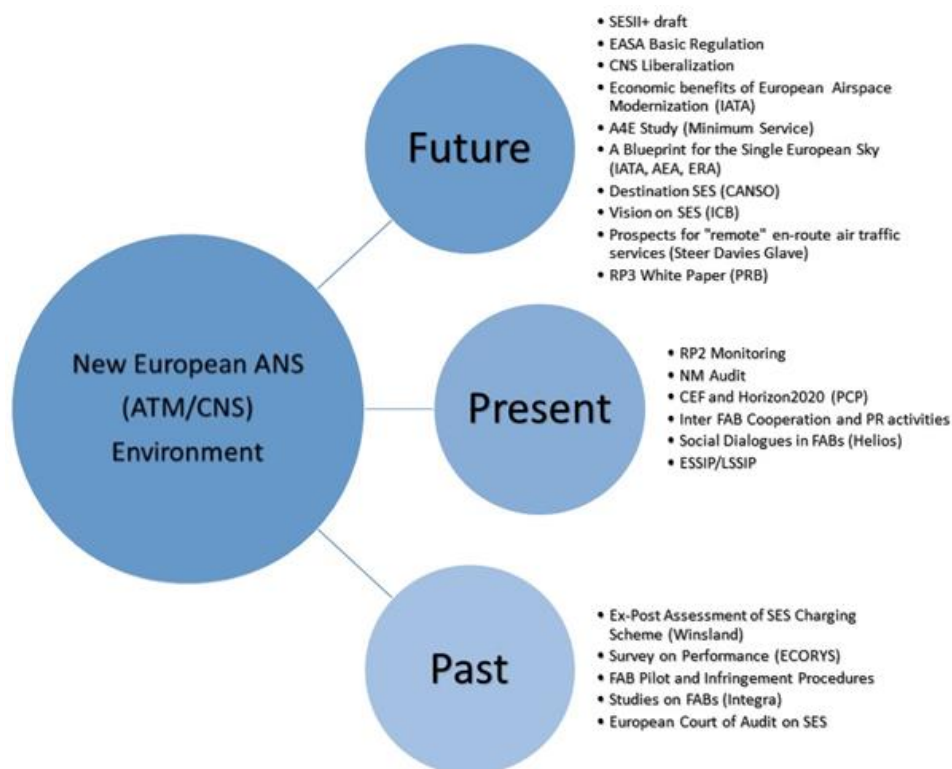
⁴ European Aviation Safety Agency

⁵ European organization for the safety of air navigation

⁶ Single European Sky ATM Research

jogszabályi környezet és RP3 referencia-periódus) iparági feleinek elképzeléseit (1. ábra). E komplex folyamatban az ANSP-knek minden egyes információ-beszerezési szalon folyó eseményt külön vizsgálniuk és elemezniük kell, legalább az alábbi kockázati szempontok alapján:

- Mennyire objektív/célzott a Bizottság által feltett kérdés és a felhasznált adatok, információk?
- Melyek az iparági érdekeltek várható válaszai és azokból milyen következtetéseket vonhat le a Bizottság?
- Befolyásolható-e (hogyan, mennyire) a Bizottság állásfoglalásának kialakulása?
- Milyen hatással bír az ANSP-kre a várható eredmény?
- Önállóan vagy együttműködésben célszerű-e a kommunikációs stratégiát kialakítani?
- Mennyire lesz hatásos az állami szintű (tulajdonosi) érdekképviselő?
- Várható-e érdekellentét az állami, az ANSP és más érdekképviselői álláspontok között?



1. ábra Az Európai Bizottság reformintézkedéseinek információs forrásai (forrás: A Szerző)

Az ANSP-knek – az iparági pozicionáláshoz szükséges stratégiai döntéseik meghozatalához – nem csak a több szalon futó uniós folyamatok alakulását és azok ok-okozati összefüggéseit és hatásait, hanem a liberalizációval kapcsolatban megfogalmazott (vagy vélt) szándékok, a technológiai fejlettség és szabad kapacitások szerint beazonosított versenytársak magatartását is figyelniük és elemezniük kell. A hatékonyság érdekében a kockázatelemzéseket proaktív és reaktív módon kell alkalmazni [1].

A kockázatmenedzsment általános megközelítése

A kockázatmenedzsment tervezése során a tervező megbeszéléseken elhangzottak összegzésével kockázatmenedzsment tervet javasolt készíteni. A kockázatok beazonosításához a fellelhető dokumentumokon és információkon túl naprakész információs adatbázist kell létrehozni, amelyek tartalma alapján előfeltevéseken keresztül és diagram technikák (pl. ok-okozati gráfok,

folyamatábrák) alkalmazásával lehet beazonosítani a kockázatokat, és kockázat előrejelzőket (szemaforokat) felállítani.

A proaktív módszer keretében, kvalitatív kockázatelemzésekkel lehet egyes kockázatok bekövetkezésének valószínűségét és annak hatásait elemezni. Ezáltal a kockázatok rangsorolhatók, prioritizálhatók, a felvázolt alternatívák pedig az „optimista”, „legvalószínűbb”, „pesszimista” forgatókönyvek szerint csoportosíthatók, és érzékenységi-elemzéssel, döntési fa elemzéssel, illetve szimulációkkal tesztelhetők.

Az így beazonosított és kiértékelt kockázatok kezelése keretében az adott kockázat elkerülésére vagy megszüntetésére, esetleg a bekövetkező hatások csökkentésére lehet korai döntéseket hozni, ellenmechanizmusokat aktiválni. Ez utóbbival kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy a meghozott stratégiai szintű döntések és annak nemzetközi képviselője hosszabb távra befolyásolják az adott ANSP pozícióját és viszonyát az iparági környezetben, ezért a stratégiai elemzést és döntés-előkészítést a külkapcsolati szakdiplomáciai tevékenységgel (információ-szerzés és álláspont-képviselő) összehangoltan kell végrehajtani.

PÉNZÜGYI-GAZDASÁGI ÉS PIACELEMZÉSEK

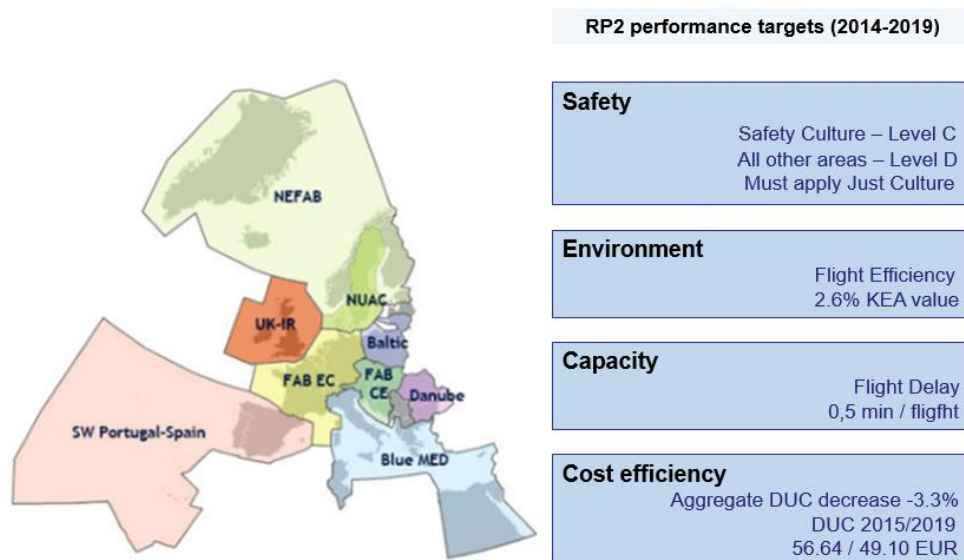
Az európai léginavigációs szolgáltatásért (útvonali- és repülőtéri navigációs szolgáltatás) a légtér felhasználóinak díjat kell fizetniük az ANSP-k irányába, az eljárás és a számítás szabályait uniós jogszabály rögzíti. Általános szakmai álláspont szerint az ANSP-khez köthető légitársasági kiadások kb. 4-8%-át teszik ki az éves költségvetésnek – ez a számadat a légi járatok legjelentősebb személyi-, vagy üzemanyag költségeihez képest elenyésző mértékűnek tekinthető.

A szolgáltatási díj mértékét szemlélteti az a példa is, miszerint az európai piac egyik legjelentősebb szereplője, a Ryanair légitársaság ez év októberében bejelentette, hogy a Brexit következtében kialakult angol font árfolyamesése miatt a 2016. év várható profitja az előzetes számításokhoz képest 12% helyett csak 7% körül alakul (~1,3mrdEUR) [2]. Ennek tükrében a Bizottság azon szándékáról, hogy az ANSP-k az ún. RP2 referencia-periódus időszakában (2014-ről 2019-ig) évente 3,3%-kal csökkentsék az útvonal-irányítási egységköltségeket, elmondható, hogy koránt sem fogja beváltani a Bizottság és egyes iparági szereplők azon szándékát, hogy az ANSP-k költségeinek csökkentésével az utasok jegy árai is alacsonyabbak legyenek, a légiközlekedés pedig hatékonyabbá, elérhetőbbé váljon [3].

Az uniós jogszabályi követelményeken alapuló ún. 2. referencia-periódusban (RP2) a nemzeteknek és léginavigációs szolgáltatóknak szigorú szabályok között, átlátható módon és következetes tervezéssel kellett felkészülniük a 2015–2019 közötti időszakban való működésre. Az RP2 négy területen határoz meg teljesítménycélokat, amelyeket tagállami szinten, illetve a szintén jogszabályi kötelezettség alapján formálódott ún. funkcionális légtérblokkban (FAB-okban) kell teljesíteni.

Európa térségét lefedő kilenc FAB létrehozásával és a közös célérték-teljesítési elvárásokkal a Bizottság az európai légtér töredezettségét és a pán-európai légiforgalmi hálózat hatékonyságának növelését célozza (országhatároktól mentes léginavigációs környezet, amelyben a feladatok teljesítmény alapúak, és amelyet a résztvevők egyes funkciók integrálásával vagy optimalizálásával kell elérniük).

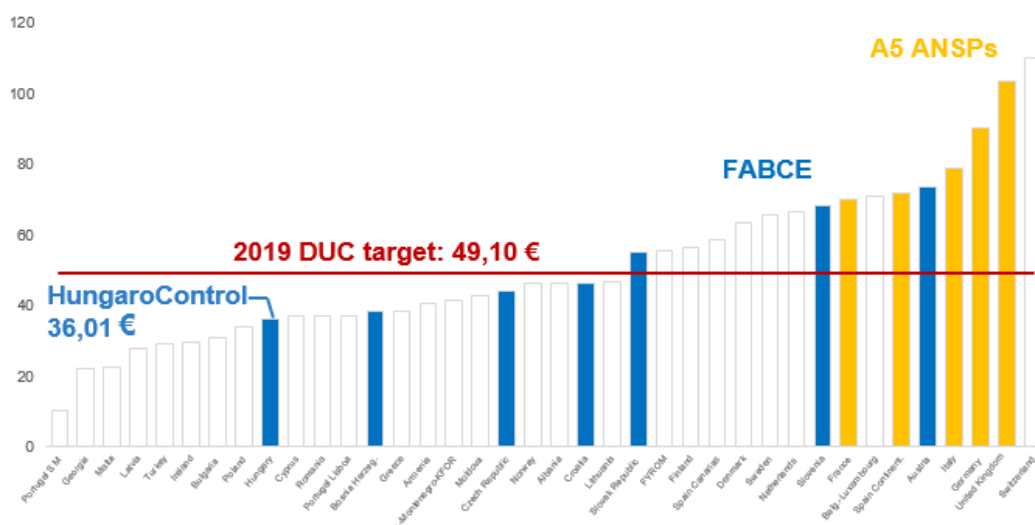
A FAB szinten megalkotott és a Bizottság részére felterjesztett RP2 teljesítménytervek alapján kell négy területen (kapacitás, költséghatékonyság, repülésbiztonság, környezet) bizonyos EU-s célértékeket teljesíteni nemzeti vagy FAB szinten (2. ábra).



2.ábra FAB-ok és az RP2 tervidőszak EU-s célértékei (forrás: A Szerző)

A teljesítménytervekkel kapcsolatban kiemelendő, hogy különösen a nagyobb államokat és költségesebb szolgáltatóikat is magába foglaló FAB-ok hatékonysági célkitűzéseit tartalmazó dokumentumokat a Bizottság még mindig nem fogadta el, mivel a Bizottság szerint a felek nem tesznek meg mindent a hatékonyság és a liberalizáció érdekében.

Ennek ellenére az érintett államok (pl. Németország, Franciaország) és a légtérblokkok bármilyen szankció ellenére folytatják napi szintű tevékenységüket – ezzel természetesen nem akadályozzák az európai légiközlekedés folyamatosságát, azonban felveti a kérdését annak, hogy a referenciaperiódus elején jól teljesítő szolgáltatóknak vajon miért is kell a célértékek elérését követően is ugyanazon költség-megtakarítási magatartást gyakorolniuk, mint a céloktól elmaradó feleknek (3. ábra).

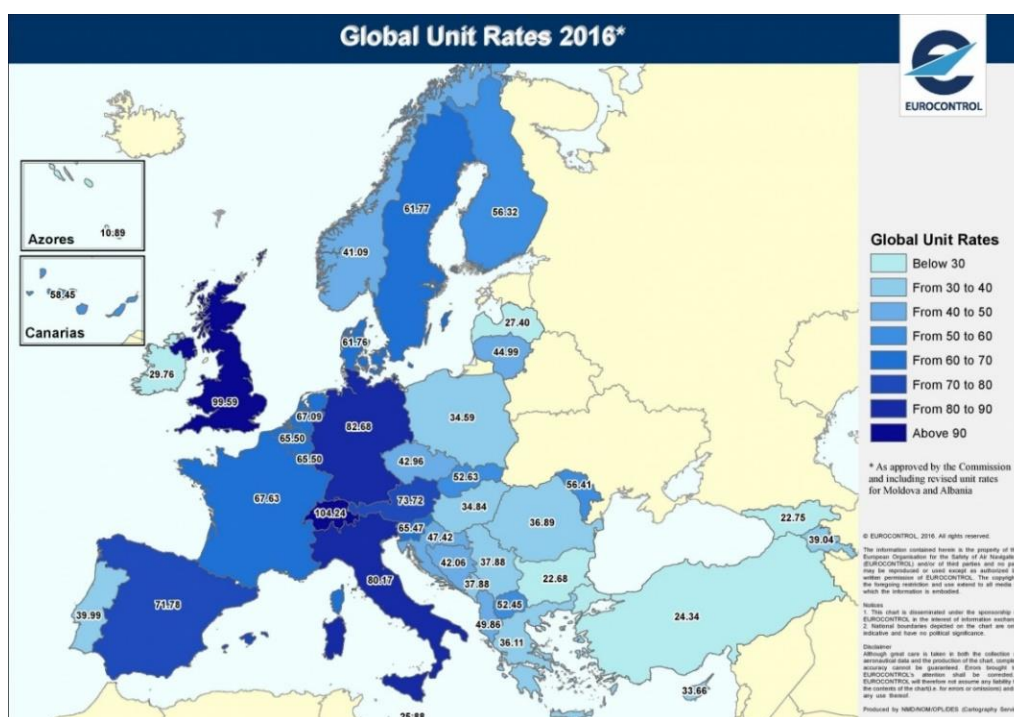


3.ábra Útvonal-egységdíjak viszonya az RP3 célértékhez képest (forrás: HungaroControl)

A hazánk és további partnere részvételével működő közép-európai funkcionális légtérblokk (FAB CE) teljesítménytervében rögzített célértékek már jóváhagyásra kerültek, különösen mert a meghatározott célok többségében már most teljesítésre kerültek.

A célértékek korai teljesítése (melynek egyik példája a 3. ábrán is szemléltetett nemzeti útvonal-használati egységdíjak alakulása) azonban értelmezhető egyfajta versenyhátránynak is, hiszen a fent említett kötelező csökkentési/teljesítési trendet elvileg akkor is tartania kell a feleknek, ha már elérték vagy pozitív értelemben meghaladták a célértékeket (ez tehát különösen az útvonal-egységköltések éves 3,3%-os csökkentésére értendő).

A léginavigációs szolgáltatók teljesítményrendszerben elérendő kötelezettségeit, illetve az útvonal-irányítási egységköltések számítási eljárásait és díjait a *léginavigációs szolgáltatók és a hálózati funkciók teljesítményrendszerének létrehozásáról* szóló 390/2013/EU bizottsági végrehajtási rendelete, illetve a *léginavigációs szolgáltatók közös díjszámítási rendszerének létrehozásáról* szóló 391/2013/EU bizottsági végrehajtási rendelet szerint határozzák meg, amelynek alapja az adott évre tervezett kiadások és a várható forgalom (mint bevétel) viszonya.



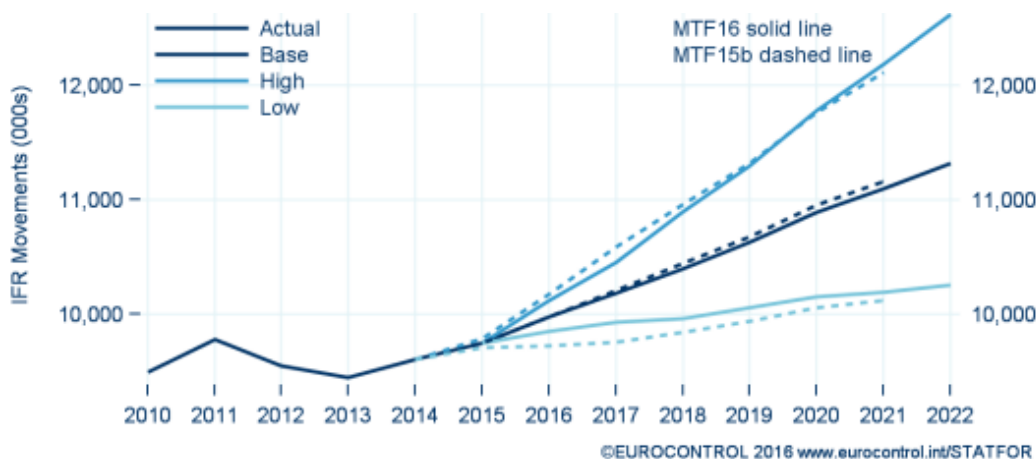
4.ábra 2016. évi útvonal egységdíjak az EUROCONTROL tagországaiban (forrás: EUROCONTROL)

Az ANSP-k azonban a helyi sajátosságok, szervezeti és infrastrukturális környezetük összessége és a kezelt forgalom alapján jelentősen eltérő egységdíjakat határoznak meg, így gyakorlatilag Európa nyugati térsége jóval magasabb összegért nyújtja ugyanazt a szolgáltatást, mint a közép- és kelet európai ANSP-k. Ez a divergens környezet a Bizottságot gazdasági szempontból az iparági liberalizációra és egyben az ANSP-k közötti versengésre ösztönzi, holott az állami közfeladat ellátását biztosító nemzeti monopóliumok versenye nehezen értelmezhető, mint ahogy pl. egy azonos feladatkört ellátó madridi és egy szegedi kórház vagy rendőrség közötti rivalizálás lehetősége is. A Bizottság e következtetése azért sem állja meg a helyét, mert a piacnyitással és a konszolidációval a nagy árbevétellel működő tőkeerős, de egyben drága ANSP-k helyzetelőnybe kerülnének a kisebb és olcsóbb szolgáltatókkal szemben.

Az ANSP-k a többnyire jogszabályi kötelezettségen, iparági technológiai fejlődési irányokon vagy vállalatfejlesztési koncepciók megvalósításán alapuló üzleti tervek szerint határozzák meg működési költségeiket és tervezett kiadásait.

A várható forgalom és az abból származó bevétel számítása viszont jól nehezebb feladat, hiszen az európai légiforgalom számos tényező hatására jelentősen érzékeny (időjárási jelenségek, szélviszonyok, sztrájk, aktív vulkáni tevékenység, műszaki meghibásodásra, vagy humán erőforrás okokra visszavezethető ANSP kapacitáscsökkenés, aktív katonai légtérhasználat, stb.), így a várható forgalom prognosztizálása számos olyan kockázatot rejt magában, amelyek kezelésére az ANSP-k jóval lassabban tudnak reagálni, mint pl. a légitársaságok, amelyek jóval adaptívabbak és képesek az új piaci helyzetnek megfelelő körülményekhez alakítani üzemeltetési körülményeiket (természetesen ide nem értve a *vis-major* helyzeteket).

A forgalmi előrejelzés kockázatainak csökkentését kezelendő, a legtöbb iparági szereplő az EUROCONTROL hétéves forgalmi előrejelzését alkalmazza, amely az egyes térségek gazdasági fejlődését, GDP alakulását, turisztikai trendjeit és geopolitikai aspektusait is igyekszik figyelembe venni. [4]



5. ábra Hosszú távú európai forgalmi előrejelzés (EUROCONTROL)

A forgalmi körülmények jelentős növekedésének kialakulását szemléltetik a hazai környezetben bekövetkezett változások is, melynek mértékét és a jelenség fennállásának időtartamát, illetve kockázatait előzetesen nem lehetett felmérni. Az Ukrajna és Oroszország közötti események hatására közel 20%-kal nőtt a magyar légtér forgalma, amely a HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. (HungaroControl) kapacitásainak maximális kihasználását és időszakonkénti túlterhelését eredményezi. [5] A megnövekedett forgalom három eseményből eredeztethető:

1. A Krím-félsziget elcsatolása után az ICAO⁷ és az EASA által kiadott ún. "Safety warning" következtében napi kb. 100 járattal nőtt a Magyarországon áthaladó járatok száma;
2. A maláj légitársaság tragikus katasztrófáját (lelövését) követően újabb, napi 150 járattal terhelődött a hazai légtér terheltsége;
3. Az ukrán hatóságok döntését követően (amellyel kitiltották légtérükből az orosz légitársaságokat) olyan járatok jelentek meg nálunk, amelyek Ukrajna kerülésével és ezáltal rajtunk keresztül tudják elérni desztinációikat (pl. Moszkva-Kisinyov). Ezek száma az idén különösen sok volt, mert a törökországi események (kitiltás, terrorista cselekmények) után sok utas és légitársaság inkább a bolgár tengerpartot választotta – ezeknek a járatoknak szintén nem rajtunk keresztül vezet a legrövidebb útvonaluk.

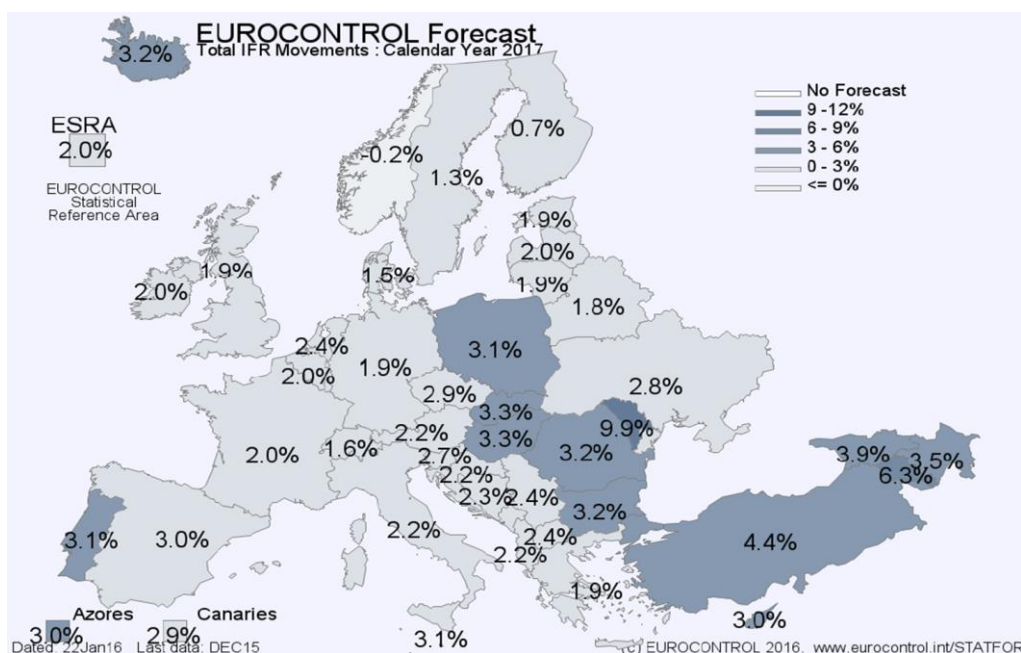
⁷ International Civil Aviation Organization

A fenti tényezők hatására tehát napi szinten kb. 250–300 olyan légi jármű használja a magyar légteret, amelyek számára nem ez lenne a természetes útvonal. A HungaroControl által nem tervezett forgalom-növekedés nem csak áramlás-szervezési problémákat és az állomány huzamosabb idejű túlterheltségét, de Magyarország által az uniós követelményeken alapuló ún. RP2 referencia periódusban vállalt (késési és kapacitási) célértékek teljesítésének elmaradását is eredményezi.

A szignifikáns változások előzetes számítása, illetve az RP2 időszakra meghatározott uniós előírásoknak megfelelően az eltérésekből adódó forgalmi kockázatok kezelése az ANSP-k részére komoly nehézségeket jelent – különösen az olyan térségekben, ahol a politikai körülmények miatti forgalmi átrendeződés negatív hatásait lehet érzékelni (pl. Ukrajna, Lengyelország, Baltikum stb.). Ezen térségekben a magyar korrekciós intézkedésektől eltérő beavatkozásokat kell eszközölni.

Mivel a léginavigációs szolgáltatóknak csekély ráhatásuk van a teljes európai légiforgalmi hálózatban gyakorolt fogalom alakulására, az RP2 referencia időszakban (2014–2019) alkalmazott eljárásrendnek megfelelően a tagállamok és az ANSP-k a várható és tényleges forgalom különbözetéből adódó bevétel-változást sávos módszerrel kezelik, az alábbiak szerint:

- a forgalom $\pm 2\%$ -os eltéréseinek kockázatát csak az ANSP-k viselik (nyereség/veszteség);
- $\pm 2\text{--}10\%$ közötti eltérés esetén 30/70% a kockázatviselés megoszlása az ANSP-k és a légitársaságok között;
- $\pm 10\%$ feletti forgalmi eltérés kockázatát teljes mértékben a légitársaságok vállalják.



alkalmazási szabályok szerint beindíthatja a korrekciós mechanizmust, amelynek következménye lehet a teljesítmény-terv teljes felülvizsgálata, egyes feladatok prioritásainak módosítása, illetve plusz légiforgalmi irányító állomány képzésének beindítása, amelyek mindegyike hosszabb távon (esetleg a következő referencia periódusokban) váltja ki látható hatását.

A rendszer tökéletlen felépítését támasztja alá az is, hogy az elfogadott teljesítménytervek változtatását maga a Bizottság sem preferálja, mivel az eredeti tervektől való eltérés és újra-tervezés tovább nehezíti a vállalt nemzeti kötelezettségek teljesülésének következetes nyomon követését és a hosszú távú korrekciók, illetve a pán-európai jövőkép alakulásának meghatározását. Mindamellett, a Bizottság törekvéseinek következetességével kapcsolatban kiemelő, hogy egyes tagországok (pl. Németország és Franciaország, amelyek légéterében folyik az európai légiközlekedés jelentős hányada) és funkcionális légtérblokkok teljesítményterve a mai napig nem került jóváhagyásra, és egyelőre nincs is olyan szankció életbe léptetve, amely e folyamatot meggyorsítaná és a teljesítménycélok teljesülésének elmaradását befolyásolná.

A fent említett korrekciós lépések, tehát az át ütemezett beruházások, illetve a légiforgalmi irányító állomány képzése lassú folyamat (utóbbi ~2 év), tehát hatása a jelenségtől számítva lassan érezhető. Ráadásul egy hosszabb intervallumú (5–10 év) forgalom-visszarendezési folyamat esetén jelentős humán erőforrás kapacitás-felesleg keletkezik, amely dominó-effektusként újabb emberi erőforrás problémákat generál.

A 10%-ot meghaladó forgalom-csökkenés szintén a teljesítmény- és az ANSP szintű beruházási tervek újra-tervezését tenné szükségessé. Az ilyen környezetben kialakult, hosszabb ideig fennálló helyzet munkaerő felesleget generál, az elhúzó modernizációs és harmonizációs technológiai fejlesztések pedig az ANSP-k versenyképességének csökkenését és jogszabályi kötelezettségeken alapuló megfelelésségének hiányát vonhatja maga után. A forgalmi változások és inflációs eltérés miatti nehézségek okán esetleg kialakuló pénzügyi nehézségek gazdasági jellegű áthidalására az állami támogatás, vagy hitel felvétele is megoldás lehet.

Az átrendező forgalmi környezetben kialakuló humán erőforrás-különbségeket egyelőre nem lehet európai szinten egységesen kezelni, különösen az irányítók mobilizálása (*ATCO Mobility*) az eltérő nemzeti sajátosságok (pl. adott nemzeti anyanyelv ismerete), szociális szempontok, és az adott irányítói légtérre vonatkozó jártasság folyamatosságának fenntartása és így az érvényes szakszolgálati engedélyek hiánya miatt.

A humán erőforrás-mobilizálás kiváltására megoldás lehet a távoli szolgáltatást biztosító technológiák alkalmazása és a szolgáltatás felelősségének delegálása a szabad kapacitásokkal rendelkező ANSP-k részére. Az adott légtérre nyújtott szolgáltatás felelősségének átadásával megvalósuló (*Airspace Mobility*) környezetben az ún. ATS delegálás minimum szakmai feltételei:

- a szabad irányítói munkahelyi pozíciók és az adott légtérrehoz kapcsolódó információk feldolgozásához szükséges infrastruktúra rendelkezésre állása;
- megfelelő számú és kompetenciájú humán erőforrás rendelkezésre állása és az átvevő ANSP irányító állomány jártasságának fenntarthatósága;
- megfelelő nemzeti jogszabályi háttér és politikai szándék a delegálás átadás-átvételére és a szolgáltatás biztosítására;
- a légtérben szolgáltatást nyújtó új felelős kötelezettségvállalása a nemzeti légtérrelőrzési feladatokkal kapcsolatban (béke és minősített időszakokra vonatkozóan).

A fent vizionált, hosszútávon értelmezhető delegálás az adott ANSP működést befolyásoló szignifikáns stratégiai tényező is lehet, hiszen az adott légtérrészből származó bevétel megosztása, a felelősségi terület ez irányú csökkenése hosszú távon szintén az ANSP infrastrukturális beruházási és erőforrás gazdálkodására is hatást gyakorol. Talán ez a magyarázata annak, hogy az ANSP-k egyelőre korlátozott mértékben és általában az országhatárok közvetlen környezetében alkalmazzák ezt a megoldást kölcsönösségi alapon, holott az európai hálózatmenedzser (EUROCONTROL Network Manager) folyamatosan szorgalmazza a légiforgalmi irányítói szektorok számának csökkentését és az országhatárokon átívelő légterek (CBA⁸-k) kialakítását.

Ugyanezen optimalizált légtérszerkezet és infrastruktúra kialakítását célozza a korábban már említett funkcionális légtérblokk (FAB⁹) koncepció is, amelynek keretében – uniós jogszabályi kötelezettség alapján – az európai országok kilenc blokkba tömörülve kötelesek a léginavigációs szolgáltatást országhatároktól mentes környezetben biztosítani és ezáltal a régiós teljesítményt növelni. Az említett FAB és nemzeti szintű teljesítménytervek is arra ösztönzik az érintett feleket, hogy a repülésbiztonság, a kapacitás, a környezetvédelem, illetve nemzeti szinten a költséghatékonyság érdekében hozzanak intézkedéseket a szolgáltatások és egyes feladatok optimalizálására vagy akár integrálására.

A teljesítménytervezéskor az ANSP-knek – a vázolt forgalmi kockázatok mellett – az inflációs változásokat is kezelniük szükséges, amely szintén befolyásaiktól mentes gazdasági tényező. A tervezéshez különböző költségvetési irányelvek (pl. IMF) álltak rendelkezésre, azonban a modell 2009. évi egységdíjakkal és trendekkel számolt, illetve azzal, hogy a költségek 100%-a inflációfüggő lesz.

A magyar nemzeti teljesítményterv összeállítása során az infláció jelenlegi meglepően alacsony szintjét is különös figyelemmel kell számításba venni, mivel annak értéke feltételezhetően nem tartható a teljes periódus időszaka alatt. Az eltérés természetesen itt is kezelendő, és a keletkezett plusz összeget vissza kell adni a légitársaságoknak – amely jelentős eltérés esetén akár likviditási problémákat is eredményezhet az ANSP-k napi szintű működésében.

A teljesítménytervezési modell további érdekessége az ismertetett bevételi oldali anomáliák mellett, hogy a költség-oldalon történő túltervezésből származó többletet az ANSP-k megtarthatják, azonban ez sem lehet a tervezés alapja: egy költség-alultervezés következményeit az ANSP-k viselik, míg a túltervezés a következő referencia-periódusra gyakorol hatást, amikor a Bizottság feltételezhetően nem fogadná el a költségszintet a tényköltségek viszonylatában.

REPÜLÉSBIZTONSÁGI KOCKÁZATOK

Az EATMN folyamatos és megbízható működésének szükségességét szemléltetik a HungaroControl 2015. évi statisztikai adatai is, mely szerint a hazánk felett átrepülő forgalom és a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér tekintetében 755 418 légi jármű irányítása történt, amely gyakorlatilag 11,63%-kal volt több, mint az azt megelőző évben¹⁰.

⁸ Cross-Border Airspace

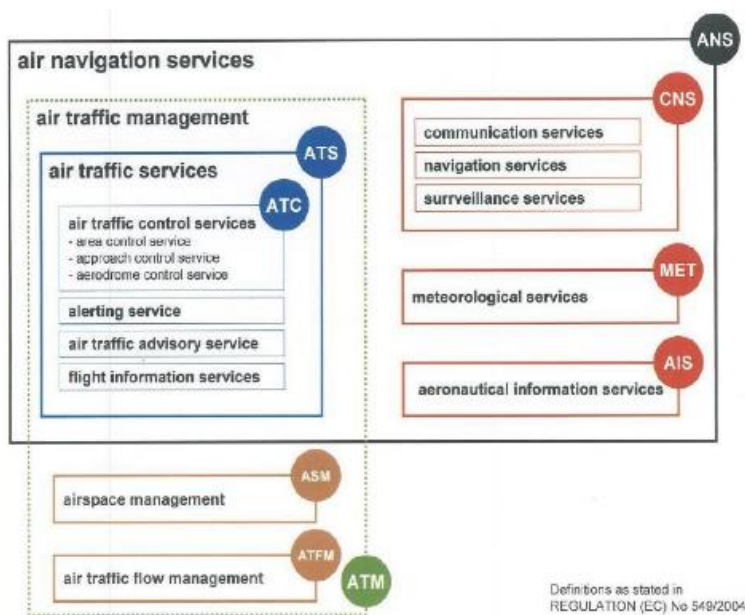
⁹ Functional Airspace Block

¹⁰ 2014-ben az összes mozgásszám 676.710 légi jármű volt

A fenti számokkal alátámasztott légiforgalom biztonságos kezeléséhez olyan komplex környezetet kell kialakítani, ahol minden egyes adat-szolgáltatási területen érvényesül a hiteles adatok előállítása, folyamatos rendelkezésre állása és szünetmentes feldolgozása. A rendszerek meghibásodásából vagy az ANSP személyzet hibájából bekövetkező repülési események esetére (az alábbi ismertetett technológiai túlbiztosítottság mellett) az ANSP-k kötelező általános felelősségbiztosítást is kötnek, de a biztosító kockázatelemzési metodikája nem képezi tárgyát e cikknek.

Mindazonáltal megjegyzendő, hogy az általános felelősségbiztosítási fedezet egyébként kiterjed azokra a károkra, melyek a szolgáltató által szerződéses jogviszonyban nem álló 3. személynek vagy a szolgáltatóval szerződéses kapcsolatban állóknak szerződésen kívül okozott kár és személyi sérüléses nem vagyoni bekövetkezése, amelynek megtérítésére/sérelemdíj megfizetésére a szolgáltató a magyar polgári jog szabályai szerint köteles. Szerződésen kívüli károkra vonatkozó biztosítási fedezet kiterjed a szolgáltató által a vele szerződéses kapcsolatban állók vagyonában a szerződés teljesítése során okozott olyan károkra is, amely nem a szerződéses kötelezettségek megszegése miatt következett be.

Az ANSP-k az információkat biztosító, feldolgozó, továbbító és megjelenítő rendszereket általában a 99,5%-os üzembiztonsági feltétel teljesülésével tervezik, illetve az abszolút (99,99%, ami minimum három lokátor lefedését jelenti) biztosítottság érdekében megfelelő redundanciát, illetve – teljes radar és/vagy rádiókapcsolati üzemkiesés esetére – hatékony munkatechnológiai (kényszerhelyzeti) eljárásokat (*contingency procedures*) alakítanak ki az adatforrás és a feldolgozott adat-megjelenítés közötti hálózat minden elemére vonatkozóan.



7. ábra A léginavigációs és légiforgalom-szervezési szolgáltatások hierarchiája (Forrás: Európai Bizottság)

A légtér-felderítés és kommunikációt is biztosító EATMN rendszerelemek többszörös redundanciával biztosított infrastruktúrájának egyik szemléletes példája a HungaroControl által a kozovói magas légtérben nyújtott távoli légiforgalmi irányítói szolgáltatás, amelyhez a szükséges adatokat – a rendelkezésre álló európai CNS infrastruktúra igénybevételével, térítés ellenében – a szomszédos léginavigációs szolgáltatók biztosítják földi telepítésű nagysebességű telekommunikációs hálózatokon keresztül (8. ábra).



8.ábra A koszovói magaslégtéri irányításhoz szükséges adatkapcsolatok (Forrás: HungaroControl)

Az adott légiforgalmi légtérre vonatkozóan tehát, a repülésbiztonsági kockázatok kezelése érdekében, a légiforgalmi irányítási szolgáltatás folyamatos és biztonságos fenntartásához megfelelő számú és egymást helyettesítő adatforrást (lokátor, rádióállomás), adatkapcsolati csatornát (optikai és rádió hálózatokat) és ATM (adatfeldolgozó) rendszert kell kiépíteni, illetve azokat védelemmel kell ellátni, a kockázatok csökkentése érdekében.

A szakmai és kockázatkezelési¹¹ szempontok szerinti abszolút (99,99%-os) üzembiztonság kialakítása, illetve az alternatív (csökkentett szolgáltatást biztosító) eljárások implementálása, vagy esetleg az infrastruktúra kiépítését felváltó szolgáltatás-vásárlás az adott nemzeti szolgáltató kompetenciája. A hozott döntés természetesen meghatározza az előző fejezetben részletezett teljesítmény-tervek beruházásokra és üzemeltetésre vonatkozó tartalmát, és a vállalat hosszú távú infrastrukturális profilját, célkitűzéseit.

A koszovói környezetben alkalmazott szolgáltatás-vásárlási megoldás akár Európa bármely részén is alkalmazható lehet, hiszen a kontinensen országonként már kiépítésre kerültek az önálló léginavigációs infrastruktúrák, amelyek között bizonyos mértékben fellelhető a redundancia (operatív dupla fedés). A saját infrastruktúra helyetti (vagy azt kiegészítő) megoldások légiközlekedés-védelmi aspektusait is vizsgálni szükséges.

A repülésbiztonsági kockázatok felmérésének követelményeit és eljárásait a HungaroControl is belső szabályozóban rögzíti. A *HungaroControl Zrt. repülésbiztonsági rendszeréről, valamint a repülésbiztonsági teljesítményét befolyásoló változtatások értékelési eljárásairól* szóló 11/2008. (VI.27.) vezérigazgatói utasítás (melyet a hatályba lépése óta több alkalommal is aktualizáltak) a légi-, a vasúti és a víziközlekedési balesetek és egyéb közlekedési események szakmai vizsgálatáról szóló 2005. évi CLXXXIV. törvényben foglalt jogszabályi előírásoknak megfelelően rendelkezik a vállalat integrált repülésbiztonsági és minőségirányítási rendszerének működtetési szabályairól.

¹¹ Az elmúlt 10 év üzemeltetési és karbantartási tapasztalatai

A nemzetközi¹² normákon alapuló belső szabályozó (*Safety Assessment Methodology - SAM*) tételesen meghatározza a HungaroControl tevékenységére vonatkozó, az ATM funkcionális rendszer¹³ működését érintő változtatások repülésbiztonsági kockázat-elemzési és kockázat-csökkentési eljárásainak szabályait. A rendszer tekintetében az alkalmazandó eljárások kiterjednek:

- a szolgáltatásban közreműködőkre vonatkozó emberi tényezőkre (pl. a képzettség, munkavégést befolyásoló (ergonómiai, pszichológiai) tényezők);
- a szolgáltatásokhoz szükséges eljárásokra (légiforgalmi irányítói munkatechnológia, javítási kézikönyvek, műszaki dokumentációk, navigációs eljárások) és
- a szolgáltatások megvalósítása során felhasznált valamennyi eszközre (szoftver és hardver elemek, az épületgépészeti infrastruktúra).

Az előírások értelmében a kockázatok feltárásához, az ATM funkcionális rendszert érintő tartós változtatásokra vonatkozóan Repülésbiztonsági Tanulmányt kell kidolgozni. Az ANSP működése hatékonyságának fenntartása érdekében az ATM funkcionális rendszerét érintő változtatásokra vonatkozó kockázat-elemző és kockázat-csökkentő folyamatokat három (apró¹⁴, közepes¹⁵ és jelentős¹⁶ változtatás) osztályba kell sorolni.

Az elemzés eredményeként meghatározott kockázat négyfokozatú skála alapján lehet:

- enyhe vagy nincs (zöld);
- mérsékelt (sárga);
- nagy (narancssárga);
- kritikus (piros).

A kockázatokat és azokhoz szükséges intézkedéseket a repülésbiztonsági és műszaki szolgáltatók, illetve szükség esetén a berendezés felhasználói határozzák meg, illetve hajtják végre felelős és együttműködői minőségben, a meghatározott lépések (bevezetés, alkalmazás, kivonás célja függvényében), adott ütemezés és határidők szerint. A folyamatot ellenőrzi listával és igazoló nyilatkozatokkal kell dokumentálni. Az eszközölt változtatás bevezetését követően időszakos (heti, havi) figyelemmel kísérést, illetve értékelést és szükség esetén korrekciós lépéseket kell végrehajtani.

A szabályozás természetesen kiterjed az ideiglenes műszaki jellegű változásokra is, amely kategóriájába olyan, nem a HungaroControl rendszerein végzett karbantartások, vagy átmenetileg megváltoztatott műszaki környezet értendő, amelyek esetében behatárolható időn keresztül az ATM rendszer műszaki működési környezete eltérhet a szokványos üzemmenethez tartozó alapállapottól, de a munkák befejeztével a rendszer visszaáll a korábbi állapotába. Az eljárás során:

- meg kell határozni az átmenetileg megváltozott környezetben érintett berendezéseket és rendszereket,
- fel kell mérni a lehetséges következményeket,
- sorra kell venni a változással kapcsolatban esetlegesen fellépő veszélyeket, és végezetül
- meg kell határozni a szóba jöhető kockázatsökkentő lehetőségeket.

¹² ICAO, EUROCONTROL

¹³ ATM, CNS, AIS és MET szolgáltatás előállításával összefüggő három alapelem összessége

¹⁴ pl. eljárási, vagy rendszer elemek pontosítása

¹⁵ pl. eljárások, munkatechnológia vagy alrendszerek megváltoztatása

¹⁶ pl. új működési környezet kialakítása, új kifejlesztett eljárások, eddig nem alkalmazott munkatechnológia vagy ATM rendszerek bevezetése, vagy a meglévők teljes cseréje, megváltoztatása

A kockázatok minimalizálása érdekében olyan ütemtervet kell készíteni, amely rögzíti az elvégzendő lépéseket, határidőket és az egyes feladatok felelőseit, illetve a folyamatot lezáró repülésbiztonsági tanulmányban értékelni kell a lezajlott folyamatot és igazoltan alá kell támasztani azt az elvárást, hogy a berendezés vagy rendszer a munkák elvégzése után valóban a normális, a változás előtti állapot szerinti működésre állt vissza.

A fent leírt repülésbiztonsági eljárások már a tervezési szakaszban minőségi kritériumokat (*Qualitative Objectives*) határoznak meg, amelyek szerint a kockázatok értéke súlyosságukat tekintve lehet *jelentős*, *komoly*, *súlyos*, *baleseti*, míg gyakoriságát vonatkozásában pedig *rendkívül ritka* (180+ év), *ritka* (18–180 év), *alkalmankénti* (1,8–18 év), *valószínű* (0,2–1,8 év) vagy *gyakori* (0,02–0,2 év). A tervezésnél mennyiségi kritériumokat (*Quantitative Objectives*) is meg kell határozni a veszélyek hatásainak felmérésére (gyakoriság-súlyosság relációban).

Az eljárások kiterjednek a változások elfogadhatóságának vizsgálatára, aminek keretében a minőségi és mennyiségi kritériumok teljesülését az értékelési folyamat részét képező tényadat-összehasonlítással kell kimutatni (szöveges, grafikus, táblázatos formában minőségi értékelési vagy számadatok alapján).

A repülésbiztonsági elemzés, mérés vagy teszt során feltárt kockázatok értékelésének és osztályozásának eredményei szintén meghatározzák a változtatás elfogadhatóságát. A vizsgálat eredményeként a változás tehát lehet *elfogadható*, *kijavításra javasolt*, *kijavítása kötelező* és *újratervezése javasolt*, illetve *újratervezése kötelező* minősítésű. Mindemellett a vezetői döntés meghozatalának támogatásához a tervezett változtatás lehet *elfogadható*, *feltételesen elfogadható*, vagy *nem ajánlott*, *de elfogadható*, illetve *elfogadhatatlan* jellegű.

A minőségi és mennyiségi kritériumok tekintetében az utasításban szintén rögzítésre került, hogy a „*táblázat haladványainak meghatározására az ATM területen nem alakult még ki tudományosan alátámasztott rendszer, mint pl. Heinrich kockázat eloszlási rendszere az ipari tevékenységekre. A táblázat értékei közelítőleg e (2,73) hatványai arányának megfelelően változnak és az adott veszély/kockázatkategória legmagasabb előfordulási darabszámát jelentik, az EUROCONTROL ajánlása a 10 hatványai szerinti haladvány alkalmazása, de a HungaroControl Zrt. munkatársai az emberi tényezősz rendszerek vonatkozásában a természetes alapú haladványt vélték a valóságos gyakorlathoz közelebb állónak. Ez az elképzelés azonban nem jelenti az abszolút változtathatlanságot, ezért a táblázat értékeit rendszeresen felülvizsgálják majd a HC tapasztalatait összehasonlítják a nemzetközi tudományos módszerek eredményeivel, és szükség szerint kiigazítják.*”

A HungaroControl repülésbiztonsági elemzéseikhez az utasításban szereplő alábbi táblázatok is alkalmazandók:

Az adott veszély hatásterülete	A veszélyek hatásának súlyossági osztályai				
	E (5) nincsen	C (4) jelentős	B (3) komoly	A (2) súlyos	AA (1) baleseti
Általános		Számottevően nem csökkenti a rendszer biztonságát (lásd alább!):	Az alábbiak szerint meghatározott mértékig csökkenti a rendszer képességeit:	Az alábbiak szerint meghatározott mértékig csökkenti a rendszer képességeit:	Az események/rendszer kezelhetetlenség/irányíthatatlanok légijárművek ütközése egymással, tereppel, vagy egyéb akadállyal
Légiforgalmi szolgálatok	Az ATC munkaterhelésének enyhe növekedése.	Az ATC kapacitás enyhe mértékű csökkenése vagy jelentős ATC munkaterhelés növekedése	Jelentős csökkenés az elkülönítésben illetve az ATC kapacitásában	Az ATC kapacitás teljes kiesése, súlyos működési hibából eredő elkülönítés csökkenés	Nincsen a balesetet meggátolni képes független mechanizmus, mint, ATC és/vagy fedélzeti felderítés, eljárások (az események túljutnak a Safety Neten)
Légiközlekedők	Nincs hatása a hajózó személyzetre, Nincs hatással a biztonságra, Kényelmetlenség.	A munkaterhelés enyhe növekedése, A biztonsági határok enyhe mértékű csökkenése, Kisebb megbetegedés, környezeti vagy rendszerben okozott kár, Az érintettek kisebb mértékű fizikai kellemetlenségei.	A repülőszemélyzet munkaterhelésének jelentős mértékű növekedése, A biztonsági határok jelentős mértékű csökkenése, Nagyobb megbetegedés, sérülés, környezeti vagy rendszerben okozott kár Az érintettek fizikai veszélyben vannak.	A biztonsági határok nagy mértékű csökkenése Kisebb számú súlyos sérülés vagy halálest, Fizikai veszélyhelyzet, a repülőszemélyzet túlterhelése	Légijárművek megsemmisülése, halálos áldozatok, súlyos sérülések

1.táblázat Veszélyek hatásterület szerinti osztályozása¹⁷

	LHBP FIR ATM rendszer**				ATC működésben***	
	számszaki	minőségi		Számszaki értékek	Minőségi értékek	
		Egyedi rendszer elem	Teljes szolgáltatás		szektor	Teljes ATC rendszer
Gyakori	$E \geq 5 \cdot 10^9 \text{ eset/év}$, azaz többször, mint 2 havonta 1 szer.	Várhatóan többször, mint 2 havonta egyszer előfordul fordul elő a részegység élettartama alatt.	A rendszer élettartama alatt folyamatosan tapasztalható.		Várhatóan 2 hetente több mint egyszer előfordul.	Várhatóan többször fordul elő, mint 1-2 naponta
Valószínű	$5 \cdot 10^7 \text{ eset/év} > E \geq 5,56 \cdot 10^4 \text{ eset/év}$, azaz 1,8 évnél sűrűbben, de nem gyakrabban, mint 2 hónaponként 1 szer.	Várhatóan 1,8 évnél sűrűbben, de nem gyakrabban, mint 2 hónaponként fordul elő a részegység élettartama alatt.	Gyakran fordul elő a rendszer élettartama alatt.	$E \text{ minőségi/1 eset/év} \geq 2 \cdot 10^6$, azaz 2 000 000 műveletből legalább 1	Várhatóan havonta 1-2-szer előfordul.	Várhatóan havonta többször előfordul.
Alkalmanként	$5,56 \cdot 10^4 \text{ eset/év} > E \geq 5,56 \cdot 10^2 \text{ eset/év}$, azaz 18 évnél gyakrabban, de nem sűrűbben, mint 1,8 évente 1szer	A részegység élettartama alatt várhatóan négyszer előfordul, nem sűrűbben, mint 1,8 évente egyszer.	Várhatóan nagy számban előfordul a rendszer élettartama során.	$2,00 \cdot 10^5 < E \geq 1,8 \cdot 10^4$, azaz 2 millió műveletnél ritkábban, de 18 millió műveletből legalább egyszer	Várhatóan 2 évente egyszer fordul elő.	Várhatóan néhány havonta előfordul.
Ritka	$5,56 \cdot 10^2 \text{ eset/év} > E \geq 5,49 \cdot 10^{-3} \text{ eset/év}$, azaz nem sűrűbben, mint 18 évenként, de gyakrabban, mint 182 évenként	Nem valószínű, hogy a részegység élettartama alatt előfordul, de 18 év, vagy ritkábban egyszer előfordulhat.	Várhatóan több esetben előfordul a rendszer élettartama során.	$1,8 \cdot 10^3 > E \geq 1,82 \cdot 10^2$, azaz 18 millió műveletnél ritkábban, de 1,82 milliárd műveletből legalább egyszer	Várhatóan 18 évenként egyszer előfordul.	Várhatóan nem sűrűbben, mint 2 évenként egyszer előfordul.
Rendkívül ritka	$E < 5,49 \cdot 10^{-3} \text{ eset/év}$, azaz 182 évenként legfeljebb 1	Annymira valószínűtlen, hogy feltételezhetően nem fog előfordulni a részegység élettartama alatt. 182 évnél ritkábban következik be.	Nem valószínű, hogy előfordul a rendszer élettartama során, de lehetséges.	$E < 1,82 \cdot 10^2$, azaz több mint 1,82 milliárd műveletből legfeljebb 1	Várhatóan kevesebb, mint egyszer fordul elő 182 évenként.	Várhatóan kevesebb, mint egyszer fordul elő 18 évenként.

2.táblázat Valószínűség/előfordulási gyakoriság "E" osztályai¹⁸

LÉGIKÖZLEKEDÉS- ÉS KRITIKUS INFRASTRUKTÚRA VÉDELMI KOCKÁZATOK ÉS ELEMZÉSEK

Az érzékeny európai légiforgalom a nemzetközi politikai és gazdasági körülmények hatásaira gyorsan reagál – ennek egyik szemléletes példája a 2014 júliusa óta zajló az ukrainai és szíriai események, aminek okán a konfliktus-övezeteket elkerülő nemzetközi légi forgalom hazánk irányába terelődött [6].

„A biztonság, (így a légiközlekedés is!) a társadalmi, gazdasági elvárásoknak megfelelően mindig a teljes rendszer komplex, azaz valamennyi együttműködő elemének vizsgálatával értékelhető. Így, a légiközlekedés is csak akkor tekinthető biztonságosnak, ha annak összes együttműködő eleme folyamatosan, az elvárt megbízhatósági szinten funkcionál.” [7]

¹⁷ a táblázat értékeinek meghatározásához az EU szabályozás, az ESARR4 és egyéb ANSP-k által alkalmazott definíciók szolgáltak

¹⁸ ahol E (event) az előfordulás esélye a rendszer üzemelési idejét vizsgálva (**), illetve a rendszer teljesítményéhez viszonyítva (éves teljesítmény 107 számú művelet, 106 számú repülés) konvenció: 1év= 10 000 óra 1 hónap = 1000 óra (***)

A légi forgalommal összefüggő kockázatok között említendő a migráció és a turizmus, aminek okán a közegészségügyi vészhelyzetek megelőzése (beleértve a CBRN terrorizmus eseteit is) szintén kiemelt fontosságú. Ennek fontos eleme a helyzetfelismerés, a felderítés és az elhárítás. [8]

Az Európában napi szinten kezelt több mint 26 ezer légi jármű vonatkozásában felért ékelődik az ANSP-k és a légtér ellenőrzéséért felelős katonai szervezetek közötti együttműködés, amelyet az egyes nemzetek légtérének védelme és a NATO országok esetében a szövetségi légtér-ellenőrzési és légtérrendészeti kötelezettségek teljesítése érdekében kell végezni. A légiközlekedés-védelmi kockázatok feltárása és a többnemzeti kooperáció különösen az 2001. szeptember 11-én az USA-ban elkövetett terrorcselekmények okán vált kiemelt jelentőségűvé, hiszen a hazánkban is alkalmazott RENEGADE koncepciónak megfelelően a magyar nemzeti légtérben repülő összes légi jármű magában hordozhatja a terrorista céllal eltérített, fegyverként való használat veszélyét, amely a légtér folyamatos ellenőrzését és a Magyar Honvédség fegyveres légvédelmi készenléti erőinek beavatkozását teszi szükségessé [9].

Az ATM rendszerek működéséhez elengedhetetlen hálózatok esetében napjainkra a kiberbiztonság (Cyber Security) kérdése is kiemelt téma lett a légiközlekedési iparágban [10][11][12].

A határozott uniós fellépés szándékát mutatja, hogy az Európai Bizottság 2014-ben felkérte az európai légiközlekedési hatósági feladatok ellátásával megbízott EASA szervezetet egy „*Aviation Centre of Excellence on Cyber Security*” központ létrehozására, illetve annak meghatározására, hogy mely (szakma)politikai testület foglalkozzon a témára vonatkozó páneurópai jogszabály megalkotásával. A kialakuló jogszabályi és intézményi struktúrában olyan intézményt is létre kell majd hozni, amely a nem uniós európai országokban is befolyással bírhat és egységesen kezelheti Európában az ATM rendszerek védelmének ügyét és az esetleges támadások kockázatait.

Mivel a polgári CNS eszközök az állami célú légiközlekedést is kiszolgálják, és a NATO országok esetében részét képezik a NATO integrált légvédelmi rendszerének, az ATM és CNS infrastruktúra kialakítása és védelme a békeidejű és minősített időszakos légtér-ellenőrzési és légtérrendészeti kötelezettségek maradéktalan teljesítésével is szoros összefüggésben van. A HungaroControl ez irányú feladatait számos jogszabály rögzíti.

Az iparágban tervezett távoli vagy központosított szolgáltatások megjelenése eredményeként az információk feldolgozása, korrelálása és megjelenítése nem feltétlenül történhet majd azonos helyszínen. A már említett koszovói magaslégtéri irányítási megoldás megmutatta a lehetőségét annak, hogy a nagy távolságból érkező információk feldolgozása és megjelenítése történhet az eddig alkalmazott nemzeti és földrajzi korlátoktól függetlenül.

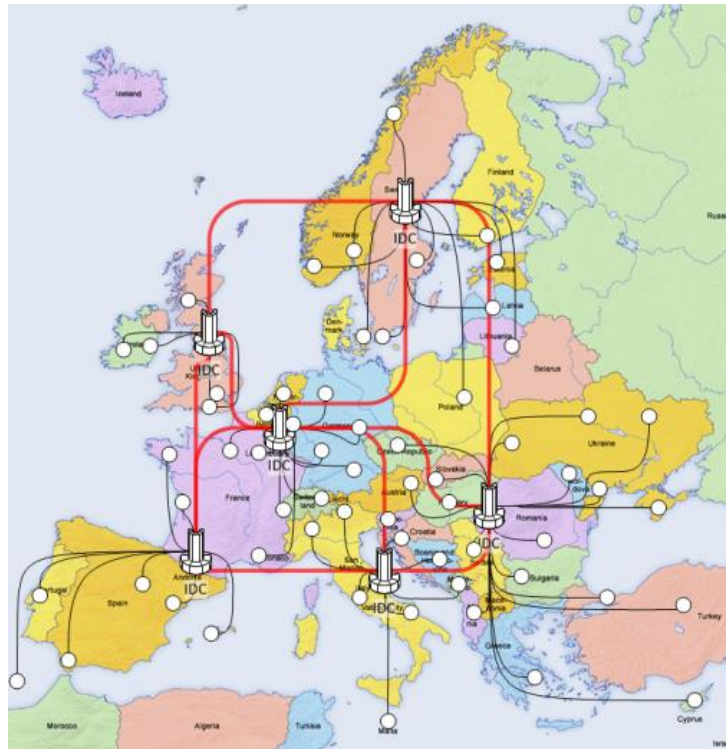
Az adatgenerálás, jelfeldolgozás és felhasználás földrajzi elkülönülése lehetőségeinek demonstrálja a szlovén ANSP és az EUROCONTROL MUAC¹⁹ 2015-ben közösen indított hároméves időtartamú projektje is. Az ADaaS („*ATM Data as a Service*”, melyet az Európai Unió a közlekedési projekteket támogató CEF alapból 2,45 m EUR összeggel támogat) a szlovén forrású légiforgalom-szervezési adatok továbbításra kerülnek a MUAC hollandiai központjába, és azok a feldolgozást követően megjelenítésre kerülnek mind a MUAC és a Slovenia Control munkaállomásain [13].

A koszovói és szlovén-holland alkalmazás a gyakorlatban tehát a jelfeldolgozás földrajzi hely-

¹⁹ Maastricht Upper Area Control Centre

ében és elkülönülésében különbözik, de közös pontja, hogy mindegyik megoldás esetében kiemelt figyelmet kell szánni az egyes kritikus infrastruktúra-elemekkel kapcsolatos kockázatok feltárására és az elemek védelmének, helyettesítésének alternatíváira.

A földrajzilag független demonstrációk egy további alternatívája a svájci ANSP (Skyguide) ún. virtuális központ elgondolása, amely szerint a jövőben a politikai korlátokat leküzdő szolgáltatók egyes funkciókat kiszervezett formában, egy virtuális központból (adatbankból) szerzik meg a szolgáltatás ellátásához. [14]



9.ábra A virtuális központ európai megvalósításának modellje [15]

Az információk határon túli gyűjtése, központosított tárolása, feldolgozása és szolgáltatás-alapú biztosítása tehát nem csak a nemzeti léginavigációs (üzleti, beruházási és fejlesztési) tervekre, de a polgári-katonai együttműködésű légtér-felügyeleti kötelezettségekre is hatást gyakorol. A többségében, vagy a kiszervezés/központosítás eredményeként megvalósuló kizárólag külső (nemzetközi) környezetből származó (nyers és feldolgozott) adatok, információk felvetik azon helyzet vizsgálatát, hogy milyen következményekkel bír az adatokat biztosító szerződött féllel bekövetkező politikai-üzleti viszony megromlásának esete (vagy az ott kialakult helyi konfliktus-helyzet), továbbá milyen alternatív megoldások szükségesek az ilyen (egyébként vélhetőleg kis valószínűségű) helyzet gyors és hatékony kezelésére.

Ugyanezen gondolati ív mentén, az egyre inkább felértékelődő *Cyber security* témakör keretében vizsgálatot javasolt indítani annak meghatározására is, hogy a nemzeti szolgáltatásnak egy jogellenes cselekmény következtében történő zavarása vagy üzemkiesése milyen hatásokat és intézkedéseket generál a nemzeti (polgári és katonai) légtérelőrzésben.

A kockázatelemzéseknek így arra a – légtér felhasználók és az uniós jogalkotók által szorgalmazott – változásra is ki kell terjedniük, amikor egy adott nemzeti légtérben a léginavigációs szolgáltatást már nem az eredetileg (jogszályban) kijelölt nemzeti szolgáltató, hanem vala-

mely másik szolgáltató látja el, távoli (*remote*) szolgáltatás formájában. Ez esetekre vonatkozóan különösen fontos a távoli/központosított adatfeldolgozás és adattovábbítás védelmi és biztonsági követelményeinek vizsgálata, meghatározása.

ÖSSZEGZÉS

A léginavigációs és légiforgalmi szolgáltatásban egyre nagyobb jelentőséget kap a rendszerek és az infrastruktúra, illetve a személyi állomány komplex védelme. A dinamikusan fejlődő ATM-CNS környezetben a technológiai lehetőségek már adták a távoli (*remote*) és központosított (*centralised*) légiforgalmi szolgáltatás biztosításához, mert az iparágban alkalmazott többszörös redundanciák és az európai kommunikációs hálózatok kellő biztosítékot nyújtanak az adatok gyors és biztonságos eljuttatásához az információ forrása, az adatfeldolgozó egységek és a felhasználói környezet között. A technológia alkalmazásának elterjedését azonban láthatóan az iparágban jellemző *status quo* szakmapolitikai magatartás lassítja, amelynek eredete, feloldása valószínűleg a dolgozatban vázolt négy elemzési terület részletes vizsgálatával válaszolható meg.

A négy területen végzett kockázat-feltárás, elemzés és a megfelelő (megelőző vagy re/proaktív) intézkedések meghozatala természetesen egymásra is hatást gyakorol: a stratégiai szempontokat a nemzetközi környezet, a jogszabályi kötelezettségek, a versenytárs és piacelemzések eredmények befolyásolják, míg a stratégia alapján tervezett infrastrukturális beruházások és fejlesztések – a nemzeti és FAB szintű teljesítménytervekben alakot öltve – a forgalom alakulásából adódó gazdasági lehetőségek és korlátok függvényében alakulnak, figyelemmel a repülésbiztonsági és légiközlekedés-védelmi kérdések megfelelő szintű kezelésére.

A várhatóan egyre inkább elterjedő *remote* és *centralised* szolgáltatások alapvetően megváltoztatják az ANSP környezetet s ezáltal a szolgáltatók hosszú távú stratégiáját, annak függvényében, hogy a szolgáltatás biztosításában vagy csak megvásárlásában lesznek majd érintettek (önállóan vagy valamilyen érdekcsoport tagjaként). Az új iparági pozíció az üzleti és beruházási tervekben is realizálódik, és meghatározza az új referencia periódusok célértékeinek eléréséhez kitűzött irányokat is. Mindamelllett, az iparági környezetben betöltendő új szolgáltatói státuszban – az üzembiztonság és szolgáltatási minőség fenntartása és növelése érdekében – a beazonosítható repülésbiztonsági, illetve légiközlekedés- és kritikus infrastruktúra védelmi szempontokat kell előzetesen feltárni és menedzselni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Szinergia Kft.: Kockázatmenedzsment. Projektmenedzsment mesterkurzusok II. (2001)
- [2] The Guardian: Ryanair profits to be hit by fall in pound <https://www.theguardian.com/business/2016/oct/18/ryanair-warns-fall-in-pound-will-hit-profits>
- [3] Andrew Charlton: Time to start thinking about ATM liberalization. <https://www.linkedin.com/pulse/time-start-thinking-atm-liberalisation-andrew-charlton>
- [4] Eurocontrol: Seven year-forecast February 2016 <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/official-documents/forecasts/seven-year-flights-service-units-forecast-2016-2022-Feb2016.pdf>
- [5] Hungarocontrol: Havi forgalmi statisztika. Vállalati belső forrás.
- [6] Hungarocontrol: 2015. évi Éves Beszámoló. <http://kozadat.hungarocontrol.hu/download/92d2b31b29c630d88630e79e.pdf>
- [7] [7] Horváth Zsolt Csaba: A légiközlekedés biztonsága. Repüléstudományi Közlemények XXV. évf. 3. szám. http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2013_3/2013-3-04-Horvath_Zsolt_Csaba.pdf

- [8] Berek Tamás – Pellérdi Rezső: ABV (CBRN) kihívásokra adott válaszlépések az EU-ban 2011. Bolyai Szemle XX. évf. 2. szám, ISSN: 1416-1443 http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle2011/2/Berek_Pellerdi.pdf
- [9] Pető István: Gripenekkel a terrorizmus ellen. http://www.zmne.hu/dokisk/hadtud/terror/lekt_Peto_Istvan.pdf
- [10] Frequentis: Cyber Security in ATM. http://www.frequentis.com/fileadmin/content/Brochures/ATM/2014/IKO0016_CANSO-Airspace_p24.pdf
- [11] Eurocontrol: ATM Security. <http://www.eurocontrol.int/articles/atm-security>
- [12] Industry Consultation Body: Regulatory response to ATM cyber security. http://ec.europa.eu/transport/modes/air/single_european_sky/doc/20150910_icb_position_on_regulatory_response_to_atm_cybersecurity.pdf
- [13] Eurocontrol: European Commission funding the development of ‘ATM Data as a Service’ between Slovenia Control and EUROCONTROL. <http://www.eurocontrol.int/press-releases/european-commission-funding-development-atm-data-service-slovenia-control-eurocontrol>
- [14] Air Traffic Management Magazin: SkyGuide’s virtual centre becomes reality <http://www.airtrafficmanagement.net/2014/01/skyguides-virtual-centre-becomes-reality/>
- [15] Thomas Buchanan: The virtual centre model by Skyguide. Global Aviation Cooperation Symposium. ICAO HQ Montreal. 30 Sept – 3 Oct 2014. <http://www.icao.int/Meetings/GACS/Documents/Speaker%20Presentations/Day%202/Session%201/3-Thomas.Buchanan.SKYGUIDE.pdf>

RISK ANALYSIS FEATURES OF THE AIR NAVIGATION INFRASTRUCTURE

Air Navigation Service Providers (ANSPs) establish strategies for their business and technology related developments in order to be ready to adapt new challenges of the dynamically developing air navigation and air traffic management domains. The infrastructure upgrade and maintenance require complex assessments and evaluations that (pre)identify business, safety and security risks and also provide efficient measures, alternative solutions, procedures and redundancy.

Keywords: *ATS delegation, ATM security, remote air navigation services, centralised services, remote air traffic services, risk assessment*

Dr. Palik Máttyás
ezredes, egyetemi docens
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Repülő Intézet
palik.matyas@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-2304-372X

Palik Máttyás, PhD
Colonel, Associate Professor
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Institute of Military Aviation
palik.matyas@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-2304-372X

Somosi Vilmos
FAB program menedzser és polgári-katonai
együtműködési koordinátor
HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt
vilmos.somosi@hungarocontrol.hu
orcid.org 0000-0002-4763-2174

Somosi Vilmos
FAB Program manager and civil-military cooperation coordinator
HungaroControl Hungarian Air Navigation Services
vilmos.somosi@hungarocontrol.hu
orcid.org 0000-0002-4763-2174



Fehér Krisztina, Óvári Gyula

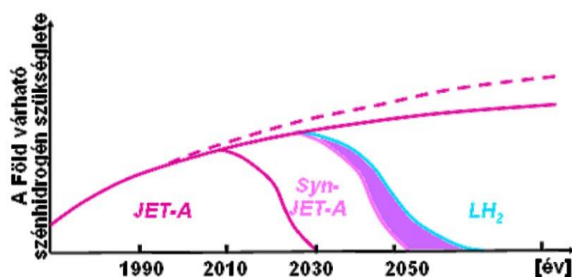
ALTERNATÍV TÜZELŐANYAGOK ALKALMAZÁSÁNAK REALITÁSAI A REPÜLÉSBEN, A XXI. SZÁZAD ELSŐ FELÉBEN

Az elmúlt század '70-es éveitől egyértelművé vált, hogy Földünkön, – a folyamatosan növekvő energiaigények mellett – a fosszilis eredetű energiahordozók kitermelhetősége legkésőbb 2040-től folyamatosan és visszafordíthatatlanul csökken. Ez szükségessé teszi mielőbbi pótlásukat olyan alternatív üzemanyagokkal, melyek alkalmazásakor egyáltalán nem, vagy a jelenleginél lényegesen kisebb mértékben környezetszennyezők. Megállapítható viszont, hogy ipari méretekben, környezetbarát technológiával előállítható ilyenek még jelenleg sem léteznek, ezért keresni kell átmeneti megoldásokat a probléma mielőbbi kezelésére.

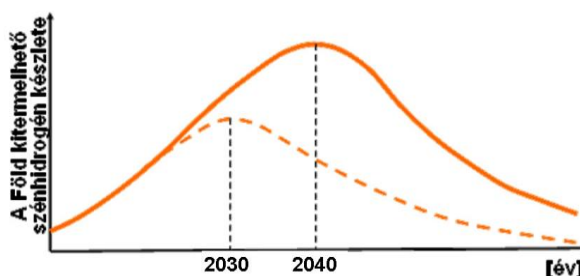
Kulcsszavak: hagyományos repülőgép-üzemanyagok, alternatív üzemanyagok

BEVEZETÉS

A belsőégésű motorokhoz jelenleg használatos üzemanyagok kőolajból származó, szénből és hidrogénből álló, telített, el nem ágazó, kettős kötést nem tartalmazó parafin vegyületek. Amennyiben ebben az el nem ágazó szénláncban a szénatomok a száma 5–12, akkor benzinről, ha az 12–15 között van, akkor petróleumról, vagy kerozinről, míg a 15–20 szénatom szám esetén a dízelolajról beszélünk. A légi járművek belsőégésű hajtóművei szinte kivétel nélkül ilyen, 42 000–44 600 kJ/kg fűtőértékű folyékony tüzelőanyagokkal működnek, a dugattyús motorok (repülő-) benzinnel, a gázturbinás sugárhajtóművek kerozinnal [24][34].



1. ábra Várható repülőgép-üzemanyag igény [32]



2. ábra Kitermelhető nyersolaj mennyiség [32]

Megjegyzés: az ábrán L – liquid (ang.) rövidítés a gáz folyékony (cseppfolyósított) halmaz-állapotát, a szaggatott vonal a pesszimista, a folyamatos az optimista becslést jelzi.

Ezek hagyományos módszerekkel történő, egy évszázada tartó folyamatos, biztonságos és olcsó előállítását, felhasználását radikálisan átértékelte a '70-es évek első energia-árrobbanása. Az ezt követő válság után, a tudományosan megalapozott elemzések egyértelműen jelezték, hogy a műszaki fejlődés és gyarapodó népesség okán folyamatosan növekvő az energiaigény (1. ábra), illetve a Föld véges mennyiségben rendelkezésre álló és kitermelhető folyékony szénhidrogén készletei (2. ábra) csak korlátozott ideig képesek a szükségleteket maradéktalanul kielégíteni.

A várható igények növekedési üteméről és a kitermelhető mennyiség szükség szerű csökkenéséről, évtizedek óta különböző prognózisokat készítenek (az 1–2. ábrákon), melyekben bizonyos időpontokban tapasztalható némi eltérés, a trendek azonban egyáltalán nem vitathatók.

2016-os mértékadó becslések szerint legalább 2030-ig, az OPEC szerint 2040-ig folyamatosan és megbízhatóan rendelkezésre áll szükséges mennyiség [54].

Napjaink valósága és rövidtávú fejlesztési perspektívái

A tüzelőanyagok árának folyamatos, politikai és spekulációs hatásoktól is erőteljesen befolyásolt növekedése, valamint a környezetvédelmi szempontok rohamos előtérbe kerülése a költség-hatékonyságot fokozatosan, – még a katonai repülésben is – elsődleges elvárássá tette. Az, hogy a tüzelőanyag-igény növekedése nem vált lineárisrá (1. ábra), annak is köszönhető, hogy például már a 2. és 3. generációs (közepes hatósugarú, polgári) repülőgépnél is kimutatható a takarékosra való törekvés (korszerűbb, takarékos hajtóművek [turbófan, propfan, FADEC-vezérlés stb.] [40] és sárkányok [szuperkritikus szárny, winglet, pontosan meghatározott aerodinamikai formák és csatlakozások stb.] alkalmazása). Ez az irányzat természetesen napjainkban is változatlan, de az is egyértelmű, hogy végső megnyugtató megoldást megújuló, alternatív energiák alkalmazása jelentheti [32][34].

Ugyanakkor a légi járművek számára gyakorlatban elfogadható gazdaságossággal felhasználható, nagyüzemileg, környezetkímélő technológiával előállítható alternatív energiahordozók tömeges megjelenésére, elterjedésére vélhetően még évtizedekig, a XXI. század utolsó harmadáig kell várni. Döntően azért mert – számos ígéretes ötlet, koncepció, létező fejlesztés ellenére – ilyen jelenleg még nincs is, ennek megfelelően vele működtethető erőgép sincs. Viszont a Föld országai napjainkban még több mint 26 500 darab – különböző korú, köztük számos vadonatúj – hagyományos belsőégésű erőgépekkel meghajtott polgári repülőgépet működtetnek. [54] Ennél nem sokkal kevesebb a katonai légi jármű állomány sem. E meglévő hatalmas repülőeszközpark anyagi értéke számszerűen alig kifejezhető horribilis összeg, így akkor sem lehetne rövid idő alatt félredobni, leselejtezni, ha egyik pillanatról a másikra még is megtalálnák a minden kívánalmat kielégítő alternatív energiát. Túl azon hogy, tetemes időt és anyagiakat igényelne logisztikailag megteremteni az új tüzelőanyag gyártásához, szállításához, tárolásához, feltöltéséhez, leszívásához szükséges infrastruktúrát, szükségessé válna az ezt felhasználni képes új légi járművek és/vagy hajtóművek gyártása is. Ezenkívül - összességében százezres, milliós nagyságrendben – ki/átképezni kell(ene) az új tüzelőanyag, repülőeszközök és/vagy hajtóművek gyártására, üzemeltetésére, e rendszerek működtetésére képes szakembereket. E kérdéskörrel foglalkozó gondos elemzésnek és hatástanulmánynak vizsgálnia kell, hogy egy ilyen esetben a világ minden részén az olajkitermelésben és feldolgozásban foglalkoztatott, ebből élő több milliányi, egyik pillanatról a másikra fölöslegessé váló ember milyen társadalmi feszültségeket okozna.

A jelenlegi piackutatások megalapozott előrejelzései szerint a 2050-es évekre csak az európai légi forgalom várhatóan megháromszorozódik, de világviszonylatban is hasonló növekedés feltelezhető.

A Boeing repülőgépgyártó vállalat átfogó vizsgálatai szerint az 2014–2034 közötti 20 évben világviszonylatban 36 000 repülőgépre lesz igény, ami 5200 milliárd dolláros piacot jelent. Ez korábbi prognózisait is meghaladja 4,2%-kal, mivel becsléseik szerint a vártnál nagyobb kereslet mutatkozik majd a keskenytörzsű légi járművekre. Ennek hátterében az egyre jobban elterjedő diszkont légitársaságok állnak, melyek a gépigénye folyamatosan növekszik. A Boeing

számításai szerint a repülőgépek 70%-a, ~26 000 db keskenytörzsű lesz, emellett a széles-törzsűekre ~8000, a regionális rendeltetésűekre ~3000 rendelés érkezik [26].

A Boeing előrejelzése szerint a legtöbb új repülőgépet a Kínát is magába foglaló ázsia-óceániai térségben adják át, ebben a régióban a következő húsz évben 13 ezer darab állhat forgalomba. Észak-Amerikának és Európában várhatóan 7–7 ezer, a Közel-Keletnek és Dél-Amerikának 3–3 ezer, Afrikának ezer új gépre lehet szüksége [46].

Érdemben nem különbözik ettől az orosz Egyesült Repülőgépgyártó Vállalat (Объединенная авиастроительная корпорация – ОАК) 2017-ben kiadott prognózisa, amely ~41 800 db új repülőgép előállítását tartja szükségesnek 2040-ig – 2017-es áron 5700 milliárd USD piaci értékben. Ennek szerintük ~63%-a 120 utast meghaladó befogadóképességű keskenytörzsű légi jármű lesz [45].

Bár gyakorlatilag valamennyi prognózis hagyományos repülőgépek építésével, felújításával számol, mindegyiknél prioritás az üzemanyag-fogyasztás és a környezetkárosítás érdemi csökkentése. A hadseregnél is markáns programok hivatottak elősegíteni a tüzelőanyag megtakarítást, de esetükben – minden bizonnyal finansiális megfontolásból – érzékelhetően az új konstrukciók mellett, nagy számban megjelenik a régebbi bevált konstrukciók felújítása is. Ebben meghatározó szerepet játszik az USAF, mint azt az alábbiak is igazolják [49].

Például az '50-es évek első felében, rendszerbe állított, 2030–2035-ig hadrendben tartani kívánt B-52-es bombázó repülőgép, 'H' változatának bevezetése, csak az új hajtóművek és digitalizált vezérlésük (FADEC) beépítésének következtében úgy növelte a hatótávolságukat 50%-kal, hogy közben 25 %-kal csökkentek az üzemeltetés közvetlen költségei. Járulékosan pedig 55 db volt csökkenthető a feladatuk ellátáshoz szükséges KC-135R légi utántöltő repülőgéppark állománya, ami önmagában ~6 milliárd USD megtakarítást eredményez a tervezett kivonásukig hátralévő ~20 évben.

Hasonlóan, a naptári üzemidő 2040-ig történő kitolásával, 40 milliárd USD kiadás csökkenést prognosztizáltak a szállító repülőgép állomány másik fontos típusának, a C-5A Galaxy-nek a teljes avionikai, valamint az elavult TF39-GE-1C hajtóművek ($F_{p,max}=191,2$ kN) korszerű, kisebb fogyasztású, gazdaságosabb üzemű, nagyobb tolóerejűre történő cseréje (CF6-80C2, $F_{p,max}=222,4$ kN) következményeként.

Az alapváltozatában 1978-ban rendszerbe állított F-16-os vadászrepülőgép későbbi C változatának Blokk 40-52 szériáiból a 2017-ben elrendelt szerkezeti módosításokkal 300 db. üzemidejét 2048-ig kívánják kitolni.

A Boeing megkezdte az 1962-ben rendszerbe állított, CH-47 nehéz szállító helikopter Block II változat fejlesztését, mely 2023-tól kerülhet az USA Army állományába, illetve exportra. A fejlesztés a hajtásláncra koncentrált, melynek eredményeként nőtt a hasznos terhelhetőség. A hajtóműteret úgy alakították ki, hogy szerkezeti módosítás nélkül beférjen a következő generációs hajtómű is. Módosult a forgószárny-lapátok profilja, valamint a lapátvégek nyílazása is. A gyár 2035-től kívánja a CH-47 Block II gyártás megkezdni. Ennek keretében a gyártott új és ipari felújításon átesett és kibocsájtott helikopterek darabszámát több mint 500-ra tervezik. Hasonló az '50-es évek konstrukciójának, az UH-1 helikopternek a története is, melynek későbbi modifikációi tervek szerint még hosszú évekig repülnek [13].

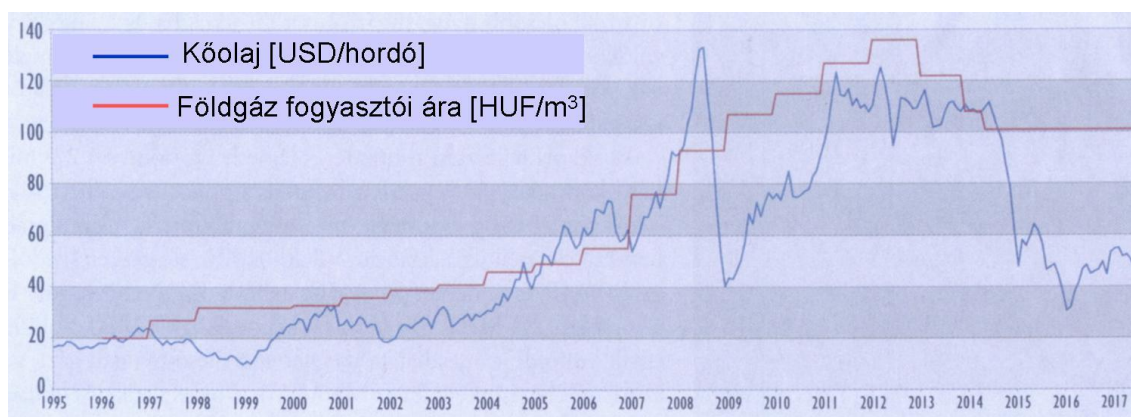
Az 1967-től sorozatban gyártott orosz Mi-8 helikopter MT modifikációját (export neve Mi-17) még napjainkban is gyártják, így vélhetően e modellel is lehet találkozni a XXI. század második felében is [17][34].

A szénhidrogén alapú üzemanyagok árképzési sajátosságai és hatása a kitermelhetőségre

A repülő-üzemanyagok kitermelhető nyersanyag-mennyiségének csökkenése, valamint az iránta mutatózó igény 2030–2040-ig tartó növekedése szükségszerűen áremelkedést kellett eredményezzen. Azonban a rendelkezésre álló nyersolaj-készletek kitermelhetőségének, valamint az irántuk mutatózó igények változási trendjeinek pontos ismerete sem elég, a várható árak alakulásának közel megbízható előrejelzéséhez, mivel a kettő közötti közvetlen korreláció meglehetősen alacsony. Utóbbinak pedig gazdasági, politikai konzekvenciái számos társadalmi nehézséget okozhatnak [32][33][49].

Tapasztalatok szerint az árképzés, a hosszú távú, egyenletes fogyasztás-növekedés alapján prognosztizált trendjeit, időszakosan számottevően módosíthatják különböző, egymásnak is el-
lentmondó hatások:

- az aktuális piaci viszonyok, OPEC kitermelési korlátok és azok betartása, ennek szerves részeként a spekuláció;
- utóbbival szoros összefüggésben a nemzetközi válsággócokban, különösen a közel-keleti olaj-övezetekben vívott helyi háborúk és ezek nyomán katonai szükségletek jelentős növekedése, esetlegesen egyes olajbányászati övezetek termelésből, szállításból történő időleges kiválása, kiiktatása, kitiltása (pl. Irán) és/vagy visszafogadása;
- különösen az ezredfordulót követően, az újonnan viharos ipari, gazdasági fejlődésnek indult ázsiai hatalmak (Kína, India) rohamosan növekvő energia igényei nyomán kibővült a kereslet. Mindezek együttesen, 1–2 év alatt 100–400%-os üzemanyagár ingadozást eredményezhetnek (3. ábra);

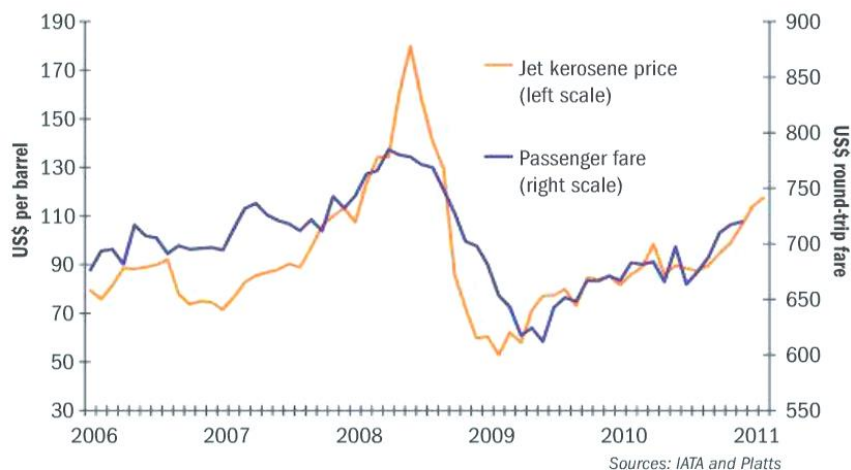


3. ábra Kőolaj és földgáz árváltozása (1995–2017) [Nemzeti Energia Ügynökség, KSH]

- hadseregek, ezen belül is az USA katonai szükségleteinek hatása meghatározóan befolyásolja a repülőgépezemanyag-árakat. A csak repülőgép tüzelőanyagból átlagosan évi 20 milliárd liter beszállítást igénylő, folyamatosan magas harcászaltságú USA hadseregének szükségletei, világviszonylatban is alapvetően befolyásolják az üzemanyag

árakat. Elemzések szerint 1 barrel¹ kőolaj árának 10 USD-os emelkedése a PENTAGON éves kiadásait 600 millió dollárral növeli. Egyebek mellett, a folyamatos közel-keleti katonai jelenlét miatt is - változatlan struktúrában – pl. 2008-ra, napi 10 millió literre növekedett a repülő-tüzelőanyag felhasználás [32][49];

- a repülőgép-tüzelőanyag (kerozin) ára is hasonló, váltakozó üteműen növekedett (4. ábra, baloldali skála USD/hordó), melyet a polgári légit közlekedésben a jegyárak alakulása is követett (4. ábra, jobb oldali skála, USD/menettérti út). Ezt a tendenciát csak a 2008-as gazdasági világválság törte meg, de a rövid idejű drasztikus visszaesést újabb intenzív növekedés követte.

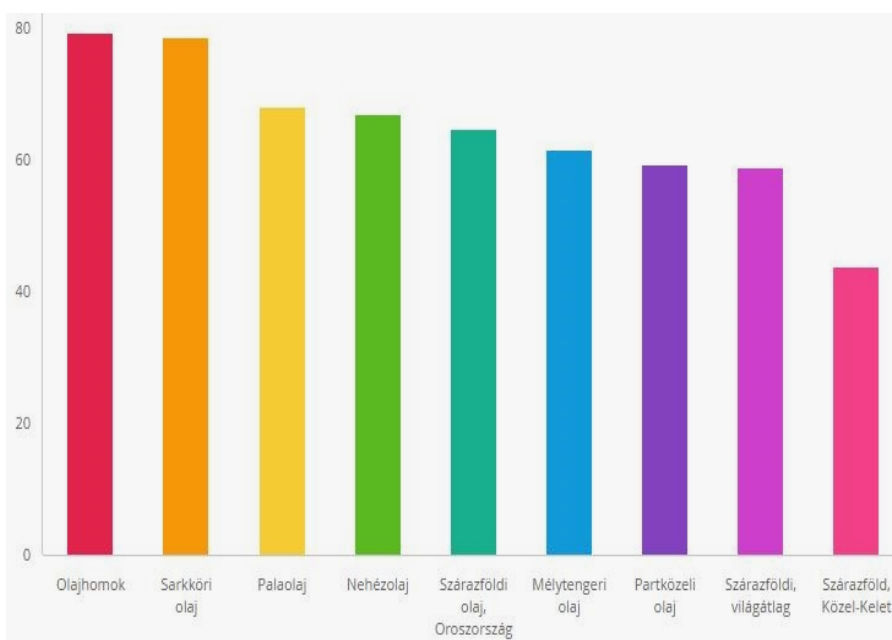


4. ábra Egy barrel kerozin és egy nemzetközi menettérti repülő út átlagos árváltozása [Iata and Platts]

- Ugyanakkor az olajár növekedése járulékosan a nagytömegű kitermelhetőség időtartamát is növeli, végső terminusát kitolhatja, hiszen a tudomány, technika fejlődésével olyan felszínre-hozatali, feldolgozási eljárások válhatnak elfogadottá, gazdaságosan alkalmazhatóvá (5. ábra), melyek 15–20 évvel ezelőtt vagy ismeretlenek voltak, vagy 20–30 USD hordónkénti ár mellett komoly megfontolásra sem érdemesítették.

Sajátos, az előzőekben felsorolt árnövelő hatásokkal szemben, tartós árcsökkenést prognosztizál a Longview Economics meghatározó brit piacutató és elemző cég 2017-es tanulmánya, mely szerint, 6–8 éven belül a nyersolaj ára a jelenlegi 51–57 USD ár ötödére, hordónként 10 USD-ra süllyed [14]. Ez, a 2014-es csaknem 120 USD-ról kezdett zuhanni és már 40 USD közelében is volt az értéke. A tartós csökkenés oka az elektromos autók rohamos, a legtöbb államban pozitív diszkriminációval is támogatott terjedése, párhuzamosan a benzines és dízel meghajtású járművek üzemeltetésének adminisztratív megnehezítésével, illetve számos gazdaságilag meghatározó országban árusításuk 10–25 éven belüli teljes tiltásával. Hasonló következtetésre jutó prognózis orosz nyelvű szakirodalomban is olvasható [53].

¹ Egy standard hordó (barrel) kőolaj 159 liter, amiből annak minőségétől, az alkalmazott technológiától függően (pl. USA-ban) 78 liter benzin és 38 liter gázolaj állítható elő.

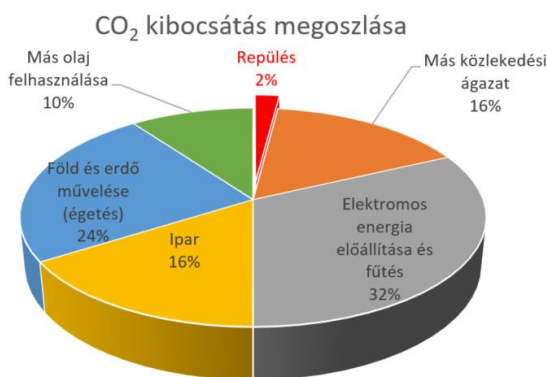


5. ábra A kitermelés megtérüléséhez szükséges hordónkénti ár USD-ban 2015-ben [NatGeo]

Üzemanyag felhasználás környezetkárosító hatásai

A XX. század második felére – a vonatkozó kutatások eredményeként is – ugrásszerűen megerősödött és megkerülhetetlenné vált a környezettudatos szemléletmód. A várakozásokkal ellentétben 2006-ról 2007-re globálisan három százalékkal emelkedett a fölmelegedést okozó széndioxid-kibocsátás. Az emberiség történetében soha nem tapasztalt mértékű, 9,34 milliárd tonnányi volt a főképp az ipari tevékenységekből, a közlekedésből és az erdőirtásból eredő globális széndioxid-kibocsátás (a Global Carbon Projekt nevű, klímakutató intézet adatai alapján). 2006-hoz képest ez körülbelül 3%-os emelkedést jelent, a szén-dioxid légköri koncentrációja elérte a 383 ppm-es értéket (a levegő minden egymillió molekulájából 383 széndioxid-molekula). 2000 és 2005 között a kibocsátás összesen 3,2%-kal emelkedett, míg az előző évtizedben (1990-től 1999-ig) 0,8%-kal [32]. Az emelkedést javarészből fejlődő országok produkálták, elsősorban Kína, amely megközelítőleg a globális emelkedés feléért felelős. (Az 1,3 milliárd lakosú ázsiai ország 2 milliárd tonna szénzennyezést produkált 2007-ben, ami 7,5%-kal több az előző évinél. Kína 2006-ban „előzte meg” a korábban a szennyezők első helyét elfoglaló Egyesült Államokat, amely 2007-ben ismét a második legnagyobb kibocsátó lett 1,75 milliárd tonnával. Az USA 2007-ben a korábbi évnél közel 2%-kal nagyobb mértékben járult hozzá a globális légszennyezéshez, – miután 2006-ban sikerült csökkentenie kibocsátását (ugyanakkor 2017-ben pedig sajnálatosan ki is lépett a párizsi egyezményből!). A harmadik helyen India áll, majd Oroszország következik [2][32].

A kibocsátás fő forrásai továbbra is az ipar és a közlekedés, de becslések szerint a közel 10 milliárd tonnányi éves szénkibocsátás 25%-a változó földhasználatból ered (6. ábra), ami főleg a trópusi erdők égetéses kiirtását jelenti. Ráadásul az erdők és óceánok is mind kevesebb széndioxid megkötésére képesek így, ha az emelkedés a jelenlegi ütemben folytatódik, a jövőben a kutatók által felvázolt legszélsőségesebb hőmérsékletemelkedéssel kell szembenéznünk, a század végére akár 7–8 °C-os globális átlaghőmérséklet-növekedés is bekövetkezhet.



Sources: Rolls-Royce, World Resources Institute and International Energy Agency

6. ábra A repülés részesedése a környezetkárosító széndioxid kibocsátásból [34]

Bár a repülés a légköri szennyezésnek „csak” 2%-áért felelős (6. ábra) – mely prognózisok szerint, évi 5%-os légitforgalmi növekedést feltételezve, ~2025-re már elérheti a 3%-ot – csak olyan korszerűsítésekben, alternatív és/vagy átmeneti tüzelőanyagok alkalmazásában gondolkodhat, amelyek nem terhelik a környezetet, nem járulnak hozzá további széndioxid kibocsátással az üvegházhatás fokozódásához. Mindezek egyszerre jelentenek új impulzust, de egyben további korlátokat, nehézségeket a fejlesztésben [34].

Égéstermék	Kerozin	LH ₂
Elsődleges égéstermék	CO ₂ H ₂ O	H ₂ O
Égési melléktermék és az atmoszférával való reakciók termékei	HC → O ₃ NO _x → O ₃ CO → O ₃ SO ₂ → H ₂ SO ₄	H ₂ → H ₂ O NO _x → O ₃

1. táblázat A kerozin és a cseppfolyósított hidrogén-üzemanyag környezetkárosító hatása [32]

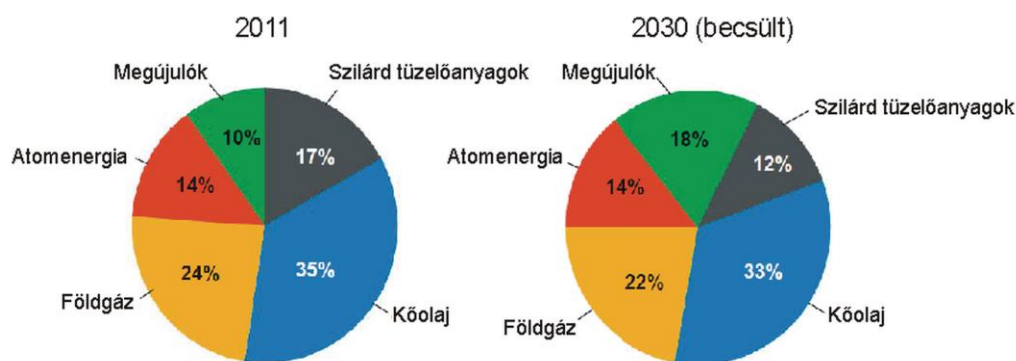
A nagyon várt alternatív energiahordozó a hidrogén repülésben történő alkalmazása - túl a szerkezeti, infrastrukturális nehézségeken - több, egyelőre megoldatlan problémát hordoz. Ugyan az egységnyi tömegéből nyerhető égéshője 2,7-szerese a kerozinénak, kedvező az égési karakterisztikája is (láng terjedési sebesség, hőmérséklet megoszlás), valamint egyetlen gáz, melynek égéstermékeiből hiányoznak a szénhidrogének (1. táblázat). Viszont amíg 1 kg kerozin elégetésekor (3,16 kg CO₂ mellett) 1,25 kg H₂O (víz) keletkezik, addig 1 kg hidrogén elégetésekor 9 kg víz jön létre, ami nagy magasságokban szintén kedvezőtlenül befolyásolja az üvegházhatást [32].

Vélelmezhetően a LH₂ repülőgép üzemanyagként történő rövid távú elterjedését nem csak ez - valamint a még megoldatlan számos szerkezeti és infrastrukturális probléma – akadályozza hanem az is hogy a jelenleg ismert két ipari előállítási módszer (vízbontás elektrolízissel, vagy vízgázból, földgázból, bázisok, sók oldatának elektrolízisével) olyan, nagy mennyiségű hagyományos energiát felhasználó folyamat eredménye (pl. szénerőműben termelt villamosság!), mely a környezetet súlyosan terheli. Így, a cseppfolyósított hidrogén – az 1. táblázatban bemutatottak ellenére – sem tekinthető egyelőre kémiai tisztán energiának. (Természetesen folyamatosan kutatják, a hidrogén környezetbarát előállításának további lehetőségeit.)

Következtetések

1. A hagyományos fűtőanyagok (szén, kőolaj, földgáz) kiváltására, pótlására, minden hőenergiát hasznosító ipari, közlekedési, háztartási energetikai ágazatban már évtizedek óta, több

irányba is folynak a kutatások megújuló energiaforrások megtalálására és alkalmazására. Ennek aránya, a XXI. század első évtizedére – az atomenergiát is ideszámítva – alig haladta meg a 20%-ot. (7. ábra)



7. ábra A bruttó belföldi fogyasztás energiaforrások szerinti megoszlása 2011-ben és becsült arányai 2030-ban az Európai Unióban. [Forrás: Európai Bizottság]

Megállapítható továbbá, hogy prognózisok szerint húsz év múlva a megújuló energiaforrások részesedése ugyan közel megduplázódik, de ezek egy része (víz, szél, árapály, geotermikus stb.) tökéletesen alkalmatlan marad repülőgépből történő közvetlen hasznosításra, míg a többiek különböző mértékben, módon és a kutatásra, fejlesztésre fordított további pénz-, illetve időigénnyel számításba vehetők [15]. Előreláthatólag ugyanebben az időintervallumban a kőolaj részesedése alig csökken, így reálisan, gazdaságosan az elkövetkező években jelentős mennyiségben alkalmazni kívánt szintetikus, alternatív üzemanyagok, vagy üzemanyag kiegészítők csak olyanok lehetnek, melyek a meglévő repülőgépek üzemanyag tartályaiba feltölthetőek, úgy, hogy a hajtóművek velük, legalább korábbi hatékonysággal, megbízhatósággal és csökkenő környezetkárosítással működnek [34][48].

2. A 2040-ig világviszonylatban 30–40 ezer hagyományos meghajtású új polgári repülőgépet kívánnak beszerezni, amivel párhuzamosa 15–20 ezer új, valamint felújított katonai légi-jármű is rendszerbe állítása is várható. Ezek száma, pénzügyi értéke, többségük a kibocsátását követő 30–50 éves várható üzemideje valószínűsíti, hogy *2060–2070-ig a kerozin és benzín is meghatározó repülőgép tüzelőanyag marad, ha nem is feltétlenül csak kőolajból előállítva és nem is szükségszerűen tisztán, hanem számottevő mértékben adalékolva*. Mindezek alapján az alternatív, megújuló energiák permanens kutatása mellett a repülés minden területén az elkövetkező évtizedek kiemelt fontosságú feladata a hagyományos tüzelőanyagot használó repülőeszközök fogyasztásának és környezetszennyezésének csökkentése. Ennek *lehetséges módjai*:

- a kőolajból származó kerozint, repülőbenzint, a hagyományos hajtóművekben azonnal helyettesíteni esetleg részlegesen, adalékként kiváltani képes szintetikus- és/vagy bioüzemanyagok alkalmazása;
- repüléstechnikai, repülőtéri üzemeltetési eljárások fejlesztése [33][34][50];
- üzemeltetési, karbantartási módszerek célirányos modernizálása [19][50];
- az alkalmazott hajtóművek szerkezeti és vezérlési korszerűsítése [39][53];
- a sárkányszerkezet aerodinamikai, szerkezeti korszerűsítése, súlycsökkentése és környezetvédelmi szempontból a lehetséges mértékben „lezuhanásbiztos” kialakítása [31].

Megjegyzés: e munkában az első két lehetőséget vizsgáljuk.

A KŐOLAJBÓL SZÁRMAZÓ KEROZINT ÉS REPÜLŐBENZINT AZONNAL HELYETTESÍTENI KÉPES SZINTETIKUS TÜZELŐANYAGOK

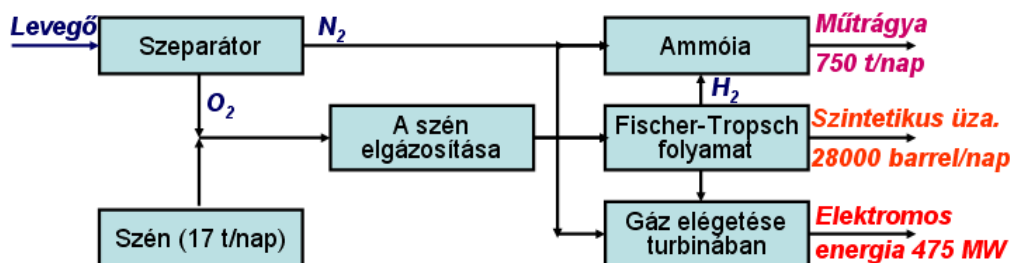
A gazdaság, benne a szállítás és honvédelem rövidtávú zökkenőmentes, megbízható fenntartásának, fejlődésének elengedhetetlen feltétele, hogy a jelenleg és az elmúlt évtizedekben gyártott légijárművek hagyományos belsőégésű hajtóművei (Otto-motor, GTH) működtetéséhez - a kitermelhető kőolaj csökkenésétől, árnövekedésétől függetlenül, az alkalmazó gépegység és kiszolgáló infrastruktúra változtatása nélkül - a jelenlegi benzinnel, illetve kerozinnal ekvivalens hatású, használhatóságú, tárolhatóságú, feltölthetőségű üzemanyag álljon rendelkezésre. Erre időlegesen, de akár belátható hosszabb időtartamra is teljes értékű megoldásként szolgálhatnak az iparilag előállított *szintetikus üzemanyagok* (vö. 1. ábra Syn-JET A).

Ez azért is szükségszerű, mert a:

- jelenleg, vagy az elmúlt években gyártott hagyományos légijárművek tömeges működtetése még évtizedekig - növekvő mértékű - benzint kerozint igényel, függetlenül a kőolaj tényleges kitermelési lehetőségeitől;
- a napjainkban is használatos technológia, az ún. Fischer-Tropsch folyamat magas tisztaságú és kémiai stabilitású repülő üzemanyagot képes létrehozni megfelelő költség-hatékonysággal, nagy mennyiségben rendelkezésre álló nyersanyagból (szénből).
- a fenti korszerűsített eljárással előállított szintetikus üzemanyagok lényegesen kisebb környezeti terhelést okoznak, mint a hagyományos üzemanyagok, a csökkent CO₂ tartalom mellett a kénoxidok (SO_x) teljesen hiányoznak [32].

A szintetikus üzemanyag szénből

Az első *szintetikus üzemanyagot* szénből készítették Németországban, még a második világháború előtt. Jelenleg a folyamatos fejlesztések nyomán már több fajtájuk is ismeretes, elnevezésükre rendszerint 3–4 betűs rövidítést használnak, melyben az 'L' betű cseppfolyós(ított) halmazállapotukra utal pl. GTL (Gas to Liquids), CTL (Coal to Liquids). A Németországban kifejlesztett szintetikus benzin vagy gázolaj, illetve kerozin gyártás során a levegőtől elzárta, magas hőmérsékleten a szénre vizet fecskendeztek, s az ekkor keletkező szénmonoxid és hidrogén keverékéből (az ún. szintézisgázból) egyszerű katalizátorokon és nem nagy nyomás segítségével benzint állítottak elő (8. ábra).



8. ábra Szintetikus üzemanyag előállítása Fischer-Tropsch folyamattal [32]

Ehhez először a $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ ún. vízgáz reakcióval elgázosítják a (rendszerint szennyezett kő-) szenet. A gázát alaposan megtisztítva, a nagyon tiszta szénmonoxid és hidrogén keveréket (szintézisgázt) - használták fel a továbbiakban. A felfedezőikről elnevezett Fischer-Tropsch (FT) eljárásban az



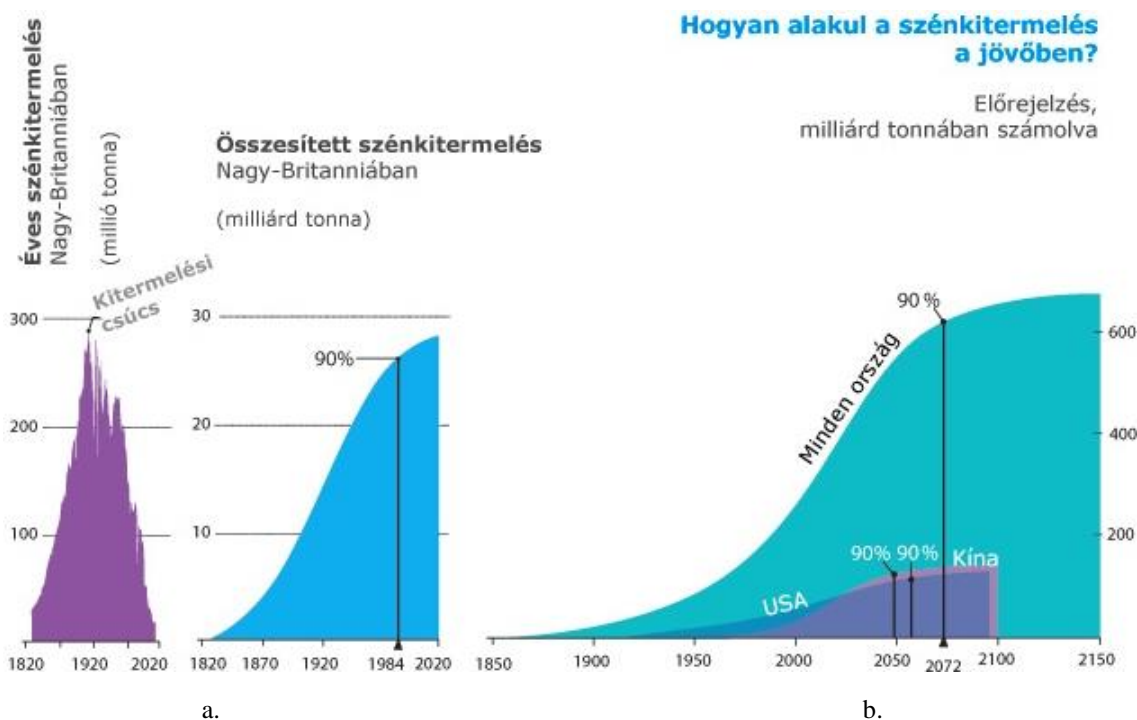
vagy a



képletekben foglalt átalakulások eredményeként üzemanyagok, vagy igény szerint más vegyipari alapanyagok is előállíthatók. Ezek rendkívül tiszták és homogének, így kémiai ideális kerozin is előállítható belőlük [2][24].

Megjegyzés:

- a folyamat tetemes hagyományos energiát igényel, ezáltal környezetszennyezés csökkentése még mindig sürgető feladat;
- az eljárást ugyan a II. világháborún idején Németországában, majd még sok helyen már ipari méretekben alkalmazták, de később az olcsó olajár kiszorította ezt a technológiát. Egyetlen kivétel a Dél-Afrikai Köztársaság volt, ahol az embargó okozta olajhiány miatt a SASOL-Chevron cégek továbbfejlesztették, és nagytételű, folyamatos előállításra is alkalmassá tették.



9. ábra A szénkitermelés várható alakulása [Scientific American]

Napjainkban ezt a technológiát ismét felélesztik, mivel a szénből való üzemanyag gyártása 50–60 USD/barrel felett már rentábilissá válik [24] (v.ö. 5. ábra). A nagy szénvagyonnal rendelkező országokban (pl. Kína, USA, Dél-Afrika stb.) így alapvetően érdekeltek is ebben. Azonban a kőolaj mellett a kitermelhető szénkészletek is végesek, még ha gyakran tradicionálisan úgy is számolnak vele, hogy az ismert széntartalmakat négyszeres, (néha annál is nagyobb szorzóval!) veszik figyelembe, vélelmezve, hogy a nehezen kitermelhető rétegek új technológiákkal egyszer majd egyszerűbben és rentábilisan hozzáférhetővé válnak. A régóta üzemelő szénbányák adatai azonban e feltételezés helyességét nem igazolják. Pl. Nagy-Britanniában, ahol egykoron beindult az ipari szénbányászat, a kitermelés ugyan folyamatosan nőtt a 19. századtól a 20.

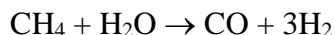
század elejéig (9.a. ábrán a lila színű grafikont), de a készletek csökkenésével visszaesett, hiába fejlődött időközben a bányatechnológia. Az összesített kitermelés adatai is (9.a. ábra kék grafikont) elnyújtott S alakú görbét adnak, de nem hagyható figyelmen kívül, hogy időközben Nagy-Britanniában 1984-re már felszínre hozták a kitermelhető szén 90%-át.

Hasonlóak az adatok és a változás jellege más, szenet régóta bányászó országok esetében is. [9.b. ábra] A Kaliforniai Műszaki Egyetem (Caltech) kutatása alapján, – a két nagy kitermelőt, az USA-t és Kínát is figyelembe véve – 2072-re már csak a rendelkezésre álló szén 10%-a marad a bányákban.

Szintetikus üzemanyag szénhidrogénekből

A csúcstechnikával készült eszközök szükségessé teszik a kiemelkedő kémiai tisztaságú, a magas hatásfokú üzemanyagok használatát, emiatt pl. az USA-ban egyebek között a B-52 bombázó repülőgépek üzemanyagát, szintetikusán állítják elő úgy, hogy a kőolajat és/vagy földgázt elemi szintézisgázra bontják, ezt a bontott gázelegyet alaposan megtisztítják, majd az így kapott szintézisgázból készítenek gázolajat, kerozint, benzint stb. A jelenlegi termelés a csúcstechnikák üzemanyag szükségletét fedezi, de a cél a teljes repülőflotta ellátása és a polgári életben való alkalmazás is [43][49][54].

A Shell, V-Power néven földgázból előállított tisztított szintézisgázból is gyárt szintetikus üzemanyagot [2]:

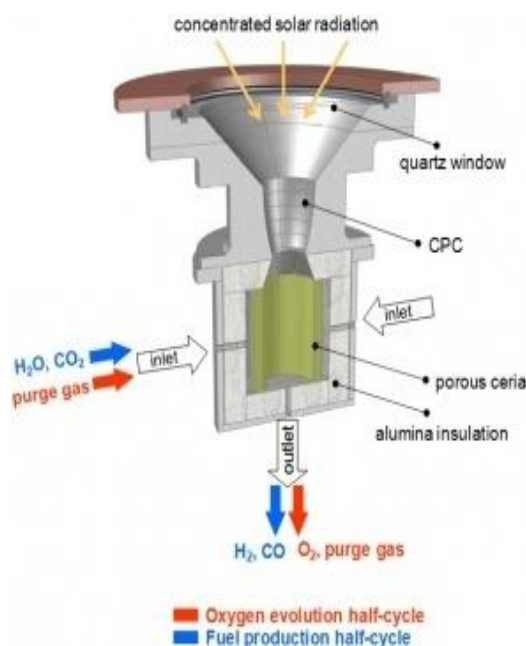


A vezető olajtársaságok (Sasol, Shell, ExxonMobil, PetroSA, Chevron stb.) felfedezték azt is, hogy a cellulóz jellegű biomassza rendkívül gazdaságossá teheti az üzemanyag termelést, sőt később még a kommunális hulladékokat is bevonták a gáz előállításába. A szintézisgáz termelése a lehető legolcsóbb előállítást biztosítja, ami napjainkban a hulladék és biomassza nyersanyagként történő bevonásával érhető el. Ezért is állt rá szintetikus üzemanyagra az USAF, aminek „Aviation program”-ja keretében CTL nagytételű ipari előállítását is tervezik².

A szintetikus üzemanyag katonai kipróbálására elsőként 2006-ban, az USAF egy B-52 repülőgépével került sor, 50%-ban hagyományos kerozinnal keverve azt. Két évvel később már F-15 C/D és F-15E Strike Eagle szuperszonikus katonai repülőgépekkel is folytattak próbarepüléseket 50%-ban szintetikus üzemanyaggal kevert JP-8 hagyományos kerozinnal. Az eredmények ismeretében a típuscsalád megkapta a tanúsítványt az üzemanyag-keverék használatára. Az USAF 2011-re az összes gázturbinás hajtóművel működő repülőgépre befejezte a szintetikus üzemanyag felhasználására történő átállást. Mivel ott nagy mennyiségű kőszén bányászható, így azt tervezik, hogy a 2025-re a légierő által használt üzemanyagok 70%-a szintetikus, azon belül is CTL lesz.

2008-ban egy Airbus A380 is hasonló keverékkel (60:40%-os kerozin-GTL arányban) folytatott 3 órás sikeres tesztrepülést.

² Célszerű a fentiek hazai megfontolása is, hiszen pl. az ilyen profilú magyar SYNPETROL vállalat számításai szerint az agráriummal szinkronizáltan megvalósított szerves hulladékokból történő szintézisgáz termelés, illetve üzemanyag előállítás, a magyar mezőgazdaság jövedelemtermelő képességét 50%-kal is növelhetné, csak ezen eljárás miatt! [22]



10. ábra Szintetikus kerozin előállítás napenergiával [forrás: europa.eu]

A 2011-ben indult, EU által finanszírozott, 2,2 milliárd eurós SOLAR-JET kutatási projekt keretében először állítottak elő napenergia felhasználásával vízből és szén-dioxidból (CO₂) kerozint. Ennek során először koncentrált fényt (szimulált napfényt) magas hőmérsékletű energiaforrásként használva a szén-dioxidot és a vizet szintézisgázzá alakították egy fénoxid-alapú anyagokat tartalmazó napreaktorban³ (lásd 10. ábra). A szintézisgázt (hidrogén és szén-monoxid elegyét) azután a Fischer–Tropsch eljárással kerozinná alakították át.

A projekt még laboratóriumi körülmények között kísérleti, fejlesztési stádiumában van, eredményei azonban igazolják, hogy a jövőben napfénnel bármely folyékony szénhidrogén-üzemanyag előállítható szén-dioxidból és vízből. Ezáltal jelentősen nőhet az energiabiztonság, és a globális felmelegedésért leginkább felelős üvegházhatású gázok egyike (CO₂) energiaforrásként történő hasznosíthatósága. A fejlesztés következő fázisában optimalizálni kívánják a napreaktor üzemelését, megvizsgálva a versenyképes, nagyüzemi működtetés lehetőségét.

Az új és fenntartható energiaforrások felkutatása továbbra is a 2014-ben indított, hétéves Horizont 2020 kutatási és innovációs keretprogram prioritásai közé tartozik. A „*Versenyképes, alacsony szén-dioxid-kibocsátású energia*” című, 2013-as felhívása 732 millió eurós beruházást javasolt e területen kétéves időszakra, melyben kitér a bio- és a fenntartható alternatív üzemanyagok előállítására irányuló technológiák következő generációjának a fejlesztésére is.

Bioüzemanyagok⁴

A szintetikus- és bioüzemanyagok nem vizsgálhatók egymástól külön. Tapasztalatok szerint környezetkímélőbb üzemeltetést tesznek lehetővé, égéstermékeik jóval kevesebb káros anyagot tartalmaznak, mint a kerozin, benzin és főként a gázolaj [24].

³ Az ETH Zürich egyetem fejlesztése.

⁴ A téma részletesebben kifejtve a szerzőktől és a hozzá felhasznált irodalom a [6] forrásmunkában olvasható!

A bioüzemanyagok felosztása lehetséges az alapanyag eredete és annak származása (termőterülete alapján, generációk szerint (első, második, harmadik, negyedik). Az első generációs bioüzemanyagokra jellemző, hogy olyan növényekből származik a biomassza alapjuk, amelyek ételmezésre is megfelelőek, mint például a kukorica, burgonya vagy napraforgó. Ezekből keményítőt, növényi olajat, cukrot nyernek ki. A hasonlóság a második generációsokkal, hogy olyan termőföldeket használnak nyersanyag termesztésükhöz, melyeken kultúrnövények is megélnek. Nagy különbség kettőjük között, hogy az újabb generációs bioüzemanyag nyersanyagát olyan növények biztosítják, melyek se emberi ételmezésre, se állati takarmányozásra nem alkalmasak. Természetesen etikai kérdések merülhetnek fel a termőföld illetve az alapanyagként alkalmazott növények ilyen felhasználásáról, továbbá elgondolkodtató, milyen mélységben avatkozhat be emberek a bioszférába, csak azért, hogy túlaradó energiaéhségét csillapítsa [2][6][24].

A harmadik generációs bioüzemanyag fő előállítói a különböző - rendszerint génmódosított - alga fajok. Ennek oka, hogy minél több – a későbbiekben belőlük kinyerhető – olajat termeljenek, illetve ellenállóbbak legyenek az élősködőkkel szemben. Alapanyagukat tekintve előnyük az első két generációs bioüzemanyagokkal szemben, hogy fajlagosan nagyobb mennyiségű megújulónak számító energia nyerhető ki belőlük, amelynek bekerülési költsége alacsonyabb, továbbá olyan talajokra, tartályokba telepíthetőek e mikroorganizmusok, amelyek nem termőföldek, emellett termesztésükhöz nem szükséges tiszta víz. A negyedik generációs bioüzemanyagok a biomasszát már nem közvetlen termelésre használják, hanem olyan katalizátorként, amely a napsugárzást felfogva, CO₂-dal ellátva állít elő alternatív tüzelőanyag alapanyagát. E csoportban is megjelennek az algák, mint termelő szervezetek, de mellettük jelen vannak még a ciano-baktériumok is.

Az ún. biomasszából előállított *bioüzemanyagnak* (*Biomass to Liquid – BTL*) jelenleg két fő csoportja ismert, a biodízel és a bioetanol, melyek alapanyagai magas cukor-, cellulóz-, keményítő- vagy olajtartalmú növények. Létezik ezen kívül algából, és faggyúból előállított bioüzemanyag-fajta is *Bio-SPK* (*Bio Derived Synthetic Paraffinic Kerosene*) elnevezéssel, (de újabban a halfeldolgozás hulladék-anyagaiból is készítenek biodízelt.) Az algák azért érdemelnek megkülönböztetett figyelmet, mert klimatikus viszonyaink között is előállíthatóak, sőt ennek kedvez a várható klímaváltozás is.

Az algák

Az autók, repülőgépek, illetve más közlekedési eszközök és erőgépek meghajtására (is) szánt mikroalgák fotoszintetizáló mikroorganizmusok, melyek széles körben elterjedtek a Földön, hiszen az édesvizektől kezdve a tengerekig megtalálhatóak magában a vízben, illetve az iszapban és az üledékben is. Láncokba, telepekbe kapcsolódva élnek, de előfordulnak külön, egyetlen sejtből álló egyedek, ún. mikroalgák is. Napjainkig közel 50 000 fajukat fedezték már fel, de ennek akár a tízszerese is lehet az alfajok száma. Bár nem magasabb rendű biológiai életformák, jelenlétük elengedhetetlen a bioszférában, mivel a légköri oxigén kb. felét állítják elő fotoszintézis útján szén-dioxidból. Egyes egyedek bioüzemanyag alapanyagot képesek előállítani gáz felhasználásával, ami fokozottan kivívja a kutatók érdeklődését.

Algákból több különböző bioüzemanyag is előállítható:

- anaerob módon: metán,
- mikroalgák által termelt olajból: biodízel,
- fotobiológiai úton: biohidrogén.

melyek közül az alábbiakban a biodízel vizsgálata történik, mivel

- a leginkább átfogó kutatások e téren folynak;
- a jelenleg használt gépjármű motorok nagyobb szerkezeti átalakítások nélkül ezt az üzemanyagot képesek megfelelően hasznosítani;

Az algák nagyüzemi előállítása és gazdasági háttere

A mikroalgák termesztéséhez szükséges megfelelő mennyiségű, lehetőleg természetes napfény, szén-dioxid, víz és szervesetlen só, valamint $t = 20\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$ környezeti hőmérséklet. A növekedésükhöz szükséges tápoldatnak is előírt arányban kell tartalmaznia nitrogént, foszfor, vasat és szilíciumot. A tengeri fajoknál természetesen tengervizet használnak nitrát és foszfát műtrágyákkal kiegészítve. 100 t alga biomassa a nappali órákban 183 t széndioxidot használ fel, melynek felvételét pH érzékelőkkel ellenőrzik. A napszak azért fontos, mert ilyenkor képesek megkétszerezni, akár többszörözni is tömegüket. Éjszaka viszont nem táplálkoznak, a napközben elért növekedésüknek akár 25%-át is elveszíthetik. Utóbbit meghatározóan befolyásolja a hőmérséklet, valamint a tápoldat minősége, így e jellemzőket megfelelő szinten kell tartani.

A nagyüzemi termelés *nyíltvízi medencékben*, illetve csöves, ún. *fotobioreaktorokban* valósulhat meg. Mindkét módszernek van sajátos előnye: az első kevésbé költséges, míg az utóbbi esetében nem fertőzödhet felül más algafajjal a termelési folyamat során. Mindkét változat jó teszteredményeket mutat a laboratóriumban, a kereskedelmi termelésben viszont felmerültek olyan problémák, amelyek a kutatási időszakban nem jelentkeztek.

Bármely új termék piaci bevezetésekor figyelembe kell venni a költségeket, ami vonatkozik a hagyományos tüzelőanyagok alternatívval történő kiváltására is, hiszen az csak egy szempont a sok közül, hogy nem szennyezi a környezetet, illetve megújuló energiaforrások felhasználásával készül el, de fel kell vennie a versenyt árban is a piacon lévő egyéb lehetőségekkel.

Költségeket tekintve a mikroalgából az olaj kinyerése, majd ennek átalakítása biodízel üzemanyaggá független az alkalmazott technológiától (fotobio-reaktor vagy nyíltvízi medence), egyetlen befolyásoló tényező maga a biomassa és ennek fenntartása. Az alábbi képlet segítségével megállapítható az adott kőolaj árból származtatott alga olaj ár ($C_{\text{alga olaj}}$), amellyel gazdaságilag versenyképesé válik a fosszilis eredetű alapanyaggal szemben:

$$C_{\text{alga olaj}} = 6,9 \cdot 10^{-3} C_{\text{kőolaj}},$$

ahol

- $C_{\text{kőolaj}}$ – a nyersolaj hordónkénti ára USD-ben [6].

Példaként, ha 48 USD-os hordónkénti nyersolaj ár (2017. első negyedév átlag ára), akkor a mikroalgából készült olaj ára nem lehet magasabb 0,33 USD/l-nél. Ehhez még természetesen figyelembe kell venni a növényi eredetű olaj energiatartalmát a kőolajhoz viszonyítva. A fenti képlet körülbelül 80%-kal számol.

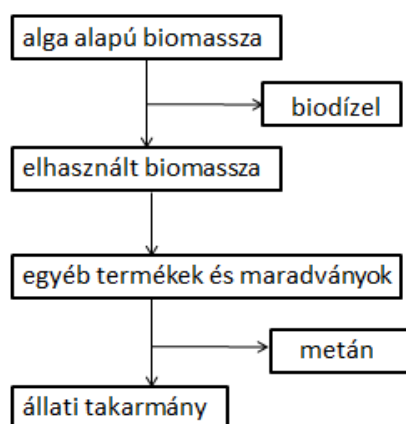
Még piacképesebbé tehető a mikroalgákból előállított biodízel a termelési költsége csökkentésével. Erre jelenleg három módszer ismert:

- fotobioreaktorok különböző paramétereinek fejlesztése;
- a mikroalgák termelési képességeinek javítása (genetikai módosítás);
- biofinomító alapú termelés bevonása a rendszerbe.

Bár a *fotobioreaktor* termelékenysége magasabb szintű a medencéhez képest, de azért mindenképpen fejlesztésre szorul. Kialakulhatnak benne úgynevezett központi sötét zónák (cső belseje) illetve jobb megvilágítású perifériás területek (cső külseje), amelyek a biomaszra optimális fejlődésének szempontjából nem megfelelőek. Továbbá arra is figyelmet kell fordítani, hogy ne legyen túl nagy az áramlás sebessége a csövekben, mert az roncsolhatja az algatelepet, amelyek egyébként is ki vannak téve a keringtetés miatt a szivattyú illetve a tartályfalak okozta sérülésnek. Ezért, meg kell találni azt az optimális áramlási sebességet, amellyel a sötét-fényes területek megfelelően keverhetőek, de nem szaggatja szét az algaszőnyeget.

A *második* költségcsökkentő, termelési képességet növelő *tényező* a mikroalgák tulajdonságainak genetikai módosítása. E szakterülettel a géntechnológia foglalkozik az utóbbi évtizedben egyre sikeresebben. Különféle beavatkozásokkal, eljárásokkal a mikroorganizmusok jellemzői befolyásolhatók, mint például a biomaszra olajtartalmának illetve növekedési ütemének növelése, fotoinhibíció (fénygátlás) csökkenése stb.

A *harmadik lehetőség* biofinomító létrehozása algafarmok mellett, melynek működési elve megegyezik a kőolajfinomítóéval, mivel az eljárás során az összes keletkező nyersanyagot további felhasználásra teszi képessé. A 11. ábra bemutatja, milyen nyers- és alapanyagok jönnek létre egy biofinomítóban működés közben:



11. ábra A biofinomító működése közben termelődött alap- és nyersanyagok [6]

Ilyen berendezések – bár egyelőre főként olajos magvak feldolgozására – már működnek Németországban, az USA-ban, illetve Kanadában is. A mikroalgák az olaj mellett fehérjéket, szénhidrátokat illetve egyéb tápanyagokat is tartalmaznak. Az 11. ábrából az is jól látható, hogy az elhasznált, kimerített biomaszra még tovább hasznosítható takarmányozásra, étrend-kiegészítők, kozmetikumok alapanyagaként, illetve metán előállítására. Utóbbi közvetlenül is kinyerhető lenne algából, de más szerves anyag anaerob (oxigénhiányos környezetben is életképes) bomlásából származóan olcsóbb. Tehát, a mikroalgákból biodízel, biogáz, állati takarmány és villamos áram is előállítható [6].

Bioüzemanyagok és keverékeik hasznosítása repülésben

A nagy légitársaságok költségcsökkentési célzattal már tervezik, – egyelőre fosszilis üzemanyaggal keverve – valamennyi járatuk kerozin-bioüzemanyag keverékekkel való üzemeltetését. A United Airlines amerikai légitársaság pl. be is fektetett egy Fulcrum BioEnergy nevű vállalatba, amely légi járművekhez használható bioüzemanyagot állítanak elő, akár embertől származó hulladékból is. A British Airways is hasonló célú üzem felállításának lehetőségét mérlegeli 2017-től, így (is) függetleníttve magát részlegesen az üzemanyag-beszállítóktól.

A polgári légitársaságokon kívül az USAF is vizsgálja a bioüzemanyagok alkalmazási lehetőségeit. 2014-ben sikeres tesztrepüléseket végeztek UH 60A Black Hawk és CH-47 Chinook típusú helikopterekkel, beléjük emberi fogyasztásra alkalmatlan, kukoricából készített üzemanyagot feltöltve.

A bio- és szintetikus üzemanyagokkal csökkenthető a légi közlekedés által kibocsátott károsanyag mennyisége, de egyelőre alkalmazásuk teljesen nem függetleníthető a fosszilis energiahordozóktól. Etikai kérdés is, hogy mekkora termőföldek áldozhatók olyan, üzemanyag előállításra szolgáló növények termesztésére, amelyeken étkezési alapanyagként is használhatóak lennének. Ezt csökkentendő, kiküszöbölendő törekednek bioüzemanyagok nyersanyagának másodlagos források (pl. erdészetek, fafeldolgozók munkafolyamatai maradékának: gallyak, faforgács, stb.) bevonására. A hagyományos kerozinhoz 20 %-os arányba kevert ilyen üzemanyag komponenssel elsőként a világon az Alaska Airlines menetrend szerinti járata közlekedett [6].

A bioüzemanyagot 2011-től öt évi folyamatos fejlesztő munkával a Washingtoni Állami Egyetem által vezetett Northwest Advanced Renewables Alliance (NARA) kutatói, további 32 állami laboratórium és iparági partner összefogásával készítettek, a fák kivágása és feldolgozása után megmaradt olyan ágakból és gallyakból, amelyeket korábban egyszerűen csak elégettek, vagy feldolgozatlanul otthagytak. Az Alaska Airlines számításai szerint, ha a légitársaság teljes gépparkja a 20 %-os bioüzemanyag keverékkel repül, azzal már évi 142 000 tonnával csökkenthető a szén-dioxid-kibocsátás, ami kb. 30 000 autó egyévnnyi kibocsátásának felel meg.

Hasonló tesztet folytatott az USA Haditengerészeti Légierője, „zöld lódaráznak” nevezve azokat az F/A-18 típusú Super Hornet vadászrepülőgépeket, amely 50:50 százalékos kerozin-bioüzemanyag keverékkel – egyébként sikeresen – repültek. Ezzel azonos tüzelőanyag keveréket a polgári repülésben elsőként a KLM próbálta ki 2009-ben, mikor egy menetrendszerű B-747-es négy hajtóműve közül az egyiket ilyenekkel működtette, hibátlanul.

Az alternatív üzemanyagok üzemszerű alkalmazása 2011-ben kezdődött, amikor az ASTM nemzetközi szabványügyi szervezet jóváhagyta a „megújuló üzemanyagok” kereskedelmi forgalmazását és katonai repülőgépek számára történő alkalmazását. A vonatkozó ASTM D7566 Standard megengedi akár 50% -os „bio-eredetű” szintetikus tüzelőanyag keverését a hagyományos kerozinhoz. Ennek eredményeként (is) pl. a Southern California vállalatcsoporthoz tartozó Altair cég 2017-re már, ~58 millió liter szabványos bioüzemanyag készítését vállalja, étkezési célokra hasznosíthatatlan olajokból és mezőgazdasági hulladékból. A Honeywell UOP

multinacionális vállalat, az általa kidolgozott pirolízissel⁵ képes előállítani a kőolajjal versenyző (45 USD hordónkénti olajjával egyenértékű) árú bioüzemanyagot.

A KLM további alternatív üzemanyaggal folyó innovációs kísérleteit a Boeing vállalattal is szorosan együttműködve folytatta. Ennek során "termelői és fogyasztási hulladéknak" nevezett használt főzőolajból készített, adalékolt, un. biokerozinnal töltöttek fel egy menetrendszerű Boeing 737-es repülőgépet. A társaság a maradéktalan siker miatt – még abban az évben – további 200 repülőutat indított Párizsba ugyanilyen biotüzelőanyag-keverékkel működő légi járművekkel. A KLM közlése szerint egyébként nyitott más nyersanyagok felhasználásával történő bioüzemanyagok előállítására és felhasználására is, amennyiben azok megfelelnek a vonatkozó szabványoknak, különböző fenntarthatósági kritériumoknak, beleértve a széndioxid-kibocsátás jelentős mértékű csökkentését és a „minimális negatív hatást a biológiai sokszínűségre és az élelmiszerellátásra”. A holland légitársaság által felhasznált összes bioüzemanyag-nak szigorúan meg kell felelnie a hagyományos kerozinokkal szemben támasztott a műszaki specifikációknak, valamint alkalmazásuk nem igényelheti a repülőgép-hajtóművek szerkezeti módosítását és a kiszolgáláshoz szükséges infrastruktúra változtatását.



12. ábra Kondenzcsík kibocsátás szolgálati repülési magasságon [© NASA/SSAI Edward Winstead]

⁵ **pirolízis:** hőbontás a szerves anyagú hulladék megfelelően kialakított reaktorban, hő hatására, oxigénszegény vagy oxigénmentes közegben szabályozott körülmények között bekövetkező kémiai lebontása. A hőbontás során a szerves hulladékból különböző termékek keletkeznek:

- pirolízisgáz;
- folyékony termék (olaj, kátrány, szerves savakat tartalmazó bomlási víz);
- szilárd végtermék keletkeznek. (pirolíziskokszt).

Ezek összetétele, aránya és mennyisége a kezelt hulladék összetételétől, a reaktor üzemi viszonyaitól és szerkezeti megoldásától függ. A pirolízis során keletkező végtermék elsősorban energiahordozóként (fűtőgáz, tüzelőolaj, kokszt), ritkábban vegyipari másodnyersanyagként (pl. a gázterméket szintézisgázzá konvertálva metanol előállításához) és esetenként egyéb célokra (talajjavítás szilárd, szénben dús maradékkal; fakonzerválás vizes maradékkal; granulált salakolvadék építőipari adalékanyagként stb.) hasznosítható [22][29].

Hasonló kutatások folynak Kínában is, ahol 2015-ben sikerrel repült az első olyan Boeing 737-es, melynek hajtóanyagát a China National Aviation Fuel csoport és a Sinopec, Ázsia legnagyobb olajfinomító és petrokémiai vállalata biztosította. A feltöltött tüzelőanyag 50–50%-ban hagyományos kerozinból és úgynevezett „csatornaolajból”⁶ készült. Mivel Kínának a következő 20 évben tervek szerint több mint 6 ezer új repülőgépre lesz szüksége, ezért komoly alternatívaként tekintenek a bioüzemanyagokra. Egyebek mellett azért is, mivel szakértők szerint ezekkel – akár növényekből (például algából, kukoricából), akár használt étolajból állítják elő – a károsanyag-kibocsátás 50–80%-kal is csökkenthető a tisztán kőolajszármazékokhoz képest [46].

Környezetvédelmi és katonai, felderíthetőségi célokat egyaránt segíthet a bioüzemanyagok alkalmazása. A repülőgépek hajtóművei az üzemanyagot elégetve égéstermékeket, – köztük szén-dioxidot, vizet, koromszemcséket – bocsátanak ki a légkörbe, melyek az ott lévő vízpára számára kondenzációs magként szolgálnak. Így a levegőben lévő és az üzemanyagból a levegőbe kerülő víz részecskék ezekre a kondenzációs magvakra kicsapódnak, és az üzemi repülési magasságon lévő (–30)–(–56) °C hatására azonnal megfagynak, és apró jégkristályokká alakulnak. Azaz a kondenzcsík, egy az emberi tevékenység által létrehozott kiterjedt felhő keletkezik amely hatással van a természeti környezetre, katonai alkalmazás esetén pedig látványosan árulkodó jel a vizuális észlelési tartományban (12. ábra).

A NASA repülési tesztjében a mérések szerint – egy DC-8-as repülőgéppel, ~12 ezer méter magasan repülve, a négy hajtóműbe 50–50%-os kerozint és megújuló alternatív üzemanyag keveréket használtak. Az utóbbit észterekből (oxigéntartalmú szerves-vegyületekből) és növényi olajból előállított zsírsavakból készítették. A mérések eredményeként ezzel az üzemanyag-keverékkel 50–70°-kal csökkenti a repülőgépek koromkibocsátása és ezzel arányosan a kondenzcsík képződés intenzitása is. Az utóbbi katonai jelentőségét az adja, hogy ennek eredményeként feleslegessé válik a vizuális észlelhetősége megszüntetésére korábban alkalmazott eljárás, a hajtóműből távozó gázokba klór-fluor szolfonsav adagolása, mely erőteljesen korrodáló hatású volt, illetve a kiáramló gázok ultraviola tartományban változatlanul észlelhetőek maradtak [30].

Paraffin-szénhidrogének alkalmazása repülőgép-üzemanyagként

Hosszútávú alternatív üzemanyag utánpótlás, kitermelhetőség legnagyobb valószínűséggel a vízből biztosítható, mivel belőle gyakorlatilag korlátlanul kinyerhető a hidrogén. Jelenleg azonban ennek kidolgozott környezetbarát és rentábilis technológiája nincs. Ezenkívül a kőolaj, valamint földgáz felszínre hozatala során melléktermékként is megjelenő un. paraffin-szénhidrogének (minden tagjuk a közös, általános C_nH_{2n+2} képlettel előállítható homológ sor eleme, kémiailag is hasonlóak), közülük az első 5–7 gáznemű, illetve folyékony vehető számításba repülőgép-tüzelőanyagként, döntően ott, ahol viszonylag bőségesen rendelkezésre állnak természetesen kinyerhető formákban. Utóbbiakat napjainkig, előírások és kimunkált technológia hiányában rendszerint a feltárás helyszínén elégetik [32].

⁶ Kínában az elmúlt években számos bűnözői csoport bukott le, és kapott súlyos büntetést amiatt, hogy az éttermekből begyűjtött, **használt rákkeltő hatású főző olajat**, úgynevezett **csatorna olajat** hoztak forgalomba, étkezési céllal is. A kínai üzemanyag gyártó és értékesítő e megoldásával kettős eredményt kíván elérni, egyrészt megoldást kínál a használt étkezési olaj bioüzemanyagként történő felhasználására, másrészt – legalább is elvben – legális irányba terelheti a hulladékolaj felhasználását [46].

A repülőgépek (járművek) működtetésére a 2. táblázatban felsorolt gázokat, a tárolás gazdaságossága, a hajtóműbe történő adagolás pontossága miatt cseppfolyósított (kriogén) állapotban célszerű alkalmazni.

Üzemanyag képlete	Kerozin JET A	Hidrogén H ₂	Metán CH ₄	Etán C ₂ H ₆	Propán C ₃ H ₈	Bután C ₄ H ₁₀	Pentán C ₅ H ₁₂	Hexán C ₆ H ₁₄
olvadás [°C]*	< -60	-261,9	-182,5	-183,3	-187,7	-138,3	-129,7	-95,3
forrás [°C]*	136+227	-252,8	-161,7	-88,6	-42,1	-0,5	36,1	68,7
Δt _{cseppfolyós} [°C]*	196+287	~9	~21	~95	~145	~138	~166	~163
Kritikus jellemzők								
hőmérséklet [°C]	374	-240	-82,6	32,3	96,8	152	196,6	234,7
nyomás [MPa]	2,42	1,3	4,6	4,9	4,3	3,8	3,3	3
Üzemanyag sűrűsége [kg/m³]								
olvadáskor	775+785	71,07	424,4	546,4	582	601,5	610,1	664
forráskor	835 (-60 °C)	77,15	453,4	650,7	733,1	736,4	761,2	756,9
Égőhő (20 °C-on)* [kJ/kg]								
maximális	46470	135380	56290	51910	50380	49535	49045	48710
minimális	43290	114485	49930	47515	46390	45745	45380	45130

2. táblázat A kerozin, valamint a kriogén hidrogén és néhány parafin szénhidrogén fizikai jellemzői [34]
A felsorolt gázok közül – rendkívül magas égőhője, és/vagy a hosszú távú, ipari méretekben biztosítható kitermelhetősége miatt – a hidrogén, metán, propán és bután részletesebb vizsgálatát célszerű elvégezni.

Az előzőekben bemutatott cseppfolyósított gázok fizikai, termodinamikai jellemzői alapján (2. táblázat, 3.sor) megállapítható, hogy az alkalmazhatóságuk hőmérséklete és termikus intervalluma alapvetően meghatározza a kutatás és a várható gyakorlati alkalmazás gazdaságosságát, ezen keresztül bevezethetőségük kronológiai sorrendjét⁷.

Természetesen, az egyes megoldások bevezethetőségének költségeit – az üzemanyag ipari előállítási árán kívül – a repülőtereken történő tárolás, tisztítás, továbbítás, az oda történő, illetve belső szállítások, a légijárműveken belüli tárolás, ülepítés, szűrés, továbbítás, adagolás, az elégetésre alkalmassá tétel konstrukciós biztosításának anyagi ráfordításai nagymértékben módosítják (gyakorlatilag növelik). Valójában a hidrogén (metán) tartós tárolására, továbbítására szolgáló tartályok, csővezetékek anyagának megtalálása, létrehozása – a fémes anyagok ezen a tartós hőmérsékleten bekövetkező ridegedése miatt – még számos kihívást tartalmaz a konstruktőrök számára. Hasonló gondot jelent a mozgó alkatrészek – mindenekelőtt a nagy nyomáson működő szivattyúk, munkahengerek – kenésének, tömítésének folyamatos, meghibásodásmentes üzemelésének biztosítása.

Ugyanakkor lényegesen kevesebb technikai nehézséget tartalmaz a bután és propán üzemanyagként történő felhasználása. Az alkalmazásukkal kapcsolatos alapkutatások döntő többsége, sőt az összehasonlító tesztrepülések egy része is megtörtént. Ennek eszközéül a Mi-8MT helikoptert használták.

Az összehasonlító tesztrepülések eredményeit alapján az eredeti tüzelőanyagrendszer alig kellett módosítani. A külső függesztésű, két darab 1800 l gáztartály miatt megnövekedett homlokellenállás a helikopter teljes légellenállását 3%-kal, üres tömegét 160 kg-mal növelte, hasznos terhelhetőségét 55 kg-mal csökkentette, ami $G_{haszn} = 1550 \text{ kg} = \text{const}$ összehasonlító terhelés esetén 35 km-rel (~5,5%-kal) kisebb hatótávolságot eredményezett [34].

⁷ A kérdéskör részletes elemzése és kapcsolódó felhasznált irodalma a [34] forrásmunkában olvasható

LÉGIJÁRMŰVEK VILLAMOS ÉS HIBRID MEGHAJTÁSA, VALAMINT A „TELJESEN VILLAMOSÍTOTT” REPÜLŐGÉP

Már az aerostatikus repülőeszközök megjelenését követően az 1800-as évek végén is kísérletek történtek – azok legjobb hatásfokú, nem tűzveszélyes – elektromos meghajtásra (13. ábra).

A haladáshoz szükséges vonóerő előállító villanymotor folyamatos fedélzeti energiaforrásból történő táplálásával, kizárólag napelemek segítségével, az ezredfordulóra – legalább is demonstrációs jelleggel – megvalósult⁸ (14. és 15. ábra.)



13. ábra Siemens villanymotorral felszerelt Tissandier léghajó gondolája [7]



14. ábra a NASA első napelemmel működtetett villanymotoros kísérleti repülőgépe 1998-ban [NASA]



15. ábra Solar Impulse 2 napelemes kísérleti repülőgépe, amely 2016-ban megkerülte a Földet [7]

Az 1998-ban, a szárnyfelületét borító napelemekkel működtetett, 8 db. egyenként ~1200 W teljesítményű motorjával alig önsúlyát meghaladó terhet emelni képes távirányítású repülőeszköz után (14. ábra), 2009-ben megépített „Solar Impulse” nevű repülőgép (15. ábra). Utóbbi már 4 db., 7500 W-os motorjával már alkalmas volt az 1600 kg tömegű repülőgép levegőbe emelésére benne egy fő pilótával, és átlagosan 70 km/ó sebességgel, tetszőleges időtartamú repülés végrehajtására. A közel 65 m-es fesztávú szárnyán elhelyezett napelemek, rajtuk a 12

⁸ Részletesen ld. pl. a [7] forrásmunkában!

ezer fényelektronikai elemmel, folyamatosan utántöltötték az 500 kg tömegű fedélzeti akkumulátorokat. Különösen a 2013-as amerikai transzkontinentális, illetve a 2014-re tervezett földköri repülés előkészületei mutattak rá arra az alig kezelhető hiányosságra, hogy a Solar Impulse napelemeiből kinyert energia annyi felesleggel sem rendelkezik, ami akár a legegyszerűbb robotpilótát beépítését és működtetését lehetővé tenné [7].

A villamos meghajtás térhódításának napjainkban leginkább neuralgikus pontja az energia megfelelő hatásfokú tárolása, valamint az erre szolgáló eszközök gyors feltölthetősége. A benzin, gázolaj ~1 dl-ben kb. annyi energia-mennyiség van, amennyit egy 20 kg-os ólomakkumulátor tárolni képes. A legkorszerűbb lítium-ion (Li-Ion), valamint a lítium-polimer (Li-Po) akkuknak még a mobil-telefonokban sem kielégítően biztonságosak (kigyulladnak, robbannak), a repülőgép energia-rendszerében történő alkalmazásuk pedig még ennél is kiábrándítóbb [47]. Ezért jelenleg inkább nikkel-kadmium (NiCd), vagy tartósabb nikkel-fémhidrid (NiMH) akkumulátorokat alkalmaznak.

Helikopterek elektromos meghajtása



16. ábra Sikorsky „Firefly” kísérleti S-300C villamos meghajtású helikoptere [Sikorsky Aircraft]

A Sikorsky „Firefly” kísérleti projekt, S-300C-jén, a 142 kW-os (190 LE) dugattyús motort korszerű, magas hatásfokú villanymotorral váltották ki, melyet 150 db. 45 Ah-ás, lítium-ion akkumulátor működtet (16. ábra). **Megjegyzés:** kedvezőtlen, hogy 1 kW teljesítménnyel merevszárnyú repülőgéppel 15 kg, helikopterrel 4 kg teher levegőbe emelése lehetséges [32]



17. ábra E-VOLCOPTER technológiai demonstrátor [VOLOCOPTER]

A német Karlsruhe-i székhelyű **E-VOLO** cég által fejlesztett, pilótát is szállító **technológiai demonstrátor** 16 légcavarjával 10–30 percet tölthet a levegőben, az akkuk feltöltöttségétől és a környezeti viszonyoktól függően (17. ábra).

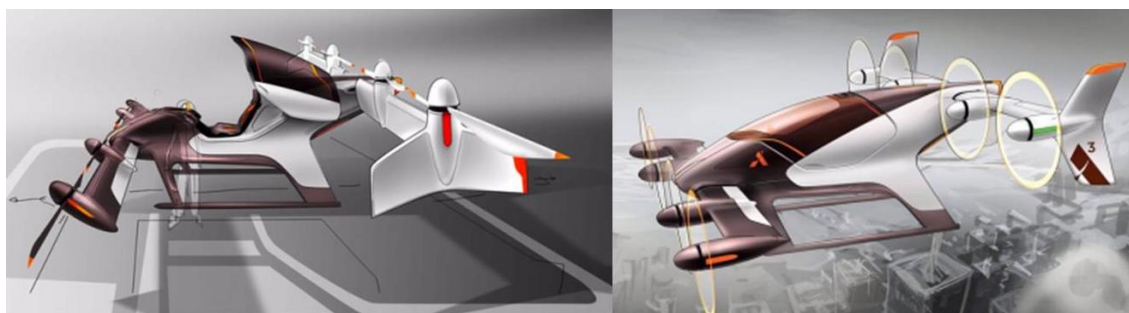
Az E-Volo team a Volocopter VC 200-at fejlesztve (18. ábra), törekszik, hogy az első elektromos kétüléses a forgószárnyasok között, új légi jármű kategória jöjjön létre (amihez jelentős támogatást kapnak a német hatóságoktól).



18. ábra E-VOLO technológiai Volocopter VC200 elektromos helikopter [VOLOCOPTER designboom]

A VC200-as 18 légcavarja 100 km/h sebességet és a 6500 méteres repülési magasságot biztosít. A maximális felszálló tömege ~426 kg. A helikoptereknél – a merevszárnyú repülőgépektől eltérően – nem áll rendelkezésre a napelemek elhelyezésére nagy, szabad (szárny-)felület, így energia betáplálás végző akkumulátorok repülés közben történő utántöltése még részlegesen sem biztosítható. A mai akkumulátor technológia viszont csak 20 percnyi repülést tesz lehetővé tisztán elektromos energiával, ezért, a VC200-as tervezett széria változata hibrid meghajtású lesz. Ebben az állandó fordulatszámú dugattyús motor működteti majd az akkumulátorokat fel-, utántöltő generátort. A helikopter vízszintes repülési sebességét toló légcavar alkalmazásával, a repülésbiztonságot mentőernyővel kívánják növelni.

Bízva az elektromos energia megfelelő energiasűrűségű tárolásának, gyors utántöltésének intenzív fejlődésében, az AIRBUS 2017-ben megkezdte egy teljesen elektromosan meghajtott, városi közlekedésre (pl. repülőtér belváros) szánt pilóta nélküli, robot üzemű VTOL légi-taxi terveinek kimunkálását [23] úgy, hogy 2020-ra teszt példányát is meg kívánják építeni (19. ábra). [8]



19. ábra AIRBUS vezető nélküli, robot, taxi VTOL-repülőgép [23]

Az Airbus-on kívül több vállalat közöl híreket biztató eredményekkel kecsegtető elektromos repülőgép fejlesztési projektekről és 1–3 éven belüli gyárthatóságról [42][51], a tájékoztatókból azonban semmit nem lehet megtudni az ilyen konstrukciók ma még tipikus, közös, neuralgikus elemeiről (energiatárolás, energia sűrűség, feltölthetőség stb.).



20. ábra 9 utast szállító, az Eviation Aircraft által gyártott Alice elektromos meghajtású repülőgép [42]

A 2017-es Párizsi Air Show-n bemutatott Eviation Aircraft cég (USA) Alice nevű prototípusát ígéretes repülési jellemzőkkel reklámozzák. A tervek szerint már 2018-ban kereskedelmi forgalomba hozni kívánt légijármű, 980 kWh-os lítium-ion akkumulátorokkal táplált, három légcsavaros villanymotorja, a két fős személyzetet és 9 utast, ~1000 km távolságra (pl. Budapest–Róma: ~800 km) szállíthat 450 km/h sebességgel, teljesen környezetbarát módon.

Hibrid meghajtás

E területen várhatóan érdemi változást eredményez a jelenleg fejlesztési stádiumban lévő üzemanyagcellák⁹ elterjedése, hatékonyságuk további javulása. Beléjük, a hagyományos akkumulátorokhoz viszonyítva – azonos térfogatban kisebb szerkezeti tömeg mellett – lényegesen több energia tárolható.



21. ábra NASA koncepció a BOEING-737 hibridüzemű átalakítására [42]

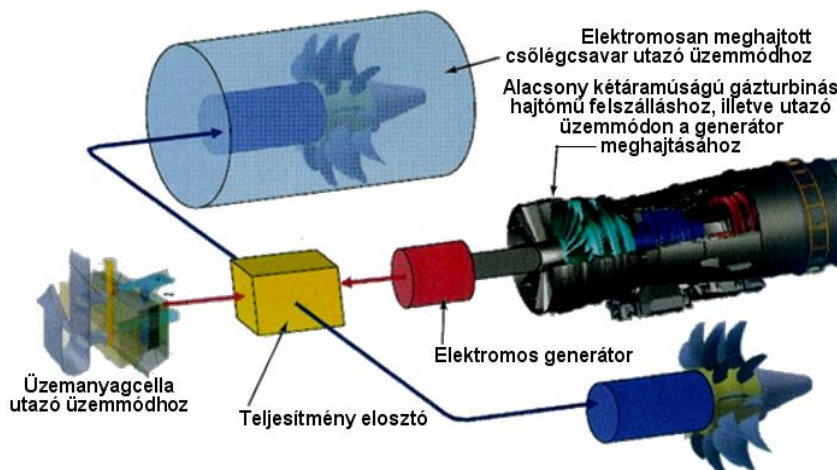
Alkalmazásukkal megvalósítható lesz a turboprop/turbofan hajtóművek ventilátor fokozata, légcsavarjai villanymotorral történő lényegesen hatékonyabb és kevésbé környezetszennyező hibrid

⁹ Az üzemanyagcellák általában két elektródából (**anódból** és **katódból**), valamint a köztük lévő elektrolit és katalizátor rétegekből állnak. Utóbbi segítségével a hidrogén alkotóelemeire, protonra és elektronra bomlik. Az üzemanyagcellában a kémiai folyamatot a levegő oxigénjétől egy elektrolit réteg zárja el, amely csak a protonokat ereszti át, az elektronokat nem. A protonok azonban csak elektronok jelenlétében tudnak reakcióba lépni az oxigénnel. A reakció által felszabaduló energia elegendő ahhoz, hogy elektronokat húzzon át a túlóldalra, ezáltal villamos áram jön létre, valamint víz keletkezik. Inverter segítségével váltóáram is létrehozható.

Az üzemanyag-átalakító (reformer) képessé teszi a rendszert, hogy bármilyen szénhidrogén alapú üzemanyaggal működjön. A hidrogén helyett az üzemanyag lehet alkohol is, ekkor az áram mellett víz és szén-dioxid keletkezik. [40]

meghajtása. Ennek, a NASA részéről javasolt első repülőkísérleti változata a Boeing-737-es olyan átépítése lehetne (21. ábra), amikor a törzs farokrészén elhelyezett – a két szárnyon lévő gázturbina generátorai által táplált – elektromosan meghajtott turbofan is működne.

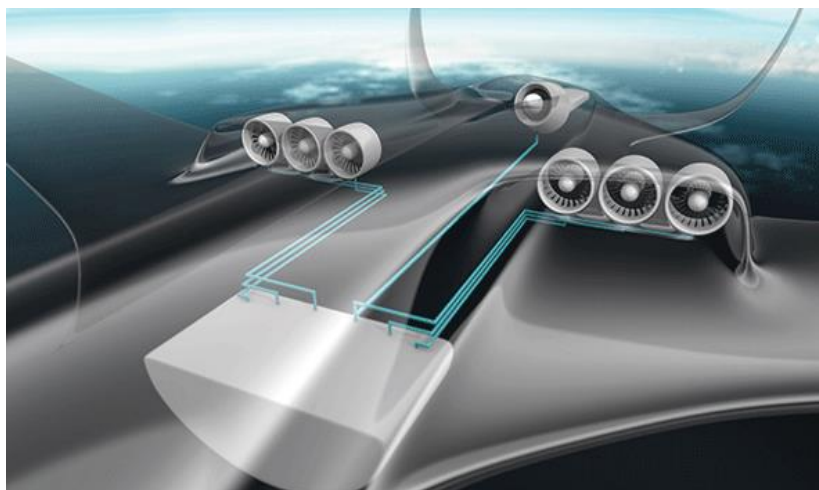
Továbbfejlesztett változatánál [34] a gázturbinás hajtómű már csak a felszálláshoz szolgáltatna kisegítő tolóerőt, a repülés további szakaszaiban, mint villamos erőmű, (generátor + üzemanyagcella-töltő) meghajtó-egysége működne (22. ábra).



22. ábra Továbbfejlesztett hibrid meghajtás [34]

Nem különbözik ezektől (nem is feltétlenül független) az Airbus elképzelése sem, a hibrid meghajtású repülőgép tolóerejének létrehozásáról (23. ábra).

Ezek gyakorlati megvalósítása azonban, még a villamos hálózatokon belüli energiaátalakítás és a megbízható tárolás hatékonyságának további érdemi javítását igényli.



23. ábra AIRBUS elképzelés a szállító-repülőgép hibrid meghajtásának kialakításáról

A regionális útvonalakra¹⁰ azonban már 2022-re - a jelenleginél lényegesen alacsonyabb árú és gyorsabb utazást kíván megvalósítani a Zunum nevű seattle-i startup, forgalomba állítva a még

¹⁰ E kategória fejlesztését az indokolja, hogy a rövid távú járatok gyakran drágák, mivel a helyközi desztinációkon a légitársaságok kisebb repülőgépekkel, alacsonyabb kihasználtsággal, kevesebb utast szállítanak, így többet kell felszámolniuk, hogy fedezzék a járat üzemeltetésének költségeit. Például, míg az USA-ban egy belföldi jegy 660 mérföld távolságra 239 dollárba kerül, addig pl. az Atlanta és New York City közötti 1780 mérföldes

fejlesztés alatt álló, polgári utasszállító, hibrid-elektromos meghajtású repülőgépet [42]. A Zunum tervei elsősorban az akkumulátorok és a mesterséges intelligencia fejlődésén alapulnak. Szerintük az utóbbiak révén, a repülőgép irányítása egyetlen repülőgép-vezetővel is lehetséges, mivel feladatainak egy része távvezérléssel, illetve automatizálva is megoldható.

Ezenkívül a Boeing és JetBlue Airways¹¹ 2022-re olyan, 12 utast, rövid távra szállítani képes repülőgépet kíván építeni (24. ábra alsó), melynek üzemköltségei a jelenlegi gázturbinás meghajtásúaknál lényegesen alacsonyabbak. [42] A startup együttműködik a Teslával és a Panasonic-kal is, a két nagy akkumulátorgyártó legújabb fejlesztéseit használva. A jelenlegi technológiákkal a repülőgép, kizárólag akkumulátoraival, egyetlen töltéssel maximálisan mindössze 160 km-es távolságra repülhet. Hajtóművét azonban olyan speciális gázüzeműre fejlesztik, amely menet közben képes lesz a meghajtáshoz szükséges elektromos energia jelentős hányadát előállítani. Az egyelőre vállalati titokként kezelt működési elvről csak annyi ismert, hogy hasonló a gázturbinás sugár-hajtóművekéhez, de égési reakciók nélkül és vele így már 1000–1100 km megtétele is lehetséges lesz.



24. ábra A Zunum tervezett elektromos hibrid repülőgépei 2022 után [ZUNUM Aero]

7000–8000 m-es szolgálati magasságon haladva A repülőgép sebessége (500 km/h) ugyan kisebb lesz az ilyen távolságon működtetett hagyományos sugárhajtású szállító légitársaságokéknál, de előzetes számítások szerint egy mérföld megtételének, egy utasra vetített költsége 8 cent (~25 Ft), ami mindössze 20%-a az ilyen kategóriájú, jelenleg alkalmazott gázturbinás meghajtásúaknak, miközben a károsanyag kibocsájtás és zajszennyezés 8%-kal kevesebb. A néhány év múlva várt fejlődés következményeként, egy nagyobb, 50 fő szállítására alkalmas olyan repülőeszköz is megjelenhet, amely 1600–1800 kilométer leszállás nélküli megtételére is alkalmas. (24. ábra, felső).

útra ez csak 160 dollár. A járatok költségeinek csökkentése kedvezőbb szállítási lehetőséget teremthet a vidéken élők számára, különösen, hogy Donald Trump javaslatára csökkentették a vidéki repülőterek kormányzati támogatását, melynek következményeként néhányat be is kellett zárni.

¹¹ az USA hatodik legnagyobb légitársasága

Homogén elektromos bázisú segédenergia rendszerek kialakítása

Az alternatív hajtómű üzemanyagok kutatásával párhuzamosan, a '70-es évektől több ország kutatóintézetében vizsgálták, miként lehetséges a hajtóműről működtetett, különböző bázisú és hatásfokú segédenergia rendszereket (hidraulika, pneumatika, elektromos) homogénizálni. Ennek oka, hogy már a '70-es évek végén elvégzett gazdaságossági kutatások is azt mutatták, hogy a segédenergia rendszerek, valamint a légkondicionálás működtetéséhez a hajtóművektől jelentős, (nagy szállító repülőgépek esetében akár ezer kilowatt teljesítményt is el kell vonni. [34] Ennek okai:

- a fedélzeti berendezések segédenergiával történő működtetésére – egyazon típuson is – többnyire együttesen alkalmaznak hidraulikus, pneumatikus és villamos meghajtásokat, melyek közül az első kettő hatásfoka általában jóval alacsonyabb az utóbbinál. A különböző energiabázisú rendszerek együttes működésekor a meghibásodás valószínűsége, az üzemeltetés költségei is magasabbak, mint homogén megoldás esetén;
- rendszerint valamennyi rendszer energiaforrásának (kényszer-)meghajtása a hajtómű segéd-berendezésházáról biztosított;
- a fedélzeti légkondicionáló rendszerek – számottevő teljesítményigényükön túl jelentős levegő mennyiséget is elvonnak a hajtómű kompresszorfokozatától, ami rontja annak hatásfokát.

A nyugati és orosz kutatóintézetek előzetes vizsgálatai egybehangzóan bizonyították, hogy a különböző fedélzeti rendszerek homogén, lehetőség szerint a legmagasabb hatásfokú elektromos energiával működőre történő kiváltása - mindenképp előtt nehéz szállító repülőgépek esetében - számos gazdaságossági, hatékonysági előnnyel jár. Ezek közül a legfontosabbak az üzemanyag felhasználás 8–12%-kal, a felszálló tömeg 6–10%-kal, a közvetlen üzemeltetési költségek 5–10 %, az élettartam költségek 3–5%-kal, a műszaki kiszolgálási idő 4–4,5%-kal csökkennek, miközben az egy meghibásodásra eső repült idő 5–6%-kal növekszik.

Megjegyzés: a felsorolt kedvező adatok, kisebb geometriai méretű és tömegű repülőgépek esetében arányosan csökkennek.

Az un. teljesen villamosított repülőgép (AEA – All Electric Aircraft és Oroszországban azonos ПЭС – полностью электрический самолет elnevezéssel) kialakításának egymásra épülő programlépései a '70-es évek végétől kezdődtek, majd a '90-es évektől MEA – More Electric Aircraft néven, 400 millió € ráfordítással, 2002–2006-ban a POA – Power Optimized Aircraft program keretében további 100 millió €-os befektetéssel folytatódtak. Ezek vezető résztvevői (Thales, Goodrich, Rolls-Royce, Hispano Suiza stb.) a 13. ábrán látható – hagyományosan, többnyire más energiaforrásról táplált – rendszerek 100%-ban elektromos működtetésűvé tételét javasolják, illetve ennek gyakorlati megvalósíthatóságát kutatják [32].

A program keretei között a gazdaságosság javításának egyik meghatározó eleme a hajtómű(vek)től – alapvetően a légkondicionáló, esetenként jégtelenítő rendszer(ek) táplálására szolgáló – levegő elvonásának megszüntetése. Ez annál is fontosabb, mert a légkondicionáló működtetéséhez szükséges teljesítmény eléri, sőt meg is haladhatja az 500 kW-ot, ráadásul a szükséges és a tényleges elvonás mértéke a repülés különböző fázisaiban nagymértékben különbözhet. A kutatások eredményei szerint, amennyiben a légkondicionáló rendszer levegőszállítását elektromosan meghajtott, számítógéppel vezérelt kompresszor biztosítja a

működtetéshez szükséges teljesítmény 30%-kal, a rendszer berendezéseinek és csővezetékeinek a tömege 20–30%-kal, a hajtómű(vek) üzemanyag fogyasztása 1–2%-kal csökken.

A kutatások eredményei szerint, az itt bemutatott módon „villamosított” repülőgép elektromos táprendszerében, a jelenleg használatos értékekhez képest, a váltóáram feszültségét – 360–800 Hz között változtatható frekvencia mellett – legalább kétszeresére, az egyenáramét 10–20-szorosára (270–540 V) szükséges emelni.

Az előzőekben felsorolt és az ezeket kronológiailag követő MOET (More Open Electrical Technologies) program több eredménye már visszatükröződik a különböző rendeltetésű, A380, B-787, F-35 legújabb polgári és katonai repülőgép típusokon.

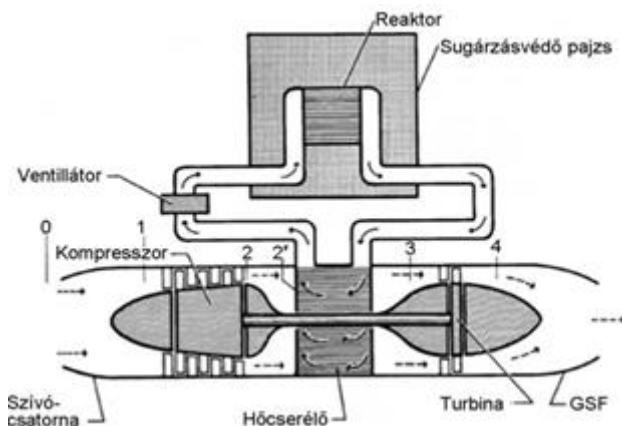
A jelenleg is folyó kutatások két fontos megoldandó kérdése:

- az elsődleges kormányvezérlő rendszer hidraulika munkahengereinek kiváltása elektromos mozgató mechanizmussal (a másodlagos kormány szervek, az un. szárny-mechanizációs berendezések működtetésére ez már elterjedt);
- a toló-, vonóerő létrehozása közvetlenül villanymotorral.

Első esetben a legnagyobb nehézséget az jelenti, hogy a könnyű építés elveinek megfelelő nagyteljesítményű, minimális szerkezeti tömegű villanymotort létrehozni csak nagy, (20 000–40 000 ford/perc) fordulatszámok alkalmazásával lehetséges. Ennek a megkívánt sebességű haladó mozgássá alakítása, viszont 2–3 fokozatú fordulatszám-csökkentő egységgel (pl. bolygó-művel) valósítható meg. Így különösen az intenzív, manőverező repülésnél szükséges gyakori, különböző irányú, intenzitású, összefüggő kormánymozgatás tartós, megbízható, késleltetésmentes, pontos követése, nem éri el a hidromotorok megbízhatóságát, élettartamát.

Nukleáris energiával meghajtott repülőgép

Az atomenergiával meghajtott repülőgép – a hajókhöz, tengeralattjárókhöz hasonlóan évekig üzemanyag feltöltés nélkül – (lenne) képes működni. Kifejlesztését már az '50-es évek első felében szorgalmazták a hidegháborúban résztvevő nagyhatalmak. A nukleáris meghajtású repülőgép sugárhajtóműve – elképzelések szerint – több mint háromszoros hangsebességű repülést is lehetővé tehetne, gyakorlatilag korlátlan hatótávolsággal, repülési idővel. A hajtóművében a beszívott és sűrített levegőt nem kerozin, esetleg egyéb fosszilis, vagy más kémiai tüzelőanyag, hanem egy atomreaktor hevíti fel, így hozva létre a tolóerőt.



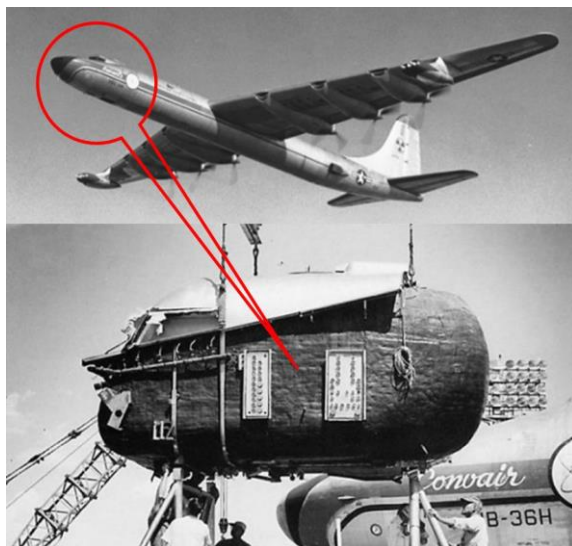
25. ábra A nukleáris repülőgép-hajtómű elvi kialakítása [41]

Már a tervezés stádiumában, de az első kísérletek nyomán világosan és egyértelműen kiderült, hogy a vízi járművekre kimunkált és ott valóban kifogástalanul működő megoldások repülőeszközökön szinte teljesen használhatatlanok. Az 1955-ben elkészült B-36-os bombázó repülőgépből átalakított kísérleti XB-36H-t (27. ábra) 3 MW-os, léghűtéses reaktorral szerelte fel (25. ábra) és két évig, 47 felszállás során, a személyzetben nukleáris mérnökökkel tesztelték [16][41].



26. ábra P&W „tisza” nukleáris meghajtás [41]

Létezett valamivel biztonságosabb (bár bonyolultabb) szerkezeti elképzelés is, amikor a levegő nem a reaktoron haladt keresztül, hanem annak hűtőközege egy hőcserélőn keresztül forrósította fel. Mint az a 26. ábrán látható, ennél a kialakításnál reaktormagnak van egy saját, teljesen zárt, elsődleges hőcserélője (piros cső), ebben kering hűtő/fűtő anyag, ami a magas hőmérsékletek miatt nem lehet víz, hanem alacsony olvadáspontú fém (pl. nátrium vagy ólom), ami nem érintkezik a külvilággal és a hőcserélőn keresztül melegíti fel a hajtóműből ki-, majd visszavezetett levegőt. Így utóbbit nem éri a közvetlen sugárzás, a radioaktív szennyezettsége elhanyagolható marad (a P&W-nél ezért hívták ezt „tisza” rendszernek) [39].



27. ábra A kísérleti Convair B-36 Pacemaker és modul-rendszerű repülőgépvezető fülkéje [saját montázs]

Szuperszonikus repüléshez azonban a levegőt $t \geq 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ kell(ene) hevíteni, a hővesztesség miatt viszont a hőcserélőben keringő közegnek ennél lényegesen melegebbnek kell(ene) lennie. Bár a P&W-nek sikerült a vizet túlhevítenie $p = 350 \text{ bar}$ nyomáson, $t = 815 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra, de ez messze nem volt elég, így – az egyik amerikai atom-tengeralattjárón alkalmazott - folyékony nátrium-

hűtést, míg az oroszok (szintén tengeralattjárón bevált) folyékony ólom-bizmut keveréket kívántak e célra felhasználni.

Amit napjainkig sem sikerült e konstrukciónál megnyugtatóan megoldani:

- a repülőgépbe beépíthető nukleáris meghajtás és sugárvédelem elemeinek lehetséges geometriai méreteit a légi jármű törzsében a rendelkezésre álló szabad tér határozta meg. Ez, valamennyi számításba vehető típusnál túl kicsi az elvárt teljesítményű reaktor egység beépítésére (Pl. a kísérletekhez használt Convair B-36 Pacemaker repülőgépbe alkalmazott 16 tonna tömegű reaktor teljesítménye mindössze harmada volt a légi jármű légcsavarjait hajtó 6 db, 28 hengeres csillagmotorokénak. Emellett repülés közben a reaktor túl „lomha” volt, a szükséges dinamikájú, pontosságú üzemmód, illetve teljesítmény változtatásokhoz.);
- a repülőgép személyzetének sugárvédelmét biztosító eszközeinek nagy tömegét csökkenteni (Pl. a B-35-öt is nagymértékben módosítani kellett a személyzet megfelelő sugárvédelmének biztosítására. A repülőgépvezető fülkét önálló, szerkezeti modulként alakították ki (27. ábra, alsó rész). Falai ólommal bélelt gumiból készültek, a hátsó részébe nagy víztartályokat helyeztek el a radioaktív sugárzás elnyelésére, ami mögé még egy további ólomfalat is beépítettek. Ablakait 300 mm [más források szerint 6 coll, azaz ~160 mm] vastag ólomüvegből készítették. Így a fülke össztömege önmagában 11 t volt.);
- a hajtómű üzeme közben és esetleges lezuhanáskor a környezetszennyezés megakadályozását (pl. ez utóbbi olyan súllyal szerepelt, hogy a program vesztének – a ballisztikus rakéták viharos fejlődése mellett – a tervvel szembeni általános civil elégedetlenség lett a másik oka. Emellett a katonai vezetés részéről sem létezett használható elképzelés arra vonatkozóan, hogy mi várható következmény és a szükséges a teendő, ha egy ilyen repülőgép, egy hazai nagyvárosra zuhan.).

Egyebek mellett ez is az oka, hogy – bár katonai és polgári igény is egyaránt lenne a gyakorlatilag korlátlan hatótávolságú repülőeszközre – napjainkig sem voltak képesek megfelelő biztonságú és hatékonyságú nukleáris meghajtású légi járművet építeni. [41]

REPÜLÉSTECHNIKAI ELJÁRÁSOK AZ ÜZEMANYAGFOGYASZTÁS CSÖKKENTÉSÉRE

Hajtómű üzemanyag-fogyasztás csökkentése energiatakarékos hajtóművezérlő szoftver alkalmazása

A polgári légitársaságoknál régen bevált módszer, hogy standard útvonalrepülések során a hajtómű személyzet rendszerint nem a belső kormánysszervekkel, hanem a robotpilóta kezelőszerveivel hajt végre útvonal korrekciót. Így a repülési és/vagy hajtómű üzemmód szükséges változtatása számítógépesen vezérelve, optimális ütemben, a legkevesebb üzemanyag felhasználásával történik. A KLM elemzése szerint a légitársaság kiadásainak 20–40%-a üzemanyag költség. A Honeywell új technológiája lehetővé teszi az alkalmazó számára a repülés minden szakaszában az adatok elemzését, a működési hatékonyság általános javítására [23].

A Honeywell GoDirect nevű most kifejlesztett üzemanyag-hatékonysági szoftvere – mely egyébként megfelel az üvegházhatást okozó gázok csökkentésére vonatkozó párizsi

megállapodás legújabb előírásainak – képes több mint 100 jelentésből származó adatsor elemzésére és integrálható a meglévő légitársasági rendszerekhez. Az üzemanyag-felhasználás folyamatos figyelemmel kísérésével és a megtakarítási lehetőségek megállapításával úgy csökkentheti az üzemeltetés összköltségeit, hogy 5%-kal alacsonyabb lesz az üzemanyag-fogyasztás, kisebb szén-dioxid kibocsátás mellett. A szoftver felhasználásával az azt alkalmazó 30 légitársaság (28. ábra) éves üzemanyag-megtakarítása összesen ~200 millió kg lehet [23].



28. ábra Honeywell GoDirect energiatakarékos szoftvert alkalmazó repülőgép [Honeywell]

Hasonló törekvések tapasztalhatók a katonai merev és forgószárnyas repülőgépek [17][38][39], ezek VTOL változatai [12], ember vezette, valamint robot gyártmányai[21] légi üzemeltetése terén is, bár többségüknél – speciális repülési feladataikból adódóan – jóval nehezebb a gazdaságossági, környezetvédelmi megfontolású optimalizálás.

Polgári, közforgalmú repülőgépek légi utántöltése¹²

E kérdéskör komplex vizsgálatára és a probléma megoldására 2011-ben meghirdették a Research on a Cruiser-Enabled Air Transport Environment (Recreate) elnevezésű projektet. Ennek már a kutatás első fázisát követően az egyik legfontosabb ajánlása az volt, hogy elengedhetetlen az utasszállító repülőgépek légi utántöltési lehetőségének megteremtése (29. ábra), mindennek előtt hosszú távú útvonalakon. E megállapítás helyességét igazolja az is, hogy az orosz Központi Aerohidrodinamikai Intézet (CAGI¹³ hasonló célú átfogó vizsgálatai is ezzel megegyező következtetésekre jutottak. Ezenkívül a repülésmeteorológiai kutatások szerint a klímaváltozás is kedvezőtlenül hat a távolsági légijáratok üzemanyag fogyasztására.



29. ábra Polgári utasszállító repülőgépek légi utántöltése [18]

¹² Részletesebb elemzése és a kapcsolódó szakirodalom a[18] forrásmunka 81-112. oldalán olvasható.

¹³ ЦАГИ – Центральный Аэрогидродинамический Институт

A Recreate projekt keretében, valamint a CAGI által folytatott vizsgálatok egybehangzóan azt mutatták, hogy a legkorszerűbb, nagy-hatótávolságú ún. nehéz szállító-repülőgépek (pl. Boeing-747/777/787, A-340, A-380 stb.) üzemeltetésének gazdaságossága, környezetszennyezési jellemzői nagymértékben javíthatók, különösen a 10 000 km-t meghaladó, közbelső leszállás nélküli repülési távolságokon.

A CAGI számításai szerint pl. egy A-380-as 15 000 km-es távolságú leszállás nélküli repülésért dupla tömegű kerozin felhasználással kell fizetni. Azaz 100 tonna feltöltött üzemanyagból 50 t az „ára” a megszakítás nélküli repülésnek (az erre szolgáló kerozin „cipelésének”). Abban az esetben, ha ezeket a nagy hatótávolságú, óriás repülőgépeket fokozatosan kisebb, olcsóbb, de légiutántöltési lehetőséggel rendelkezőkre cserélnék, – a lényegesen lecsökkent levegő és zajszennyezés mellett – Földünk repülőársaságainak légi járatain 300–400 milliárd USD megtakarítást lehetne elérni 2028-ig. Csak ez, évente ~40 millió tonnával csökkentené a repülésben felhasznált tüzelőanyag mennyiségét és ezzel arányosan a károsanyag kibocsájtást is. Ezt, egyetlen A-380-asra vetítve, – amennyiben az egy 15 000 km-es útjára csak 8000 km megtételére elégséges üzemanyaggal indulna el és a hiányzó mennyiséget útközben, légiutántöltéssel pótolná – 30%-os költségcsökkenés lenne elérhető [18].

Az angol és amerikai kutatóintézetek is két területre, a környezetszennyezés jelentős mérséklésére és a hosszú távú repülések gazdaságosságára összpontosították vizsgálataikat. Megállapításaik szerint csak azzal, hogy azonos korszerűségű, de kisebb tömegű repülőgépeket alkalmaznak:

- csökkenthető a zajterhelés és a légszennyezés;
- a fel-/leszálláshoz rövidebb kifutópályák is elégségesek így – tehermentesíthetők a nagy központi légikikötők – regionális repülőterek is bevonhatók a nagytávolságú útvonalak kiszolgálásába.

Csak ezek eredményeként is ~11%-os üzemanyag fogyasztás csökkenést prognosztizáltak.

A további gazdaságossági számításokhoz ~250 személyt szállító repülőgépet vettek figyelembe London – Hongkong, ~11 000 km hosszú útvonalon. Eredményül azt kapták, hogy ezen a repülési távolságon – egy légiutántöltés beiktatásával – 23%-kal csökkenthetők a költségek, a tanker(ek) üzemköltségeit is figyelembe véve [18].

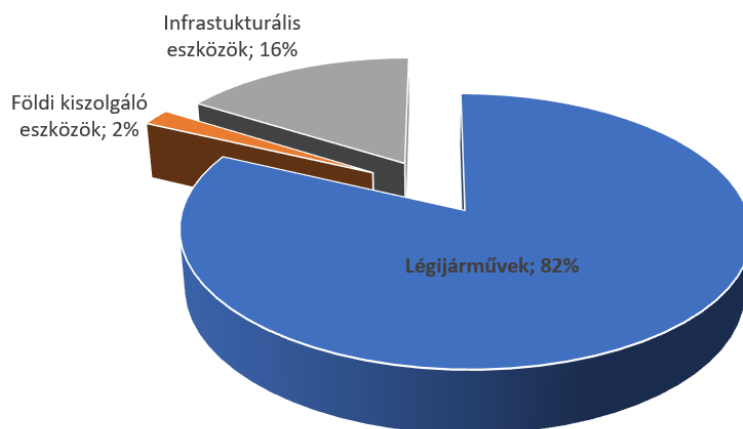
A kutatások további fontos megállapítása, hogy világviszonylatban ki kell építeni polgári légiutántöltés rendszerét, annak automatizált, nagy megbízhatóságú, „mindenidős” technológiáját, bázisaiul lehetőleg nem a forgalmas, lakott települések közelében elhelyezkedő repülőtereket használva.

A hálózat világviszonylatban történő kiépítésének különlegesen magas költségvonzatán túl, további kihívás a pilóták jelentős hányadának [35][36] – de vélhetően az utasok egy részének is – az eljárással szembeni idegenkedésének leküzdése a feladatra történő szakszerű felkészítése.

A GAZDASÁGOS ÉS KÖRNYEZETKÍMÉLŐ REPÜLÉS FELTÉTELEI MEGTEREMTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI A REPÜLŐTEREKEN

Az előzőekben megismertek alapján is belátható, hogy az elkövetkező három-négy évtizedben az alternatív, megújuló energiák (bio, nap, elektromos nukleáris stb.) alkalmazási lehetősége a

légijárművek közvetlen meghajtására korlátozott lesz. Ezért célszerű üzemeltetés energiaigényének ~20%-át kitevő műszaki kiszolgálás (eszközök és infrastruktúra) (30. ábra). és magának a repülőtér működtetésének energiastruktúráját is áttekinteni



30. ábra USAF tüzelőanyag felhasználása [32]

Tapasztalatok szerint forgalmas repülőtereken a légijárművek, a repülésre feltöltött üzemanyaguk 2–4%-át a felszálló pálya eléréséig, majd a leszállásukat követően az állóhelyre történő eljutáshoz, a megállásokkal, várakozásokkal tarkított gurulás közben használják fel. Ez nem csak a nagytömegű, főlegesen felhasznált üzemanyag ára miatt kedvezőtlen, de az eközben működő hajtómű(vek)üzemeltetési költsége, amortizációja is magas, illetve számottevő az okozott környezetszennyezés [20]. Ennek megszüntetésére több műszaki megoldás is lehetséges, melyek megfelelő adaptációja akár a hazai repülőtereken is megfontolható.

Jogilag a repülés, a repülőgép induló repülőtér felszállópályán történő megindulásától a célrepülőtér e pályáján történő kigurulása végéig tart. Ugyanakkor a repülésre feltöltött tüzelőanyag felhasználása megkezdődik már az állóhelyen történő APU és/vagy hajtóműindításkor, folytatódik a felszállópályáig történő gurulás közben, illetve a leszállást követően az állóhelyre történő visszagurulásakor a hajtómű(vek), APU leállításáig. A folyamatosan növekvő üzemanyagárak és az egyre szigorodó környezetvédelmi előírások a konstruktőröket, repülőársaságokat, valamint a polgári és katonai repülőterek üzemeltetőit a repülőgép működése minden fázisának a szempontok szerinti alapos vizsgálatára és átértékelésére kényszerítették. Ennek során az alábbiakat (is) megállapították:

- a légitársaságok közvetlen üzemeltetési költségeiben jelenleg már 30–40%-os összetevő az üzemanyagár;
- nagy forgalmú repülőtereken - különösen rövid távú járatok esetében - egyetlen repülőúton, közvetlen a teleszkópikus utasfolyosótól történő kitolást követő hajtómű indítás, a felszállás előtti, valamint a leszállást követő, guruló utakon, működő hajtóműv(ek)el történő haladás (forgalmas repülőtereken és napszakokban az ezt megszakító tetemes idejű megállások, várakozások) során az üzemanyag-felhasználás elérheti az egész repülőúthoz szükséges mennyiség 4%-át. Csak e célra, például a frankfurti légikikötőben, az átlagos napi kerozin felhasználás ~44 t;
- a repülőtéri utakon történő haladást biztosító működő hajtóművek számottevő járulékos tüzelőanyag fogyasztásán kívül – a por, szennyeződés, idegen tárgy beszívása miatt -

kopásuk, elhasználódásuk is nagyobb, de önmagába az üzemidő felhasználásuk is növeli az üzemköltséget;

- kedvezőtlen az is, hogy rendszerint a hajtóművek alapjáratú üzem módján leadott teljesítménye is több mint ami a repülőtéren történő guruláskor, a repüléshez használatos hajtóművek részleges, vagy teljes kiváltását lehetővé tevő – eljárást [3][51]52], illetve hoztak létre ehhez szükséges eszközöket¹⁴.
- a hajtóművek káros anyag- és zajkibocsátása jelentősen terheli a környezetet, miközben a repülőtereknek és légitársaságoknak egyre szigorúbb környezetvédelmi előírásoknak kell megfelelniük és hiányosságok esetén folyamatosan szigorodó bírságokra számíthatnak.

A felsorolt problémák hatékony megoldására több vállalat és légitársaság is dolgozott ki hatékony – a repülőtéren történő guruláskor, a repüléshez használatos hajtóművek részleges, vagy teljes kiváltását lehetővé tevő – eljárást [3][51]52], illetve hoztak létre ehhez szükséges eszközöket¹⁴.

Személyzet nélkül működő toló-vontató (push-back) gépjárművek kiterjesztett használata

A repülőgép működő hajtóműveinek guruláshoz történő felhasználását kiváltandó a német AIRBUS, a LUFTHANSA LEOS az izraeli Israel Aerospace Industries (IAI) vállalattal együttműködve kidolgozott módszer szerint, a napi repülések kiszolgálásakor, korábban csak a repülőgépek utas-folyosó mellől való kitolására használatos standard **toló-vontató** (ún. **push-back**) gépjárművek (31. a. ábra) folyamatosan működtetve kivontatják a légitársaságot a felszállópálya elejéig, a starthelyig (31.b. ábra). A hajtóművek indítására csak a gurulás utolsó perceiben kerül sor, a szükséges melegítés és a repülés előtti előírt ellenőrzések végrehajtásának biztosítására.

Ez a **TaxiBot** rendszernek nevezett eljárás [11] újdonsága, hogy a repülőgéppel összekapcsolt push-back gépjármű vezetését a tolatás és gurulás során a repülőgépvezető fülkében ülő pilóta végzi, majd a légitársaságról lekapcsolva, a vontató eszköz a központi diszpécser szolgálat utasításai alapján – a repülőtéren úthálózatba épített indukciós vezetékkel, illetve GPS segítségével – automatikusan közlekedik következő feladatának színhelyére. Különösen arra tekintettel, hogy mérések szerint forgalmas, nagy közforgalmú repülőtereken egy Boeing 747-es vagy az Airbus A320 közel egy tonna kerozint (~1250 liter) használ fel a hajtómű(vek) indítástól a felszállás megkezdéséig tartó átlagosan 17 min alatt [11]. Ennyi idő alatt a TaxiBot alkalmazásával 85%-kal csökkenthető a kerozin fogyasztás (értelemszerűen ugyan ilyen mértékben a CO₂ kibocsátás is), a zajterhelést pedig 50%-kal lesz kevesebb, miközben a vontató saját üzemanyag-fogyasztása átlagosan 25–30 l gázolaj. Természetesen a repülőgépek mozgatására – azok felszálló tömegétől függően (600 t-ig) – a push-back eszközöknek is széles skálája áll rendelkezésre 100–1000 kW motor teljesítménnyel, ami arányosan kisebb kerozin és gázolaj fogyasztást is eredményezhet [9].

A repülőgépvezető bevonása a push-back jármű vezetésébe, benne a csatlakoztatás bonyolult manővere szükségessé teszi a jármű kerekeinek – fedélzeti számítógép által koordináltan vezérelhető – több különböző kombinációban történő speciális kiteríthetőségét, ami a toló-vontató eszköz kezelőjének speciális felkészítését és gyakoroltatását igényli.

¹⁴ A témáról és a kapcsolódó szakirodalmat részletesebben ld. [20] forrásmunka!



a.

b.

31. ábra A TLD toló-vontató gépjárművek működés közben [saját montázs]

Az előzőekben felsorolt kedvező sajátosságok mellett, a push-back eszközök kiterjesztett felhasználása néhány nem elhanyagolható negatívummal is bír. Ezek közül néhány:

- ➔ a jelenlegi gyakorlatban, még a hagyományos alkalmazásra, – kizárólag az utasfolyosó mellől történő kitolásra – sem áll mindig rendelkezésre a kívánt időben megfelelő számú push-back eszköz, ami esetenként a járatok késését is okozza;
- ➔ a toló-vontató jármű üzemanyag fogyasztása (környezetkárosítása) ugyan rendszerint valóban nagyságrenddel alacsonyabb az általa mozgatott repülőgépénél, de üzemeltetési és beszerzési költségei számottevőek. (Utóbbira példaként: egy B-737 vagy A-320 mozgatására is alkalmas, TLD gyártmányú, dízel meghajtású TMX-150 típus vételára használtan ~100 000 €.);
- ➔ a polgári légi járművek többsége ugyan konstrukciósan alkalmas az orrfutóművének fogva történő repülőtéren mozgatásra, de ez a módszer a korábbinál lényegesen hosszabb vontatási távokon alkalmazva mindenképpen a futóműszárak megnövekedett igénybevételét és elhasználódását okozza.

A WheelTug® elektromos orrfutó meghajtó rendszer

Elsőként 2005-ben az Air Canada tesztelte sikeresen Boeing 767-es repülőgépén a WheelTug® elektromos orrfutó kerék meghajtó rendszerét [3][52]. 2010-ben már a cseh Travel Service egy Boeing 737NG típusú utasszállító repülőgépre is építettek ilyet (32. ábra).



32. ábra A WheelTug® szerelés közben és rögzítve egy Boeing-737 orrfutó kerekén [saját montázs]

A repülőgépvezető fülkéből kormányozható és fokozatmentesen szabályozható sebességű, előre és hátramenetet egyaránt biztosító indukciós villanymotorokat a repülőgép gázturbinás

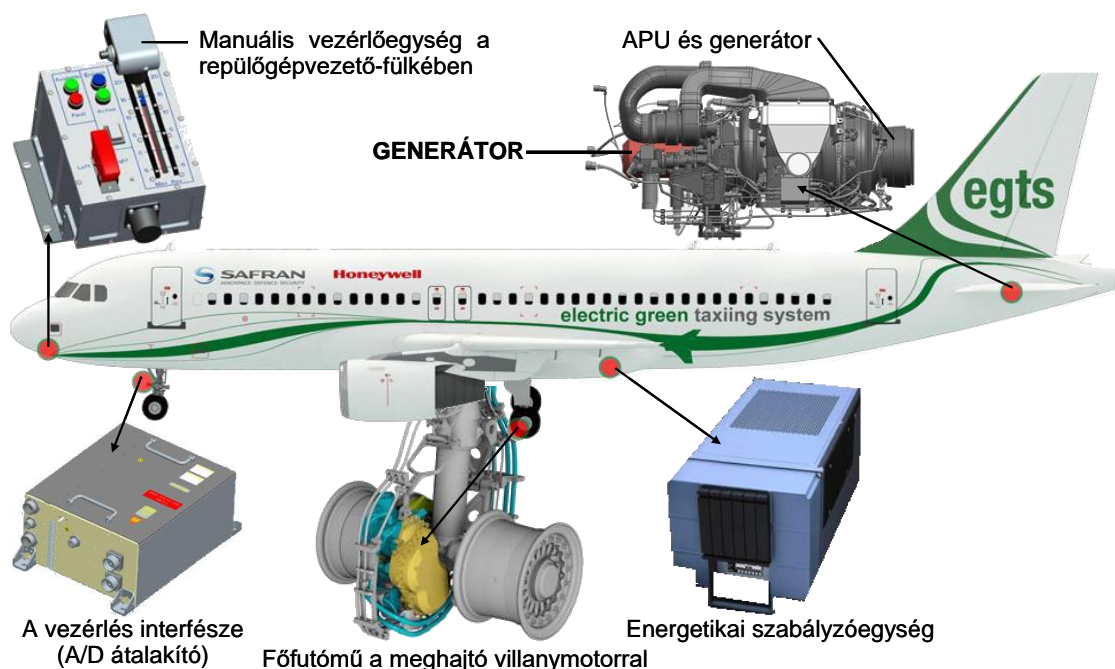
segédhajtóműve (APU – Auxiliary Power Unit) látja el elektromos árammal. A felépített rendszer össztömege 136 kg, a motor működése nem zavarja a kerékféket.

A gyártó (optimista) gazdaságossági számításai szerint a WheelTug rendszer alkalmazásával évente, repülőgépenként akár ~500 000 USD is megtakarítható (a push-back egyszeri használati díját 50–150 USD, a ki és begurulás átlagos 200–210 l kerozin szükséglete árát, 150–170 USD-os elmaradt kiadásként figyelembe véve). Kedvező az is, hogy függetlenül a push-back járművekre való esetenkénti várakozástól, az ebből adódó járatkésések díja (bírsága) is megszűnik. Repülőgép üzemeltetői oldalról az éves költségcsökkenést „csak” ~200 000 USD-ra prognosztizálják, számításba véve, hogy a rendszer beépítése által, 136 kg meg-növekedett felszálló tömeget járulékos tüzelőanyag fogyasztás árán kell folyamatosan – repülés közben is – hordozni.

A rendszer előnye, hogy a WheelTug rendszer legtöbb légitársaságra utólag, konstrukciós módosítás nélkül felszerelhető; **hátránya** és egyelőre megoldatlan probléma, hogy - a repülőgép építés alapvető konstrukciós követelményeinek megfelelően – az orrfutóműre a repülőgép tömegének 7–10%-a jut. Így guruláskor – a meghajtott kerék alacsony részterhelése miatt - csúszós és/vagy már minimális emelkedésű pályán akár haladásképtelenné is válhat a repülőgép.

Főfutómű kerekek meghajtása villanymotorral – EGTS¹⁵

A felsorolt gondok nagy részére reménykeltő megoldást dolgoztak ki a Honeywell és a Safran cégek együttműködésben (33. ábra). Ennek lényege, hogy a villanymotoros meghajtást a főfutóművekre telepítik (referencia modell az AIRBUS A-320) [3][9].



33. ábra Az EGTS főbb szerkezeti elemei [saját montázs]

A villanymotorok táplálása – a WheelTug-gal egyező módon – a repülőgép segédhajtóművére (APU) épített generátorról történik, ahol az energiafelhasználást a legkorszerűbb elektronika szabályozza. A főfutómű kerekeket meghajtó 100 kg tömegű elektromos rendszer guruláskor

¹⁵ Electric Green Taxiing System

~20 km/h utazósebességre 20 s, a 40 km/h maximális sebességre 90 s alatt képes felgyorsítani a légi járművet.

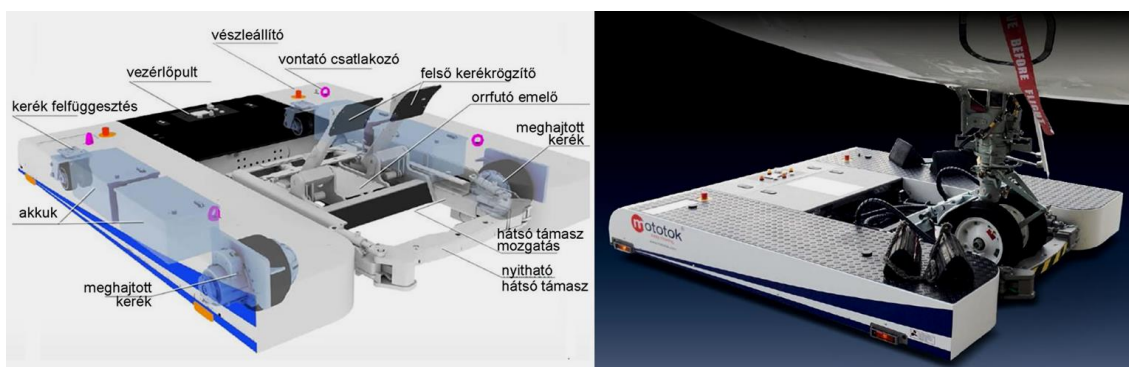
Az üzemanyag felhasználás és környezetszennyezés csökkentésén kívül, az EGTS rendszer további előnye, hogy

- úgy javítja a repülőtéri forgalom dinamikáját, hogy közben teljesen szükségtelenné teszi a toló-vontató gépjárművek használatát és forgalmát, ezzel egyidejűleg csökkentve a javítási, karbantartási igényeket is, mivel fele akkora lökészerű terhelés éri;
- legtöbb repülőgépre érdemi konstrukciós módosítás nélkül, utólag is felszerelhető.

Repülőgép mozgatása a repülőtéren az orrfutóműre csatolt, külső elektromos vontató kocsival (Mototok® rendszer)

A Mototok rendszerű [10], orrfutóműre csatlakozó önjáró, akkumulátoros toló-vontató eszközzel (34. ábra) az előző megoldásoknál bemutatott hiányosságok közül több is kiküszöbölhető:

- működéséhez nem szükséges semmilyen belsőégésű motor (de szükség szerint akkumulátora működés közben a repülőgép APU-járól is utántölthető);
- önsúlyával is terheli a repülőgép orr-részét, így nem csúszik meg;
- felszállás előtt leválasztják a repülőgépről, így repülés közben nem terheli azt.

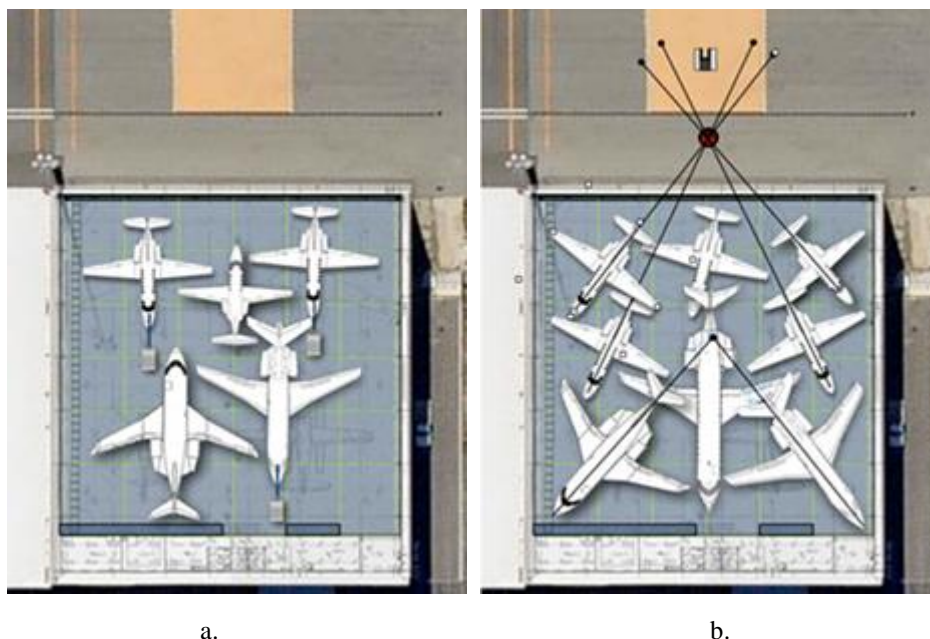


34. ábra Mototok Twin akkumulátoros önjáró toló-vontató jármű [10]

Az 1700 kg saját tömegű jármű kerékmeghajtó motorjait 4 db zselés, 200 Ah-ás akkumulátor táplálja 48 V-os feszültséggel, maximálisan 15 óra működési időt biztosítva. Olyan, maximálisan 50 000 kg tömegű légi jármű mozgatására alkalmas, amelyen az orrfutóműre jutó terhelés nem haladja meg a 6000 kg-ot. A járművel maximálisan 6 km/h sebesség érhető el, (ami lényegesen elmarad a guruláshoz elvárt 20 km/h-tól) így intenzív repülési üzemnap során a hajtóművel történő gurulás kiváltására korlátozottan, de műszaki kiszolgáláskor – akár zárttéri precíziós – mozgatásokra is maradéktalanul alkalmas. Irányítása vezetékes vagy rádiós távirányító egységgel biztosítható, akár a repülőgépvezető fülkéből is. A jármű 10 s alatt képes a repülőgéphez csatlakozni, bele értve az orrkerék felső és hátsó rögzítését, majd emelését is. A push-back rendszerrel megismert módon – a bázis repülőtérén belül automatikusan vezérelve – autonóm közlekedésre is alkalmas. (A gyártó kínálatában természetesen kisebb terhelhetőségű és így saját tömegű modellek is találhatóak [10].)

A Mototok akkumulátoros önjáró vontató egyaránt alkalmas helikopterek és terhelhetőségének megfelelő, bármilyen repülőeszköz hagyományos, vontatóvillával történő vontatására is.

Az akkumulátoros önjáró toló-vontató járművekkel – precíziós irányíthatóságuk és kis sebességeken is nagy motorteljesítményük (nyomatékuk) eredményeként – adott alapterületre (pl. hangárba) akár 50%-kal is több légi jármű helyezhető el biztonságosan (35. b. ábra), mint bármilyen más eszközzel és/vagy módszerrel (35. a. ábra)



35. ábra Mototok rendszerű precíziós mozgattással a hangár befogadó-kapacitás növelése [10]

Repülőtér energetikai biztosítása és környezetvédelme alternatív energia alkalmazásával

Figyelemre méltó, a jövőben világviszonylatban széleskörű elterjedésre számíthat az a Kínában 7,3 milliárd USD értékben támogatott, a 2016–2020-as időszakban végrehajtandó fejlesztési projekt, melynek keretében kb. 3000 db helyi – egyebek között repülőtereket kiszolgáló – metánüzemű, elektromos energiát előállító erőművet kívánnak létrehozni (36. ábra). Ezekkel mezőgazdasági eredetű biológiai hulladékot hatékonyabban, évi 1,4 milliárd t-t feldolgozva 4,9 milliárd m³-re kívánják növelni az évente előállított metán mennyiségét. Előzetes számítások szerint így kiváltható 87,6 millió t szén elégetése, ami 17,62 millió t-val csökkenti a légkörbe bocsájtott széndioxid mennyiségét [46].

A teljes értékű környezetbarát repülőtéri komplex energiaellátásért úttörő lépést tett az indiai kormány, ahol elsőként dél-Indiában a Cochin Nemzetközi Repülőtér energiaellátását kizárólag napenergiával, közvetlenül a repülőtér mellé, összesen 45 hektárnyi területen telepített 46 150 napelemmel biztosítják a 12,5 MW teljesítményt [1] (37. ábra).

A repülőtérhez már korábban is tartozott egy 1 MW-os naperőmű, amely 4000 kWh villamos energiát termel naponta. Az új naperőművel kibővített repülőtér ennek akár tizenötszörösét (50–60 ezer egységnyi villamos energia) képes előállítani, ami jóval több lesz annál, mint amennyi szükséges a repülőtér napi ellátásához. Úgy tervezik, hogy a többletenergiát az állami energiahálózatba juttatja vissza, amely akár 10 ezer otthon ellátására is elegendő lehet. Ezzel a zöld beruházással a repülőtér az elkövetkező 25 évben elkerüli 10 700 t szén-dioxid kibocsájtását, ami egyenértékű azzal, mintha ültettek volna 3 millió fát.



36. ábra Metánnal működő helyi elektromos energiát előállító erőmű [fotó: equipnet.ru]



37. ábra A Cochin Nemzetközi Repülőtér 45 hektáros napelemrendszere [Fotó: Cochin International Airport]

A Cochini naperőműhöz hasonlóan India egy másik repülőtere, a kalkutai Kolkata Netaji Subhas Chandra Bose International Airport is jelentős, 15 MW-os naperőmű építését tervezi, 2022-ig a meglévő 4 GW napenergia-kapacitást 100 GW-ra növelve.

Afrika első napelemmel működő repülőtere a Fokváros és Port Elizabeth közt félúton lévő George Repülőtér [28] (38.ábra). Energiahasználatának majdnem a felét adja a nemrégiben átadott, 200 négyzetméternyi napelem, ami teljes kapacitáson 750 kW energiát képes előállítani. A repülőtér környéke az ország egyik logisztikai és egyben turisztikai központja is, 600 ezer utas fordul meg itt évente.

Kisebb volumenű, de semmiképpen nem elhanyagolható környezetkímélő energetikai beruházások történtek egyes londoni és párizsi közforgalmú légikikötőkben is. Londonnak 6 jelentős repülőtere közül az ötödik legforgalmasabb évi 3 millió utast kezelő a London City Airport (EGLC), ahol (39. ábra) napelemesre cserélte a futópálya védelmi fényeit (Runway Guard Light, szakbecenevén WIG-WAG) [27].



38.ábra Dél afrikai Köztársaság George Repülőtér napelem rendszere [forrás index.hu]

Az egyetlen pályával rendelkező repülőtér gurulóútjain összesen 6 db várópont található, ami dupla ennyi, 12 db védelmi fényt jelent. A folyamatosan működő lámpákat ezentúl megújuló energiával táplált, telepített akkumulátorok látják el, melyek egy feltöltéssel akár negyedévig is biztosítják az energiát. Az energiatakarékos LED lámpatestek ára és telepítése 10 000 €. Nagy-Britanniában, Southampton repülőtere is ilyen világítást vásárolt. A jövőben további repülőtereket is ilyen speciális LED-es világítással kívánnak ellátni.



39.ábra London City Airport (EGLC) futópálya védelmi fények (Runway Guard Light) napeleme [AirportWorld]

A párizsi Charles de Gaulle repülőtér áramellátásának kiegészítésére ~800 db nappanelt telepítettek 4 ezer m². Számítások szerint ezek évente ~7 t széndioxidtól kibocsájtástól mentesíti a környezetet. Nem ez az első megújuló energiahasznosítási vállalkozása ennek a légikikötőnek. Korábban már üzembe helyeztek egy fa/pellet tüzelésű erőművet, amely a fűtési igények negyedét képes kielégíteni. A repülőteret üzemeltetők 2015-re a széndioxid-kibocsátás 25%-kal csökkentették, döntően az energiaszükséglet 15%-nak megújuló forrásokból fedezésével.

A környezettudatosság jegyében készülhet el az 5,7 milliós utasforgalmú kuvaiti nemzetközi repülőtér (40. ábra), melynek első üteme 2017-ben készült el [1]. A terminál tetejét napelemek borítják, de más zöld megoldást is alkalmaznak majd az épületben. A 2,1 milliárd dolláros beruházás keretében számos környezetvédelemmel összefüggő új technológiát alkalmaznak, (pl. energiatakarékos lesz a repülőtér kialakítása és hűtőrendszere, a tetőn elhelyezett számos

napelem pedig megújuló energia előállítását teszi lehetővé). A sivatag közepén álló napkollektorok számára várhatóan bőven rendelkezésre áll energiaforrás, mivel a repülőtér és környékén az átlaghőmérséklet 32 °C.



40. ábra. A Kuwait International Airport tetején elhelyezett napelem rendszer

Az üzemanyag-fogyasztás és a károsanyag kibocsájtás csökkentésének néhány új lehetősége a műszaki kiszolgálás és karbantartás során

A FAI Aviation Group, létrehozta a repülőtéri környezetvédelem egyik példás alkotását, egy új, 4800 m² alapterületű *szén-dioxid semleges karbantartó hangárt* a nünbergi Albrecht Dürer Repülőtéren (41. ábra). A létesítmény teljesen szén-dioxid mentes állóhelyei, megfelelnek a perspektivikus európai környezetvédelmi előírásoknak is, és egyidejűleg három Airbus A-320, vagy öt Bombardier Global Express repülőgép befogadására alkalmas [5].



41. ábra Széndioxidmentes hangár a nünbergi Albrecht Dürer repülőtéren [5]

A léggépjárművek sárkányának tudományosan megtervezett takarításával is üzemanyag-fogyasztás, valamint ebből fakadó károsanyag kibocsájtás érhető el úgy, hogy közben még kevesebb – szintén környezetet terhelő – mosószert használnak fel [4]. Ismeretes, hogy a repülőgépek külső felületén az állóhelyen, de repülés közben is por és egyéb szennyeződés rakodhat le, ami messze

nem csak esztétikai kérdésként jelentkeznek, hanem megnövelheti a légellenállást is, ami nagyobb üzemanyag-felhasználást okoz. Ezt elkerülendő a repülőgépeket általában évente négy-szer-öttször magasnyomású vízzel letisztítják, ami pl egy A380-as esetében alkalmanként 11 300 l, egy Boeing 777 esetében pedig 9 500 l víz felhasználását eredményezi.



42. ábra „Drywash” felülettakarítás [4]

Az Emirates légitársaság által kidolgozott „drywash” felülettakarítási technológiával környezetkímélő módon – több millió liter vizet megtakarítva – lehetséges kívülről hatékonyan megtisztítani légijárművek sárkányát. A 2016 óta alkalmazott „drywash” technológia első fázisában folyékony tisztítószert visznek fel a sárkány külső felszínére (42. ábra) és az így keletkezett filmréteget mikroszálás törőkendővel távolítják el, így egyszerre polírozzák és tisztítják a repülőgép borítását. A kialakult védőréteg fényesebbé és ellenállóbbá teszi a festett felületet. Ezzel a technológiával 15 fő egy A380-ast 12, egy Boeing 777-est 9 óra alatt képes megtisztítani [4].

Az Emirates légitársaság közlése szerint a 260 légijárműből álló gépparknál egy év tapasztalata szerint a „drywash” eljárás alkalmazásával:

- ➔ évente több mint 11 millió liter vizet takarítható meg;
- ➔ a repülőgépek jóval tovább maradnak tiszták, ezért elég azokat évente kétszer-háromszor lemosni;
- ➔ a kevesebb szennyeződés lerakódás következtében a gépek kevesebb üzemanyagot fogyasztanak;
- ➔ az eljárás műszaki kiszolgálás hatékonysága szempontjából is hasznos, mivel a tisztítás ideje alatt több olyan javítási, karbantartási munka is elvégezhető, amely a többségében vízre érzékeny eszközök miatt a vízzel történő mosás idején nem lenne lehetséges.

VÉGSŐ KÖVETKEZTETÉS

Földünk fosszilis energiahordozóinak kitermelhetősége az elkövetkező években, évtizedekben bizonyítottan drasztikusan csökken, így kutatni kell kiváltásának, helyettesítésének alternatíváit. A csökkenés mértékét, terminusát – spekulációs és politikai megfontolásokon kívül – befolyásolja a várható drágulás okozta, korábban magas költségei miatt elvetett technológiák fokozatosan rentábilissá válása és bevezetése. Ezzel ellentétes, árcsökkentő hatású, a közúti közlekedésben az elektromos autók rohamos, a legtöbb államban pozitív diszkriminációval is támogatott terjedése, párhuzamosan a benzines és dízel meghajtású járművek üzemeltetésének adminisztratív megnehezítésével, perspektivikus ellehetetlenítésével, ennek részeként számos, gazdaságilag meghatározó országban árusításuk 10–25 éven belüli teljes tiltásával.

A repülőiparban az elektromosság de számos más alternatív meghajtás elterjedése várhatóan - a fenntartható fejlődés és a folyamatos átállás tetemes finansiális, eszköz igénye okán is - hosszabb időt igényel. A század első felében várhatóan az üzemanyag-fogyasztás, valamint károsanyag kibocsájtás csökkentés kap hangsúlyt, illetve a hagyományos kerozint, benzint törekednek – a meglévő hajtóművekben szerkezeti változtatás nélkül feltölthető – szintetikus úton (szénből, bio eredetű hulladékból stb.) előállítani. Siker esetén is, ezek kipróbálása, alkalmazása hosszú, a repülőgép, valamint az érintett hajtómű gyártójával egyeztetett folyamat (ha egyáltalán hozzájárul). Az alternatív energiahordozók alkalmazásának az elkövetkező években, évtizedekben várható színtere a repülőtéri energiaellátás és üzemeltetés lesz. Ennek kutatása a repülőiparral nem rendelkező országok számára is célszerű, mivel jelentős megtakarítást eredményezhet úgy, hogy közben a z okozott környezetszennyezés is számottevően csökken.

Fontos, elengedhetetlen eleme, a felsorolt és alkalmazni kívánt alternatív energiák repülésben történő alkalmazásának, hogy kapcsolódjanak és váljanak részeivé a korszerű üzemeltetési eljárásoknak [19], illetve történjen meg a légi és földi üzemeltetést végző állomány célirányos korszerű felkészítés, [37] majd ezt követően, a megszerzett ismeretszint, valamint a gyakorlati készségek permanens, következetes fenntartása.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] A napelemet nem zavarja a reptér zaja, Napelem erőmű került a reptér biztonsági zónájába 2013. 10. 16. <http://www.solarside.hu/a-napelemet-nem-zavarja-a-repter-zaja/>
- [2] Bartholy J., Breuer H., Pieczka I., Pongrácz R., Radics K.: Megújuló energiaforrások ELTE TTK FFI Meteorológiai Tanszék, (2013), 78. http://ttktamop.elte.hu/sites/ttktamop.elte.hu/files/tananyagok/megujulo_energiaforrasok.pdf (2017. 03. 10.)
- [3] Dubois, Thierry: WheelTug, Safran-Honeywell and IAI Offer Three Rival Solutions for Airline Engine-off Taxiing AVIATION NEWS 2014. 02. 11. <http://www.ainonline.com/aviation-news/air-transport/2014-02-11/wheeltug-safran-honeywell-and-iai-offer-three-rival-solutions-airline-engine-taxiing>
- [4] Emirates showcases environment friendly aircraft cleaning technique Sukanya Ramanujan DUBAI, U.A.E., 04 June 2017 <https://www.emirates.com/media-centre/>
- [5] FAI Completes €7m Carbon Neutral Hangar at Nuremberg Airport, 2017. 04. 17. <http://www.avmag.com/fai-completes-e7m-carbon-neutral-hangar-nuremberg-airport/>
- [6] Fehér Krisztina, Óvári Gyula: A mikroalgák felhasználási lehetőségei a biodízel üzemanyagok előállításában Repüléstudományi Közlemények 2017/2 pp. 119-135. http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_2/2017-2-11-0402_Feher_Krisztina-Ovari_Gyula.pdf
- [7] Fehér Krisztina, Kavas László, Óvári Gyula: Solar Impulse, Repüléstudományi Közlemények 2015/1 pp. 30-40.

- [8] Gonzales, Carlos: The Future of Electric Hybrid Aviation NASA and Airbus are leading the way in cleaner aviation by designing purely electric or hybrid aircraft MACHINE DESIGN, 2016. 03. 29.
- [9] Gyári tájékoztató: <http://electricvehicle.ieee.org/2014/03/05/electric-green-taxiing-system-egts-for-aircraft/>
- [10] Gyári tájékoztató: <http://www.mototok.com/>
- [11] Gyári tájékoztató: <http://www.reuters.com/article/2014/11/03/us-israel-aerospace-taxibot-iduskbn0in0tu20141103>
- [12] Hegedűs Ernő: A Bell/Boeing V-22 Osprey konvertiplán és a jövő billenőmotoros repülőgép-fejlesztései HADITECHNIKA 2017/3 pp. 9-15.
- [13] Hegedűs Ernő: Az UH-1 többfeladatú helikopter fejlesztésének története és korszerűsítésének lehetőségei KATONAI LOGISZTIKA 2016/3 pp. 216-244.
- [14] Hihetetlenül alacsony benzinárak jönnek HVG 2017. 10. 14. http://hvg.hu/gazdasag/20171014_Hihetetlenul_olcso_benzinarak_jonnek (2017.10. 16.)
- [15] Jakabffy Éva: Kék bolygó, zöld jövő – mennyire zöldek a megújuló energiák? www.origo.hu/tudomany, 2008. 05. 02.
- [16] Jockey11: Nukleáris repülőgépek 01. Had- és rendvédelem história kicsit másképpen 2010.12.06. http://lemil.blog.hu/2010/12/06/vendegposzt_nuklearis_repulogepek_1_0
- [17] Kavas László dr.: A helikopter típusváltással kapcsolatos gondolatok és a kiválasztást megalapozó elvárások Repüléstudományi Közlemények 2013/1 pp. 93-98. (2013)
- [18] Kavas L., Óvári Gy., Varga B.: Repülőeszközök tüzelőanyaggal történő légiutántöltésének módszerei, hagyományos és új alkalmazási lehetőségei Repüléstudományi Szemelvények 2016. NKE pp. 81-112. ISBN 978-615-5057-70-0 <http://www.repulestudomany.hu/kiadvanyok/RepSzem-2016.pdf>
- [19] Kavas László, Óvári Gyula: A katonai repülőgépek korszerű üzemeltetési eljárásainak elvi alapjai és gyakorlati hozadécai REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK 2013/1: pp. 198-209.
- [20] Kavas László, Rozovicsné Fehér Krisztina, Óvári Gyula: A gazdaságos és környezetkímélő repülés feltételei megteremtésének lehetőségei a repülőtereken Repüléstudományi Közlemények 2015/1 p. 7-17. url: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015_1/2015-1-01-0216-Kavas_L-Ovari_Gy-Rne_Feher_K.pdf
- [21] Kovács József, Óvári Gyula, Szegedi Péter: Preliminary Design of Controller for the Lateral Motion of an Unmanned Aerial Vehicle In: Žilvinas Bazaras, Donatas Markšaitis, Evaldas Švaronas, Ovidijus Putnynas (szerk.) Proceedings of the 10th International Conference: Transport Means 2006. Konferencia helye, ideje: Kaunas, Litvánia, 2006.10.19-2006.10.20. Kaunas: Technologija, 2006. pp. 328-331
- [22] Kis kémiai szótár GONDOLAT KIADÓ, Bp. 1972.
- [23] KLM Aims for Five Percent Fuel Saving With Honeywell Software 2017.08.02. <https://www.avm-mag.com/klm-aims-five-percent-fuel-saving-honeywell-software/>
- [24] Kozéky László Dr.: Szintetikus kerozin gyártása SYNPETROL – Plazma és Pírolízis Rendszerek Kft. – Környezet-védelmi Divízió Budapest, 2010
- [25] Lambert, Fred: Airbus unveils concept for an autonomous electric VTOL aircraft AIRBUS VAHANA 2016. 10. 24. <https://electrek.co/2016/10/24/airbus-unveils-concept-autonomous-electric-vtol-aircraft/>
- [26] MTI közlemény: 2034-ig 36 ezer gépre lesz igény a Boeing szerint 2014. július 10. <http://www.bevezetem.hu/cikk/2034-ig-36-ezer-gepre-lesz-igeny-a-boeing-szerint>
- [27] Napelemes pályavédelmi fények Londonban http://zoldbepules.blog.hu/2013/07/17/napelemes_palyavedelmi_fenyek_londonban
- [28] Napenergia lát el árammal egy afrikai repteret, Afrika első napelemmel működő repülőtere http://www.napelemahazra.hu/hir/124/napelemes_repuloter
- [29] Nárai-Szabó: István: Kémia Műszaki Könyvkiadó, 1973
- [30] Óvári Gyula: A Stealth repülőgépek szerkezeti kialakításának néhány kérdése Haditechnika 1991/1 pp. 43-56. (1991)
- [31] Óvári Gyula: Autorotálni, katapultálni vagy lezuhanni? HADITECHNIKA 1992/4 pp. 2-9.
- [32] Óvári Gyula, Szegedi Péter: Alternatív üzemanyagok alkalmazásának lehetőségei a repülésben Repüléstudományi Közlemények 2010/2 (különszám) 29 p. (2010) http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2010_cikkek/Ovari_Gyula-Szegedi_Peter.pdf
- [33] Óvári Gyula: Régi gondok új közelítésben: vadászrepülőgép beszerzés 2000 után Hadtudomány 1999/3-4. szám pp. 126-141. (1999)
- [34] Óvári Gyula: Gázok és villamosság, mint lehetséges repülőgép-üzemanyagok I.-III: Haditechnika 2014/2 p. 5-10.; 2014/3. p. 5-10.; 2014/4. p. 2-6. HU ISSN: 0230-6891

- [35] Szabó Sándor András: A NATO repülőorvosi harmonizációs törekvései a hadműveleti tapasztalatok és a repülésbiztonsági adatok tükrében Repüléstudományi Közlemények 2010/1 Paper 2010_cikkek/Szabo_Sandor.pdf. 21 p.
- [36] Szabó Sándor András: Repülőorvosi alkalmassági vizsgálatok jelene, jövője (különös tekintettel a NATO Standardizációs Egyezmények bevezetésére) In: Közszerkezleti Személyzetfejlesztési Főigazgatóság (szerk.) A Hon- és Rendvédelmi Egészségügyi Dolgozók IV. Tudományos Szakmai Konferenciája. 172 p. Budapest, 2014.11.19-2014.11.20. Nagykovácsi; Budapest: BM, 2015. pp. 48-59. (ISBN:978 963 12 3800 6)
- [37] Szegei Péter, Turcsányi Károly, Tóth József: Competence-Centered Education of Officers Thoughts about a recent Research of Competencies in Military Aviation Maintenance Revista Academiei Fortelor Terestre/Land Forces Academy Review XXII:(2) pp. 103-109. (2017)
- [38] Szilvássy László: Harci helikopter modernizáció kérdései Repüléstudományi Közlemények 2013/1. pp. 236-262.
- [39] Varga Béla: Helikopter gázturbinás hajtóművek hatásfok növelésének problémái Repüléstudományi Közlemények 2011/2: pp. 15-24. (2011)
- [40] Vegi András: Üzemanyagcella WEB-lap: <http://uzemanyagcella.lap.hu/#b18033061/>, <http://astro.u-szeged.hu/szakdolgo/vegiandras/mukodes/uzemanyagcellak.html>
- [41] Veit András: Repülő atomerőművek Gyártástrend, 2014. november 21. http://www.gyartastrend.hu/cikk/repulo_atomeromuvek
- [42] Villamos meghajtású repülőgépekről 2017-es reklám értékű, gyári tájékoztatók: - eviation unveils all-electric 'alice' aircraft with 600 mile range <https://www.designboom.com/technology/eviation-alice-electric-aircraft-06-22-2017/> - Boeing to advance autonomous, all-electric technology capabilities with Aurora Flight Sciences acquisition <http://www.intelligent-aerospace.com/articles/2017/10/boeing-to-advance-autonomous-all-electric-technology-capabilities-with-aurora-flight-sciences-acquisition.html> - Wright Electric Planning Short Haul Electric Airplane Within Ten Years <http://gas2.org/2017/03/29/wright-electric-airplane-ten-years/> - Molnár Csaba: El van ájulva a világ a magyar elektromos kisrepülőtől http://hvg.hu/kkv/20160608_erepulo_Fusion_Magnus_Aircraft_karbon_repules_repulogep_gyartas_magyar_vallalkozas_
- [43] Андреев, В., Солозобов, В.: Топливо для летательных аппаратов XXI века НАУКА И ЖИЗНЬ 2001/2 <http://www.nkj.ru/archive/articles/5757/>
- [44] Вороновым, С., Каргополцев, В., Кутасов, В.: „Полностью электрический самолет”
- [45] Зайцев, В.: Новое топливо для авиации АВИАГЛОБУС 2009. 07. p. 10-13.
- [46] Китай намерен инвестировать \$7 млрд в строительство метановых электростанций ТАСС Экономика и бизнес 2017. 02. 11. <http://tass.ru/ekonomika/4014948>
- [47] Литий-ионный вопрос АВИАГЛОБУС, 2013. 01. 23. p. 23 <http://aviaglobus.ru>
- [48] Маврицкий, В. И., Зайцев, В.: ЛТХ двухтопливного вертолета АВИАГЛОБУС, 2009. 06. p. 16-17. АВИАПАНОРАМА 2009. 03-04. p.14-17.
- [49] Катин, Д: Работы в США по оптимизации затрат на закупку топлива для военной авиации, ЗАРУБЕЖНОЕВОЕННООВОБОЗРЕНИЕ 2008. 07. p. 46-50.
- [50] Наземную технику – под контроль! AVIAGLOBUS 2013. 11. 05. <http://aviaglobus.ru/2013/11/05/3486/>
- [51] Самолеты на электрической тяге взлетят к 2019 году WEEKLY V NOVOM SVETE 2016. 07. 25 AVIATION NEWS 2014. 02. 11. <http://www.ainonline.com/aviation-news/air-transport/2014-02-11/wheeltug-safran-honeywell-and-iai-offer-three-rival-solutions-airline-engine-taxiing>
- [52] Самолет едет, двигатели стоят AVIAGLOBUS 2013. 01. 05 <http://aviaglobus.ru/2013/01/05/5144/>
- [53] Цены на авиатопливо будут снижены дважды Независимое Информационное Агентство 2008.12.08.
- [54] Чернышев, С. Л., Ковалев, И. Е., Маврицкий, В. И.: Переход на новое авиационное топливо АВИАГЛОБУС 2009. 09. p. 24-29.

REALITIES OF THE USE OF ALTERNATIVE FUELS IN AVIATION IN THE FIRST HALF OF 21-st CENTURY

Since the 1970 it has become evident that – considering continuously increasing energy demand – access to energy of fossil origin on the Earth will decrease irreversibly from 2040 on. Due to that fact it is necessary to replace them as soon as possible with alternative fuels, which, at their use are not pollutant at all or are much less pollutant than fuels used at present. However, it should be considered that at the moment such fuels, which could be produced in industrial amounts using environmental friendly technologies do not exist. For this reason, it is a must to find interim solutions as soon as possible to handle the problem.

Keywords: access to energy of fossil, alternative fuel, fossil fuels, biofuels, biodiesel fuels, microalgae

Fehér Krisztina egyetemi tanársegéd Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Intézet Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék rozovicsne.fehér.krisztina@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-5057-733X	Fehér Krisztina Assistant lecturer National University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Institute of Military Aviation Department of Aircraft and Engine rozovicsne.fehér.krisztina@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-5057-733X
Dr. Óvári Gyula egyetemi tanár Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Intézet Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék ovari.gyula@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-9876-6760	Dr. Óvári Gyula Professor National University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Institute of Military Aviation Department of Aircraft and Engine ovari.gyula@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-9876-6760

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

A kutatás a fenti projekt „AVIATION_FUEL” nevű kiemelt kutatási területén valósult meg.



<http://www.repulestudomany.hu/kiadvanyok/RepSzem-2017.pdf>

REPÜLÉSÉLETTANI KIHÍVÁSOK A HADMŰVELETI TAPASZTALATOK TÜKRÉBEN

A II. világháború befejezésétől napjainkig tartó időszak helyi, regionális háborúit elemezve állítható, hogy a légi alkalmazása változatlan prioritást élvez: a légifölény megszerzése és a hadműveleti kezdeményezés fenntartása, a légi csapásmérő képesség változatlan fontos szempont a stratégia kialakításában. Ehhez szükség van nagy manőverező-képességű repülőeszközökre, amelyek a magassági és gyorsulási sebességi paraméterek széles határok közötti biztosítását is lehetővé teszik. Ez együtt jár az emberi cselekvőképesség és élettani tűrőképesség szélsőséges repülési viszonyok közötti fenntartásának követelményével, amely tény viszont előre nem látható kockázatot és kihívást jelent még a legkorszerűbb vadászgépek pilótái számára is. Ezért a katonai repülésben a kiképzés minden fázisában, a hadműveleti körülmények között várható fizikai és mentális terhelés előre vetítésével, földi körülmények között, speciális szimulációs be rendezések alkalmazásával történő oktatásra és kiképzésre van szükség. Így a pilóták felkészülhetnek az oxigénhiány, a gyorsulás-túlterhelés és a térbeli tájékozódó-képesség elvesztése, a kifáradás, mint legfontosabb repülésélettani kockázati tényezők miatt fenyegető cselekvőképtelenség kivédésére ill. veszélyének csökkentésére.

Kulcsszavak: repülésélettani stresszorok, gyorsulás-túlterhelés, hypoxia tudatosság, térbeli tájékozódó-képesség elvesztése, kifáradás-kimerülés, hirtelen cselekvőképtelenség, pilótahiba

BEVEZETÉS

A II. világháború utolsó éveiben a szuperszónikus repülés kezdetei (Messerschmitt Me-262), a zuhanó- és nagymagasságú bombázások tömeges alkalmazása már jelezte azokat az új élettani kihívásokat, amelyek a következő évtizedekben a nagysebességű, nagymagasságú és nagy túlterhelésekkel járó repülések igénye miatt mind a kiképzés, mind a műveleti/harci bevetések során komoly repülésbiztonsági kockázatot jelentettek, egyúttal komoly kihívást jelentettek a magassági védőfelszerelések tökéletesítésére: e kihívásokra adott válaszként alakult ki a komplex magassági ruha-sisak-oxigénlégző rendszer, az anti-G (gyorsulás hatása ellen védő) ruha.

Sugarhajtású gépek légiharcban először a Koreai háborúban, 1950. november 08-án találkoztak. Az amerikai Russel Brown főhadnagy F-80-as gépével lelőtte a kínai MiG-15 ös vadászgépet, mely zuhanással igyekezett kiválni a kötelék légiharcából, vesztére [1]. Bár az F-80C Shooting Star a modernebb nyilazott szárnyú MiG-15-ös géphez képest már enyhén elavultnak minősült, az eredmény a két pilóta tudásbeli különbségének (sőt általában a vadászrepülő-kultúra különbözőségének volt köszönhető. Akkor az amerikaiak relatíve kevés, de magasan képzett, nagy teljesítményre képes pilótát vetettek be (a 800 ott szolgált pilóta 5%-a szerezte meg a légi győzelmek 37%-át) [1].

Az 1950-es, 60-as és 1970-es évek általános tendenciái és a két világhatalom fejlesztési trendjei mind a magassági fölény, mind a manőverező-képesség további fenntartásának igényét bizonyították. (Bár a sikeres légiharchoz az idők folyamán a rakéta fegyverzet minőségi fejlesztése, a jó vadászirányítás elengedhetetlenné vált.) Ezek miatt a kabinyomás (hermetizáció), a gép csúcsmagasságáig a megfelelő oxigén ellátás biztosítása alapvető igénnyé vált és a technikai lehetőségek is gyors ütemben bővültek. Kialakultak a csak belégzési fázisban oxigént adagoló, tehát gazdaságosabb oxigén rendszerek, az ún. műtűdő beiktatásával, a környezetinél nagyobb nyomáson is oxigént adagoló maszkok kerültek kialakításra. Ezek maguk után vonták a –

pilóták magas szintű képzésének részeként – a repülőorvosi demonstrációk, tréningek tökéletesítését is, azzal a céllal, hogy a pilóta felismerje élettani korlátozó tényezőit, cselekvőképességének határait, éljen – de ne visszaéljen - a képességeivel.

A 3. generáció fejlesztése és rendszerbe állítása az 1960–1970-es évekhez köthető: jellemzői a megbízhatóbb hajtóművek nagyobb tolóerővel, avionika és fegyverzet előtérbe kerülése, többcélúsága, például légi harc illetve levegő-föld rakéták alkalmazása, nagyobb üzembiztonság, megnövelt manőverező-képesség. A Vietnami háború legendás gépe az F-4 Phantom, Northrop F-5, MiG-23, MiG-25, Szuhoj Szu-15, Dassault Mirage F1, Dassault Super Etendard tartoznak ide.

A 4. generáció az 1970–1990-es években „uralkodott”: kifinomult avionika és fegyverzet, komputer technika, integráció, fly by wire vezérlőszervek, inherens („veleszületett”) instabilitás, többcélúság és szuperagilitás (fordulékonyosság), flexibilitás jellemzi ezeket a harci gépeket: F-14, F-15, F-16, F-18, AV8 Harrier, MiG-29, MiG-31, Szuhoj Szu-27, Panavia Tornado, Dassault Mirage 2000, Saab Viggen.

Az átmeneti „4.5 generáció” fejlesztése 1990–2000 között ment végbe: átmenet jelentenek az 5. generáció felé, a fejlett technológiák felhasználását illetően. Nagy teljesítmény, csökkent radar keresztmetszet. (árnyékolás, radar elnyelő anyagok), fejlett avionika jellemzi őket: F-18 Super Hornet, Szuhoj Su-33, Szuhoj Su-35, Eurofighter Typhoon EFA 2000, Saab Gripen, Dassault Rafale.

Az igazi 5. generáció 2000-től kerül előtérbe: lopakodóképesség, integrált rendszerek alkalmazása terén jelent további előrelépést az F-22 Raptor, F-35 ATF (Advanced Tactical Fighter), MIG MFI¹, Szuhoj Szu-57, PAKFA². Ezek már a katonai repülőgép tervezés új korszakát jelentik, amit a XXI. század megváltozott védelmi igényei és újabb innovációk jellemeztek. (Nem véletlen, hogy hat héttel a New York-i ikertornyok elleni terrortámadás után, 2001. október 26-án vette kezdetét a JSF (Joint Strike Fighter, azaz Közös (vagy Összefegyvernemi) Csapásmérő Harcigép) program, melynek célja a jövő harcterein megjelenő új generáció „leghalálósabb, legmegbízhatóbb” fegyverrendszerének elkészítése. A végeredmény az F-35: olyan harci gépről van szó, amit nehéz megtalálni és még nehezebb eltalálni. Intelligens, szuperszonikus teljesítményű, lopakodóképességű, új eszközt jelent a légifölény fenntartásához a nemzetközi terrorizmus által megváltoztatott ismeretlen világban is [2]. Bár egyesek szerint az. 5. generáció az utolsó, ahol a klasszikus értelemben vett pilóta a fedélzeten van és harcol, helyét majd az UAV³ operátora veszi át, azért napjainkban is a repülőorvostan – szorosan együttműködve a repülőmérnök-műszaki szakemberekkel – keresi a módját a fő kockázati tényezők beazonosításával a megfelelő protektív eszközök és eljárások kifejlesztésére a pilóta védelme és a repülésbiztonsági kockázatok kiszűrése érdekében. Az amerikai repülőorvosi intézet külön ezredet tart fenn az F-22 (Raptor) kapcsán felmerülő élettani problémák vizsgálatára. Az új kutatási eredmények elemzéséhez a 2017-es AsMA repülőorvosi kongresszus és az ICASM felhasználói konferencia legfrissebb előadásain elhangzott és megjelenített információit is felhasználtam⁴.

¹ MIG MFI (Многофункциональный фронтальной истребитель (Mnogofunkcionalnij Frontovoj Isztrebitel) MIG 1.44

² PAKFA Перспективный Авиационный Комплекс Фронтальной Авиации

³ UAV: Unmanned Aerial Vehicle: plóta nélküli légi jármű

⁴ AsMA: Amerikai Repülőorvosi Társaság (Aerospace Medical Association éves kongresszusa 2017 Denver, US, illetve 6th User Meeting of ICASM (International Congress of Aviation Medicine), Graz, Ausztria

Repülésélettani problémák

A klasszikus repülés-élettani kihívások olyan stresszorok, melyek az élő szervezetben adaptív választ, alkalmazkodási reakciót, azaz stresszt okoznak. Ez a stressz reakció, mint reflexszintű tevékenység sokszor lassúbb és relatíve elégtelen, mint ami a háromdimenziós térben, időkénszerben végzett repülés okozta pillanatnyi szükséglet. Egyik részük a magasság okozta nyomásváltozás, az oxigén parciális nyomáscsökkenése (azaz a hypobárikus hypoxia, mint az oxigénhiány repülésben legfontosabb formája), vagy a gyorsulások-túlterhelések mellett bekövetkező vérkeringés változás révén azonnal, akut hatásmechanizmussal olyan kórélettani válaszreakciót vált ki, melynek következménye az agyi keringés ill. oxigénkínálat (tágabb értelemben oxigén hasznosulás) gyors ütemű csökkenése (akár pillanatnyi megszűnése). Ennek következtében hirtelen cselekvőképtelenség alakul ki.



1. ábra Rövid és hosszútávon ható repülésélettani stresszorok

E folyamatok az emberi szervezet számára váratlanok, az evolúció során sem alakult ki megfelelő adaptációs mechanizmus, akut szív-érrendszeri reflexek csak korlátozottan képesek kompenzálni a hatását. (Ennek teljes, az orvosi biológiai hátteret és a fizikai teljesítőképességgel fennálló kapcsolatát elemző részletezése más publikációkban rendelkezésre áll.) [3][4]. A pilóta hosszabb távú, tartós munkavégzését befolyásoló tényezők (zaj, vibráció, kozmikus sugárzás, hőmérsékleti szélsőségek) elemzése a foglalkozás-egészségügy témakörében szintén külön elemzést igényel (1. ábra).

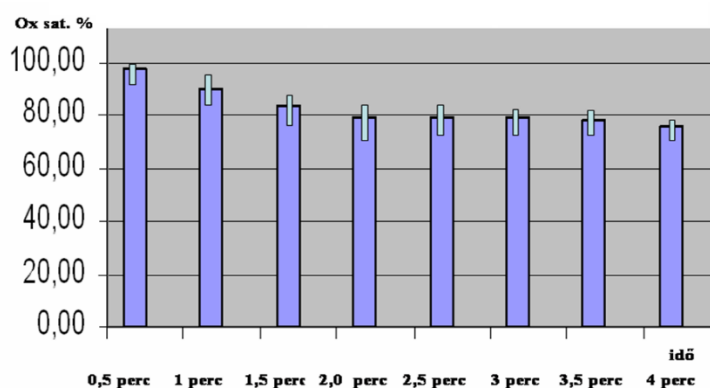
Az oxigénhiány fő következménye az agy homloklebenyhez kötött tudati, mentális tevékenységének alattomos, gyors ütemű elvesztése, melyet a vegetatív (tudattól független zsigeri) idegrendszer tónusvesztése, a pulzus-vérnyomás megnövekedett labilitása kísér, mely időnként a X. (bolygó) agyideg útján közvetített vasovagalis syncopét (ájulást), keringés összeomlást, leg súlyosabb esetben epilepszia jellegű görcsökkel kísért légzés- és szív leállást, végső soron halált okozhat (2. ábra).

Különös jelentősége van a fatális kimenetelt akár csak néhány perccel-másodperccel megelőző, de kaszkád jelleggel, lavinaszerűen súlyosbodó, egyedi szubjektív tüneteknek és panaszoknak, amelyek időbeli felismerésével megelőzhető az agykérgi oxigénhiány, majd a keringés-légzés leállás kritikus momentuma.



2. ábra Oxigénhiány okozta egyensúlyvesztés a vegetatív idegrendszerben [3]

Ennek a hypoxia tudatosságának, az alarmírozó állapot jellemzőknek, mint emlékképnek a rögzítése vészhelyzetben segít az azonnali cselekvésben, önmentésben. Ennek hiányában viszont a vészhelyzeti reakció pánikjellegű, rendezetlen és így a helyzetet tovább súlyosbító lehet. Ezért létfontosságú a hypoxia kontrollált körülmények közötti rendszeres szemléltetése, felidézése, az önbizalom felépítése a gyakorlás során.



3. ábra Verőeres oxigén telítettség alakulása 7600 méteres magasságon barokamrában [3]
(n: 18 fő, átlag életkor: 37,1 év)

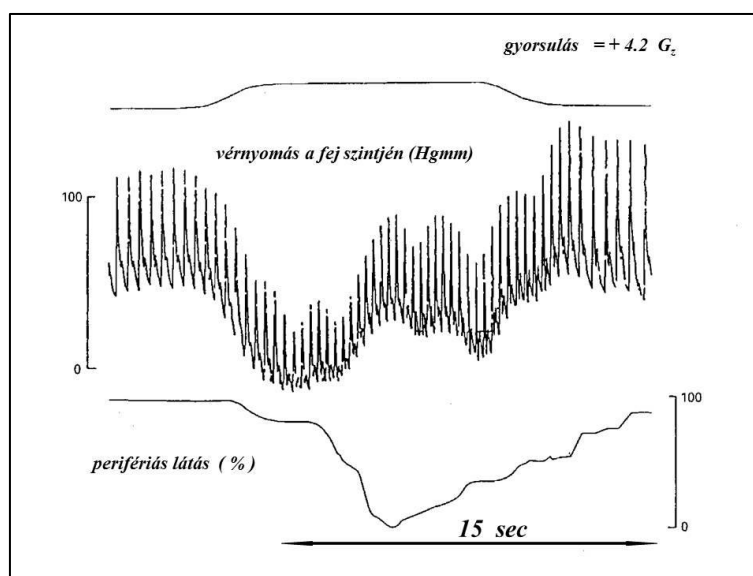
A hirtelen cselekvőképtelenség veszélye azért óriási, mert a hypobáriás hypoxia nem egy kellemetlen élmény, nem okoz nyilvánvaló fulladásérzést az oxigén alacsony szintje, mert a szimultán magasságfüggő széndioxid kimosás a szervezetből megszünteti a légzőközpont elsődleges ingerét (és tovább szűkíti az agyi ereket, ily módon rontva az agyi vérellátást is). A „magassági rézségesség” állapotában a homloklebeny kérgi gátlásai oldódnak, az alany felhangolt, jókedvű, nincs veszélyérzete, önkritikája elvész. Nem is kíván a helyzetéből menekülni mindaddig, amíg már nem is képes rá: túllépi az adott magasságon jellemző hasznos öntudati időt⁵. Jellemzően pl. barokamrában, egészséges fiatal pilótákon mérve 7600 m 25 000 láb magasságon a verőeres oxigén telítettség 80%-ra zuhan (klinikai tüdő vagy szívbetegség esetén 90% alatti oxigén telítettség a

⁵ TUC: Time of useful consciousness, azaz hasznos önmentési idő.

vérben már súlyos oxigénhiányt igazol). Négy perc után egészséges edzett embernél is bekövetkezhet a keringés-légzés összeomlása, akár előjelek nélkül (3. ábra).

Az 1 G földi nehézségi erőhöz történő evolúció léptékű adaptáció fogékonnyá és sérülékennyé teszi az emberi szervezetet a gravitációs vektor dinamikus változásával szemben. Az emberi szervezetnek a maximális gyorsulással és túlterheléssel szembeni passzív tűrőképessége a különböző tengelyek mentén jelentősen eltérő. A repülési környezetben gyakorlati jelentősége a fej-far ill. far-fej irányú (G_z) túlterheléseknek van, például amikor a pilóta olyan köríven mozog (fordulóban, szűkített fordulóban), amikor tehetetlensége miatt az erekben megváltoznak a gravitáció függő hidrosztatikai nyomásviszonyok, bekövetkezik a vér tehetetlenség következtében létrejövő kényszeráramlása. Ilyen irányú túlterhelések például műrepülés (függőleges hurokrepülés = looping) különböző fázisaiban léphetnek fel, az F_c (centripetális) és F_g (gravitációs) erő vektoriális összegződése miatt. A testre folyamatosan ható függőlegesen lefelé irányuló F_g gravitációs erő és a kör során folyamatosan változó irányú F_c centripetális erő eredője (F_{res}) időben folyamatosan változó nagyságú és irányú. Így a kör alsó ívén a normális nehézségi erőnél nagyobb, a felső pontnál kisebb a túlterhelés. Fej-farirányú túlterheléseknél (hurokrepülés alsó íve) a vér a hidrosztatikai nyomásgradiens fokozódása miatt az alsó testfél irányába helyeződik át. A hidrosztatikai nyomásgradiens meghatározza az éren belüli nyomás alakulását: a szív fölött az artériás vérnyomás csökken, a szív alatt nő [5].

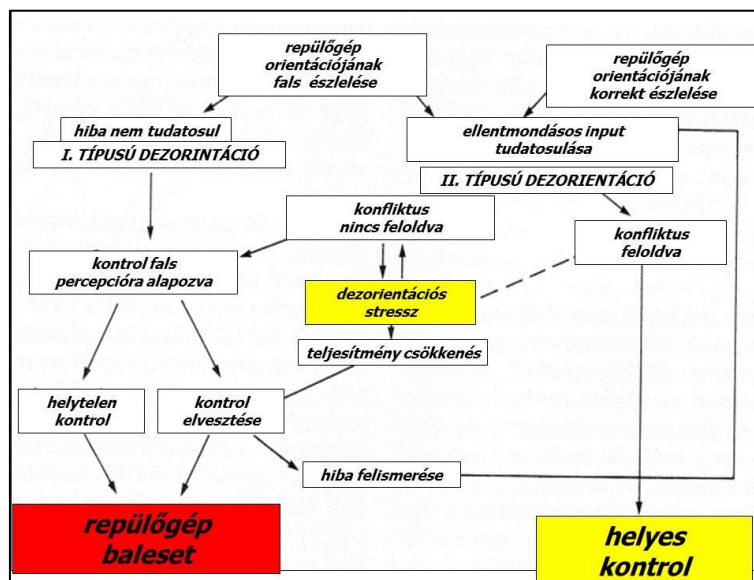
Amikor a vér az alsó testfél felé helyeződik át, a szemfenék és az agy vérkeringése jelentősen romlik, a véráramlás akár meg is szakadhat. Ennek következménye az agyi funkciók, a mentális teljesítmény gyors romlása, akár teljes eszméletvesztéssel, 15–30 s-ig tartó emlékezetkihagyással. A jelenség neve G LOC (G-LOC = G induced loss of consciousness, gyorsulás okozta öntudatlanság). Gyorsulás-túlterhelés kapcsán az élettani következmény egyértelműbb: a fej-far irányú túlterheléssel járó repülési manőverek (pl. függőleges hurokrepülés, szűkített forduló) során a vér, mint folyékony kötőszövet saját tehetetlensége miatt az alsó testfél felé mozdul el. A szív fölött a vérnyomás lecsökken az erekben, nyugalmi helyzetben 4,5 G túlterhelés fölött a szem és agy szintjén jellemzően meg is szakad a folyamatos keringés.



4. ábra A G-LOC élettani jellemzői [5]

A perifériás látás progresszíven esik az agyi vérnyomás csökkenésével: a feketefátyol (= blackout, amikor a perifériás látás 0-ra csökken) kb. 6 sec-mal a legalacsonyabb vérnyomásérték után következik be. Utána a kompenzatorikus reakciók beindulnak és a vérnyomás és a látás helyreáll. Az agyi vérátáramlás hiánya azonnal a kérgi tevékenység „lefagyásához, előbb vizuális teljesítményromláshoz, szürke/feketefátyolhoz, csőlátáshoz (azaz a látótér elvesztéséhez), néhány másodperccel később pedig álomképekkel, esetleg epilepszia jellegű görcsökkel kísért eszméletvesztéshez – G-LOC- vezetnek [5] (4. ábra).

A térbeli dezorientáció esetében a pilóta hibásan érzékeli a helyzet- és a mozgásérzékelésben meghatározó látási (szemből eredő) és belfül egyensúlyozószervből származó (esetleg izom és ízületi eredetű kiegészítő) információkat, és hamis képet alakít ki a test és a repülőgép térbeli mozgásáról, pozíciójáról, melyre alapozva hibás manővert hajt végre (pl. bedönti vagy dugóhúzóba viszi a gépet). Az ütköző szenzoros információk pedig dezorientációs stresszt is okozhatnak, mely miatt mentális zavar, „lefagyás” is bekövetkezhet, amely időkénszerben elégtelen válaszreakciót okoz [5][6] (5. ábra).



5. ábra Térbeli dezorientáció okozta hibák és következményei [5][6]

A hadműveleti repülés, robbanásszerű technikai-technológia fejlődését követve már a II. világháború utolsó éveiben megfigyelhető volt, hogy:

1. tovább nőtt a gyorsulások-túlterhelések miatti átmeneti látászavar (látótér beszűkülés és szürkefátyol), sőt eszméletvesztés gyakorisága, a pilóta nem mindig volt képes időben kivenni a zuhanásból a gépet. Ez természetesen nem csak a hangsebesség fölötti tartományban fordulhatott elő, hanem például zuhanóbombázóknál vagy magyar Puma pilótáknál is, akik a Messerschmitt Bf-109 változatait repülték, és a túlerő ellen vívott légi harcban vitték bele a gépet nehezen lekövethető manőverekbe;
2. a zuhanóbombázók pilótáit mélyrepülés (Stuka bombázás) közben már extrém nyomásváltozás fenyegette, a középfül nyomásváltozás miatti károsodásával, esetleg dobhártya szakadással. Ennek megelőzésére először ők vezették be a dobhártyába beültethető kis grommet (azaz tölcser) alkalmazását, a nyomáskiegyenlítést megkönnyítendő. Ezt a módszert az amerikaiak Dr. Armstrong vezetésével még az 1950-as években is alkalmazták, illetve Frenzel javasolta a garatúri nyomáskiegyenlítésre alkalmas szájalapi izomfeszítés módszerét [5];

3. A bombázó kötelékek bevetése kapcsán a folyamatos oxigén adagolás biztosítása jelentett gondot: a nagy magasság mellett, a visszalélegzett levegő rezervoár, visszapótló gumizsákba került, a kilehelt pára miatt gyakran befagytak szelepek és a légnyomás oxigénhiányos állapotba került. A B17 és B25-ös bombázó erődök pilótáinak, bombázó tisztjeinek, lövészeinek erre folyamatos figyelmet kellett fordítani, ha az erős légvédelem miatt magasabbról támadtak. A Hirosimára atombombát ledobó Enola Gay B-29-es repülőerőd kabintere volt először megfelelőképpen hermetikussá, nyomásállóvá téve, hiszen a speciális bomba teher miatt extrém magasan, a légvédelem és a léghárítás biztonságos elkerülésével kellett a célterület fölé eljutni és a bombát kioldani [7].

A mai 5. generációs és további (NextGeneration) vadászgépek kiképzési és hadműveleti alkalmazása a fenti problémákat még intenzívebben, gyakran komplex formában provokálja, az emberi teljesítőképesség határait feszegetve, a pilótahiba esélyét növelve.

Repülésélettani problémák, mint emberi hibaforrások

A repülőorvostan – a II. világháború óta eltelt időszakban is, mint alkalmazott tudomány, szorosan követte a repülőtechnika és avionika, valamint a kapcsolódó műszaki tudományok időnként robbanásszerű fejlődését és megpróbált az új kihívásokra új megoldásokat kínálni. Történetiségében a repülőorvostan területén is létezik a haditechnika - katonai szervezet – harci eljárás dinamikus (spirálisan felfelé ívelő) kapcsolata, ahogy fejlődött a haditechnika, úgy modernizálódott a harceljárás és a szervezeti struktúra is, miközben a technikai fejlődés az emberi szervezet számára komplex módon ható élettani kihívásokat jelentett. A jövő hadviselésében – ha elfogadjuk a spirális fejlődés, a dinamikus kölcsönhatás lehetőségét a repülőharcászat elve, a haditechnikai megoldások és a humán teljesítőképesség növelésének igénye között – akkor a *push the limit, cutting the edge* („feszeged a határokat”) —elv mentén a pilóta végig (napjainkban és várhatóan a jövőben is) az emberi szellemi és fizikai teljesítő képesség határán dolgozik és harcol. Vészhelyzetben a pillanatnyi cselekvőképtelenség komoly kockázati tényező lehet (6. ábra).

Ennek a mai legkorszerűbb katonai repülőgépeken is van repülésbiztonsági vetülete. „A XXI. században is elvárt, hogy a korszerű vadászpilótáknak – mind hangsebesség alatt, mind felette egyaránt – jó manőverjellemzőkkel kell(ene) rendelkezniük, bár a légi harc perspektívájában is döntően hangsebesség alatt ($v = 140\text{--}250$ m/s sebességtartományban) fog lezajlani. A nagy pontosságú fedélzeti fegyverzetének eredményes működtetéséhez szükséges tűzmegnyitási pozíciót a gépek statikus instabilitásával és vezérelhető tolóerővektorával támogatott „super manőverező-képesség” hivatott biztosítani [8]. A technikai fejlődés pedig a forgószárnyas repülőeszközök esetében is a manőverező-képesség növelésének alapjait teremti meg [9].

A technikailag megvalósítható agilitás (beleértve az állásszög változtatás, a tolóerő vektoriálás, a fordulékonyág széles sebesség tartományban történő fenntarthatóságának képességét) fokozott élettani kihívást jelent a G-túlterhelés tűrőképesség és a térbeli tudatosság, orientáció fenntartási képesség számára, melynek biológiai adaptációs és kompenzációs lehetőségei erősen behatároltak.

Ténylegesen a pilóta a „leggyengébb láncszem”, (vagy ha a Reason féle „svájci sajt elmélet” szemléletes példáját vesszük, az utolsó sajt szelet a hiányosságokat jelentő lyukakkal), amely pillanatnyi szellemi-mentális és fizikai teljesítményével, szív-érrendszeri reagáló képességével meg tudja akadályozni (vagy éppen fel tudja gyorsítani) a hibaláncolat végig futását a katasztrófaig

[10]. A technikai-eljárási standardizáció mellett ezért van napjainkban is döntő jelentősége a pilóta megfelelő elméleti és gyakorlati felkészítésének, kiképzésének, hogy időkényszerben is hatékonyan, azonnal tudjon cselekedni, végrehajtani az életmentő eljárásokat (7. ábra).

Az angol repülőorvosi szakirodalom a hibafolyamatot kissé másképp szemlélteti, aktuális hiba típusokat és a nekik háttérrel biztosító, egymást esetlegesen átfedő, hosszabb távon ható jellemzők tartományait, doméneket azonosít (8. ábra) [11].



6. ábra Haditechnika – harceljárás – szervezeti elem kölcsönhatása

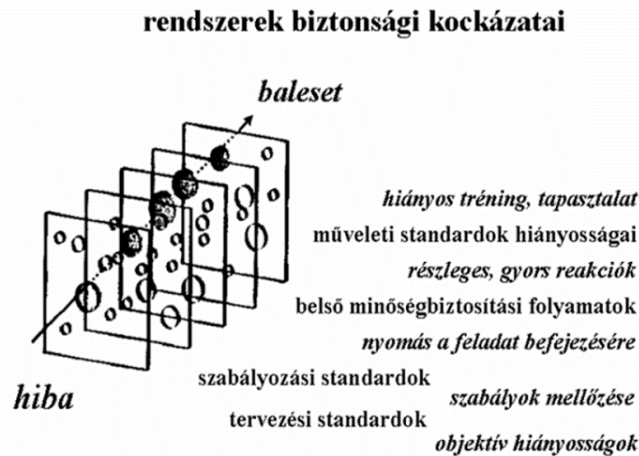
Az emberi hibatípusok legnagyobb csoportja a percepció vagy észlelési hibák csoportja: egy fontos információt a pilóta nem észlel vagy félreértelmez. Ennek lehet oka a percepció folyamat időbelisége, az észlelés élettani korlátja, pl. nagy sebességgel szemből közeledő repülőgépek esetében a légi összeütközés veszélye áll fenn.

A vizuális illúziók, a térbeli dezorientáció pedig a félreértelmezés tipikus példái: pl. földi fények tükröződése inverziós légrétegen becsapja a pilótát, a szemének hisz és hibás útvonalat, magasságot választ, vagy ferde felhőalaphoz igazítja a gépét, és így magasságot veszít, ahelyett, hogy vízszintben repülne.

A térbeli dezorientáció pedig még összetettebb folyamat, attól függően, hogy a pilótában tudatosul-e, hogy valami nincs rendben, vagy teljes egészében a fals érzeteket és információkat követi, tájékozódó képességét elveszti és a szerint cselekszik – rosszul. Mind a kettőnél igen gyakori a CFIT⁶, főleg rossz időjárási körülmények (VFR-ből IMC-be⁷) közé történő berepülés során, ha nincs a földközelséget jelző automata riasztó rendszer [12]. A második nagy emberi hiba csoport a szándék, az intenció hibái: a pilóta által megformált repülési terv, illetve annak adott repülési helyzetben megvalósítandó részlete kockázatot hordoz magában, mert ütközik a repülési körülményekkel. A pilóta szándékosan is megszegheti durván a szabályokat, vagy félreérti a helyzetet, illetve félreértelmezi a szabályokat, amelyek az adott helyzetben irányadóak kell, hogy legyenek.

⁶ Controlled Flight into terrain, kontrollált földnek repülés

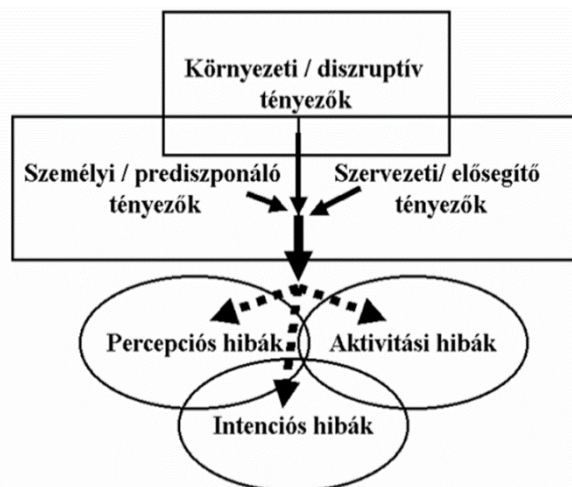
⁷ Visual Flight Rules: látva repülési szabályok, Instrumental Meteorological Condition: műszeres repülési körülmények.



7. ábra A hibafolyamat Reason féle sajtmodelje. [10]

A harmadik nagy emberi hibacsoport a kivitelezés, a tényleges tevékenység hibája: a megfelelő terv rossz végrehajtása okozza a bajt. Egyszerű kihagyások egy összetett, egymásra épülő cselekvéssorban bajt okozhatnak, pl. ha a leszállási esemény láncolatban, a checklist (utasításlista) felolvasásakor kimarad valami, a tett nem követi a szót, vagyis a parancssort. Például a pilóta nem engedi ki a futóművet, vagy a futómű kiengedése helyett a katonai gép pilótája a póttartályt dobja le, mert a másik géptípuson megszokott helyen levő kezelőszervet (gombot vagy kapcsolót) összekeveri. Vagy éppen a másik oldali (ép) hajtóművet zárja le a leszállás kritikus fázisában, nem a lángoló működésképtelen hajtóművet, így a tolóerő elvesztése miatt a gép a repülőtér leszálló pályájától néhány méterre zuhan le. (Kegworth, Leicestershire, Anglia, Boeing 737-400 G-OBME repülőgép vészleszállási kísérlete East Midlands Airport leszállópályán, 1989. január 08-án.) Megjegyzendő, hogy Itt sem csupán a pilóták hibáztak, a füstjelző és légkondicionáló rendszer megváltozott elrendezése tévesztette meg a pilótákat.

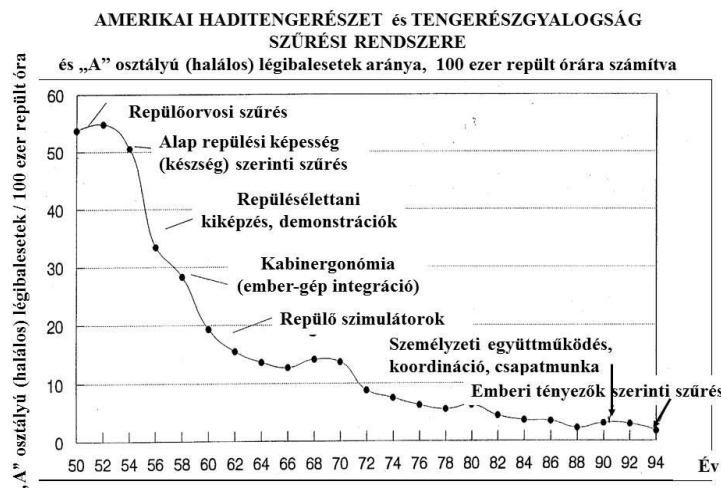
Időkényszer, nagy pszichés vagy fizikai leterheltség nagyon leronthatja a pszichés teljesítményt: lelassul a mozgás, mint válaszreakció, vagy éppen ellenkezőleg, kapkodóvá és összerendezetlenné válik: mindkettő veszélyes. Ez csak az élettani vészhelyzetekben követendő repülési szabályok rendszeres gyakorlásával, szinte automatikus cselekvéssor kialakításával és kellő önbizalom, vészhelyzeti menedzselési terv felépítésével lehetséges.



8. ábra Hiba típusok és háttér tartományok [11]

A humán faktor sebezhetőségére vonatkozóan a repülésbiztonsági szakma kibernetikai – rendszerelméleti oldalról mélyebben is elemzi a hibafolyamatot. Az utolsó (az esetleges katasztrófa előtti) pillanatban a humán tényező mindig is főszereplő marad, a fenti hibák másodperceken belül az adekvát repülési tevékenység széteséséhez vezetnek. Ugyanakkor mind a pilóta, mint ember, mind a környezet, mint stressz forrás, mind a szervezet, mint működési keret rejthet olyan tényezőket, amelyek ezt megelőzően *hosszabb* távon létezhetnek és befolyásolhatják az egyéni vészhelyzeti teljesítményt. E háttér domének közül az emberi tulajdonságok predisponáló, hajlamosító tényezők. Lehetnek abszolút individuálisak: a személyiség, a rátermettség, a motiváció, a vészhelyzeti stressztűrő képesség, és az aktuális éberség, amelyet a kifáradás, vércukorszint csökkenés, alkoholos, illetve gyógyszerezett állapot befolyásol. A környezeti stresszorok szituatív jellegűek, helyzet és feladat függő módon befolyásolják a teljesítményt, alkalmanként diszruptív – kiszakító jelleggel. A repüléselettani stresszorok, például az oxigénhiány, a túlterhelés ilyen obligát módon rontják a pszichés teljesítményt. Egyéni függőséget mutat, hogy bizonyos élettani stresszorok (gyorsulás, oxigénhiány, térbeli tájékozódás zavara) önmagukban és kombinálva milyen szomatikus (testi) reakciót, valamint az agyi keringésre és az egyes agyi területek funkcióira hatva direkt módon is milyen mentális, pszichofiziológiai (lelki folyamatok által befolyásolt élettani) deficitet hozhatnak létre.

A halálos légibalesetek repülési időre vetített arányszámában jól nyomon követhető a különböző beavatkozási pontok hatékonysága fenti folyamatokba, látható, hogy az egyes átfogó intézkedési csomagok hogyan csökkentették jelentősen a katasztrófák számát. Pl. a US NAVY és Air Force haderőnemek pilóta kiválogatási és képzési metodikájában lépésről lépésre nyomon követhető, hogy a repülőorvosi (egészségügyi) szűrés után először a repülési képességek számítógép alapú szűrése, majd a repüléselettani demonstrációk bevezetése, az új kabin ergonómia megoldások hoztak sikert a munkaterhelés és hibahajlam csökkentésére. A komplett repülőszimulátorok bevezetése, majd a csapatmunka (CRM⁸) és emberi tényezők szerinti hangsúlyozott kiválogatás és felkészítés egymás utáni bevezetése további drámai mértékben csökkentette a halálos légibalesetek arányát (9. ábra) [13].



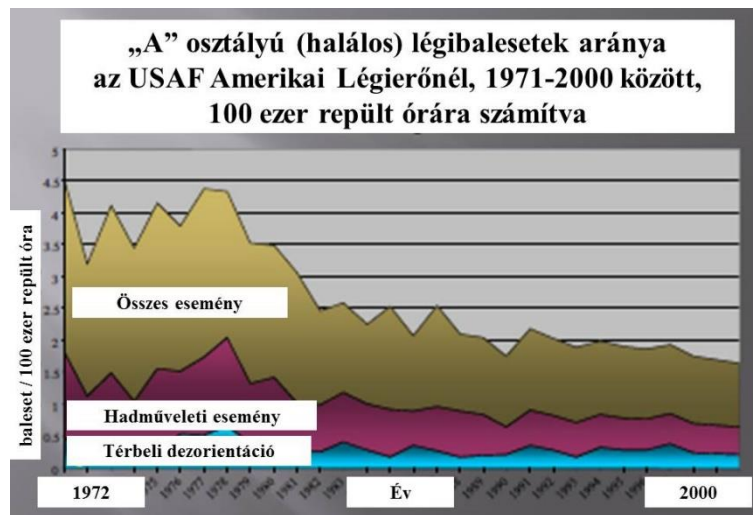
HUMAN FACTORS COUNCILS & HUMAN FACTORS BOARDS, COMNAVAIRLANTINST 5420.5B, COMNAVAIRPACINST 5420.2A

9. ábra Repülésbiztonsági mutatók a szűrési-kiképzési rendszerben [13]

⁸ CRM: Crew Resource Management: repülőszemélyzet hatékony erőforrás gazdálkodása

Térbeli dezorientáció

A hypoxia, dezorientáció és a túlterhelések (mint humán szempontból vezető légibaleseti okok) hozzájárulását tekintve a tendencia szintén kedvező, ami a kiképzésnek, az éjjellátó készülék (NVG)⁹ alkalmazása révén kiterjesztett műveleti képességnek, az automatizálásnak köszönhető. Ugyanakkor látható, hogy az összes eseményre vonatkozóan a térbeli dezorientáció, mint a tájékozódó-képesség és térbeli tudatosság elvesztése¹⁰ közel változatlan esetszámban fordul elő, ami a százalékos arányszám jelentős növekedésével jár, hangsúlyozottan értékelendő (10. ábra) [14].



10. ábra Térbeli dezorientáció repülésbiztonsági jelentősége [14]

A térbeli dezorientáció ily módon arányában és abszolút esetszámában is megelőzte a túlterhelés – gyorsulás, illetve az alattomos oxigénhiány okozta hirtelen cselekvőképtelenség kockázati mutatóit. Ez viszont nem jelenti azt, hogy az utóbbi kettő kiképzett (akár bemutatót repülő, vagy berepülést végrehajtó, tapasztalt) pilótákon nem okozhat előre nem látható, fatális kimenetelű vészhelyzetet. Az viszont állítható, hogy ha a térbeli dezorientáció kialakul (különösen az NVG vagy FLIR¹¹ alkalmazása mellett), akkor, az nagyobb valószínűséggel vezet fatális kimenetelhez (11. ábra).

Az NVG okozta pozitív hadműveleti hatással (hadműveletek kiterjesztése napnyugtától napkeltéig tartó időszakra) szemben sajnos a megnövekedett, térbeli dezorientációra visszavezethető baleseti ráta miatt fokozott repülésbiztonsági kockázat is jelentkezett, amelyet a NATO Tudományos Technológiai szervezet (STO/AGARD)¹² külön publikációban elemzett és ajánlásokat tett a kockázat csökkentésére [15]. Az összefoglaló a 1993–2002 közötti időszakot elemezve határozott trendet észlelt: az USAF amerikai légierő 25 vadászgépet veszített („A” osztályú légibaleset, azaz katasztrófa), 19 pilóta vesztette életét SD miatt, ami 0,36/100 000 repült órára számítva, az össz baleset 13,2%-át teszi ki, és jelentős részük az NVG használatához köthető. Korábbi időszakra vonatkozó, típus-specifikus amerikai statisztikák szerint „A” osztályú

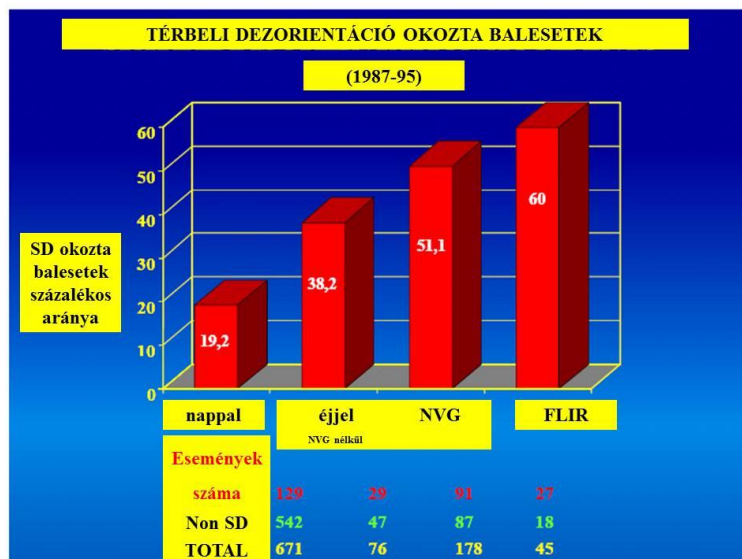
⁹ NVG: Night Vision Goggles vagy Device – éjjellátó készülék/szemüveg

¹⁰ SA: situational awareness, mint térbeli-helyzeti tudatosság és az SD: spatial disorientation, mint térbeli tájékozóképesség elvesztése egyformán elfogadott terminológia

¹¹ FLIR: Forward Looking Infra Red – infravörös felderítőberendezés

¹² NATO STO/AGARD: Scientific & Technology Organization (korábbi nevén Advisory Group for Aerospace Research and Development – repülőorvosi kutatási és fejlesztési tanácsadó testület)

(súlyos vagy halálos) F-16-os balesetekben a pilóta oki szerepe összességében 55 %-ban volt igazolható, ezek 30%-ban a figyelem beszűkülése és a térbeli tájékozódó-képesség elvesztése biztosan szerepet játszott. Ha azonban a fatális kimenetelt tekintjük (19 év alatt 190 repülésemény alapján, a balesetek 27%-ában valamelyik pilóta meg is halt), akkor a fatális esetek 97%-ban volt igazolható a humán tévedés szerepe [16].



11. ábra Térbeli dezorientáció okozta balesetek repülésbiztonsági jelentősége [14]

Az Army szárazföldi hadsereg haderőnemnél az „A” – „C” osztályú balesetek közel 30%-át a SD okozta az 1987–1995 közötti időszakban. Ugyanakkor 200–2005 között, csak a hadműveleti adatokkal számolva az SD balesetek részaránya 37%-ra emelkedett. Különösen a OIF hadművelet¹³ során volt extenzív emelkedés: 19 A-C osztályú baleset volt a 2003. október 1–2004. szeptember 7. közötti időszakban. Ebből hat „A” osztályú (1 millió dollár fölötti anyagi kár és/vagy a pilóta halála/rokkantsága következik be), 5 „B” osztályú esemény (200 ezer–1 millió dollár közötti kár és permanens részleges rokkantság, 5-nél több fő kórházi ellátása következik be), és kilenc „C” osztályú eset (100–200 ezer Ft közötti kár nem végzetes sérüléssel). A 19-ből 9 eset Irakban ill. Afganisztánban következett be (4 „A”, 2 „B” és 3 „C”), 5 esetben a brown-out, a felkavart sivatagi por okozta dezorientáció (rossz távolság és megközelítés érzékelés) volt a fő oki tényező. (A többi hasonló esetben a köd, eső, hó játszott hasonló szerepet a látótávolság beszűkülésében, 8 esetben a CFIT – mint a magasság és pozíció teljesen hibás érzékelése és megítélése – volt a közvetlen ok, egy esetben földön gurulás közben történt az SD baleset.) A haditengerészet statisztikája sem volt kedvezőbb 2004-ben: 30 balesetben 27 repülőgép semmisült meg, 19 pilóta halt meg. (A NAVY statisztikája később javult, de a tengerészgyalogságé megduplázódott.) A humán hiba oki tényezőként az esetek 83%-ban merült fel.

Az USAF felmérése szerint 1990–2004 között a repülőbalesetek 11%-a volt visszavezethető térbeli dezorientációra (ez 2,9 eset/1 millió bevetés), ennek 69%-a volt végzetes kimenetelű, főleg támadó harci gépeken és helikoptereken. Az éjszakai eseteket elemezve 23%-kal volt magasabb a lezuhanás, katasztrófa aránya [17].

¹³ OIF: Operation Iraqi Freedom: Iraki Szabadság Hadművelet

A Kanadai Légierő statisztikái szerint az elmúlt 4 évtizedben a repülésbiztonság „legrombolóbb” oki tényezőjévé a térbeli dezorientáció vált: 1968–78 között 12 olyan baleset volt, ahol az SD okként azonosításra került, 10 gép megsemmisült, 8 pilóta életét veszítette (harcoló alakulatoknál a pilóták közel 50%-a jelentett SD okozta incidenst, 10% három vagy annál több alkalommal. Későbbi évtizedekben az SD aránya és jelentősége nőtt: 1982–1992 között 23%-ban volt oki tényező (62 légibalesetből 14 esetben, ebből 11 esetben életét veszítette összesen 16 katonai és 8 fős civil hajózószemélyzet, nemcsak növendékek, hanem tapasztalt, kiképzett pilóták is.). Az európai légierők statisztikái hasonló trendet jeleznek: például a Cseh Légierő publikált számadatai szerint 1985–2005 között (a két évtizedet egymással összehasonlítva) a balesetek száma csökkent (58-ról 17-re, 71%-kal, a pilóta veszteség 44-ről 17-re, 61%-kal), de a térbeli dezorientációnak tulajdonítható részarány 88%-kal emelkedett (32 vs. 15 esetben). Százezer repült órára számítva az SD oki tényező 1,6 „A” osztályú esetben volt, így a legsúlyosabb kategóriában 23% fölé emelkedett részaránya, amely a fatális kimenetel 50%-áért volt felelős.

Hasonló részarány emelkedést és a térbeli dezorientáció fokozódó szerepét mutatja az Olasz (ITAF), a Holland (RNLAF) Légierő is saját belső tanulmánya. A Bundeswehr-nél az „A” osztályú légiesemények 5%-a tulajdonítható SD-nek az 1995–2006 közötti időszakban (82 elvesztett gépből 4-nél), de ezek 50%-át white-out vagy brown-out (hó okozta „kifehéredés” vagy sivatagi homok okozta „kibarnulás”) és a vizuális környezet elvesztése okozta. Ebben az évtizedben az SD okozta baleseti ráta 0,17/100 000 repült óra volt. Az Egyesült Királyságban két évtizedet összehasonlítva szintén hasonló statisztikai tendenciát észlelhetünk: miközben a baleseti ráta jelentősen javulhat, az SD okozta balesetek részaránya emelkedik (különösen a forgószárnyas repülőeszközöknél) (12. ábra).

	1983-1992			1993-2002		
	SD baleseti ráta (100 ezer repült óra)	Baleseti ráta (összes ok, 100 ezer repült óra)	SD okozta balesetek aránya (%)	SD baleseti ráta (100 ezer repült óra)	Baleseti ráta (összes ok, 100 ezer repült óra)	SD okozta balesetek aránya (%)
Vadász repülőgép (fast jet)	1,70	7,02	24,2 %	1,63	5,78	28,2 %
Helikopter	0,99	4,07	24,3 %	1,00	2,37	42,2 %
Minden repülőeszköz	1,03	4,17	24,7 %	0,88	2,70	33,0 %

12. ábra Térbeli dezorientáció okozta balesetek repülésbiztonsági jelentősége az Egyesült Királyságban [15]

A térbeli tudatosság átfogó definíciója rendkívül széles: beletartozik minden olyan eset, amikor a pilóta hibásan, torzítva érzékeli a repülőgép pozícióját (magasság, bedöntés, sebesség, forduló, állásszög) a saját testének a repülőgépben elfoglalt helyzetét („dőlés”, forgás) a Föld felszínéhez és a tényleges gravitációs vektor irányához, valamint egy másik repülőgéphez viszonyítva képest. Ez alapján kijelenthető, hogy a tájékozódó képesség elvesztése nemcsak az NVG alkalmazásához kötötten jelentkezhet (főleg vizuális illúziók), a helyzet és pozíció téves

érzékelése jelentkezhethet jól begyakorolt feladatnál (műrepülő bemutató repülése közben), nappal is. Pl. jól ismert az F-16-os Thunderbird pilóta esete, aki az egyesült államokbeli Mount Idahoban a légibemutatón 0,8 s-mal megelőzve a becsapódást, katapultált (és biztonságosan földet ért), mivel a függőleges hurokrepülés közben, már a földközelségben döbbsent rá, hogy a magasságmérő helyi tengerszinti magassághoz történő átállításának elmaradása miatt nem tudja befejezni a manővert. Harrier vadászgép helyben függeszkedése közben zuhant a tengerbe, mert a pilóta a magasság hibás érzékelése miatt nem tartotta a magasságot a tenger fölött.

A térbeli dezorientáció számos fajtája köthető a vizuális és belsőfül érzékelési folyamatok funkcionális elégtelenségéhez (szemberepülésnél nincs elég idő a kitérő manőverek végrehajtásához a másik légi jármű észlelésekor) vagy az agyi információ feldolgozás válik funkcionális elégtelenné (fals horizont észlelése kapcsán akaratlan bedöntés, „elbűvölés” (a szkennelés folytatása helyett egy kiragadott képi információ fixálása), illetve egyéb illúziók jelentkezhetnek. A fel nem ismert (I. Típusú) dezorientációs hiba tipikus példája pedig a CFIT kontrollált földbe repülés, amikor az utolsó pillanatig a fals helyzetérzékelésre és értékelésre alapozva „irányítják” a gépet, egészen a becsapódásig. A részletek fatális összeesése jellemzi például az American Airlines 965-ös Miami (USA, Florida)-Cali (Kolumbia) járatának szerencsétlenségét 1995 december 20-án, Bugánál: 1: a gép késve indult Miami-ból; 2. A pilóták a szokásos várakozási légtér körberepülése nélkül direktben akartak leszállni, meredek süllyedéssel; 3. A fedélzeti számítógépbe betáplált, a megközelítési irányt megadó kódszó (ROZO) tévedésből egy másik navigációs rádióadónak is a hívójele volt, amely az eredeti útiránytól szinte merőlegesen elfordította a süllyedő gépet, az Andok hegyláncainak irányába; 4. A leszállás közbeni előkészületek, listaellenőrzések közben ez a pilótáknak fel sem tűnt, csak amikor a földközelséget jelző automatika a gép felhúzására adott parancsot; 5. Ekkor viszont a leszálláshoz kibocsátott és nyitva felejtett szárnyféklapok lassították a vészhelyzeti felhúzást, és a gép néhány méterrel egy hegycsúcs alatt – a hegyoldalnak ütközött.

Bár a földnek ütközés veszélyét új technikai megoldásokkal jelentősen sikerült csökkenteni (TAWS, MSAW¹⁴), de repülés közben is hirtelen eltűnhet az átfogó kép („Big Picture”), ami az agy számára a környezeti információk átfogó értékelését jelenti. Hirtelen időjárás-változás, VFR hirtelen leromlása MC¹⁵ körülmények közé szintén a pillanatnyi tájékozódó-képesség elvesztéséhez, stresszhez, mentális rövidzárlathoz vezethetnek, mint ahogy az John Fitzgerald Kennedy junior balesetében történt. [18] Az ellenkező véglet, a környezeti (látási) információk teljes hiánya is a valós helyzettől történő elszakadáshoz (break-off) és a pozíció félreértelmezéséhez vezethet [19]. Hadműveleti területen 1996. április 03-án a délszláv háborúban Dubrovnikba tervezett leszállás során Don Brown amerikai kereskedelmi minisztert szállító USAF Boeing 737-es repülőgép speciális változata zuhant le rossz időjárási körülmények között. A vizsgálóbizottság pilótahibát, rosszul megtervezett műszeres bejövételt (2 navigációs irányadójelet kellett volna egy monitoron értékelni, ILS rendszer frissítésének elmaradása miatt az iránytól való elsodródás következett be, amit a megközelítési térkép elavultsága súlyosbított), CFIT becsapódást állapított meg. Új terminológia a LOC-I¹⁶, amely a repülés alatti hirtelen

¹⁴ TAWS: terrain awareness and warning system: földközelségre figyelmeztető rendszer, MSAW: Minimum Safe Altitude Warning: minimális biztonságos repülési magasság

¹⁵ Meteorological Conditions

¹⁶ LOC-I: loss of control in flight: repülés alatt a teljes kontroll elvesztése a repülőeszköz fölött.

kontrollvesztést fedí és a gép helyzetének (pozíció, attitűd) teljes félreértelmezéséhez, akár a gép szokatlan helyzetbe történő észrevétlen átfordulásához vagy áteséséhez vezethet, akár alacsony magasságon, mint a Turkish Airlines Boeing 737-800 as gépének, 1951-es járatának légibalesete az amszterdami Schiphol repülőtéren történő leszálláskor, 2009. február 25-én, a leszállópályától alig másfél km-re [20].

Felértékelődött a térbeli dezorientáció lehetőségére való tudatos felkészítés, oktatás szerepe: a térbeli dezorientáció témájában. Korábban önálló STANAG-et dolgoztak ki, majd inkább önálló függelékként a STANAG 3114¹⁷ egyezménybe emelték be az angolszász országok külön katonai együttműködési szervezetének (ASCC)¹⁸ dokumentumát [21]. Széleskörű elméleti előadásokat javasol a leggyakoribb, térbeli dezorientációt, a tájékozódó- képesség elvesztését okozó illúziók élettani alapjainak megismertetésére. A felkészítést egy zárt rendszerű, külső tájékozódási pont nélküli forgó és mozgó platformon kiszámíthatatlanul imbolygó gyro laboratóriumban végrehajtott gyakorlati demonstráció zárja. A legújabb, AMST Airfox/DISO vagy ETC cég által fejlesztett GYRO¹⁹ modulok és programok akár tíznél több szomatogyrális (alapvetően a forgás miatt fellépő) és szomatoszenzoros (alapvetően a mozgás és az érzékszervi érzékelés ellentmondása miatt jelentkező) illúzió és vizuális/optikai érzécsalódás szimulálására képesek, repülési feladat orientált környezetben. Ily módon a pilóták megtanulhatják és rögzíthetik, hogy érzékszerveik helyett hogyan támaszkodjanak a műszerek kijelzéseire, természetesen azok rendszeres kereszthe ellenőrzése mellett. A legújabb fejlesztés pedig a centrifuga és GYRO kombinációjából megvalósított DESDEMONA, amely a holland Királyi Repülőorvosi Intézetben telepítve még valószínűbb dezorientációs profilokat szimulál. [22] Akár az UPRT program is sikerrel gyakorolható²⁰.

Gyorsulás-túlterhelés

A gyorsulások okozta túlterhelésekkel szemben első lépcsőben az adaptív, alkalmazkodást elősegítő szívérrendszeri reflexek védenek, kompenzálnak. Ezek fellépése természetesen időfüggő még egészséges, jó kondícióban lévő szervezet esetén is; ezért meghatározó tényező a gyorsulás fellépési sebessége. A túlterhelés okozta tünetek ezért idő és gyorsulási rátától függőek. Rövid idejű, hirtelen fej-far irányú túlterhelés elég az agyi vérnyomás drámai csökkenéséhez, a szemfenéki keringés periféria felől kezdődő beszűküléséhez, illetve a látás elvesztéséhez. Nagyobb gyorsulás rövidebb idő alatt (nagy gyorsulási ráta) előzetes szemtünetek nélkül is eszméletlenséget okozhat. Ilyen előfordulhat akkor, ha a pilóta hirtelen, a botkormány gyors rántásával hoz létre túlterhelést, vagy kétüléses gépen a növendék pilóta túl hirtelen mozdítja el a botkormányt („betépi a gépet”) és a hátsó ülésben ülő oktató pilóta szervezetét ez váratlanul éri, nem képes rá reagálni [5].

Maga a G-LOC élettani háttere régóta ismert, de még az 1980-as években is komoly repülésbiztonsági problémát jelentett: az USAF statisztikái szerint „A” osztályú repülőesemények száma 2–5/év volt, ami a 90-es években csökkent 0–1/évre, a „C” osztályú repülőesemények száma 30–40/év, ami 9–27/évre csökkent. Leginkább F-15, F-16, A-10-esek között jelentkezett, fő okai 59% -ban a helytelen anti-G tevékenység, 10% -ban kihagyott étkezések/dehydratio,

¹⁷ STANAG 3114: Standardizációs Egyezmény a hajózó állomány repülőorvosi kiképzéséről.

¹⁸ Air Standardization Coordinating Committee: Légügyi Standardizációt Koordináló Bizottság

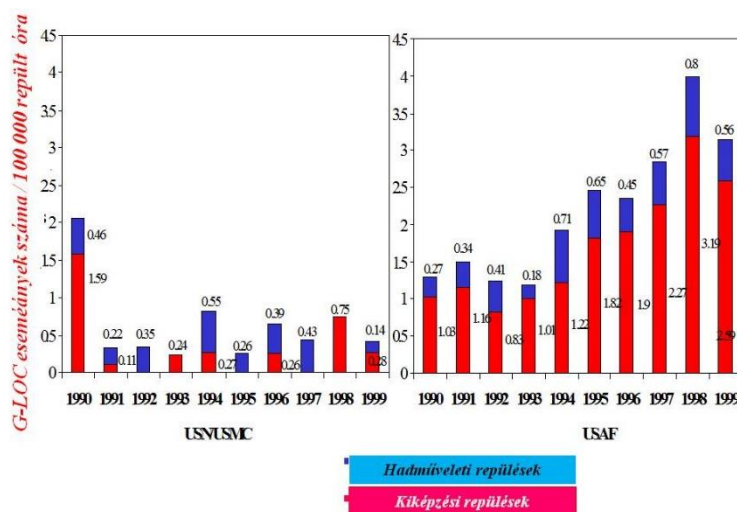
¹⁹ AMST: AIRFOX ASD, Desdemona Ranshofen, Ausztria. ETC: Environmental Tectonics Corporation USA (AMTI: Aeromedical Training Institute, GYRO II IPT)

²⁰ UPRT: Upset prevention and recovery training átfordulás és átesés megelőzés és visszatérés, egyenes vízszintes (straight and level) helyzetű repülésbe

8%-ban alvásmegvonás/fáradtság volt. Járulékos egyéb technikai problémaként nem volt csatlakoztatva az anti-G ruha vagy nem megfelelő méretű volt, váratlan volt a G-hatás stb. [23]. Az A-10 Warthog esetében (bár a csúcsterhelés csak 7 G körül alakult) a tartósan 3–5 G túlterhelés okozott problémát. Az F-14, F-15, F-16, F-18 esetében a 9 G (vagy afölötti) G képesség, amely a sárkányszerkezet tűrőképességét nem haladta meg, de a pilótáét igen.

A G-LOC lehetséges váratlansága az 1. Öbölháború idején a két amerikai haderőnem eltérő felkészülési kiképzési stratégiája miatt a repülésbiztonsági statisztikában is megmutatkozott. Amerikai tapasztalatok szerint az 1990-es évek elején jelentős különbség alakult ki a US NAVY haditengerészeti légierő és a USAF légierő repült típusain, és a kiképzőgépen repülő növendékek G-LOC gyakorisága között: az eltérő kiképzőgép, centrifuga használat és az előre haladó kiképzés különbsége miatt sokkal gyakoribb volt a légierő fiatal pilótái között az eszméletvesztéssel járó incidens (bár a tapasztalt oktató jelenléte természetesen a fatális kimenetelt általában megelőzte) [24]. A tréning okozta különbségek statisztikai feldolgozása (faktoriálás) után, a felmérése szerint a többi repült típushoz képest szokatlan mértékben halmozódtak a túlterhelés miatti eszméletvesztések a légierő T-37-es kiképző repülőgépein (220 eset a légierőnél, csak 46 eset a haditengerészetnél.) Megfelelő centrifuga edzések bevezetésével, illetve a T-6 Texane II kiképző gép alkalmazásával, az anti-G feszítési manőver szisztematikusabb gyakoroltatásával a G-LOC jellegű incidensek előfordulása jelentősen csökkenthető volt (13. ábra).

Ma a műrepülő bemutatókon, illetve a földközeli harcászati gyakorlásokon (Magyarországon is sajnos előforduló) leggyakoribb katasztrófa ok a „push-pull = nyomd és húzd” effektus, melyben a változó irányú túlterhelés szív-érrendszeri hatásai összeadódnak, a pilóta vérnyomása és pulzusa leesik, és mire magához térne, már a földbe csapódik. A 2007 őszi szezon első bemutatóján a US NAVY haditengerészeti bemutató kötelék, a Blue Angels formáció 6. számú gépe lezuhant, pilótája Kevin Davis őrnagy életét veszítette emiatt, mert miközben igyekezett minél hamarabb visszazárkózni a többi géphez, túl agresszívan húzta meg a botkormányt és elvesztette az eszméletét [25]. 2009. március 25-én pedig David Cooley, a Lockheed Martin F-22-es berepülő pilótája veszítette életét. A fej-far irányú túlterhelés okozta eszméletvesztés (G-LOC) álomközeli (hypnagog) hallucinációkkal, érzékesalódásokkal, halálközeli élményekkel társul: nem feltétlenül kellemetlen érzés, de még a tapasztalt pilóta is harcképtelenné válik.



13. ábra Amerikai Haderőnemek eltérő G-LOC gyakorisága [24]

A brit RAF Királyi Légierőnél a Eurofighter Typhoon rendszerbe állításának időszakában végzett átfogó elemzés szerint a G-LOC a pilóták 20,1%-ánál legalább egyszer előfordult, nagyobb arányban a kiképzés alatt állóknál (kiképzőgépeken 77,4%-nál), jellemzően az alacsony repült óraszámú rendelkezőknél (64%, 100 repült óra alatt). Figyelmeztető jel volt, hogy a tipikus G-LOC nem túl magas, 5–5,9 G_z (fej-láb irányú) túlterhelési tartományban következett be. Nagyfokú manőverező képesség mellett fontos megállapítás volt, hogy a teljes eszméletvesztés a push-pull manőverek (a botkormány gyors előre-hátramoszgatásával keltett pozitív és negatív, de vektoriálisan összeadó túlterhelések és következményes szívérrendszeri reflexek okozta vérnyomás és pulzusingadozások) 31,3%-ában előfordult [26]. Legújabbban 2011 augusztusában Jon Egging hadnagy, a Red Arrows brit bemutató kötelék Hawk T1 pilótája szenvedett G-LOC miatt halálos balesetet [27]. Hasonló szomorú tapasztalat a magyar légierőben is előfordult: légibemutató főpróbáján a MiG-29-es dinamikus műrepülési profil közben a kiváló magyar pilóta pillanatnyi cselekvőképtelensége a földközeli repülés során sajnos végzetesnek bizonyult. Rác Zsolt aranykoszorús első osztályú repülőgép-vezető (posztumusz ezredes) a Kecskeméti repülőnap főpróbáján 1998. július 23-án, délután 3 óra előtt nem sokkal a 17-es oldalszámú MiG-29B repülőgéppel katasztrófát szenvedett [28].

Az új géptípusok (F-22, F-35) fokozott manőverező-képessége korábban leírt, akut élettani problémák újbóli megjelenését is magával hozta, jelezve a magassági védőfelszerelés további fejlesztésének igényét. Újra jelentkezett a gyorsulási atelectasia, a túlterhelés alatt összenyomódó tüdőszövetben kialakuló, nehezen oldódó légtelenség, száraz mellhártyagyulladásra emlékeztető szubjektív panaszokkal. Korábban Hunter-tüdőnek nevezték, az 1950-es években az első brit jet gép, a Hawker Hunter berepülő pilótáin észlelt esetek miatt. Ez a probléma a legújabb, oxigénlégzéssel kombinált anti-G ruha mellett is előfordul: ha a PBG²¹ több, mint 60 s-ig működik, akkor hiába a jól felfűjt anti-G nadrág, a tüdőben kialakuló összenyomott tüdőrészek miatt akár 24 óráig fájdalmas, köhögésszerű panaszok léphetnek föl [29]. A svéd Gripen fedélzetén okozott már gondot (nem szándékos katapultálást) a felfújódó anti-G ruha nem megfelelő méretezése és inflációs karakterisztikája.

Helikopter pilótáknál is jelentkezhet a G túlterhelés okozta keringési probléma, ahogy a harci helikopterek fordulékonyasága tovább növekedett: alacsony repülési magasságon (a kiszáradás és fáradtság okozta szubjektív fogékonyság mellett) konkrét esetleírás is rendelkezésre áll a G tűrőképesség jelentős csökkenéséről. Trópusi környezetben (+35 °C) gyakorlaton repülő 26 éves ausztrál Blackhawk pilóta 1500 óra repülési idővel (ebből 500 óra ezen a típuson) 200 lábon (kb. 60 méteren) végrehajtott meredek bedöntésű (30–40 fokos) fordulóban a szürkeltetésnek (gray-out) megfelelő vizuális funkcióvesztést észlelt magán, kb. +2,5 G_z túlterhelés mellett [30]. A vízszintes repüléshez gyors visszatérés során a tünetek (a szemfenéki vérellátás megszűnéséből fakadó színlátás és látótér csökkenés) azonnal oldódtak. Ilyen incidens veszélye nyilvánvaló: a vizuális referenciapontok elvesztése a térbeli tájékozódó képesség azonnal elvesztéséhez és akár földbe csapódáshoz vezethet. Ezért nagyon fontos a kellő folyadékbevitel: „ha szomjas vagy, akkor már elvesztetted a G-tűrőképességed felét”, pedig a folyadéktér (így a vérpálya térfogata is) csak jelzetten, kb. 3%-kal szűkült be.

²¹ PBG: pressure breathing for G – addig alkalmaznak túlnyomásos oxigénlégzést, amíg a túlterhelés miatt szükséges (és nem az oxigénhiány miatt, folyamatosan)

A G-LOC okozta pillanatnyi cselekvőképtelenség technikai kivédése az anti-G magassági (és gyorsulás ellen) védőruhával, míg a felkészülés, a megfelelő preventív elemek gyakorlása a repülőorvosi képzés legköltségesebb eszközével, a centrifugával történhet, ehhez a jogi háttérrel pedig a STANAG 3827 biztosítja²² [31]. Tagadhatatlan, hogy a centrifuga edzések bevezetése a G—LOC (akár halálos kimenetű) arányát jelentősen csökkenti, szükség van rá. Az USAF adatai szerint 1/3-ára csökkent az előfordulás, jelenleg 1,6 G-LOC eset jut 1 millió bevetésre [32]. Az egyezmény a centrifuga- kiképzés követelményeivel foglalkozik, + 7 G_z-t 15 s-ig meghaladó, 1 G/s-nál nagyobb sebességgel fellépő G gyorsulási környezetben. Meghatározza az egészségügyi személyzet feladatait: ezek a minősítés elvei, a G-LOC ismertetése, familiarizálás, azaz a tünetekkel történő minél alaposabb és szemléltetőbb megismerkedés a demonstráció során. Ismerteti a technikai minimális feltételeket, de tág teret enged a nemzeti saját minősítési rendszereknek, eljárásoknak. Korábban az ASCC angolszász országok dolgoztak ki közös protokollt a centrifuga kiképzés során a G tűrőképesség növelésére [33]. Ez a fokozatosság elvén alapult: egyre nagyobb G elérése GOR mellett²³, majd ROR²⁴ profil változó időtartamban és SACM²⁵. Ezt tette realiztikusabbá az újabb generációs, agilis, nagy manőverező képességű GRIPEN esetében alkalmazott, minősítő jellegű, gyors felpörgetéssel (5 G/sec ROR) záruló többnapos kiképzés, a teljes élettani háttérrel ismertető elméleti képzés után. Ennek célja a pilóta önbizalmának növelése és a cselekvőképtelenséget okozó G-LOC időbeli észlelésével annak megakadályozása.

	KAROLINSKA	LINKÖPING
Centrifuga futamok száma	<i>n = 939</i>	<i>n = 1090</i>
G-LOC	11,3 %	1,7 %
Passzív G tűrőképesség	5,17 G (0,78)	5,15 G (0,81)
mozgásbetegség	9,9 %	9,1 %
karfájdalom	13,6 %	29,3
nyakfájdalom	4,7 %	3,9 %
hátfájdalom	3,3 %	5,8 %

14. ábra Új típusú centrifuga képzés élettani hatékonysági mutatói Svédországban

A Gripen program keretében végrehajtott DFS²⁶ centrifuga edzés és minősítés saját tapasztalataink és a szövetséges országokból származó információk alapján is teljesen megfelel a NATO standardizációs elvárásainak, sőt annál szigorúbb: 15 másodpercig 9 G_z fej-far irányú túlterhelést kell kibírnia a jelöltnek. A Karolinska Intézetben lévő régi centrifuga 2002–2004 közötti működése közben szerzett tapasztalatokhoz képest sikerült szignifikáns módon csökkenteni az eszméletvesztés gyakoriságát az új DFS létesítményben, miközben a mellékhatások (mozgás-szervi fájdalmak) aránya kismértékben emelkedett. (14. ábra)

²² Standardizációs Egyezmény a „Tartós G túlterhelési tréning kapcsán megvalósítandó minimális feltételek”-ről

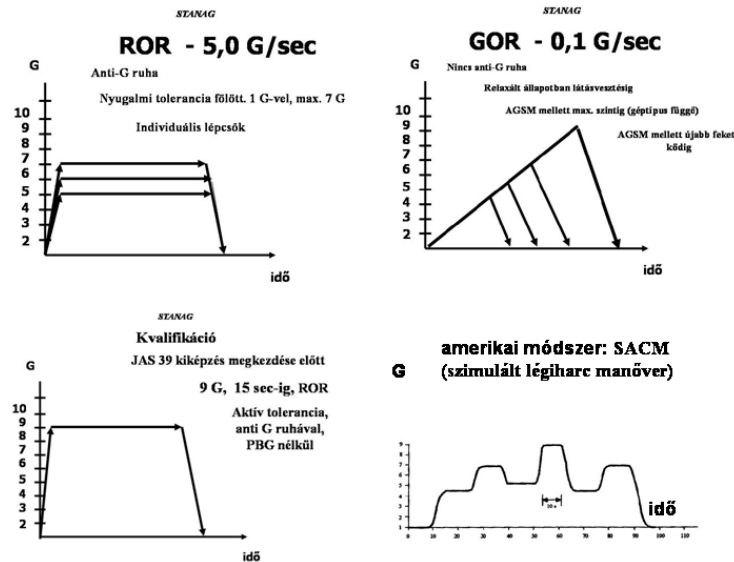
²³ GOR: gradually onset rate: lassú felpörgetés (0,1 G/s növekedés) mellett

²⁴ ROR: Rapid onset rate gyors felpörgetés 3-5-(6) G/s növekedés mellett

²⁵ SACM: Simulated Air Combat Manoeuvre: szimulált légi harc, változó sebességű, időtartamú és nagyságú felpörgetésekkel.

²⁶ DFS: Dynamic Flight Simulator: Dinamikus Repülési Szimulátor, azaz centrifuga Linköpingben

Centrifuga tréningre vonatkozóan a vezető nemzetek többsége 7 G_z fölötti (hossztengelymenti, fej-láb irányú) terhelések kapcsán a rendszeres edzést és a minél valóságosabb (esetleg feladat végrehajtással egybekötött) szimulációt tartja fontosnak, legalább 3 G/s ROR fellépési rátával. A németek például a Eurofighter kapcsán az első 4 év alatt 3–5 alkalommal minősítették az EFA pilótákat, illetve átképzésre jelöltek. A repülőorvosi panel állásfoglalása szerint a folytatólagos, vagy ismétlődő centrifuga kiképzés kívánatos, de nem kötelező, ha valaki folyamatos, előrehaladó repülőképzést folytat. A GRIPEN programban a rendszeres „frissítő” tanfolyam lehetősége biztosított (15. ábra).



15. ábra Lassú (GOR) és gyors (ROR) ütemű túlterhelési profil Gripen átképzési programban [3]

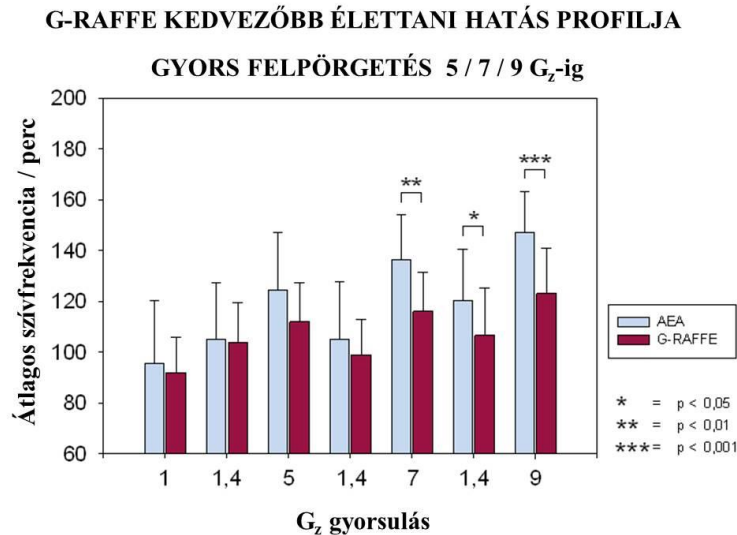
A G-LOC okozta eszméletvesztés megelőzéséhez folyamatos kényszer az anti-G feszítés (AGSM²⁷ – izometriás izomkontrakció fenntartása az alsóvégtag és a far régió nagy izmaiban, ill. a hasprés és Valsalva manőver²⁸), ami rendkívül fárasztó. Anti-G védőöltözet kapcsán a vékonyabb, komfortosabb, de azonnali kellő kompenzáló ellennyomást biztosító ruha kialakítása jelenthet előrelépést és fokozott védelmet, alacsonyabb pulzusszám mellett. Erre vonatkozóan először folyadékkal telt anti-G ruha (Libelle plusz típus) fejlesztése folyt, de a legújabb fejlesztésű pneumatikus G-RAFFE²⁹ ruhánál csökken igazán értékelhetően az eszméletvesztés és a kifáradás kockázata, még változó irányú túlterhelés, push-pull manőver során is. [34] A „svájci minőség” új típusú nem elasztikus, a testfelszínre megfelelő ellennyomást adó, teljes testfedésű magassági ruhát takar, melynek súlya 1,2–2,2 kg, mely egyúttal a túlterhelés és gyorsulás ellen is véd, nincs szükség folyamatos légzészvisszatartásra, izomfeszítésre, illetve túlnyomásos légzésre, kedvezőbb a szív-érrendszeri reakció, alacsonyabb a pulzusszám, a hagyományos AEA³⁰ magassági védőruhával összehasonlítva (16. ábra).

²⁷ AGSM: anti-G straining manoeuvre – túlterhelés elleni izomfeszítési manőver

²⁸ Valsalva manőver: légzés visszatartás és hasprés a mellkasi nyomás emelésével növeli az agy szintjén is a vérnyomást, ílymódon segít fenntartani az agyi keringést.

²⁹ G-RAFFE - G-NIUS Pte Ltd által fejlesztett okos G védelem: reliable - megbízható, advanced – fejlett, fast – gyors, fighter – harci pilótáknak, equipment - felszerelés

³⁰ AEA: Aircrew Equipment Assembly – pilóta teljes magassági védőfelszerelése



16. ábra Új típusú G-RAFFE anti-G ruha kedvezőbb élettani reakciókkal [34]

Az új anti-G ruhák fejlesztése csak a pilóták aktív együttműködésével valósulhat meg: a brit RAF CAM intézetében³¹ összehasonlították a hagyományos és új típusú (teljes testfedésű) anti-G ruha karakterisztikáját és a pilóták által szubjektíve tapasztalt, feszítési manőver okozta megterhelést és kifáradást, a jövőbeli fejlesztésekhez ezt is felhasználják [35].

Legújabban az USAFSAM amerikai repülőorvosi intézet kísérleti laboratóriumában³² a valós repülések alatti dinamikus gyorsulási profilokat próbálják nyomon követni az élettani változókkal, pl. a sisakra erősített pulzoximéterrel a 711. Humán Teljesítmény Ezred Raptor Adatbázisában. A fejlett accelerométer rendszer (mely a gyorsulási vektorokat 3D-ben követi) és a szívfrekvencia adatok valós idejű összefésülése átfogó képet ad a repülés alatti valós élettani terhelésről (nemcsak a maximális G értékről, mint centrifugában) [36].

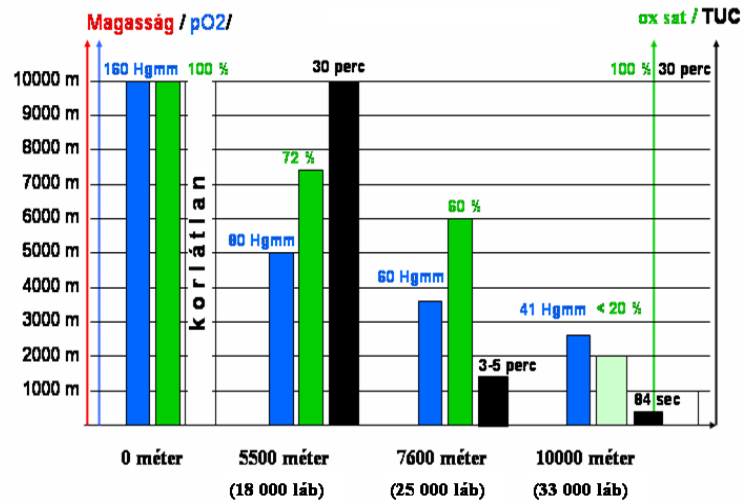
Hypoxia – még mindig csendes gyilkos

A hypoxia, azaz a szervezet egésze és egyes létfontosságú szervek, mint a szív és az agy sejtjeinek csökkent oxigén ellátása a pilóta munkavégző képességét drámai módon rontó vészhelyzet. Klasszikus felosztásban a 2–4000 m közötti magassági zónát tekintjük a tökéletes kompenzáció zónájának, ahol egészséges ember korlátlan ideig tud működni és dolgozni, a szív-érrendszeri reflexek aktivitásának növelése révén, és csak 4000 m fölött, a tökéletlen kompenzáció zónájában kell számolni e reflexek időfüggő kimerülésével. 5500 m magasságban, ahol a légköri nyomás felére csökken és a feleződött oxigén résznyomás miatt a verőeres oxigén telítettség 75% körüli értékre csökken, a hasznos öntudati vagy önmentési idő³³ 20–30 min, ez után várható visszafordíthatatlan keringésromlás és az eszmélet elvesztése. További magasság növeléssel, exponenciális jellegű pO₂ oxigén parciális nyomáscsökkenéssel pedig szintén exponenciálisan csökken a hasznos önmentési idő: 7600 m-en 4–5 min, 12000 m-en 9–12 s (17. ábra) [5].

³¹ RAF Centre of Aviation Medicine, Henlow, United Kingdom; Brit Repülőorvosi Központ

³² Wright-Patterson AFB, Ohio; Department of Aeromedical Research, USAF School of Aerospace Medicine,

³³ TUC: time of useful consciousness. Hasznos öntudati (vagy önmentési) idő, amíg a pilóta észleli saját állapotromlását és aktívan tud cselekedni ellene.



17. ábra Vér oxigén telítettsége (ox sat) és TUC (hasznos öntmentési idő) a magasság függvényében

Ez természetesen csak az akut reakciókra vonatkozó élettani határérték, elhúzódóbb, alattomos jellegű állapotromlás már jóval alacsonyabb magasságon is jelentkezhet. A boszniai háború alatti hosszútávú C-130 Herkules repülések kapcsán (repülési idő akár 12 óra volt), az akut hegyi betegség tünetei (fáradtság, szédülés, meglassultság, hányinger) már jóval kisebb – akár 6500 láb (2000 méter körüli) – kabinmagasságon is jelentkeztek a kanadai hajózállományon. (E gépek kabinja és tehertere nem minden altípusnál hermetizált kivitelű). Ezért a hosszútávú repülések idejét 8–10 000 láb közötti (azaz 2400–3000 méter közötti) kabinmagasság mellett is 4 óra időtartamban korlátozzák [37].

Az oxigénhiány elleni védelem katonai repülőgépeknél alapvető: nem kényelmi, hanem harc-képességi szempont. A repülőgép csúcsmagasságáig a pilóta számára megfelelő oxigénkínálat biztosítandó, csak így tartható fenn a tüdő léghólyagocskáiban és a verőeres vérben a kellő oxigén résznyomás. Ezt első lépésben a hermetizált kabin által fenntartott túlnyomás és elfogadható légköri nyomású kabinlevegő belégzése biztosítja.

FL 430és fölötté	9-12 sec.
FL 400	15 – 20 sec.
FL 350	30 – 60 sec
FL 300	1 – 2 perc
FL 280	2 1/2 - 3 perc
FL 250	3 - 5 perc
FL 220	8 – 10 perc
FL 180	20 – 30 perc

18. ábra TUC – hasznos öntudati idők (FL -100 lábanként) [5]

Kabinnyomás elvesztésekor a maszkon keresztül, illetve a sisakban belélegzett levegő összetételének a módosítása szükséges: először az oxigén arányának a tengerszintihez képest fokozatos emelése (kb. 2–3000 m-től 8 000 m-ig az oxigén aránya 100%-ra nő), majd 12–13000 m-től az

oxigén túlnyomással történő belégzése nélkülözhetetlen, különben ugyanúgy bekövetkezik az eszméletvesztés – akár másodperceken belül. (18. ábra).

Ez a repülőgépek csúcsmagasságáig kellő oxigenizációt biztosít, miközben a tüdő túlfeszülése (dystenzió) és barotrauma (mellkasfal és nagyerek sérülése) ellen a testfelületre megfelelő ellennyomást adó túlnyomásos ruha véd. Az orosz megoldás a VKK (kb. magassági kompenzáló ruha) a törzs és végtagok mentén végig futó, tehát az egész testre túlnyomást adó, tömlős ráfeszítésű kezes-lábas ruha. Az angolszász kivitelre az alsó testfélre túlnyomást adó nadrág (lapos tömlővel) és a mellkasra túlnyomást adó mellény kombinálása, vagy ez utóbbi önállóan (zeke) jellemző. Minél nagyobb a tüdőre adott túlnyomás és ezzel párhuzamosan a kompenzáló ellennyomást adó testfelszín, elvileg annál hosszabb ideig maradhat 13 000 m (40 000 láb) kabinmagasság fölött a pilóta.

Ugyanakkor a légúti túlnyomásnak hosszabb idő alatt káros hatása lehet: figyelembe kell venni a keringési változásokat, az effektív keringő vérmennyiség csökkenését és a kompenzáló szív-érrendszeri reakciókat. A túlnyomásos légzés alatt (elsősorban hypoxia és túlterhelés kombinációja esetén) a mellúri nyomás emelésével csökken a vénás visszaáramlás, ez a periférián pangást (vérkirekesztődést) okoz, miközben az effektív keringő vérmennyiség csökken. Az alkar relatív térfogata több mint kétszeresére nő, a vér feszíti a visszerek falában lévő fájdalomérző receptorokat, speciális túlnyomásos kesztyű használata indokolt lehet [38].

Hirtelen, tartós és jelentős légúti túlnyomás alkalmazása viszont drámai légzésmechanikai és keringési hatásokkal jár, mely szélsőséges esetben, kompenzáló ellennyomás (túlnyomásos ruha), illetve elégséges adaptív szív-érrendszeri reflex reakció hiányában a keringés összeomlásához vezethet. A túlnyomásos légzés okozta ájulás (kollapszus) hirtelen okozza a keringés összeomlását és órákig elhúzódó vérnyomásesést eredményez, még a túlnyomás megszüntetése és az öntudat visszatérése után is [5].

A hypoxia elleni védelem a korszerű harci gépekben is magasságfüggő elven működik. Egyedi viszont az oxigénforrás, mely a hagyományos, rendszeresen feltöltendő, illetve cserélendő gáz vagy folyékony oxigén tartály helyett fedélzeti oxigénképző rendszert (OBOGS)³⁴ alkalmaz. A MSOC³⁵ legalább két, alumínium szilikátból álló, zeolit kristályos szűrőágy közötti nyomásváltás és nitrogén adszorpció elvén működik. A levegő átbocsátásakor az eltérő tetrapol momentumú nitrogén a szűrőágyban adszorbeálódik, az átpasszált levegő oxigénben feldúsul. A rendszer földi oxigénforrás nélkül 95% tisztaságú oxigén előállítására képes. [5] Az ilyen oxigén rendszerek logisztikailag előnyösek (gyors karbantartás, megbízhatóság), repülőműszaki szempontból egyszerűbbek (a belégzés vezérelt műtűdőt, a demand regulátort egyszerűsítik). Mivel működése a hajtóműből jövő levegőáramtól függ, hajtómű leállás esetére tartalék (gáz-nemű) oxigén rendszer szükséges. Az újraindítás után azonban a rendszer működése helyreállítható, a bevetés elvileg folytatható.

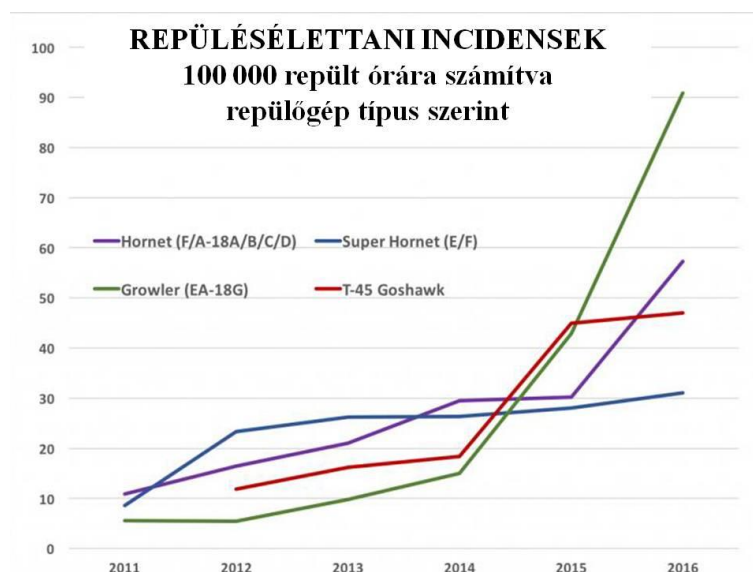
Az OBOGS rendszer sem tökéletes, ismétlődő technikai hibái légibaleseteket is okoztak. Az amerikai haditengerészet 2001 óta 3 legkorszerűbb F-18 Hornet vadászgépet veszített úgy, hogy a pilótán nagy magasságú repüléskor rajta volt a maszk, de az alacsony kabinnyomás mellett az

³⁴ OBOGS: on-board oxygene generation system – fedélzeti oxigén előállító rendszer

³⁵ MSOC: molecular sieve oxygene concentrator = molekuláris oxigén szűrő és koncentrálo eszköz),

OBOGS nem működött, a pilóta eszméletét veszítette és lezuhant [39]. Egy USAF F22-es gép is lezuhant Alaszkában, 2010 decemberében hasonló ok miatt, majd a magassági korlátozások ellenére ismétlődő incidensek miatt az egész flottát (147 db F-22-es vadászgép) több mint egy évig letiltották a repülésről. (Több pilóta nyilvánosan megtagadta a repülést a bizonytalan oxigénrendszer miatt, az első nagytávolságú és nagymagasságú átrepülést Okinawa szigetére személyesen Panatta hadügyminiszternek kellett engedélyeznie). A Magyar Honvédség Gripen vadászgépén is előfordultak hasonló incidensek, de a pilóták a barokamrai gyakorlatnak köszönhetően időben észlelték az oxigénhiány fenyegető tüneteit és alacsonyabb magasságra süllyedve megelőzték az eszméletvesztést [40]. Az OBOGS használata mellett a hypoxia relatív rizikója mintegy tízszeresére növekedett „mask-on” helyzetben is: 1980–2000 között a gyakorisági ráta 0,03, míg 2001–2004 között 0,29 volt [41]. 2010 májusa óta az F-18-ason előforduló „élettani esetek” száma újra folyamatos emelkedést mutat: a NAVY 382 esetet vizsgált az F-18/A típuson. A hibák igazoltan két fő csoportba sorolhatók: a kabinyomás elvesztése (114 esetben) ill. a belélegzett oxigén levegőszennyeződése (130 esetben) **Jelenleg ez az első számú repülésbiztonsági probléma.**

Legújabbán az F-35-ös kiképző bázison (LUKE AFB), nemcsak növendékeknél észleltek súlyos hypoxiás incidenseket (legutóbb 2017. május 02. és június 08. között halmozódó 5 súlyos esetben), légzési nehézséget az OBOGS használata közben. Szerencsére a tartalék folyékony oxigénforrás minden esetben megfelelően működött, a pilóták biztonságosan le tudtak szállni. Az incidensek következményeként a teljes flottát, 55 legkorszerűbb lopakodó gépet letiltottak [42]. A probléma nem korlátozódik egy haderőnemre: a haditengerészeti repülés ígáslovának számító T-45 Goshawk esetében több mint 100 oktató pilóta és sok pilóta növendék (köztük Pence alelnök fia) tagadta meg a repülést (vagy csak 5000 láb alatti repülést hajtanak végre), az OBOGS megbízhatatlanságára hivatkozva. Itt is az utóbbi 5 évben megnégyszereződött az oxigénlégző rendszer hibájával kapcsolatos jelentések száma [43]. A média nyomására a szakmapolitika a gyártók, a haderőnemek és a kutatóintézetek szoros együttműködését sürgetik a repülés-élettani probléma mielőbbi megoldására (19. ábra).



19. ábra Repülésélettani események gyakorisága [44]

A nagymagasságú hypoxiás epizódok hatása nem szűnik meg azonnal az oxigén ellátás helyreállításakor: új jelenségként leírják a hypoxia „hangover” (másnaposság) veszélyes tüneteit. A magasság gyors csökkentése és a tartalék (katapultülésben lévő gáznemű) oxigén felhasználása ellenére elhúzódó mentális teljesítménycsökkenés és fáradtság lép fel, mely miatt a pilóta nem repülhet, 12 órás letiltás javasolt, most már a barokamrai vizsgálatok után is [44].

A magasság-élettani beosztás szerint 0-tól 2000 m-ig tart a közömbös zóna, (viszont az éjszakai látás, amit a szem pálcika nevű fényérzékeny receptorai biztosítanak, már 1500 m-től károsodik, és csökken a G tűrő képesség is). 2000 m-n már eufórikus hatás (felhangolt állapot, „magassági spicc”) az agykérgi oxigénhiány miatt kialakulhat. A 2000–4000 m közötti tartományt hagyományosan a „tökéletes” kompenzációs zónának nevezik: fiatal, egészséges alany nyugalomban korlátlan ideig képes a légzés-keringési egyensúly biztosítására, reflex szintű mechanizmusok révén.

Tapasztalatunk szerint viszont már ebben a magassági tartományban súlyos mértékű oxigénhiányos állapot alakulhat ki, a X. (bolygó) agyideg által közvetített un. vago-vagális reflexhatások miatt szívleállás (asystólia) következhet be. Az asystóliából fakadó syncope/„ájulás” valójában szívleállásból fakadó eszméletvesztés, ami klinikai halálhoz, beavatkozás, a magasság csökkentése nélkül pedig tényleges (biológiai) halálhoz vezethet (jobbik esetben a magasság gyors csökkenésével a folyamat még visszafordulhat, pl. ejtőernyős ugrás közben magához térhet az ugró, vagy megtörtént esetben 3600 méteres szabadesés közben az oktató nyitotta az eszméletlen ejtőernyős ejtőernyőjét [45]. A 4000–5500 m-s magassági tartományt a „tökéletlen” kompenzációs zónának tekintik: egészséges fiatalember is nyugalomban csak beszűkült szív-érrendszeri reflex kapacitással, korlátozott ideig képes cselekvőképes maradni: a nagyfokú szellemi teljesítményromlás, kognitív funkcióvesztés mellett ezen a magasságon is bekövetkezhet az ájulás. Az 5500 (6000) m feletti magasság a magassági halál öve, az életben maradás csak néhány percen (még magasabban másodperceken) múlik.

A jelenlegi repülőorvosi szemlélet a hypobarikus hypoxiát (oxigénhiányt) illetően csak az oxigénhiánynak tulajdonít szerepet. Felismeri az eközben kialakuló, a fokozott széndioxid kimosással magyarázható respirációs (tehát a légzés változásából eredő) lúgos irányú pH eltolódás (alkalózis) jelenlétét, de a kialakulási módját nem magyarázza meg teljes körűen, illetőleg az alkalózisnak a szervezetben ilyen alkalmakkor bekövetkező, az oxigén felhasználhatóságára kifejtett károsító hatásával nem foglalkozik. Pedig a magasság függő oxigenizáció romlás oka csak részben az oxigénhiány. Részben felelős érte az agyi keringés romlása, részben a sejtszintű oxigén hasznosulás csökkenése, amelyben jelentős szerepe van a széndioxidvesztésnek és pH változásnak, mivel az agyi keringés széndioxid/pH vezérelt: ha a felét kimossuk a széndioxidnak (túllihegessel), akkor felére csökken az agyi keringés, amely az ionizált kalcium szint változásával együtt tetániás görcsrohamokhoz és eszméletvesztéshez is vezethet. (Szélsőséges eset pl. hisztériás roham kapcsán kapkodó légzéssel mindkettő megfigyelhető tengerszinti nyomáson is).

A klasszikus magasság-élettani megközelítésben a magassági rövid távú oxigénhiányos állapot kialakulásáért a perifériás kemoreceptorok hypoxia miatti fokozott aktivációja által generált hyperventilláció a felelős, s ez alapján az alkalóvizist, mely a szervezetben az oxigénfelhasználhatóságot nagymértékben rontja, oxigénlégzéssel ki lehet védeni. Kutatásaink szerint ez

önmagában kevés: az alkalózis oxigén légzés mellett is bekövetkezik, s a szervezetben oxigén légzés ellenére sejt szintű oxigénhiány léphet fel.

Az alkalózis az oxigén felhasználásra gyakorolt kedvezőtlen hatása a következő élettani hatásokon alapul:

1. Az agyi véráramlás kizárólag endothel (érbelhártya) által vezérelt. Ez azt jelenti, hogy az agyi perfúzióra sem direkt érbeidegzés (mert, hogy az agyi ereknek nincs beidegzésük), sem pedig hormonális effektus (adrenalin hatás alfa – béta receptorokon keresztül szimpatoadrenerg aktiváció során) nem gyakorolhat hatást. Az agyi érkaliber változásra a CO_2 ill. és a vér pH változása és az oxigén hiány gyakorol hatást. A CO_2 emelkedés – vér pH csökkenés, oxigén hiány értágító (vasodilatátor) hatású, a hyperoxia (túl sok, esetleg túlnyomásos oxigén és a CO_2 szint csökkenés és az alkalózis, azaz a pH emelkedés érszűkítő (vasoconstrictor) hatású. Ebből az következik, hogy az agyban relatív, de akár abszolút funkcionális agyi érszűkület jöhet létre, tehát a hypobarikus hypoxia kapcsán az agyban az O_2 el sem tud jutni effektív mennyiségben a felhasználási helyre.
2. A vörös vérfesték – haemoglobin O_2 leadási képessége romlik: a CO_2 -nek allosztérikus hatása van a haemoglobin – O_2 disszociációjára, azaz a fehérje lánchoz kötődve fokozza a haemoglobin O_2 leadási képességét – azaz az oxihemoglobin disszociációs görbét jobbra tolja, azaz a mikrocirkulációban a sejtek felé történő O_2 leadást fokozza. A CO_2 szint csökkenése ellentétes irányú, azaz a haemoglobin O_2 leadó képességét csökkenti - ez azt jelenti, hogy az agyba eljutott csökkent O_2 tartalmú vér nem képes az O_2 -t az idegsejtek számára átadni, fokozva ezzel az idegsejtekben az energiadeficitet.
3. Az idegsejtek gyakorlatilag csak a szőlőcukor aerob disszimilációjából képesek energiát felszabadítani – ATP^{36} -t képezni. Elvben lehetőség van az acet-ecetsav, ill. a béta-hydroxi vajsav disszimilációjára is – részben a béta oxidáción keresztül, de ez a vérben olyan nagyfokú ketontest koncentráció jelenlétét kívánja meg, hogy a szervezetben az ozmotikus és a pH millió összeomlását vonná maga után. Az agy percnként 60 mg szőlőcukrot bont le (disszimilál) a glikolízis – citrátkör – terminális oxidáción keresztül, s az így felszabaduló energia egy részét a sejt az ATP makroerg foszfát kötéseibe építi be – oxidatív foszforiláció, majd ezt hidrolizálva szabadítja fel. Az extracelluláris pH viszonyok alkalotikus irányba tolódása az intracelluláris terekre is áttérjed, s ebben az alkalotikusabb intracelluláris környezetben a terminális oxidáció - oxidatív foszforiláció effektivitása romlik. Tehát a sejt változatlan energetikai szinten tartásához, a kellő mennyiségű ATP képzéséhez sokkal több O_2 -re lenne szükség, mely a hypobarikus hypoxia miatt közvetlenül és a fentebb leírt effektusok miatt nem áll rendelkezésre.
4. A centrális légzőközpontok legfőbb ingere az agyvíz pH csökkenése, mely legtöbbször a CO_2 szinttel arányos. A CO_2 szint emelkedése a vérben pH csökkenést, azaz respirációs acidózist hoz létre, mely áttevődik az agyvízterre is, innen H^+ proton az idegszövetbe diffundálva a centrális légzőközpontok stimulációját idézi, azaz hyperventillációt okoz, mellyel a tüdön keresztüli fokozottabb CO_2 vesztés révén kompenzálódik a pH csökkenés (már amennyiben nem ventilációs okok miatt alakul ki a CO_2 retenció – mint fulladás/asphyxia során). De a metabolikus acidózis is ezt kiváltva, a tüdön keresztüli fokozottabb CO_2 kiürítésével a vérben levő szénsav szint csökkentését okozva próbálja

³⁶ ATP: Adenozin trifoszfát nagyenergiájú (makroerg) foszfátkötéseiben lévő energia felszabadulásával

az acidózist kordában tartani. A centrális légzőközpontok CO₂ általi közvetlen stimuláló hatása a magasságfüggő „passzív” CO₂ kimosása miatt kiesik, s ez de facto az oxigén felvétel szempontjából tovább fog csökkenni, a fizikailag definiált lehetőségekhez képest is. Tehát a vérben a külső fizikai lehetőségekhez képest (beszívott levegőben levő O₂ parciális nyomásából következőhöz képest is) jóval kisebb O₂ szint fog kialakulni, tovább rontva a szövetek – agy oxigén hozzáférhetőségét.

5. A kisvérköri kapillárisok, ellentétben a nagyvérköri kapillárisokkal, melyek a vér O₂ szintjének csökkenésére endothelvezérelt értágulattal reagálnak, az alveoláris (tüdő lég-hólyagocskáiban lévő) pO₂ szint csökkenésére jelentős mértékben zárulnak, ezzel szőntőlődnek, azaz kirekesztődnek a véráramból (Euler–Liljenstrand effektus). Ennek kapcsán a kisvérköri kapilláris perfúzió lecsökken, így az oxigéndiffúzió számára a tüdőfelület funkcionálisan beszűkül, s mivel ezzel együtt a hypobaria miatt passzív módon kialakult alacsony CO₂ szint is jelen van, tényleges hypoventilláció (alullégzés) jön létre a csökkentebb centrális légzőközpont aktivitásnak köszönhetően, s így a kisvérköri O₂ felvételi kapacitás a fizikai lehetőségekből fakadó mértékhez képest (beszívott levegő csökkent oxigéntartalmához képest) is sokkal jobban romlik.

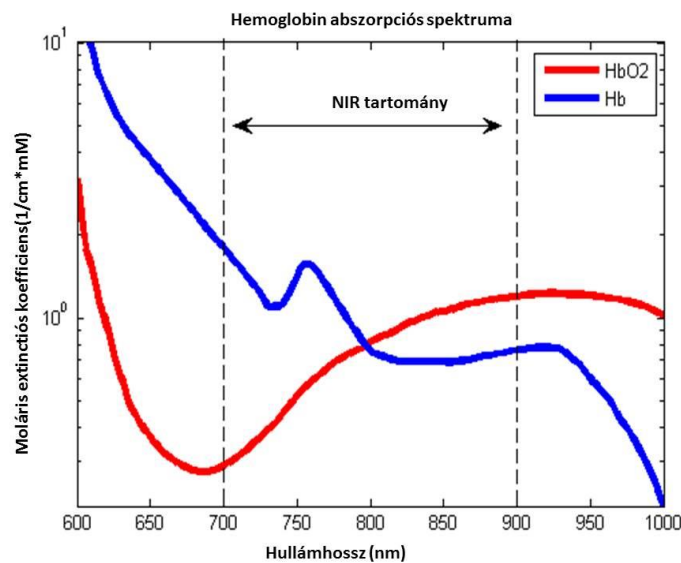
A fent leírt hatásokból látszik, hogy a hypobarikus hypoxia mértékét a klinikumban általánosan használt perifériás vér O₂ telítettségének mérésével nem lehet korrekten megítélni, ugyanis a vér oxigén szintje mellett a vérben levő O₂ felhasználhatósága is jelentősen romlik. Mindamellett az agyi vérátáramlás a centrális, a keringési központok szabályozása alatt álló perifériás keringéstől szétválk.

Összefoglalva: a perifériás pulzoximetria (pl. ujjbegyen mért oxigén telítettség) csak durva tájékozódásra alkalmas a szervezetben lezajló folyamatok megítélését illetően. Továbbá erősen megkérdőjelezhető jelenleg a hypobáriás oxigénhiány oxigénlégzéssel történő kivédésének kellő mértékű hatékonysága. Erre számos megfigyelésünk enged következtetni: oxigént lélegezve zárt rendszeren keresztül, a páciens kognitív terhelésnek alávetve, vagy finom motorizációt igénylő koordinációs mozgásokra kényszerítve (ehhez hasonlíthat valós repülés folyamán a légi tankolás, vagy a helikopterrel történő függeszkedés), a perifériás keringésen is jól kimutatható oxigénhiány léphet fel. Indirekten ebből az következik, hogy az agyban még nagyobb az oxigénhiány mértéke ekkor.

A Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Kecskeméti Repülőorvosi, Alkalmasság vizsgáló és Gyógyító Intézetében NIRS technikával végrehajtott transcraniális agyi oximetria mérések³⁷ kapcsán azt találtuk, hogy előzetes kisebb mértékű, esetlegesen a szabályzatok által még O₂ légzést el nem rendelő magasságon történő tartózkodás és az ezt követően a nagyobb magasságba történő emelkedés nagymértékben lerövidíti a kritikus mértékű agyi hypoxia kialakulásának idejét, a közvetlen erre a nagyobb magasságra emelkedéskor kialakult agyi hypoxia kialakulásának idejéhez képest. Ezt a negatív változást a kisebb magasságon történő O₂ lélegzéssel nem lehet kivédeni. Hypobáriás hypoxiában kellő mértékű parciális nyomással használt O₂ lélegeztetéssel sem lehet a tengerszinti levegő belégzésével elért agyi O₂ szintet elérni. Hypobáriában O₂ légzést követő apnoés (légzés visszatartási) idő jelentősen megnyújtható – idáig a

³⁷ NIRS: near infrared spectorscopy: közel infravörös tartományban (800 nm) bőrön keresztül mért kevert agyi homloklebeny vér oxigén telítettsége.

rekordunk nyolc perc úgy, hogy a nyolcadik percben a páciens a légvételi szünetet csak az orvos erőteljes utasítására volt hajlandó befejezni, miközben a nyolcadik percben a perifériás vérben kimért O_2 szaturáció még gyakorlatilag normális volt (94%, – figyelembe véve az acidózissal járó hatásokat is). Átlagban is a 4–5 perces apnoés idő volt észlelhető. A hypobáriában használt O_2 légzést követően a tengerszintre való visszatérést követően jelentős – kritikus mértékű agyi hypoxia volt több esetben is kimérhető, akár több mint 20 percet követően is. Ez a hatás „post” hatás a fiatalokon, a kis BMI³⁸ indexel rendelkező pácienseken jól megfigyelhető és jól korrelál a hangover/másnaposság okozta tünetekkel és panaszokkal. Ezek alapján felmerül a hypobarikus hypoxiában kialakuló mechanizmusok újragondolásának a szükségszerűsége, s ebből várhatóan a repülés folyamán O_2 hiány elleni védelmet adó rendszerek funkcionalitásának az újragondolása – tervezése is felmerülhet.



20. ábra oxigénkötő (HbO₂) és szabad hemoglobin (Hb) vérfesték molekula abszorpciós spektruma

A NIRS technika (mint az agyi vérkeringés és oxigén kínálat változásának nyomon követésére közvetlenül alkalmas módszer) számos repüléssel kapcsolatos kutatásban jól alkalmazható non-invazív technika: a homlok bőrére helyezett elektródák a fejbőrön keresztül képesek mérni az agyban, a homloklebeny kevert vénás (már oxigén felhasználás jeleit mutató) ereiben a vérfesték (haemoglobin) abszorpciós spektrumának változásával az oxihemoglobin (oxigént kötő vérfesték) mennyiségét a deoxy-hemoglobinhoz (oxigénmentes vérfestékhez) képest (20. ábra).

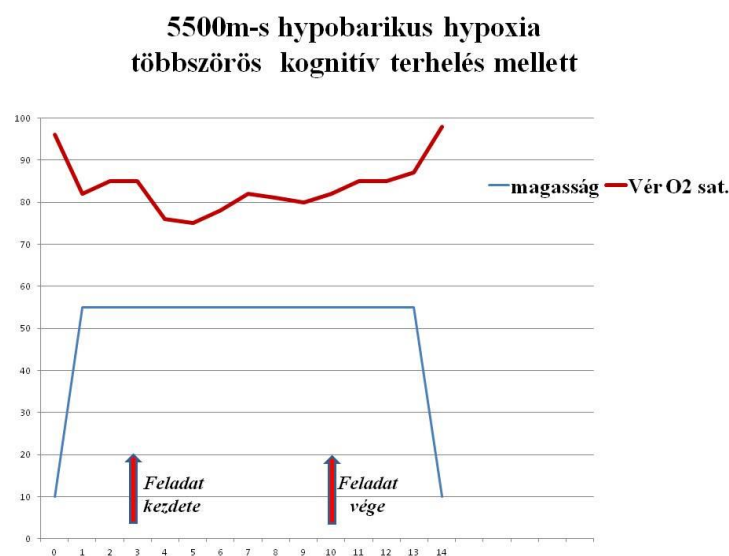
A kevert agyi regionális vérátáramlás rSO_2 számítása az eltérő abszorpciós maximumokból és a verőeres/visszeres vér százalékos arányának eltérő súlyozásából fakadóan a gyártó cégeknél kismértékben eltérő lehet (Foresight, Cerox, Equanox: 70% vénás, 30% artériás, míg az általunk használt INVOS eszköz 75:25%-os arányban kalkulál). Jól követi az agyi keringés változását pl. G túlterhelés alatt: fokozódó fej-láb irányú túlterhelés közben (ahogy megszakad az agyi keringés folyamatossága a vér alsótestfélbe történő áthelyeződése miatt), esik a rSO_2 és a túlterhelés pillanatnyi vagy elhúzódó jellegétől függően lassabban vagy gyorsabban tér vissza. Az agyi vérátáramlás és oxigénszint direkt detektálása segíti a G-LOC biológiai hátterének jobb

³⁸ BMI: Body Mass Index: testtömeg index a testsúly és magasság négyzet hányadosa alapján kg/m^2 -ben számítva

megértését is, segít megítélni az anti-G ruha vérkirekesztődést gátló hatékonyságát. [46][47] Gyógyszerek repülésbiztonsági szempontból való alkalmazhatóságának megítélésében szintén fontos lehet a módszer alkalmazása: allergia ellen gyakran alkalmazott készítmények (antihisztaminok) esetén fontos, hogy pilóta esetében ne rontsa a G-tűrőképességet. Ez direkt módon az agyi keringés ép viszonyaival demonstrálható, az egészséges kontroll csoporthoz képest [48].

A mért változások jól korrelálnak az egyéb testrészeken (fülcimpa, ujj) elhelyezett, illetve más módszerrel (ki/belélegzett gázkoncentráció érzékelése) oxigénmérő eszközök által mért értékekkel [49]. A talált agyi oxigénszint csökkenés kórjelző, az intenzív terápiában prognosztikai értékű (20%-nál nagyobb műtét alatti esése rontja a műtét utáni túlélés esélyét.)

Az agyi funkcionális MRI (mágneses rezonancia elvén alapuló képalkotás) és NIRS vizsgálatok összehasonlító elemzése igazolta, hogy a kognitív feladat tengerszinti nyomáson és normális oxigénkínálat mellett is közel azonos módon aktiválja a különböző agyi területeket, vagyis a morfológiai aktivitási jelek és az oxigén felhasználás mértéke párhuzamosan változnak [50].



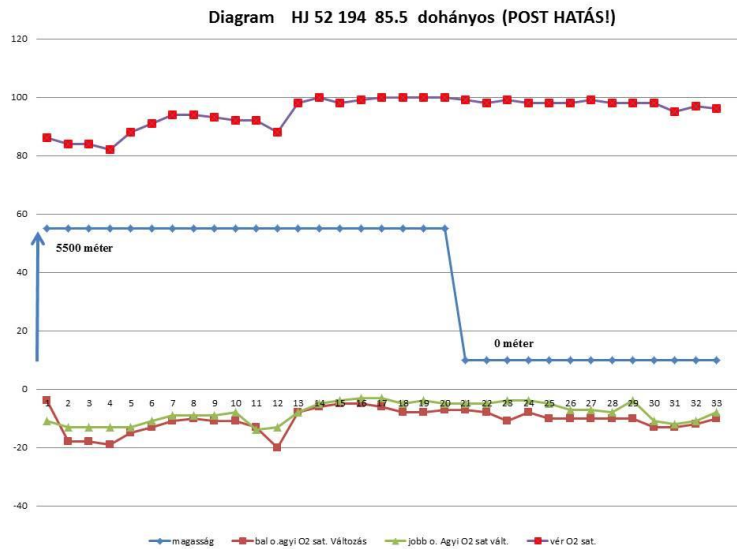
21. ábra 5500 m-es hypoxia és kognitív feladat okozta agyi oxigénszint csökkenés

Saját megfigyeléseink szerint maga a kognitív terhelés barokamrai kontrollált körülmények mellett is befolyásolja a kevert agyi hajszáleres vér oxigénszintjét. A stressz, a légzésvisszatarthatás és felületesebb légzés a figyelem maximalizálása és összpontosítás mellett csökkenti az effektív légzés hatékonyságát, esik az agyi oxigénszint (és a feladat befejezése után is csak lassan normalizálódik) (21. ábra).

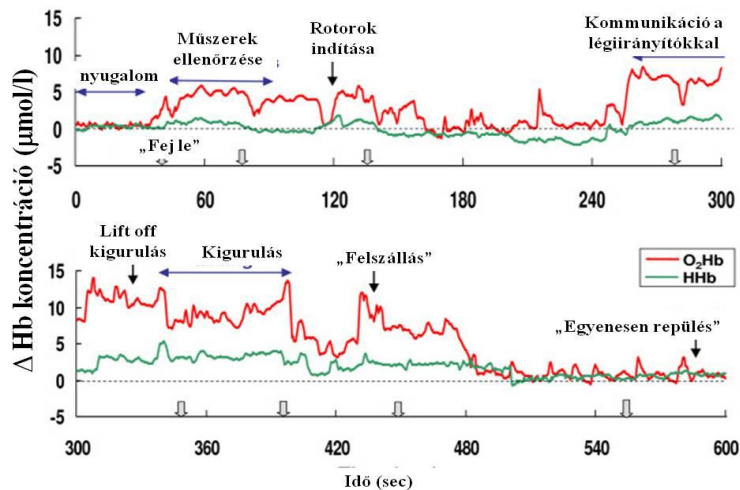
Ezen túlmenően, csupán a tengerszintinek megfelelő légnyomás és oxigén résznyomás önmagában nem korrigálja 100%-ban az agyi keringést. Valószínűleg a megváltozott sav-bázis egyensúly miatt az agyi oxigenizáció még akár 10 min alatt sem tér vissza a 100%-os értékre (miközben az ujjbegyen mért szaturáció már teljes, 100% értéket mutat). A kb. (-10)–(-15)%-os oxigén deficit komoly kiesést jelenthet, ami a hypoxia másnaposság („post hatás”) részjelensége lehet (22. ábra).

A NIRS technika akár valós repülés közben az agyi vérátáramlás és oxigenizáció folyamatos regisztrálására is képes, mint ahogy a longitudinális Holter EKG a szív működés regisztrálására. Egy komplett repülés során a NIRS regisztrátum hű képet ad a helikopter pilótát érő

szellemi/kognitív és a fizikai környezeti tényezők okozta kombinált stresszről, a repülés egyes fázisaiban (23. ábra) [51].



22. ábra 5500 m-es hypoxia után elhúzódozó agyi oxigénszint csökkenés



23. ábra Valós helikopter repülés fázisai az agyi oxihemoglobin szint változás nyomon követésével [51]

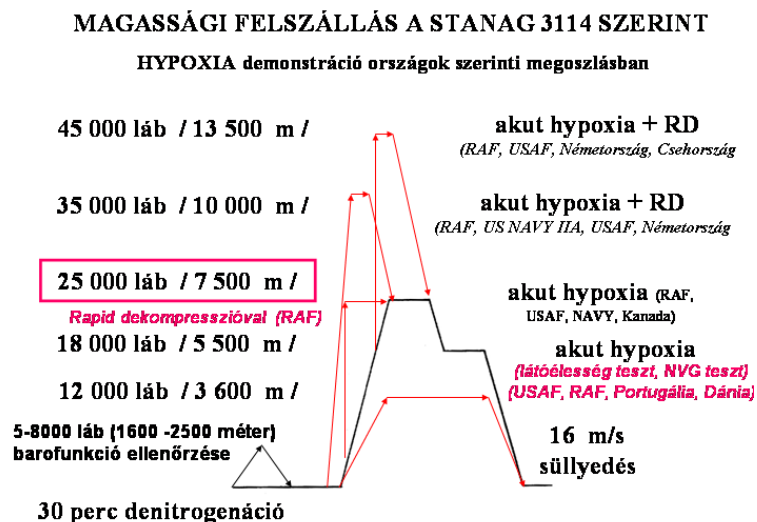
Az oxigénhiány okozta veszély–bár csak 18 000 láb/5500 m fölött válik percekben–másodpercekben mérhető cselekvőképtelenségi veszéllyé, kisebb magasságon is rontja a hadműveleti körülmények között nélkülözhetetlen új feladat tanulási képességet (navigáció, üzemanyag számítás, rövidtávú memória használat kapcsán). Afganisztáni bevetési tapasztalatok alapján akár 10 000 láb alatt (3300 méter körüli magasságig), fizikai aktivitással párosulva a hypoxia tünetei jelentkezhetnek, számolási hibák, zavartság, szédülés léphet fel. 10–14 000 láb között Apache 64-D harci helikopterek pilótái 70%-ban tapasztalták az oxigénhiány ilyen teljesítményrontó hatását [52].

A hypoxia ezekben az esetekben a fizikai aktivitással párosulva gyorsan súlyosbodik, a hegyibetegség tünetei is jelentkeznek, tüdő- és agyvizényő lehetőségével. Egy Afganisztáni hadműveletben (Operation ISAF ANACONDA) harci helikopterek 700 méteres tengerszint fölötti magasságból indulva 2000–3500 méter közötti magasságban támadtak célpontokat. A gyors bevetéssel párosuló fizikai aktivitás, a rossz időjárási körülmények miatt sokan rosszul lettek. A kórházi

felvételt indokló állapotromlás 12%-ában a magashegyi betegség tünetei domináltak [53]. A magassági körülményekhez nem akklimatizálódott harci csapatok azonnali alkalmazása súlyos tüneteket okozhat, erre a NATO Tudományos Szervezetének publikációja is felhívja a figyelmet [54]. A súlyossági beosztás szerint 24 óra alatt 1800–2500 méter közötti magassági tartomány 10–20%-nál enyhe tünetek okoz, 24 óra alatt 3000 m-es magassági szinten már 75%-nál enyhe tünetek jelentkeznek. Kritikus szint lehet a parancsnok számára, hogy 24 óra alatt 3600–4300 m közötti magassági tartományban 50%-uknál mérsékelt tünetek, 12–18%-nál már súlyos tünetek lépnek föl. Elméletileg 24 óra alatt 5400 méteres magassági szint már közel 100%-nál súlyos, cselekvőképtelenséget okozó tüneteket okoz, ez már kezelhetetlen egészségügyi veszteség.

A hypoxia tudatosság legfontosabb tényezője a barokamrai hypoxiás profilok alkalmazása, amely az elméleti kiképzés után alkalmas a magassági repüléssel együtt járó oxigénhiány és nyomásváltozás teljeskörű demonstrálására, a túlnyomásos légzés és a magassági védőruha használatának szemléltetésére. Itt biztonságos körülmények között szemléltethető a kognitív szellemi teljesítményromlás: a jól begyakorolt kézírás olvashatatlanná válik, mérhetjük az érzékszervi teljesítmény romlását (látóélesség csökkenését, látótér beszűkülést), a hosszabbá váló reakcióidőket, a két-kéz koordináció változását, az NVG használat (éjszakai látás) korlátozó tényezőit. Katonai repülésben a NATO STANAG 3114 8 kiadása egyértelműen e mellett foglal állást, 25 000 láb (7600) méteres magasságon kötelező profil végrehajtásával (Magyar Honvédség is ratifikálta) (24. ábra).

Bár a polgári repülésben jelenleg egyik nagy nemzeti légügyi hivatal (FAA Amerikai Légügyi Hivatal, EU EASA összeurópai Repülésbiztonsági Ügynökség) előírásában sem szerepel a kötelező barokamrai gyakorlás, a hasznosságát ők is elismerik. Az FAA saját tanulmányában a felmérésben résztvevő civil pilóták túlnyomó többsége rendkívül hasznosnak ítélte a hypoxiás tréninget az alacsony nyomású kamrában: 97% informatívnak tartotta (az elméleti előadásokkal együtt), 90% pedig hasznosnak ítélte a rendszeres ismétlés lehetőségét is, különösen a légítársasági és kereskedelmi pilóták körében [55].



24. ábra Barokamrai magassági profilok a NATO-ban a hypoxia demonstrálására

Saját vizsgálataink arra is rámutattak, hogy a hypoxia tűrőképességet a földi aerob edzettség nem jelzi előre megbízhatóan. A szubszonikus (helikopter és kiképző repülőgépen

növendékként repülő) állomány minősítő vizsgálata során az 5500 m-es magasságon hypobárikus hypoxiában nyújtott teljesítmény nem korrelál egyértelműen a fizikai (szív-érrendszeri) teljesítőképesség klinikai megítélésére alkalmazott kerékpár ergometriás teljesítményével. A klinikailag kivizsgált, „egészséges” és a kerékpárterhelésen az elvárt minimum 2,2 W/kg teljesítményt nyújtó, tehát kielégítő vagy jó tűrőképességű pilótáknál, a repült típustól függetlenül éves szinten 1,3–3,5%-ban tapasztaltunk beavatkozást igénylő állapotromlást a barokamrában: vérnyomáscsökkenést, pulzus lassulást és a szellemi teljesítmény jelentős csökkenését, az önmentésre való képtelenséget. Ezt az ájulás közeli vagy a keringés tényleges összeomlását jelentő ájulásos rosszullétet a megelőző klinikai vizsgálatok eredményei nem jelezték előre, amelynek oka a hypoxia és a hyperventilláció, azaz az oxigénhiány és széndioxid kimosás szokatlan együtt állása miatt kialakuló egyedi megterhelés, amely az agytörzsi légzés és keringés szabályozó központok továbbá a szív-érrendszeri reakciók gyors alkalmazkodását igénylik [3].

Legújabbban, a rendszeres, nagy magasságú valós (repülés alatti) hypoxia expozícióval kapcsolatban fogalmazott meg aggodalmakat a NATO repülőorvosi munkacsoportjában az amerikai delegáció [56]. Úgy tűnik, hogy U-2 pilótáknál, más felderítő és bombázó gépek személyzeténél, barokamrában pedig az előzetes oxigénlégzés elhagyása esetén 25 000 láb fölötti felszállási profiloknál a pilótáknál, repülőorvosoknál, instruktoroknál az effektív alacsony kabinyomás és oxigénkínálat, valamint a magassági keszonártalom (nitrogén buborékok kiválásának lehetősége) együttesen progresszív szöveti károsodást okoz az agy fehérállományában, melynek oka a hypoxiás periódust követő relatív vérátáramlás fokozódás és oxidatív stressz. Az így kialakult, MRI mágneses rezonancia felvételen sűrűbbnek látszó hyperdenz elváltozások³⁹ diffúzan, mindkét agyféltekében megtalálhatóak (míg bűvárok keszonbetegségénél jellemzően a homloklebenyre koncentrálnak).

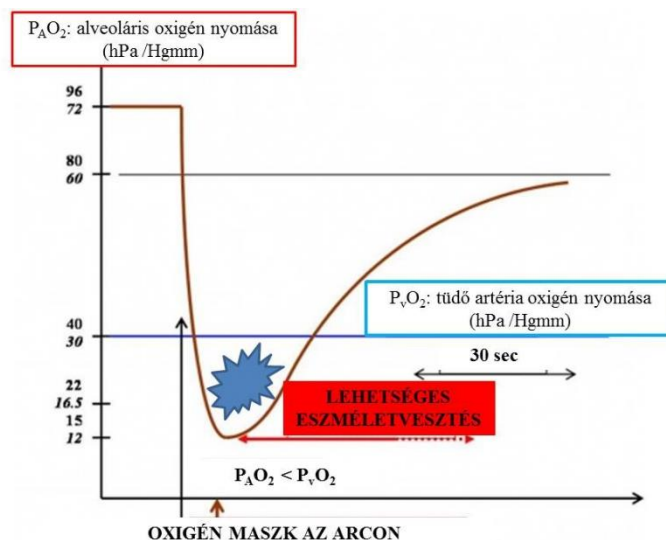
A diffúz és progresszív agykárosodás a kor és szolgálati idő függvényében romló szellemi teljesítménnyel, memória zavarokkal jár a pilótáknál. Ezért nagyon fontos minden nagymagasságú bevetés előtt kellő időben a tiszta oxigénlégzés időben történő megkezdése, megszakítás nélküli folytatása, barokamrai felszállás alatt pedig a legalább 30 perces denitrogenációs, nitrogén kimosási idő betartása 100% oxigén légzésével, amely a szövetekben oldott nitrogén kb. egyharmadát kimosva, biztonságos szintre csökkenti a szöveti nitrogén mennyiségét, minimalizálja a keszonártalom lehetőségét. Az USAF Amerikai Légierő – átgondolva a magassági barokamrai felszállások profiljait, változatlanul rendszerben tartja mind a 16 barokamráját, de az ismétlődő (kötelező) elméleti és gyakorlati barokamrai demonstrációk során a dekompresziós (keszon) ártalom kiküszöbölésére csak 6000 m magasságig alkalmazza, gyors dekompresziós profillal. Erre vonatkozóan a közelmúltban (2014. április 29–30.) Dr. Woodrow alezredes az USAF AETC fő repülésélettani kiképzője a Randolph légibázisról személyes látogatása során akkreditálta a Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Kecskeméti Repülőorvosi, Alkalmasság vizsgáló és Kutató Intézetében működő barokamrát. Így az MH Pápa Bázis Repülőtéren települt C-17 HAW Nehéz Szállító Ezred nemzetközi repülőhajózó állománya Kecskeméten hajthatja végre az időszakos kötelező elméleti és gyakorlati hypoxiás kiképzést.

A nagymagasságú repülés során bekövetkező hirtelen kabinyomás vesztes (explozív vagy fokozatos dekompreszió a kihermetizáció miatt) reális fenyegetés mind a katonai repülésben, mind a

³⁹ WMHs: white matter hyperdensities – agy fehérállományában látható, MRI felvételen sűrű göcös elváltozások

polgári légiközlekedésben. Spanyol Eurofighter Typhoon zuhant le 2014. június 09-én Sevilla közelében, ahol felvetik (utólag) a repülőgép nagymagasságban bekövetkezett oxigénrendszer hibájának és a pilóta leszállás során bekövetkező cselekvőképtelenségének az ok-okozati összefüggését (a fedélzeti oxigénrendszer hibája után a katapultülésben lévő tartalék oxigéntartály csak 3 percre biztosított oxigén ellátást) [57]. Robbanásszerű kihermetizálódás során, nagy magasságban a pilóta egyetlen esélye, hogy a rajtalévő, szorosan illeszkedő maszkon keresztül azonnal tiszta oxigén (vagy magasság függvényében túlnyomásos oxigén) áramlik a légutakba és a tüdőbe. Ha ez nem operatív azonnal, nincs esélye a túlélésre, a gyors nyomáscsökkenés a mellkasra is hat, a mellüregben lecsökkenő nyomás lecsökkenti a légúti nyomást, a léghólyagokban az oxigén passzív diffúziójának az iránya megfordul, a vérből abnormális módon a léghólyagocskákba visszaáramlik az oxigén. Azonnali, drámai hypoxia következik be (25. ábra) [5].

Ezért még polgári utasszállító gépeken is (Concorde-on kötelező jelleggel, más típusokon kihermetizációs vészhelyzetben, vagy ha a pilóta egyedül maradt a kabinban) kötelező (volt) a maszk készenlétbe helyezése, azonnali alkalmazásának lehetőségével. Természetesen a nagyobb kabinterű utasszállító gépeknél a lassúbb ütemű nyomásvesztés realisabb forgatókönyv (nyomáscsökkenés egy kapcsoló hibás állása, rosszul záródó ajtónyílás miatt). Ilyen fatális kimenetelű eset történt a Helios légitársaság Boeing 737-300-s típusú, 522-s járatának Larnacából (Ciprus) Athénbe (Görögország) tartó gépén [58]. 2005. augusztus 14-én az utazómagasságot elérve gyakorlatilag mindenki mély kómába, eszméletlen állapotba került az alattomos oxigénhiány miatt, csak egy férfi (szolgáltatón kívüli utaskísérő) próbált meg az orvosi oxigén palackkal életben maradni és a pilóták helyett a gépet levegőben tartani, ill. leszállni – végül is sikertelenül. A Malév moszkvai járatán (Boeing 737-800-as gép 2011. november 23-i felszállásakor) is történt hasonló incidens (kapcsoló hibás állása miatt), ahol az emelkedés közben a kabinnyomás lassú, alattomos elvesztése mellett a pilóták – feltehetőleg a súlyosbodó oxigénhiány miatt – késlekedve ismerték fel a helyzetet és hajtották végre a szükséges vészhelyzeti eljárásokat és csak az utolsó pillanatban sikerült visszafordítani és épségben letenni a gépet Budapesten [59].



25. ábra Nagymagasságú explozív dekompresszió okozta azonnali hypoxia (8 ezerről 39 ezer láb utazómagasságra, nyomásváltozás 753 hPa-ról 197 hPa-ra) [5]

ÖSSZEFOGLALÁS

A II. világháború idején a pilótaállomány egészségvédelmét és harcképességét tekintve még csak a magassági oxigénhiány elleni védelem volt az elsődleges törekvés: a nagy hatótávolságú stratégiai bombázó erődök, felderítő és vadászgépek hajózó állományának hypoxia elleni védelme hozzájárult az állomány harcképességének fenntartásához. Az újabb generációs vadászgépek gyorsan színesítették a lehetséges stresszorok palettáját, sőt ismert kockázati tényezők új kombinációban, erőteljesen jelentkeztek (pl. kifáradás hatása önállóan a G-tűrő képességet is befolyásolja).

Áttekintettem a fenti időszakban a humán faktor oldaláról a repülésbiztonság statisztikailag leggyengébb (de legfontosabb) láncszemét jelentő pilótára ható legfontosabb élettani kihívásokat. Megállapítottam, hogy repülésbiztonsági szempontból ezek komplex percepciók (észlelési), aktivitási vagy intenciós hibaként jelentkeznek, melyek egyedül, vagy mögöttes individuális és szervezeti-kiképzési hibafaktorok kombinációjával képesek pillanatnyi cselekvőképtelenséget okozni. A katasztrófa megelőzéséhez szükség van a háttérben zajló élettani folyamatok megértésére és kezelésére. Ehhez szükség van a szelekció folyamán a legjobb stresszor tűrőképességet mutató jelöltek beválogatására (beleértve az antropometriai mutatók finomítását), a folyamatos egészségügyi minősítésre, a földi alapú szimulációs kiképzésre (barokamra, centrifuga, GYRO) és az életfenntartó rendszerek vonatkozásában folyamatos technikai fejlesztésre, illetve a minimális elvárások NATO szintű egységesítésére STANAG egységes védelmi előírások bevezetésével.

Megállapítottam, hogy a hadműveleti körülmények közötti fokozott műveleti tempó, szélsőséges terhelések újra fokozhatják a hypoxia, túlterhelés-gyorsulás illetve térbeli dezorientáció okozta valós veszélyt, mely miatt – halmozódó esetekben - a felelős parancsnok akár 1–1 géptípus kiesésének (átmeneti) veszélyével is szembesülhet.

A szelekció során a változatlanul magas szintű szenzoros képességek követelménye mellett (kiegészítve az éjszakai látási funkció mérésével) a kognitív képességek további szélesebb körű pszichológiai jellemzésére és hosszú távú követésére van szükség, hogy validált tesztekkel mérhessük a beválási és biztonságossági mutatókat. Elsősorban a térbeli látás és tájékozódó képesség, a visuomotoros, kéz-szem koordinációs feladatok végrehajtási képessége és a multitasking (párhuzamos feladatok koordinált végrehajtása), a vészhelyzeti menedzselés hatékonysága, a stressztűrőképesség megítélése lehet fontos a jelöltek rangsorolásában. A kiképzett pilótáknál pedig a fenti képességek terén a teljesítmény longitudinális követése (éves vizsgálatok során az adatbázis összehasonlítása) nyújt információt és visszajelzést a pilóta aktuális szellemi munkavégző képességéről. A pszichológia tesztek kombinálása a földi alapú szimulált repüléselettani stressz tényezőkkel (pl. barokamrában hypoxiás felszállás során a kognitív teljesítmény mérése pszichológiai tesztekkel vagy szimulátoron végrehajtott repülési feladattal) pedig még informatívabb a tényleges szellemi teljesítőképességről (és egyúttal önbizalmat is ad a pilótának, hogy kritikus helyzetben, időkénszerben is képes végrehajtania feladatot.)

Napjainkban a 4–5. generációs vadászgépek (ilyen a Magyar Honvédség állományában rendszerbe állított svéd Gripen több feladatú harci gép is) szélsőséges magassági és gyorsulási tartományban, a látóhatáron túli légicélok ellen is komplex manővereket képesek végrehajtani. A forgószárnyas eszközök éles hadműveletekben (Irak, Afganisztán) éjjel és korlátozott látási viszonyok közötti bevetéseket repülnek, mely a térbeli dezorientáció új típusait okozhatja.

Minden korábbinál nagyobb szükség van a pilóta információ-feldolgozó képességének technikai úton történő javítására (pl. éjjellátó készülék) illetve cselekvőképességét javító életfenntartó rendszerek (túlterhelés ellen védő és hypoxia elleni magassági védőruha) fejlesztésére, melyhez a repülőorvos közreműködése, a technikai megoldások kidolgozásához az élettani folyamatok pontos megértése nélkülözhetetlen.

Ez még inkább aláhúzza a földi (ground-based), de élethű szimulációs berendezések alkalmazásának jelentőségét a kiképzés során. Alapelv a realiztikus megközelítés – **„Train as fight, or fight as train!”**, azaz gyakorolj úgy, ahogy majd harcolni fogsz, és harcolj úgy, amire kiképeztek – a gyakorlás, kiképzés során készséggé rögzült képességek, eljárásrendek pedig nagyságrenddel javítják a repülésbiztonságot, az azonnali cselekvőképességet és tudatosságot, illetve növelik az önbizalmat.

A Zrínyi 2026 programban nagy hangsúlyt kapó pilótaképzés teljes önálló, nemzeti spektrumának megteremtése, a Nemzeti Közszolgálat Egyetem Honvédtisztképző és Hadtudományi Karán a Katonai Repülő Intézetben a Légiközlekedési Szak beindítása kapcsán szükség van fentiek szisztematikus hangsúlyozására, a repülésbiztonság alapelveinek áttekintésére a humán faktor oldaláról. Szükség van a kor színvonalán álló forgó szimulátor (AIRFOX DISO vagy Night FOX vagy GYRO lab) beszerzésére, a leggyakrabban légikatasztrófát okozó térbeli dezorientáció típusok, látási illúziók szemléltetésére. Hosszútávon lépéseket kell tenni a centrifuga edzések saját erőből történő megoldására (ez jelenleg Linköpingben a Svéd Légerő DFS Dynamic Flight Simulator Létesítményében még megoldott a Gripen flotta lízingszerződésének időtartama alatt) és a barokamra felújítására vagy cseréjére, valamint (részben a bűvärműveletek, részben a magassági keszonártalom veszélye miatt is) a hyperbáriás, rekompresziós – túlnyomás létrehozására és oxigénkezelésre is alkalmas – barokamra beszerzésére.

A repülésélettani kihívások hatását a stressztűrő képességre, a humán teljesítő képességre kutatási projektben is vizsgáljuk, a GINOP-2.3.2-15-2016-00007 számú, „A légiközlekedés-biztonsághoz kapcsolódó interdiszciplináris tudományos potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen (VOLARE)” projekt keretében. A kutatási projekt során megvalósuló teljesítmény diagnosztikai vizsgálatok és a stressz monitorozást biztosító HRV készülék (Fusion Vital cég FirstBeat Bodyguard2 szívfrekvencia varianciát mérő készüléke) együtt alkalmas lehet a pilótát érő repülés-élettani kihívások során a vegetatív idegrendszeret érő akut hatások jellemzésére, a szív-érrendszeri rezerv kapacitás és regeneráció megítélésére. Több olyan top kutatási téma van (pl. közel eszméletvesztés A(almost)-LOC utáni teljesítménycsökkenés, hypoxia hangover/másnaposság esetén akut oxigénhiányt követő tartós fáradtság és teljesítménycsökkenés, dezorientációs stressz), ahol a beállított mérési módszerek alkalmasak lehetnek a pulzuslabilitás mérésével a stressz reakció jellemzésére, az agyi véráramlás változásának együttes mérésével pedig objektíválhatják a repülés-élettani kihívás okozta repülésbiztonsági veszélyt.

AEROMEDICAL PHYSIOLOGICAL CHALLENGES IN REFLECTING OPERATIONAL EXPERIENCES

Analyzing the local and regional wars of the period since WWII we can state, that the deployment of Air Force deserves priority invariably: the acquisition of air superiority, the maintenance of operational initiative, the air-strike capability are the most important aspects in forming the strategy. The basis for this concept the development of highly agile manoeuvrable aircrafts showing broad range of altitude and acceleration parameters, requiring the sustained support for human working capability and physiological tolerance in extreme environmental settings. But it can provoke unforeseeable risks and challenges even for the pilots of latest generation of combat aircrafts. So it is essential to provide ground based specified simulation and training forecasting the mental and physical workload in real deployment settings. The overall aim of these practical sessions is to minimize the risk for sudden incapacitation caused by physiological stressors, like hypoxia, acceleration (G-LOC), loss of situational awareness, fatigue-exhaustion.

Keywords: aeromedical physiological stressors, accelerations- G tolerance, hypoxia awareness, loss of situational awareness, fatigue-exhaustion, sudden incapacitation, pilot error

Dr. habil. Szabó Sándor András, PhD
Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Műszaki Doktori Iskola oktatója
Szegedi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Repülő- és Űrorvosi Tanszék tanszékvezető (docens)
sasi19620@gmail.com
orcid.org/0000-0002-1362-4723

Dr. habil. Sándor András Szabó, PhD
National University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training
Lecturer of Doctoral School of Military Engineering
University Szeged Faculty of Medicine Department of Aviation and Space Medicine
Associate Professor
sasi19620@gmail.com
orcid.org/0000-0002-1362-4723

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] IVAN RENDALL: Vadászipülők. Légiharc a sugárhajtású gépek korában. Gold Book Kft, Budapest, 1997. p.84., 119.
- [2] PAOLO MATRICARDI: A Harci repülőgépek nagy könyve. GABO Könyvkiadó, 2006. Budapest. P. 418.
- [3] SZABÓ, S.A.: A katonai repülő-hajózási állomány repülőorvosi minősítése és kiképzése a NATO standardizációs egyezmények szellemében. (Különös tekintettel a szív-érrendszeri adaptáció és readaptáció vizsgálatára komplex és szimulált repülési stressz környezetben) PhD dolgozat 2009 Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, p. 84-85.
- [4] SZABÓ, S.A.: A fizikai állóképesség és egészség-tudatosság repülésbiztonsági jelentősége. http://www.repulestudomany.hu/foolyoirat/2017_1/2017-1-12-0379_Szabo_Sandor_Andras.pdf
- [5] ERNSTING, J. (ED.): Aviation Medicine Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000, 3. Kiadás, p. 56., 70., 86., 134.,135., 142., 319., 2006, 4. kiadás (Gradwell, Rainford) 47. o.
- [6] JONES D.G., ENDSLEY M. R: Sources of situation awareness errors in aviation. Aviat Space Environ Med. 1996; 67. pp. 507-512.
- [7] AMACZI VIKTOR: Paul Warfield Tibbets halálára. Magyar Honvéd: XVII. évf. 51-52. szám, p.41.
- [8] ÓVÁRI, GY.: Régi gondok új közelítésben: Vadászipülőgép-beszerzés 2000 után. Hadtudomány 9: (3-4. szám), pp. 126-141. (online) url: <http://www.zmne.hu/kulso/mhht/hadtudomany/1999/ht-1999-34-14.html>
- [9] KAVAS, L., ÓVÁRI, GY.: A XXI. század helikopterfejlesztésének néhány fontosabb irányzata. Repüléstudományi Közlemények (Szolnok, online tudományos folyóirat) XXV. évfolyam 2013/1., pp. 210-222. (online) url: http://www.repulestudomany.hu/index_rtk.html
- [10] REASON, J.: Human error: models and management. British Medical Journal 2000., 320., (7237) p. 768-770.
- [11] CHAPPELOW, J.W.: Error and accidents. In Ernsting, J. (Ed.): Aviation Medicine Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000, 3. Kiadás, p. 599.
- [12] THOMAS, T.K., et al.: Controlled flight into terrain accidents among commuter and air taxi operators in Alaska. Aviat Space Environ Med 2000., 71., pp. 1098-1103.
- [13] Human Factors Councils & Human Factors Boards: Comnavairlantinst 5420.5b, Comnavairpacinst 5420.2a <https://www.netc.navy.mil/nascweb/sas/files/54202.pdf>
- [14] ERCOLINE, W.: 2nd User Meeting, Zagreb, 2009. szeptember 04.-06. AMST-WYLE Integrated Science and Engineering Group

- [15] RTO TECHNICAL REPORT TR-HFM-118 Spatial Disorientation Training – Demonstration and Avoidance, 2008.[https://www.sto.nato.int/publications/STOTechnicalReports/RTO-TR-HFM-118/\\$\\$TR-HFM-118-ALL.pdf](https://www.sto.nato.int/publications/STOTechnicalReports/RTO-TR-HFM-118/$$TR-HFM-118-ALL.pdf)
- [16] KNAPP, C.J., JOHNSON, R.: F-16 Class A mishaps in the U.S. Air Force, 1975 - 93. *Aviat Space Environ Med* 1996., 67., p. 777-783.
- [17] LYONS, T.J., ERCOLINE, W., O'TOOLE, K.: Aircraft and related factors in crashes involving spatial disorientation: 15 years of USAF data. *Aviat Space Environ Med* 2006. 77. p. 720-723.
- [18] JEB BURNSIDE: Revisiting-JFK-Jr (John Fitzgerald Kennedy junior balesete) http://www.aviationsafety-magazine.com/issues/36_6/features/Revisiting-JFK-Jr_11190-1.html
- [19] BENSON, A.J.: Spatial Disorientation – A Perspective [url.: www.skybrary.aero/bookshelf/books/3510.pdf](http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/3510.pdf)
- [20] MARK LACAGNINA: Automation at Odds. https://flightsafety.org/wp-content/uploads/2016/11/asw_jun10_p32-36.pdf
- [21] STANAG 3114: Standardizációs Egyezmény a hajózó állomány repülőorvosi kiképzéséről. 8. Kiadás. www.nso.nato.int. (protected)
- [22] NOOIS.: SD-training in Desdemona in Royal Netherlands Air Force, TNO Human Factors, Soesterberg, 2nd Flight Physiology User Meeting Zágráb, 2009. szeptember 04-06
- [23] PÁSZTI, ZS.: AAMIMO (nemzetközi repülőorvosi tanfolyam) Brooks AFB, San Antonio, Texas előadás anyaga 1997
- [24] MITCHELL, DEATON: USAF előadás, NATO Repülőorvosi Munkacsoport 2002. ülése, Brüsszel.
- [25] US NAVY: Pilot error cited in 2007 Blue Angel crash: 'Real aggressive turn' appeared to cause disorientation: A Haditengerészet szóvivőjének nyilatkozata az AP hírügynökségnek. www.eurekalert.org/pub.releases/2007-12
- [26] GREEN, N.D.C., FORD, S.A.: G induced loss of consciousness. Retrospective survey results from 2259 military aircrew. *Aviat Space Environ Med* 2006., 77., pp. 619-623.
- [27] GREEN, N.: A RAF Henlow Repülőorvosi Intézet vezetője, a King's College Whittingham Professzora előadása szerint 2017. szeptember 17. Graz 6th User Meeting. Red Arrows death: Jon Egging crash report raises risk concern [url.: http://www.bbc.com/news/uk-england-20773844](http://www.bbc.com/news/uk-england-20773844)
- [28] HONVÉDELEM.HU: [url.: http://www.honvedelem.hu/cikk/39173_in_memoriam_racz_zsolt](http://www.honvedelem.hu/cikk/39173_in_memoriam_racz_zsolt)
- [29] POLLOCK, R.D., GATES, S.D., STOREY, J., STEVENSON, A.T.: The Effect Of +Gz Duration On Acceleration Atelectasis Symptoms And Relevant Indices. QinetiQ, Farnborough, United Kingdom AsMA 2017. kongresszus előadása, Denver
- [30] MCMAHON, T.W., NEWMAN, D.G.: +Gz-Induced Visual Symptoms In A Military Helicopter Pilot. [url.: http://militarymedicine.amsus.org/doi/abs/10.7205/MILMED-D-16-00073?journalCode=milmed](http://militarymedicine.amsus.org/doi/abs/10.7205/MILMED-D-16-00073?journalCode=milmed)
- [31] STANAG 3827: Standardizációs Egyezmény a „Tartós G túlterhelési tréning kapcsán megvalósítandó minimális feltételek”-ről. www.nso.nato.int. (protected)
- [32] LYONS, T., DAVENPORT, C., COPLEY, B., BINDER, H.: Preventing G-induced loss of consciousness: 20 years of operational experience. *Aviat Space Environ Med* 2004., 75, pp. 150-153.
- [33] ASCC (Air Standardization Coordinating Committee): Centrifuge training to increase High-G tolerance. Advisory Publication 61/51A, 1990. szeptember 20.
- [34] LEDDERHOS, C., GAMMEL C., GENS, A.: The new anti-G suit “G-RAFFE” – its power and potential. 85th Annual Scientific Meeting of the Aerospace Medical Association 2014. online [url.: http://g-niusltd.com/uploads/images/layout/ASMA.pdf](http://g-niusltd.com/uploads/images/layout/ASMA.pdf)
- [35] GREEN, N.D., HODKINSON, P.D, DILLARD, S.C.: Flight Assessment Of Full Coverage And Skeletal Anti-G Trousers . AsMA 2017. kongresszus előadása Denver, USA.
- [36] GEIER, B. HORNING, D., ENNIS, E. AND MAYES, R.S.: Labeling Dynamic Acceleration In Agile Flight. ASMA 2017. Kongresszus Előadása Denver, Usa.
- [37] GRAY, G., MICHEL P.: Assessing the effects of crew exposure to cabin altitudes of 8,000 ft to 10,000 ft: A literature review and recommendations. Defence Research and Development Toronto, REPORT. www.toronto.drdc-rddc.gc.ca
- [38] SELF, B.P. BALLDIN, U.I., SHAFFSTALL, R.M., MORGAN, T.R.: Pressurized sleeves and gloves for protection against acceleration-induced arm pain. *Aviat Space Environ Med* 2000., 71., p.501-505.
- [39] ARTINO, A.R., FOLGA, R.V., SWAN, B.D.: *Mask-on hypoxia training for tactical jet aviators*. *Aviat Space Environ Med* 2006., 77., p. 857-863.
- [40] Repülésbiztonsági konferencia, MH 59 Szentgyörgyi Dezső Repülőbázis 2008.
- [41] OSTRANDER, G.: Hypoxia in the Hornet. What We Know, And What We're Doing Naval Safety Center , Approach, May - June 2005

- [42] ROGOWAY, T: June 13, 2017: Now that the F-35a is also having oxygen issues a solution is more likely. url.: <http://www.thedrive.com/the-war-zone/11468/now-that-the-usafs-f-35a-has-oxygen-issues-too-a-solution-is-more-likely>
- [43] TOMLINSON, L.: April 04, 2017 Navy-instructor-pilots-refusing-to-fly-over-safety-concerns., <http://www.foxnews.com/politics/2017/04/04/navy-instructor-pilots-refusing-to-fly-over-safety-concerns-pences-son-affected.html>
- [44] TUOMO LEINO; Normobaric hypoxia training in tactical F/A-18C Hornet simulator. 2017. szeptember 17. előadás, Graz 6th User Meeting
- [45] ÉRDEKES VILÁG: 3600 méteres szabadesés közben az oktató nyitotta az eszméletlen ejtőernyős ejtőernyőjét. url.: <http://www.erdekesvilag.hu/szabadeses-kozben-ajult-el-egy-ejtoernyos-video/>
- [46] RYOO HC, HREBIEN L, SHENDER BS: Noninvasive monitoring of human consciousness by near-infrared spectroscopy (NIRS) during high +Gz stress. *Biomed Sci Instrum.*, 2002;38:1-7. url.: <http://euro-pepmc.org/abstract/med/12085583>
- [47] KOICHI KURIHARA, AZUSA KIKUKAWA, ASAO KOBAYASHI, TOSHIO NAKADATE: Frontal cortical oxygenation changes during gravity-induced loss of consciousness in humans: a near-infrared spatially resolved spectroscopic study. *Journal of Applied Physiology* Published 1 October 2007 Vol. 103 no. 4, 1326-1331 DOI: 10.1152/jappphysiol.01191.2006. url.: <http://jap.physiology.org/content/103/4/1326.short>
- [48] AKIHIKO ONOZAWA, AZUSA KIKUKAWA, YOSHINORI MIYAMOTO: A new evaluation method for +Gz tolerance with loratadine by using a near-infrared spectroscopy.
- [49] PHILLIPS, J.B., HORNING, D.S., DORY, R.E.: A comparison of pulse-oximetry, near-infrared spectroscopy (nirs), and gas sensors for in-cockpit hypoxia detection. Technical Memorandum Report Number 12-60. Naval Medical Research Unit–Dayton
- [50] XU CUI, BRAY S., BRYANT, D.M., GLOVER, G.H., REISS, A.L.: A quantitative comparison of NIRS and fMRI across multiple cognitive tasks. *Neuroimage*, 2011 Feb. 14. 54(4): 2808-2821. url.: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3021967>
- [51] AZUSA KIKUKAWA, ASAO KOBAYASHI, YOSHINORI MIYAMOTO: Monitoring of pre-frontal oxygen status in helicopter pilots using near-infrared spectrophotometers. *Dynamic Medicine* 2008, 7:10 doi:10.1186/1476-5918-7-10, Research url.: <https://dynamic-med.biomedcentral.com/articles/10.../1476-5918-7-10>
- [52] SMITH, A. M. (2005). Hypoxia symptoms reported during helicopter operations below 10,000 ft: a retrospective survey. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 76, 794-799.
- [53] RÖDIG, E.: 2nd Flight Physiology User Meeting Zágráb, 2009. szeptember 04-06. (előadás)
- [54] NATO/RT0/HFM – ET 038: Military Operations in High Altitude Environments (Textbook of Military Medicine 2002.)
- [55] HACKWORTH CA', PETERSON LM', JACK DG', WILLIAMS CA', HODGES BE': Examining Hypoxia: A Survey of Pilots' Experiences and Perspectives on Altitude Training, DOT/FAA/AM/03-10 számú jelentés, FAA Civil Aerospace Medical Institute, 2003 május url: www.dtic.mil/get-tr-doc/pdf?AD=ADA417131
- [56] STEPHEN A. MCGUIRE, DAVID F. TATE, JOE WOOD, ET AL.: Lower neurocognitive function in U-2 pilots: Relationship to white matter hyperintensities. USAF School of Aerospace Medicine Aeromedical Research Department, 2014. október 06. url.: [http://www.usafsm.edu/Neurology/2014_Aug_12;83\(7\):638-45](http://www.usafsm.edu/Neurology/2014_Aug_12;83(7):638-45)
- [57] AVIATION WEEK: Fatal Eurofighter crash in Spain. url.: <http://aviationweek.com/blog/fatal-eurofighter-crash-spain>
- [58] AAIASB jelentés: Helios Airways flight HCY522 Boeing 737-31S at Grammatiko, Hellas, on 14 August 2005, url.: http://www.aaiasb.gr/imagies/stories/documents/11_2006_en.pdf, letöltve 2017. szeptember 27.
- [59] KBSZ, Közlekedésbiztonsági Szervezet Zárójelentése 2011-272-4P: Súlyos repülőesemény Budapest (LHCC) FIR, 2011. 11. 23., Boeing 737-800 HA-LOK, url.: <http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2011-272.pdf>

Köszönetnyilvánítás

Külön köszönetünket fejezzük ki a Dr. Végh Tamásnak, a Debreceni Egyetem Orvos- és Egészségtudományi Centrum (DEOEC) docensének, aneszteziológusnak, Tusor Bernadettnek, az Inco-Med Kft. operatív igazgatójának és Makk László úrnak, a Covidien ECE, S.R.O. cég⁴⁰ piacfelvezési menedzserének szakmai segítségükért és az INVOS gyártmányú NIRS készülék rendelkezésre bocsátásáért a barokamrai kísérleti elrendezéshez.

⁴⁰ A Covidien cég megszűnt, hivatalos jogutódja a Medtronic Hungária Kft lett, amely a gyártója az Invos gépeknek.

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

A kutatás a fenti projekt „AVIATION_HUMAN” nevű kiemelt kutatási területén valósult meg.



<http://www.repulestudomany.hu/kiadvanyok/RepSzem-2017.pdf>

Bali Tamás

A TÖBBNEMZETI VÉGREHAJTÁSHOZ SZÜKSÉGES HELIKOPTERVEZETŐI MŰVELETI REPÜLÉSI KÉSZSÉGEK

A többnemzeti környezetben teljesített katonai forgószárnyas feladatok végrehajtásai több esetben nehézségekbe ütköztek a benne résztvevő nemzetek eltérő harcászati felfogása, illetve a gépszemélyzetek különböző repülési jártasságainak okán. A műveleti siker megkívánja, hogy a benne résztvevő helikoptervezetők rendelkezzenek e feladatokhoz olyan szintű műveleti repülési képesítésekkel, melyek biztosítják a zökkenőmentes interoperabilitást. Természetesen a NATO szabványosítását ellátó szervezetek is foglalkozniuk kell e témával, melynek részleteit mutatom be e tanulmányomban.

Kulcsszavak: helikopter, helikoptervezető, jártasság, kiképzés, forgószárnyas feladatok

BEVEZETÉS

A németországi Kalkarban lévő NATO Légierő Kompetencia Központ (a továbbiakban: JAPCC¹) több mint négy évvel ezelőtt kiadta az un. „Enhancing NATO’s Operational Helicopter Capabilities” [1] című tanulmányát, melyben elemezve a NATO haderők helikopteres fegyvernemének képességeit és lehetőségeit beazonosított több alkalmazási akadályt. Ezek közül meghatározóak:

- ➔ a nemzetek által eltérően értelmezett forgószárnyas harceljárásokat, melyeket tovább nehezít az amerikai és európai helikopter erők közötti diszharmónia;
- ➔ a koalíciós műveletekben résztvevő forgószárnyas gépszemélyzetek eltérő kiképzettsége;
- ➔ a szövetséges műveletekben résztvevő, a nemzetek által biztosított helikopterek alacsony száma;
- ➔ a többnemzeti helikopteres kiképzések és gyakorlatok alacsony száma
- ➔ a helikopterek egymás közötti, illetve a támogatott szárazföldi erőkkel folytatott (titkosított) kommunikációját biztosító berendezések kompatibilitási problémái;
- ➔ a nemzetközi alapokon nyugvó tanfolyami képzési forma hiányát, mely a helikopteres műveletek tervezőit és irányítóit egy egységes szabványnak megfelelően képezné;
- ➔ a korlátozott formában megvalósuló nemzetek közötti tapasztalatcserét.

Amellett, hogy a problémák egy részének megoldására a tanulmány önmaga is javaslatot tett, több közülük azóta is megoldatlan maradt. Ezek közé tartozik a helikopter gépszemélyzetek műveleti alkalmazásához szükséges kiképzettségi követelményeinek egységesítési kérdése, mellyel a brüsszeli székhelyű NATO Szabványosítási Ügynökség (a továbbiakban: NSA²) helikopter műveletek egységesítéséért felelős munkacsoportja (a továbbiakban: HISWG³) kezdett el foglalkozni.

¹ JAPCC – Joint Air Power Competence Center

² NSA – NATO Standardization Agency

³ HISWG – Helicopter Inter Service Working Group

A munka végcélja az volt (és az ma is), hogy kidolgozzanak egy olyan szabványosított, a nemzetek által egységesen elfogadott ATP⁴-90 elnevezésű dokumentumot, mely egyértelműen meghatározza a műveletekben résztvevő nemzetek számára a forgószárnyas gépszemélyzeti minimális kiképzettségi követelményeit.

A HISWG a JAPCC 2015 júliusában kiadott „Standardization of Qualification for NATO Helicopter Crews in Support of Land Operations” című újabb tanulmányában [2] foglalt javaslatok és irányelvek alapján mára kidolgozta az ún. „ATP-90 – Minimum Core Competence levels and Proficiency of Skills for Helicopter Crew for NATO Operations” elnevezésű dokumentum tervezetét. E tanulmány hangsúlyozottan hívja fel a figyelmet a szárazföldi műveletek támogatásában résztvevő helikopter gépszemélyzetek kiképzettségi követelményei egységesítésének fontosságára annak érdekében, hogy:

1. növelni lehessen a műveletekben résztvevő nemzetek forgószárnyas erőinek interoperabilitási képességét, ezzel együtt növelve a helikopteres műveletek hatékonyságát;
2. lehetővé váljanak a többenemzeti helikopteres műveletek;
3. az egyének (helikoptervezetők) bevetetőségi kompetenciájának egységes értelmezhetőségével biztosítani a műveleti igényeknek megfelelő erőforrás-gazdálkodást a harctevékenységeket irányító parancsnokok számára, az alárendeltségükben lévő forgószárnyas erők tekintetében.

A HELIKOPTERVEZETŐI KÉPESÍTÉSEK A KIKÉPZÉS ASPEKTUSÁBÓL

Az alábbiakban a forgószárnyas feladatok egy olyan újszerű kategorizálást kívánom bemutatni, mely tükrözi mind a JAPCC, mind pedig a HISWG szakembereinek elképzeléseit. Ezzel együtt meghatározom a helikoptervezetői jártasságokkal kapcsolatos azon fogalmakat, melyeket a tanulmány későbbi fejezeteiben használok – e feladatoktól el nem választható – képzettségi követelmények meghatározásánál.

Helikoptervezető képesítések, jogosítások és jártasságok

Mindenekelőtt, a helikopteres képzéssel kapcsolatban három fogalom tisztázása válik szükségessé: a helikoptervezetők képesítései, jogosításai és jártasságai. Ez azért fontos, mert a későbbiekben többször kívánom használni mindhármát, és hibás értelmezésük a tanulmányban foglaltak helytelen értelmezéséhez vezet.

Képzettség: A helikoptervezető repülési képzettséget szerez, miután egy jóváhagyott képzési tematika teljesítése után sikeres repülési vizsgát tesz. Ezen a jelölt bizonyítja, hogy az adott repülési elemmel kapcsolatban megfelelő ismeretekkel rendelkezik, azt a képzése folyamán elsajátította, illetve alkalmas a nemzeti előírásban foglaltaknak megfelelően annak végrehajtására. A helikoptervezető egyetlen kiképzés keretében akár több képzettséget is szerezhet. Példaként, műveleti felkészítés során megszerezhető az éjjellátó berendezéssel történő repülési-, illetve a földközeli repülési képzettség.

A repülési képzettség megszerezhető a repült típusra kidolgozott kiképzési tematika egy bizonyos repülési elemének elsajátítása után, – de mint ahogy az előzőekben már megfogalmaztam – egy komplex formában megvalósuló műveleti felkészítés keretében is.

⁴ ATP – Allied Tactical Publication

Jogosítás: Egy helikoptervezetőről akkor mondható el, hogy „élő” repülési jogosítással rendelkezik, amikor az adott repülési elemet a nemzet által meghatározott lejáratú időkorláton belül teljesíti. Praktikusán, hazánkban a műszerrepülési jogosítás akkor tekinthető „élő”-nek, ha azt a helikoptervezető egy hónapon belül legalább három alkalommal teljesíti. Fontos az, hogy az egyén repülési jogosítása lejár, ha a repülések az időkorláton belül nem valósulnak meg. A lejárt jogosítások visszaszerzéséhez, szintén az adott nemzet szabályzóiban foglalt mennyiségű helyreállító repülést kell végrehajtani.

Jártasság: amennyiben a helikoptervezető egy repülési elem végrehajtására képzéssel rendelkezik és arra jogosítása „élő”, akkor az adott repülési elemből előírt jártassággal rendelkezik. Ez az az objektív mutató jelzi, hogy egy helikoptervezető kijelölhető-e az adott feladat végrehajtására.

Helikoptervezetők képzése és a kiképzettségi szintek

A helikoptervezetők kiképzése – ideális esetben – több fázisból épül fel. Szükséges egy olyan ahol a helikoptervezető jelölt az alapvető repüléstechnikai elemeket sajátítja el. Ezt egy általános, alapszintű műveleti képzés kell kövesse. Az alapkészségek és műveleti eljárások elsajátítása után következhetnek a specializációk, melyek képessé teszik olyan feladatok teljesítésére, amelyek az első csapatbeosztása ellátásához nélkülözhetetlenek. Ezek után célszerű részletesen meghatározni az alap-, és a műveleti repülések képzési elemeit.

Az alapvető forgószárnyas repülési készségek kialakításához szükséges képzési részelemeket három repülési programot köré érdemes csoportosítani:

- **az elsőben** a jelölt alapvető repülő-technikai készségeinek kialakítása, fejlesztése és megerősítése történik. A repülési gyakorlatok magukban foglalják a függési üzemmódon, a közepes és földközeli magasságon történő alapvető repülési manőverek oktatását. Részleteiben ezek: emelkedés, vízszintes repülés megadott irányon, fordulók vízszintesen, illetve emelkedésben és süllyedésben, süllyedési és bejöveteleti-, illetve fel- és leszállási manőverek terhelt és terheletlen helikopterrel, leszállások repülőtéren kívüli korlátozott méretű leszállóhelyekre.
- **a második** a jelölt légi-navigációs készségeinek kialakítását, fejlesztését és megerősítését tartalmazza, melyek során közepes és földközeli magasságon hajt végre vizuális navigációs repüléseket, műhold-navigációs eszközök támogatásával. Erre építhető a későbbi műveleti alkalmazáshoz szükséges lég tájékozódási eljárások oktatásait.
- **a harmadikban** történik a jelölt műszerrepülési készségeinek kialakítása, fejlesztése és megerősítése. A képzés során megtanulja a különböző frekvenciákon működő kör- és irányávokat kisugárzó földi telepítésű rádióállomások jelei alapján történő repülések végrehajtását, a műszeres távozási, érkezési és útvonalrepülési eljárásokra.

A műveleti repülési készségek kialakításakor az aszimmetrikus kihívásoknak megfelelni képes szárazföldi alkalmazási elvek támogatási feladatai kerülnek előtérbe, melyben hangsúlyt kap a gyors reagáló képesség és a manőverező harc megvívása. A hadviselési forma változása maga után vonta a támogató fegyvernemek bevetési elveinek átalakulásait is. Ennek következményeként a forgószárnyas harcászati elvek is módosultak. A továbbiakban már nincs szükség a csúcsmagasságon történő repülésekre, a bombavetésre, az ellenséges légvédelmi csapásmérő

eszközök (rakéták) tevékenységének leküzdésére irányuló manőverek begyakorlására, aknazárak telepítésére, a század és ezred kötelékben végrehajtott repülésekre. Az ezekre vonatkozó repülési készségeket a jelenlegi műveleti kihívások tükrében nem kell oktatni, mivel szükségtelemmé váltak az éjszaka közepes vagy annál nagyobb magasságon megvalósuló műveleti célú repülési elemek [3].

A helikopterek alkalmazásakor képesnek kell lenniük a műveleti terület teljes szélességében harci, harctámogató és harckiszolgáló támogató tevékenység folytatására, illetve a szárazföldi erőkkel történő manőverek összehangolásával, és széleskörű, a feladat jellegéhez igazítható fegyverválasztékával az ellenség hatékony pusztítására [4]. Ezért a képzésnek tartalmaznia szükséges a támogatott szárazföldi erők harcászati eljárásaira- és helikopteres légi műveletek ismereteire vonatkozó képzési blokkokat. Mivel ez a jelenlegi felkészítésnek nem része, ezért ez jelenleg csak időigényes, sorozatos pótfoglalkozások eredményeként valósítható meg. A gépszemélyzetek csak azt a műveleti feladatot tudják hatékonyan támogatni, melyre specifikusan felkészülnek. Az e területen gyorsan változó igényeknek való megfelelés azonban szükségessé teszi a rugalmasságot, a támogatott erők harctevékenységének átfogó ismerete, ami a jelenlegi a képzés hiányossága miatt nincs meg. Ezzel együtt a forgószárnyas erőknek biztosítaniuk kell az összefegyvernemi- és a különleges műveletek speciális eszközigényű támogatását, melyek döntően éjszaka földközeli-, vagy nappal terepkövetéses magasságon történnek, ezért a jelöl felkészítésének elmaradhatatlan elemévé kell tenni az éjjellátó berendezéssel (a továbbiakban: NVG⁵) támogatott- és terepkövetéses repülések.

A komplex helikopteres képesség része a válságreagáló műveletek, illetve humanitárius segítségnyújtási-, katasztrófa elhárítási feladatok végrehajtása is, ezért elengedhetetlen a gépszemélyzet hatékony együttműködésén alapuló komplex, nagy pontosságú feladat-végrehajtása.

Ennek egyik pillére a megfelelő feladatelosztás, és az együttműködés biztosítása a helikopter fedélzetén. Elektronikai hadviselés területén biztosítaniuk szükséges a szárazföldi-, és légi műveletek támogatását, ezért a jelölt képzésének tartalmaznia kell az ellenséges erők kommunikációját zavaró vagy bénító berendezések alkalmazására irányuló felkészítést.

A rugalmas alkalmazáshoz - meghatározóan a lakott településeken vagy azok közvetlen közelében - elengedhetetlen az erre, vagyis a városharc feladatai során alkalmazott repülési, rajtaütési és közeli légitámogatási harceljárásokra történő felkészítést, nappal és éjjel, akár korlátozott látási viszonyok mellett folytatott összhaderőnemi, összefegyvernemi műveletek során is. Ebből (is) adódóan előtérbe kerül a műszer navigációs-, azon belül pedig hangsúlyozottan a műholdnavigációs (a továbbiakban: RNAV⁶) kiképzés. Mivel a válságterületeken sok esetben csak az RNAV eljárás biztosítja a megfelelő pontosságú légitájékozódást, ezért annak oktatása meghatározó jelentőséggel bír és meg kell jelennie már a szervezetszerű helikoptervezető felkészítésben. Elengedhetetlen a közreműködési képesség a természeti katasztrófák következményeinek felszámolásában, ezért nem elég csupán a vízi mentési eljárást oktatni (személyek csörlőberendezéssel történő fedélzetre emelését), hanem fontos elsajátítani a nagykiterjedésű vízfelület feletti repülések módszereit is.

⁵ NVG – Night Vision Goggles

⁶ RNAV = Area Navigation. A GPS rendszer műholdas jeleit használó „terület navigáció”.

A helikopteres erők hatékony alkalmazása – egyebek mellett – feltételezi – a tűzérség tűzvezetésének (célfelderítés, tűzmegfigyelés, tűzhelyesbítés) támogatását, ezért a képzési programba fontos beilleszteni a légi megfigyelési feladatok során alkalmazott repülési eljárásokat.

A helikopter erőknek a stratégiai, hadműveleti és harcászati mozgékonyaság területén biztosítaniuk kell a NATO, EU érdekeltségi területén belüli, vagy esetenként azon túli feladat-végrehajtást. Megállapítható, hogy azok a NATO, EU érdekeltségi területek⁷ ahová a magyar haderőt a műveleti szerepvállalásai jelenleg kötik, túlnyomóan sivatagi, és/vagy hegyvidéki területek. Éppen ezért, a képzésnek elengedhetetlen részeként kell beépíteni a poros területekről, illetve a hegyvidéken történő légiüzemeltetés sajátosságait.

Mivel a helikopteres fegyvernemnek a vezetés, irányítás és kommunikáció területén képesnek kell lennie a légi vezetési ponthoz köthető feladatok biztosítására [5], ezért már a képzés részeként meg kell jelennie az e feladatok során alkalmazott repülési eljárások elsajátításának.

Az aszimmetrikus hadviselés eredményeként a helikopterek egyre nagyobb mértékben vesznek részt városarc és légi rajtaütési műveletekben, melyeknél azok vagy földközelen, vagy pedig terepkövetéses magasságban repülnek. A végrehajtási magasság csökkenésével megváltoztak a helikopterek repülését veszélyeztető eszközök is. Míg a múltban a légvédelmi csapásmérő eszközök (rakéták), addigra mára az ellenséges kézi fegyverek és a vállról indítható rakéták jelentenek problémát. Ezért, a helikopter-vezető képzésben meg kell jelenie, az ezek elleni hatékony repülési eljárások oktatásának is.

A fentiekén túl, azonban fontos az is, hogy a képzési fázisok feladatai mellett hajtsanak végre olyan járulékos felkészítéseket is (pl. különböző profilú pilóta túlélő, a rádió-távbeszélő jogositást nyújtó, ön- és kölcsönös segítségnyújtáshoz szükséges egészségügyi kiképzéseket, légi és szárazföldi műveleti tanfolyamokat) melyek nélkül az egész nem lenne teljes.

A képzési modulokhoz különböző kategóriájú helikoptereket⁸ szükségesek. A helikopter-vezető-képzés első fázisában (az alapképzésben), amikor a cél a repüléstechnikai, navigációs és műszerrepülési készségeinek kialakítása, akkor ezt könnyűkategóriájú dugattyús motoros helikopterrel javasolt végrehajtani. A ilyen, modern helikopterek előnye, hogy az üzemeltetési költségei alacsonyak, üzemeltetésük egy képzését kezdő számára egyszerű, repülési

⁷ Afganisztán, Koszovó

⁸ A helikopterek **kategóriákba** sorolását az EASA Certification Specifications (továbbiakban: CS) 27-es és CS-29-es dokumentumai tartalmazzák. Ezek alapján, „**Könnyű helikopter**” a 3175 kg (7000 pounds) vagy az alatti tömegű helikopter. A 9072 kg-ot (20000 pounds) meghaladó és/vagy a 10 főnél több személyt szállító forgószárnyas légijárművek besorolása „**Nehéz helikopter**” az EASA CS-29 szerint.

Mind a **Könnyű**, mind pedig a **Nehéz** kategóriákba tartozó helikopterek további „**A**” és „**B**” **alkategóriákba** sorolták, melynek több feltétele van. Ezek közül meghatározó az 1 hajtómű meghibásodása után még rendelkezésre álló teljesítmény nagysága. Ennek megfelelően: „**A**” **alkategóriába sorolandó** az a helikopter – kategóriától függetlenül –, mely 1 hajtóművének meghibásodása esetén, a másik által biztosított (rendelkezésre álló) teljesítményének birtokában, képes bármely üzemmódú repülését folytatni, majd biztonságosan visszatérni az indulási, vagy az arra alkalmas legközelebbi repülőtérre. „**B**” **alkategóriába** tartozik az a helikopter – kategóriától függetlenül –, mely a hajtóművének meghibásodásakor repülését folytatni nem képes, csupán azonnal, vagy igen rövid időn belül biztonságosan leszállni (leginkább terepre).

Mindezekből látható, hogy kategóriától függetlenül az 1 hajtóműves helikopterek csak „**B**” **alkategóriába** sorolhatóak. Ugyanide tartozhatnak azok a 2 hajtóműves helikopterek is, melyek a nagy felszálló/repülési tömegük miatt 1 működő hajtóművel, nem képesek repülésük további biztonságos folytatására [6].

tulajdonságaik messzemenően támogatják az alapvető repüléstechnikai készségek kialakítását, műszerezettségük lehetővé teszik még a komplexebb műszerrepülési elemek elsajátítását is.

A képzés következő, haladó szakaszában a helikoptervezető jelöltnek el kell sajátítania a későbbi harcászati kiképzés sikeres végrehajtásához szükséges repülési készségeket. Ezek a földközeli, illetve terepkövetéses repülések, a kötelék-, hegyvidéki- és éjjellátó berendezéssel történő repülések. A műveleti képzés olyan helikoptert igényel, mely teljesítmény-tartalékából adódóan nagy manőverezési lehetőséget biztosít. Ezek a gázturbinás helikopterek.

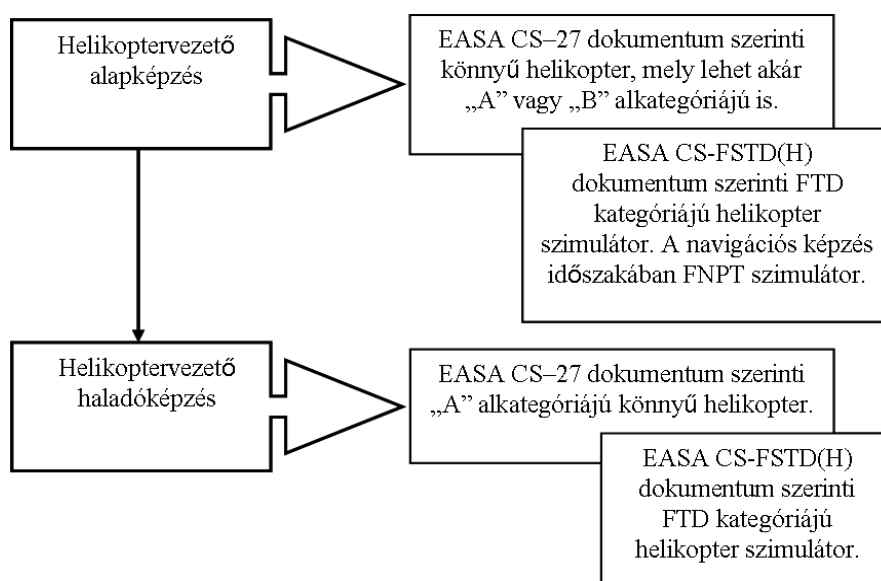
Fontos, hogy a jelölt már a haladó képzésének időszakában megismerkedjen a későbbi harcászati felkészítésbe bevont helikopter kategória földi és légi üzemeltetési elveivel. Ezt a repülőszakmában az „üzemeltetési kultúra” elsajátításának nevezik, ami biztosítja, hogy a későbbi helikoptervezető műveleti kiképzés – üzemeltetési szempontból – zökkenőmentesen valósulhat meg, a jelölt a figyelmét teljes mértékben a harcászati repülési feladatokra tudja összpontosítani. Mivel a műveleti (harcászati) kiképzés a későbbiekben gázturbinás helikopterrel történik, ezért a haladóképzést is ilyen helikopteren célszerű teljesíteni, a költséghatékonyság figyelembevételével lehetőleg egyhajtóművessel.

Nyilvánvalóan nem szabad megfeledkezni a helikoptervezető-képzés gazdaságos végrehajtásának talán egyik legfőbb összetevőjéről, a gyakorló berendezések (szimulátorok) alkalmazásáról a felkészítés teljes vertikumában. Ezek biztosítják a jelöltek teljes körű felkészítését a repülési elemek eredményes végrehajtására, majd az alapképzés követelményeinek megfelelő minőségi elsajátítását. A képzésbe bevont szimulátoroknak a kategóriájuk és képességeik tekintetében kollerálniuk kell az aktuális gyakorlati felkészítési fázis helikopter kategóriával. A típusra vonatkozóan, a fülke kialakításoknak tökéletesen meg kell egyezniük. Ebből adódóan pontosan behatárolhatóak azok a helikopter és szimulátor kategóriák (FNPT⁹ és FTD¹⁰), melyek a képzés alap- és haladó fázisait a leghatékonyabban és leggazdaságosabban képesek támogatni (1. ábra).

A helikoptervezető-képzés akkor fejeződik be, amikor az adott személy az általa repült – döntően két hajtóműves (gázturbinás) – típuson a „Korlátozás nélkül hadrafogható” kiképzettségi szintet eléri. Eddig kell, a helikoptervezetők felkészítését folyamatosan végrehajtani, mivel az oktatás folyamatosság megtörése a korábbiakban megszerzett repülési jártasságok részleges vagy teljes elvesztéséhez vezet. Utóbbiak helyreállítása csak kiegészítő repülési idő felhasználásával lehetséges, mely növeli a képzési költséget.

⁹ FNPT – Flight and Navigation Procedure Trainer. Egy olyan szimulátor berendezés, melynek kialakítása (beleértve leginkább a műszerezettséget és a kormányzerveket) a telepített szoftverjének támogatásával, lehetővé teszi a helikopter repülésének szimulálását. Vizualizációja korlátozott (vízszintesen 150°-os, függőlegesen pedig 40°-os látószög). A vizualizációt biztosító szoftver, a fel- és leszálló manőverek végrehajthatóságán kívül, alapvetően a navigációs repülési eljárások támogatására koncentrálnak.

¹⁰ FTD – Flight Training Device. Egy adott típusú helikopter valósággal megegyező méretarányban épített kabinja. A hátsó részében nyitott kabin a műszerezettségében, a rendszerek kezelőpaneljaiban, illetve a kormányzervek elhelyezkedésében tökéletes megegyezik az eredetivel. A kabin statikus platformon helyezkedik el. A rendszer olyan szoftverrel rendelkezik, mely képes szimulálni a helikopter rendszereinek működését, földi ellenőrzéseit, a helikopterrel végrehajtható repülési manővereket. A berendezés vizualizációja biztosítja a körkörös kilátást a kabinból. A kormányzerveken, a szimulált repülések során fellépő erők, megegyeznek a valóságban tapasztalható erőhatásokkal [7].



1. ábra Az alap- és haladó helikoptervezető jelöltképzés gyakorlati fázisának helikopter és szimulátor igénye [saját]

A felkészítési folyamatban a haladó szint elérését az első beosztáshoz rendszeresített helikopter típusra történő repülés-technikai átképzés követi. Ez szorosan összefügg a jelöltek műveleti, harcászati felkészítésével.

A haladóképzést a műveleti kell kövesse, aminek végrehajtása célszerűtlen lenne könnyű helikopterrel. Egyrészt, mert ennek képességei csak korlátozott mértékben támogatják a műveleti képzés teljesíthetőségét, másrészt az ilyennel végrehajtott műveleti repülési elemeket a későbbiekben egyébként is végre kell hajtani az első beosztáshoz rendszeresített típuson. Ezért, hogy a műveleti felkészítés elemei ne legyenek feleslegesen duplikálva, azokat csak az első beosztáshoz rendszeresített helikopteron kell végrehajtani. Így a műveleti kiképzés előfeltétele az, hogy a jelölteket még azt megelőzően átkepezzék erre a típusra, amit követhet a műveleti, harcászati felkészítés. E fázisban sajátítják el a helikopteres (támogató) feladatrendszer teljesítéséhez szükséges repülési elemeket, majd a harc kiképzésen belüli felkészítés előre-haladtával a harcászati repülési elemeket összefűzik, amiből kialakulnak a helikopteres harceljárások.

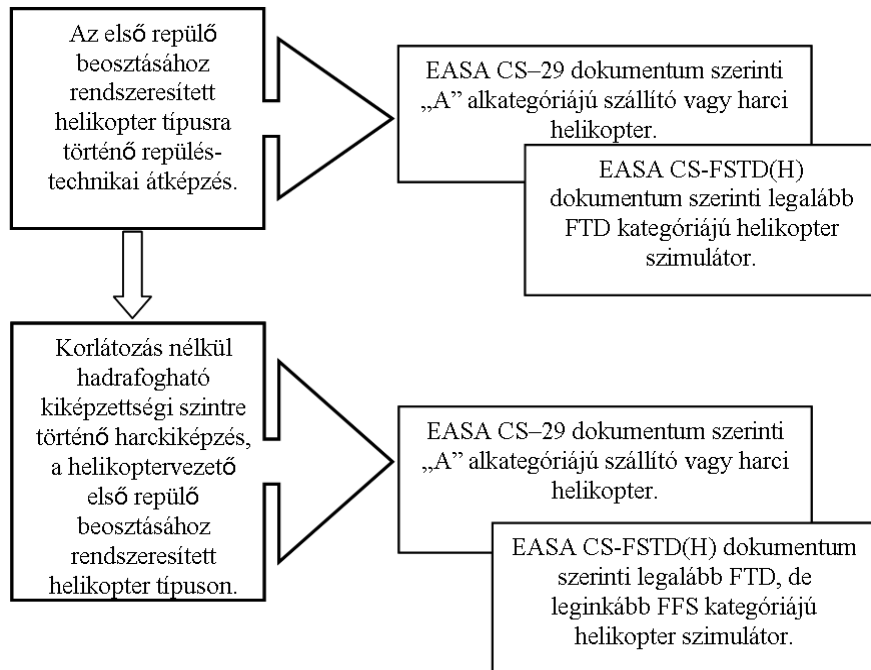
Nyilvánvalóan az előzőekben felsoroltak sem nélkülözhetik a szimulátorok támogatását, de a korábban bemutatottaktól eltérő formában. Például, egy helikopteres légideszant művelet alapvetően szállítóhelikopterek alkalmazásával történik, hiszen azok biztosítanak lehetőséget a lövész katonák kiszállítására. Viszont önvédelmi képességük csekély, ezért hatékony alkalmazásukhoz elengedhetetlen a közvetlen légitámogatás harci helikopterekkel.

Amennyiben egy ilyen műveletet akarunk a szimulációs térben végrehajtani, akkor annak elsődleges alapfeltétele, hogy rendelkezünk az abban résztvevő helikoptereknek megfelelő (EASA CS-FSTD(H) szerinti) legalább FTD-, de inkább FFS¹¹-besorolású szimulátorokkal és

¹¹ FFS - Full Flight Simulator. Egy adott típusú helikopter valósággal megegyező méretarányban épített kabinja. A kabin a műszerezettségében, a rendszerek kezelőpaneljaiban, illetve a kormányzervek elhelyezkedésében tökéletes megegyezik az eredetivel. A kabin hidraulikus módon-, vagy elektro-motorokkal mozgatott platformon helyezkedik el. A rendszer olyan szoftverrel rendelkezik, mely képes szimulálni a helikopter rendszereinek működését, földi ellenőrzéseit, a helikopterrel végrehajtható repülési manővereket. A berendezés vizualizációja

azok a résztvevő helikopterekkel megegyező számban legyenek hálózatba kötve. A szimulációs szoftvernek támogassák a harcászati környezet megjelenítését, benne az ellenséges erők elhelyezkedését, azok tevékenységeit, illetve a saját erők által kiváltott csapások hatásait.

Ezek után azonosíthatóak azok a képzést támogató szimulátor kategóriák, melyek biztosítják az első beosztáshoz rendszeresített helikopterre történő repülés-technikai átképzést, és a *korlátozás nélkül hadrafogható* képzettségi szintre történő műveleti felkészítést. (2. ábra)



2. ábra: A korszerű helikopter vezető-képzés gyakorlati fázisának helikopter és szimulátor igénye [saját]

A JAPCC által kidolgozott kiképzési struktúrában is markánsan elkülönülnek a felkészítési fázisok, de logikai rendszere megegyezik az előzőekben leírtakkal. Az ún. „**Initial Qualification Training**” (a továbbiakban: IQT) biztosítja a helikopter vezetőknél azt az alapképzettséget, melynek birtokában (repüléstechnikai szempontból) képessé válik az adott típusú helikopter vezetésre. Az IQT hangsúlyozottan csak repüléstechnikai jellegű képzés és nélkülözi a műveleti felkészítés elemeit, eredményeként a helikopter vezető megszerzi az ún. „Basic Aircraft Qualified” jogosítást, mely meghatározott típusra alapképzettséget jelent.

Az IQT-t követi az ún. „**Mission Qualification Training**” (a továbbiakban: MQT) elnevezésű haladó repülés-technikai felkészítési fázis. Ennek keretében azokat a repülési készségeket sajátítják el, melyek elengedhetetlenül szükségesek a későbbi harcászati képzéshez. Ezek között kiemelt fontosságúak az NVG-vel történő repülések földközeli és terepkövetéses módszerrel, az ellenséges támadó eszközök elleni önvédelmi manőverek begyakorlása, a hegyvidéki és külsősúlyos repülések, a poros területeken történő fel- és leszállási manőverek, stb.

Az MQT eredményeként a helikopter vezető megszerzi az ún. „Basic Mission Capable” jogosítást, mely lehetőséget nyújt számára a harcászati repülőkiképzését megkezdésére, melyet a szakirodalom ún. „**Continuation Training**”-nek nevez (a továbbiakban: CT). Ennek során kell

biztosítja a körkörös kilátást a kabinból. A kormánysszerveken, a szimulált repülések során fellépő erők, megegyeznek a valóságban tapasztalható erőhatásokkal [7].

elsajátítani mindazon repülési készségeket, melyek szükségesek a harcéljárások eredményes végrehajtásához. Valójában ezek összefűzésével kezdődik meg a harcéljárások lerepülése. A helikoptervezető a képzésbe bevont helikopterrel teljesíti a repült kategóriájának megfelelő feladatokat. Példaként: Egy rajtaütési művelet kapcsán a szállítóhelikoptert vezető személy a katonák kiszállítási, kirakási és kiemelési feladatait gyakorolja be, míg a vele együttműködő harci helikoptert vezető a közel légiharc fegyveres támogatási feladatait sajátítja el. A CT eredményeként a helikoptervezető megszerzi az ún. „Mission Capable” jogosítást, mely lehetőséget nyújt az számára, hogy harcászati feladatokat repülhessen. Mindemellett, a CT nemcsak a harcászati kiképzésre szolgál, hanem lehetőséget nyújt a már képzett helikoptervezetők korábban megszerzett jogosításainak fenntartására (hosszabbítására), illetve a bármely okból lejárt repülési jogosítások visszaszerzésére, melyek összefoglalva, illetve a teljesítésük után megszerzhető jogosítások köre a 1. táblázatban látható.

Kiképzési fázis megnevezése	Elérhető helikoptervezetői jogosítás
Initial Qualification Training	Basic Aircraft Qualified
Mission Qualification Training	Basic Mission Capable
Continuation Training	Mission Capable

1. táblázat A helikoptervezetői kiképzési fázisok és az elérhető jogosítások [saját]

Helikoptervezetők képzése és a kiképzettségi szintek

A helikoptervezető bevethetőségi mutatója a műveleti jellegű kiképzettségenek szintjére utal. Meghatározza, hogy az általa vezetett légijármű harcászati alkalmazására történő felkészítés kapcsán elérte-e a „Mission Capable” jogosítást, és az érintett területeken élő jártasságokkal rendelkezik-e. Végeredményben, így a jártasságok köre határozza meg a műveleti bevethetőség lehetőségét.

A korlátozás nélkül bevethető (ún. „**Combat Ready**”, a továbbiakban: CR) helikoptervezető képes végrehajtani mindazon repülő-harcászati manővereket, melyeket az általa vezetett forgószárnyas légijármű konstrukciós adottságai és felszereltsége lehetővé tesz, illetve melyeket az alakulata feladatrendszere tőle megkíván. A manőverek tekintetében élő repülési jártasságokkal kell rendelkeznie. Ahhoz, hogy ez megvalósulhasson, az egyénnek sikeresen kell teljesítenie az IQT-t, MQT-et és a CT-t és az előírt repülési elemeit a meghatározott nemzeti időkorláton belül újra és újra végrehajtva (azaz élő jogosításokkal, így jártassággal rendelkezik).

A helikoptervezető egy adott feladatra korlátozás nélkül akkor vethető be (ún. „**Deployment Combat Ready**”, a továbbiakban: DCR), ha a kiképzést ugyan megkapta, de csak az érintett művelethez szükséges jogosításokkal rendelkezik. Felkészítése során teljesítette az IQT-t és az MQT-t, azonban jogosításai és ezzel együtt jártasságai bizonyos repülési elemekből nem élők. Példaként, ha a helikoptervezető NVG-vel történő repülési jártassága nem él, akkor ő csak a nappali VMC¹² viszonyok közötti repülésekre jelölhető ki. Ugyanígy, ha a helikoptervezető elveszti a poros körülmények közötti vagy hegyi repülési jártasságait, akkor sivatagi vagy épen hegyvidéki feladatokra nem vethető be.

¹² VMC – Visual Meteorological Condition

A korlátozással bevethető (un. „**Limited Combat Ready**”, a továbbiakban: LCR) helikopter-vezető akkor, ha az alapképzését (IQT) követő haladóképzése (MQT) még csak részben valósult meg. A műveleti repülés bizonyos elemei kapcsán már élő jogosításokkal rendelkezik, azonban a kiképzési hiányosságai okán valós műveletbe csak erős korlátozásokkal jelölhető ki. E hiányosságai miatt a JAPCC nem is tekinti harcászati szempontból bevethetőnek [2].

A negyedik bevethetőségi kategória, az un. „**Not Combat Ready**” azokra a helikoptervezetőkre vonatkozik, akik még kiképzés alatt állnak. Ők, akik talán az IQT-t már teljesítették, de az MQT-n belül még semmiféle műveleti jogosítást nem szereztek.

A bevethetőségi kategóriák, és kiképzések kapcsolatát az 3. ábra mutatja be:



3. ábra A helikoptervezetői kiképzés és bevethetőségi kategóriák kapcsolata [saját]

A fentiekől kissé eltérő módon valósul meg hazánkban a helikoptervezetők bevethetőségi kategorizálása, melyet a Magyar Honvédség Légierő Parancsnokának, amúgy régen elavultnak tekinthető 54/2005. számú intézkedése [8] szabályoz. Nálunk – fogalmi szinten – nem bevethetőségről, hanem hadrafoghatóságról beszélünk. A hadrafoghatósági kategóriák, pedig a képzettségi szintekhez kapcsolódnak, melyet a 2. táblázat mutat be:

Kiképzettségi szintek megnevezése		
Magyar nyelven	Angol nyelven	Angol nyelvű rövidítés
Korlátozás nélkül hadrafogható	Combat Ready	CR
Korlátozottan hadrafogható	Limited Combat Ready	LCR
Kiképzés alatt álló	Under Training	UT

2. táblázat A légijármű vezetők hazai hadrafoghatósági besorolási kategóriái [saját]

Az intézkedés helikopterekre típusonkénti bontásban határozza meg azokat a feladatokat, melyeket sikeresen teljesítve a helikoptervezető besorolható CR vagy LCR kategóriákba. Az UT szint feltétele, hogy a jelölt kezdje el repülőképzését a beosztásához rendszeresített légijárművön.

Ennek megfelelően, szállítóhelikopteren az a személy tekinthető LCR szinten hadrafogható-nak, aki a HHKSZ-75 Harckiképzési utasítás [9] 29. számú gyakorlata alapján jogosultságot szerzett csapatok és harci technikai (terhek) szállítására nappali körülmények között. Ugyanígy, a CR hadrafoghatóság feltétele (a 29. számú gyakorlat jártasságának fenntartása mellett) a Harckiképzési utasítás 214. számú gyakorlatának sikeres teljesítése. Utóbbi követelmény rendszere megegyezik a 29. számúval, de éjjeli körülményekre vonatkoztatva.

Ezzel párhuzamosan, harci helikopteren az a személy tekinthető LCR szinten hadrafogható-nak, aki a HHKU-77 Harckiképzési utasítás [10] 60. számú vizsgagyakorlatát sikeresen teljesítette. Ezzel a repüléssel jogosultságot szerez egyes géppel, a helikopter fedélzeti fegyverzetének alkalmazásával történő önálló célfelderítésre és az ellenség pusztítására, a földi erők és szállítóhelikopterek oltalmazási feladatainak teljesítésére nappali körülmények között. A

típuson a CR hadrafoghatóság feltétele (a 60. számú gyakorlat jártasságának fenntartása mellett) a Harckiképzési utasítás 80. és/vagy 360. számú gyakorlatainak sikeres teljesítése. Ez azt jelenti, hogy egyrészt a CR kategóriába sorolható az a személy, aki a 60. gyakorlatnál leírt feladatokból géppár kötelékben is jogosultságot szerzett nappali körülmények között, másrészt pedig azok, akik a 60. gyakorlatnál leírt feladatokat képesek teljesíteni éjjeli körülmények között is.

Összefoglalva mindezt a 3. táblázat mutatja be:

Hadrafoghatósági kategóriák	Helikopter kategóriák	
	Szállítóhelikopter	Harci helikopter
CR	HHKSZ-75 214. gyakorlata teljesítve	HHKU-77 80. és/vagy 360. gyakorlata teljesítve
LCR	HHKSZ-75 29. gyakorlata teljesítve	HHKU-77 60. gyakorlata teljesítve
UT	Repülő kiképzését a típuson megkezdte	Repülő kiképzését a típuson megkezdte

3. táblázat A hazai helikopter-vezetői hadrafoghatósági kategorizálás [saját]

A fentiekből látható, hogy számottevő diszharmonia van a NATO által alkalmazott, és a nálunk meghatározott bevethetőségi kategóriák között, ráadásul nem csak fogalmi szinten. Nyilvánvalóan, egy esetleges új hazai helikopter géppark meghonosításakor mindezt felül kell majd vizsgálni [18], figyelembe véve a megnövekedő képességeket, illetve az azokból származtatható feladatrendszer bővülést, így például azt is, hogy a műveleti igények elsődlegesen már nem a nappali, hanem az éjjeli alkalmazást követelnek.

A FORGÓSZÁRNYAS FELADATOK

A helikopterekkel teljesíthető feladatokat több módon csoportosíthatóak, pl.: *széleskörű alkalmazási módzataik, szerkezeti kialakításuk, az általuk alkalmazott fegyverzetek* szerint, mivel más várható el egy könnyű futár, egy felderítő csapásmérő, egy szállító-, vagy éppen egy harci helikoptertől. A feladatokat vizsgálhatóak olyan szempontból is, hogy azok országvédelmi vagy éppen expedíciós jelleggel, esetleg többenemzeti környezetben valósulnak meg. Az egyik, talán a legátfogóbb megközelítés szerint e vizsgálatot a helikopter kategóriák szerinti műveleti alkalmazási körök alapján célszerű megtenni. Ehhez nyújt segítséget a NATO Szabványosítási Hivatala által kiadott ATP-49(G) megnevezésű dokumentum [11].

1. **Szállítási feladatok**, – amely gyűjtőfogalomként a helikopterek alkalmazhatóságának legszélesebb körét öleli fel - kategóriái:

- 1.1 *Légiszállítás*: az élőerő-, és harci-technikai eszközök, illetve az utánpótlási anyagok légi szállítási feladatait jelenti. Az anyagok szállítása történhet a helikopter teherterében, illetve külső függesztményként.
- 1.2 *Légi mozgékonyági műveletek*: a szárazföldi erők számára a gyors reagálás lehetőségét-, a műveletek idején mozgékonyaságot-, illetve a meglepetésre épülő harcvezetést biztosítják.

- 1.3 *Légi deszant műveletek* során a helikopterek a szárazföldi erőket és technikai eszközöket, illetve a harcuk fenntartásához szükséges felszereléseket légi úton juttatják ki a műveleti körzetbe. A kijuttatás meghatározóan ejtőernyővel történik.
- 1.4 *Légi egészségügyi kiürítés (a továbbiakban: AE¹³)*, a sérült személyek légi úton történő szállítási feladatait jelenti egészségügyi szakember(ek) felügyelete mellett. Megvalósulhat a sérülés helyszínéről az egészségügyi ellátó intézménybe vagy két ellátó intézmény között. Megjegyzendő, hogy ez bár idő-hatékony lehetőség az életmentés szempontjából, azonban számottevő stresszhatást gyakorolt a sérült szervezetre [19]. Az AE doktrinális szinten meghatározott alkategóriái [12]:
 - 1.4.1 *Előretolt légi egészségügyi kimenekítés műveleti területen belül, közvetlenül a sérülés helyéről az egészségügyi ellátás első lehetséges pontjáig. Fontos, hogy ekkor a légiszállítás a harci zónán belül történik.*
 - 1.4.2 *Harcászati légi egészségügyi kimenekítés a műveleti területet elhagyva valósul meg közvetlenül a sérülés helyéről az egészségügyi ellátás első lehetséges pontjáig. Ekkor a légiszállítás a harci zónát elhagyva, a műveleti terület egészségügyi ellátási pontjáig történik.*
 - 1.4.3 *Stratégiai légi egészségügyi kimenekítés a sérült légi úton történő szállítását jelenti a műveleti területről honi egészségügyi ellátó intézménybe. Amennyiben ez a sérülés jellegéből adódóan túlzottan elhúzódozó szállítás-hoz vezetne, akkor a szállítás történhet más NATO tagországok-, vagy éppen a legközelebbi béketerület egészségügyi intézményébe is.*

2 **Támadó feladatok**, a harci vagy felfegyverzett helikopterek az ellenséges élőerő és technikai eszközök pusztítását vagy mozgásának bénítását végzik. Alkategóriái az alábbiak:

- 2.1 *Légi lefogás*: az ellenséges harci potenciál megbontására vagy megsemmisítésére irányul még azt megelőzően, hogy az bevetésre kerülhetne a saját csapatok ellen. Ez, olyan műveleti mélységben kell megvalósuljon, ahol az ellenséges erők egy esetleges válaszcsoportja esetén nem képesek a saját erők pusztítására.
- 2.2 *Közvetlen légi támogatás (a továbbiakban: CAS¹⁴)*: a szárazföldi erők harctevékenységének tüztámogatására szolgál olyan ellenséges célok ellen, melyek a harc-bavetés körzetében helyezkednek el. Hatékonysága nagymértékben függ az azt vezető előretolt légiirányító (a továbbiakban: FAC¹⁵) tevékenységétől (4. ábra).
- 2.3 *Közel légi támogatás (a továbbiakban: CCA¹⁶)* feladata a szárazföldi erők harctevékenységének tüztámogatása olyan ellenséges célok ellen, melyek a harc-bavetés közvetlen körzetében helyezkednek el. Mivel a helikopterek tűzkiváltása közvetlenül a saját erők körzetében teljesül, ezért a CCA folyamán kiemelt jelentőséget kap a kommunikáció a légi és földi erők között. A helikopterek alkalmazása nem követeli meg a FAC alkalmazását. A CCA nem szinonim a CAS-el.

¹³ AE – Aeromedical Evacuation

¹⁴ CAS – Close Air Support

¹⁵ FAC – Forward Air Controller

¹⁶ CCA – Close Combat Attack



4. ábra Mi-24 harci helikopter CAS feladatra történő kiképzés közben [13]

- 3 Légi tűzvezetés** a helikopterek fedélzetéről valósul meg a tüzérségi lövegek, vagy a közvetlen légi támogatásban résztvevő repülőgépek és helikopterek tüzeinek koordinálására, vezetésére. Tartalmazza a tűz kiváltásával, megfigyelésével és helyesbítésével kapcsolatos döntések sorozatát.

A helikopterek a manőverező képességük kihasználásával olyan megfigyelési pozícióba kerülhetnek (így hatékony tűzvezetést megvalósítva), mely a szárazföldi erők számára a rálátási nehézségeik miatt lehetetlen. Alkategóriái az alábbiak:

- 3.1 *Előretolt légi tűzvezetés* a helikopter fedélzetén elhelyezkedő FAC irányítása melletti CAS műveletek idején valósul meg.
- 3.2 *Tüzérségi légi tűzvezetés* a helikopter fedélzetén lévő megfigyelővel/irányzóval támogatott célkiválasztást és tüzérségi tűzhelyesbítést biztosít.
- 3.3 *Haditengerészeti légi tűzvezetés*, a tengeri és tengerparthoz közeli műveletek során történik. Ennek során a haditengerészet tüzérszkozeinek tüzét támogatja a helikopter fedélzetén elhelyezkedő megfigyelő/irányzó.

- 4 Légi felderítés** célja az információszerzés az ellenséges erők pillanatnyi tevékenységéről, a saját erők műveleteinek végrehajtásához fontosnak ítélt utakról, területekről. A helikopterek személyzetek a fedélzeti felderítő elektro-optikai vagy infraeszközök használatával a műveleti döntéshozatalhoz elengedhetetlenül fontos információgyűjtést hajtanak végre.

Alkategóriái az alábbiak:

- 4.1 *Felderítés* során vizuális és műszeres légi információszerzés történik az ellenség tevékenységével, elhelyezkedésével, felépítésével, összetételével kapcsolatban, de megvalósulhat különböző terepszakaszok tereptani feltérképezésére is.
- 4.2 *Megfigyelés*, olyan módszeres, időben elnyúló tevékenység, mely a helikopter fedélzetéről valósul meg (vizuálisan vagy annak fedélzeti berendezéseivel) a légtérben, a földfelszínen, vagy az az alatti tevékenységek figyelemmel kísérésére. Emellett megfigyelés történhet helyek és személyek tekintetében is.
- 4.3 *Felderítői harcászati védelem* olyan légi felderítő tevékenység, melynek célja az ellenséges műveletekről szerzett információ biztosításával a korai előrejelzés és a saját erők időbeni riasztása

5 Speciális feladatok

5.1 *Vezetés, irányítás és kommunikáció légi biztosítása* azokat a feladatokat öleli fel, melyek biztosítják a döntéshozatalban résztvevő, illetve a műveleteket irányító parancsnok tevékenységét a földi telepítési vezetési rendszerek elérhetetlensége esetén. Kategóriái:

5.1.1 *Légi vezetés és irányítás, különösen a lakott területeken végrehajtott műveletek „dinamikájához” igazodóan segíti elő a rugalmas vezetést azzal, hogy az irányítására kijelölt parancsnok és törzse számára nagy mozgásszabadságot biztosít. A helikopter fedélzetéről a parancsnok azonnali információt kap a saját erőkről és ellenséges csapatok harctevékenységről, az itt kialakított légi vezetési pontok, a fedélzeti felderítő és kommunikációs eszközök képességeit kihasználva biztosítják az irányítás szükséges feltételeket.*

5.1.2 *Vezetés és irányítás támogatása, a parancsnokok, törzsek és összekötő személyek gyors, időhatékony légi áttelepítését szolgálja. Emellett a fedélzeten elhelyezkedő parancsnok valós idejű légi helyzetképet kaphat a hatáskörébe tartozó műveleti területről.*

5.1.3 *Légi kommunikációs átjátszás. A helikopterek üzenetek és adatok átjátszására is alkalmazhatók, abban az esetben, ha a földi eszközök képességei azt nem teszik lehetővé úgy, hogy velük megnő a kommunikációs hatótávolság is.*

5.2 *Személymentési eljárás (PR¹⁷)*, magába foglalja mindazon katonai, diplomáciai erőfeszítéseket, melyek biztosítják (a műveleti területen) a saját erőktől elszigetelődött személyek mentését [20] és katonai rendszerbe történő visszaillesztését [21]. A PR lehetséges megvalósulási változatai: békeidős, nemzeti keretek közötti *kutatás-mentés* (SAR¹⁸), a műveleti viszonyok között alkalmi harci kötelékben teljesülő *harci kutatás-mentés* (CSAR¹⁹), a műveleti poszttraumás stressz oldását követő re-integrálás (CR²⁰) és a *nem konvencionális erővel támogatott személymentés* (NAR²¹). A PR műveletekben a szállítóhelikopterek kutatási és mentési-, a harci helikopterek pedig azok támogatását, illetve CCA feladatokat hajtanak végre (5. ábra).

5.3 *Humanitárius jellegű feladatok* során a katonai helikopterek széleskörűen alkalmazhatók nem katonai jellegű tevékenység ellátására. Ezek meghatározóan a különböző nemzetközi szervezetek humanitárius segély akciói keretében élelem és gyógyszer szállítások lehetnek. Általánosságban, ez az ellenségeskedésben részt nem vevő polgári személyek megsegítésére irányuló légi tevékenység.

¹⁷ PR – Personal recovery

¹⁸ SAR – Search and Rescue

¹⁹ CSAR – Combat Search and Rescue

²⁰ CR – Combat Recovery

²¹ NAR – Non-conventional Assisted Recovery



5. ábra UH-60 szállító-, és AH-64 harci helikopterek CSAR műveletre történő kiképzéskor [14]

5.4 *Katasztrófa elhárítási feladatok* a természeti és mesterséges katasztrófák megelőzésében, illetve következményeinek felszámolásában résztvevő katonai helikopterek alkalmazását öleli fel. Ennek fontos eleme a légi tűzoltás, melyet külső függesztményként szállított tűzoltó víziballonnal (un. Bambi Bucket) hajtanak végre.

A FORGÓSZÁRNYAS FELADATOKHOZ TARTOZÓ HELIKOPTERVEZETŐI KÉPESÍTÉSEK KÉRDÉSEI

A helikopteres fegyvernem az előzőekben bemutatottak alapján szerteágazó feladatrendszerrel rendelkezik, mely bizonyos specializációt szükségessé tesz. Példaként szolgálhatnak és összehasonlítást is lehetővé tesznek a nemzeti légi kutató-mentő készenlét biztosításához-, illetve a különleges erők tevékenységének támogatásához szükséges képzettségi kompetenciák. A kutató-mentő feladatrendszer két terület köré csoportosítható:

1. vizuális vagy műszeres kutatási repülési eljárásokra kis és közepes magasságon;
2. mentési eljárások, tartalmazzák mindazon helikopteres repülési elemet, amelyek az abban résztvevő katonák (ejtőernyős és egészségügyi) tevékenységét támogatják.

Ezzel ellentétben a különleges műveletek támogatásához a helikopter gépszemélyzetének képesnek kell lennie például éjjel, terepkövetéses módszerrel történő repülésekre (NVG alkalmazásával), a légi rajtaütési harceljárás végrehajtására nappal és éjjel akár városharc körülményei mellett, katonák deszantolására gyorslecsúsztató- (a továbbiakban: FRIES²²), illetve kiemelő rendszerek (a továbbiakban: SPIES²³) alkalmazásával.

Azért, hogy az előzőekben leírt feladatok végrehajthatóvá váljanak, a HISWG kidolgozott egy olyan helikoptervezetői kompetencia gyűjteményt, mely meghatározza a teljesítésekhez szükséges kiképzési ágakat és az azok útján elérhető jogosításokat. Így, a feladatok és kompetenciák tudatában, azok már összeilleszthetővé válnak, kialakítva ezzel egy olyan mátrixot, mely pontos képet ad a helikoptervezetők műveleti bevetetőségéről. E mátrix az egységes értelmezésével és minden, a NATO műveletben résztvevő nemzet által történő elfogadásával valamint

²² FRIES – Fast-Rope Insertion/Extraction System

²³ SPIES – Special Patrol Infiltration/Exfiltration System

alkalmazásával elérhető az a cél, hogy a helikopterek gépszemélyzetei egységes kiképzettség mellett legyenek bevethetőek. A mátrixra vonatkozó példák bemutatása előtt azonban fontos meghatározni az elvárt forgószárnyas kompetenciákat.

1. **Harci manőverezési képesítés** magas ellenséges fenyegetettség mellett valósul meg merev- vagy forgószárnyas légijárművek, illetve földi telepítésű légvédelmi eszközök ellentévényességének elkerülésére. A sikeres manőverezés több összetevő feltétele. Ezek az ellenséges:
 - 1.1 eszközök, fegyverzet ismerete [20] (képessegek, alkalmazási sajátosságok, korlátok), időbeni azonosításának képessége;
 - 1.2 erők által alkalmazott harceljárások ismerete;
 - 1.3 az ellenmanőverek doktrinális szintű ismerete, az azokra irányuló repülő-kiképzettség megléte.
2. **Kötélkérepülő képesítés** biztosítja az alkalmi harci kötélekbe szervezett helikopterek közös feladat-végrehajtását.
3. **Földközeli repülő képesítés** teszi lehetővé a helikopterekkel támogatott műveletek rejtettségét, a harcászati rajtaütés lehetőségét. E repülési módozatnak több fajtája ismert, úgymint földközeli (terep felszíne felett 10–15 m-rel) és kontúr (a terep természetes és mesterséges akadályai felett 10 méterrel), valamint terepkövetéses (terep felszíne felett 10 m-nél alacsonyabban, a továbbiakban: NOE²⁴) repülések, melyek megvalósulhatnak mind nappal és éjjel.
4. **Műszerrepülő** (a továbbiakban: IFR²⁵) **képesítés** minden olyan esetben szükséges, amikor a látvarepülés valamely oknál fogva nem teljesíthető.
5. **Eszközökkel/fedélzeti berendezésekkel támogatott éjjeli repülési képesítés.** Éjjeli viszonyok között repülések végrehajthatók a környező fények (hold, csillagok, földi fényforrások) vagy a kisugárzott hő felerősítése útján képalkotásra képes eszközök és berendezések használatával (6. ábra). A kiképzésnél figyelembe kell venni, hogy ezen eszközök korlátai miatt (mélységérzet elvesztése, beszűkült látószög, csökkent láthatóság a földi referenciapontok tekintetében) a helikoptervezetésben nehézségek jelentkeznek.



6. ábra NVG által kidolgozott kép a földi fények felerősítésének segítségével [15]

6. **Csökkent látási viszonyok** (a továbbiakban: DVE²⁶) **közötti repülésre való képesítés** akkor szükséges amikor a leromlott látási viszonyok miatt a légijármű vezetésében nehézségek

²⁴ NOE – Nap of the Earth

²⁵ IFR – Instrument Flight Rules

²⁶ DVE – Degraded Visual Environment

jelentkeznek, a térbeli helyzet megítélési hibáiból fakadóan. A helikoptervezető nem képes a látvarepülés viszonyok (a továbbiakban: VMC²⁷) között megszokott biztonsággal a saját helyzetének értékelésére, a környezetéből érkező ingerek maradéktalan észlelésére. DVE kialakulhat füst, homok, por, köd, felhőzet, eső, hó, szmog miatt, illetve egyszerűen éjjeli körülmények között, amikor a megvilágítás csökken, de DVE a helikoptervezető önmagának is létrehozhatja, amikor az porral vagy porhóval fedett területekről száll fel (vagy éppen száll le).

7. **Kirakási és kiemelési képesítés.** Helikopterekkel természetesen tűnik az, hogy a katonák kirakása és kiemelése a légijármű megadott pontra történő leszállását követően történik, azonban ez nem minden esetben valósítható meg. Városharcok idején, akadályokkal átszabdalt területen (pl. erdőknél), vízfelszíni műveletekkor, nagy lejtőszögű területeknél például nincs lehetőség leszállásra, így a kirakás vagy kiemelés csak a helikopter függési üzemmódján történhet. Légdeszant műveletekkor a kirakás ejtőernyős dobással kerül végrehajtásra. A kirakásokhoz és kiemelésekhez szükséges kompetenciák a részleteiben az alábbiak:

- 7.1 Speciális gyorskirakó és kiemelő rendszer (a továbbiakban: SPIES²⁸) használatára való képesítés. A SPIES egyik végét a helikopterhez erősítik, a katonák ehhez csatlakoznak. Őket a helikopter úgy szállítja a kirakási helyszínre, hogy azok az eszközön lógnak. Kirakáskor a helikopter megfügg, majd süllyedni kezd, a katonák a földetérésükkor lecsatlakoznak róla. A kiemelés fordított sorrendben történik. A rendszer tartalmazhat csatlakoztatást biztosító alpin-technikai eszközökkel kiegészített köteleket vagy kötélletrát (7. ábra).



7. ábra SPIES rendszerek [16]

- 7.2 *Gyorskirakó kötél* (a továbbiakban: *FRIES*²⁹) használatára való képesítéssel a katonák a helikopterre függesztett kötélen ereszkednek le a kirakási pontra. Utóbbin esetenként függesztő fülek is lehetnek a kiemelés biztosítására.
- 7.3 *Vízideszantra* (a továbbiakban: *HELO casting*) való képesítéssel a katonák a vízfelszín felett alacsonyan (maximálisan 5 m), kis sebességgel ($v < 40$ km/h) repülő helikopter oldal- vagy hátsó tehertéráján keresztül ugranak a vízbe.

²⁷ VMC – Visual Meteorological Condition

²⁸ SPIES – Special Patrol Infiltration and Exfiltration System

²⁹ FRIES – Fast Rope Insertion and Extraction System

7.4 *Alpintechnikai lecsúsztatásra (a továbbiakban: Rappel) való képzés.*

7.5 *Csörlőzésre (a továbbiakban: Hoisting) való képzés a helikopter fedélzeti csörlőberendezésének alkalmazásával.*

7.6 *Ejtőernyősök dobására való képzés.*

8. **Fedélzeti fegyverrendszerek alkalmazására való képzés** magába foglalja a gépágyú, a nem irányított és irányított rakéták használatára történő képzést a bombavetéssel. Ehhez a kiképzési ághoz tartozik a fedélzeti lövészekkel történő közös képzés végrehajtása is.

9. **Terhek külsősúlyként történő szállítására vonatkozó képzés.** Azzal, hogy a helikopterek nagykiterjedésű terheket (például fegyvereket) képesek gyorsan, a létfontosságú helyekre szállítani, nagy műveleti szabadságfokot biztosítanak a műveleteket vezető parancsnokoknak. Helikoptervezető kiképzés szempontjából három típusú külsősúlyt lehet megkülönböztetni:

9.1 *Nagysűrűségű terhek* a légiszállítás folyamán a nagy tömegükből adódóan stabilan viselkednek, nem hajlamosak a kilengésekre,

9.2 *Kis sűrűségű terhek* nagy kiterjedésük (felületük) és kis tömegükből adódóan, a repülési sebesség függvényében instabilan viselkednek (hajlamosak nagymérvű kilengésekre),

9.3 *Aerodinamikai terhek* - kedvező geometriai forma esetén- a repülési sebesség növekedésével egyre stabilabban viselkednek, azaz tömegüktől függetlenül egyre kevésbé lengenek ki.



8. ábra Mi-17 szállítóhelikopter a szlovéniai Lord Mountain gyakorlaton [17]

10. **Hegyvidéki repülési képzés.** Doktrinális szempontból az a hegyvidéki terepnek az tekinthető (8. ábra), amikor a domborzat magasságkülönbsége a vizsgálati pontot környező 10 mérföldes körzetben eléri a 900 m-es szintkülönbséget [11]. Az ilyen környezetben

végrehajtott repülések sajátos képzettséget igényelnek a lejtőszelek fel- és leáramlásai, illetve az alacsony légnyomás miatti csökkentett hajtómű teljesítmény kedvezőtlen hatásai miatt [21].

11. **Nagykiterjedésű vízfelszín feletti repülési képesítés.** A víz hullámlása miatt a helikopter-vezetőknél térbeli helyzetértékelési zavar jelentkezik. A repülést (főleg a függési üzemmódon megvalósuló személymentési feladatokat) nehezítik a gyakran tapasztalható erős szelek.
12. **Tűzoltó ballon alkalmazására történő képesítés.** A légi tűzoltás helikopterre függesztett, vízzel tölthető ballonnal valósul meg, mely egyfajta külsősúlyos repülési készséget igényel. Az oltási feladat végrehajtása azonban speciális repülési készségek meglétét is megköveteli a magas hőmérsékleti, illetve alacsony légnyomás miatt. A sikeres tűzoltáshoz az előbbiek valamint a szélviszonyok figyelembevételével kell megválasztani a repülés sebességet és magasságot.
13. **Vegy-, biológiai- és sugárszennyezett (a továbbiakban: CBRN³⁰) környezetben történő repülési képesítés.** Korunk biztonsági helyzetében egyre inkább kell azzal számolni, hogy a helikopterrel támogatott műveletek körzetében CBRN hatások jelentkezhetnek. A helikoptervezetőknek képesnek kell lenniük az egyéni védőfelszerelésük használatára, az abban történő légijármű vezetésre és kezelni a fokozott pszichés terhelés negatív hatásait. [19]
14. **Légi utántöltési képesítés,** teszi lehetővé a forgószárnyas műveletek repülési idejének és hatótávolságát lényeges megnövelését [22].

FORGÓSZÁRNYAS FELADAT ÉS HELIKOPTERVEZETŐI KÉPESÍTÉSI MÁTRIX

A forgószárnyas feladatok és az azok teljesítéséhez szükséges helikoptervezetői kompetenciák meghatározását követően, már mindenki számára (jelen esetben minden nemzetnek) mátrix-szerűen megjeleníthetők a műveletek végrehajtásához megkövetelt jártassági szintek. A mátrix segítséget nyújt a kiképzési követelmények egységesítéséhez, de helikopterek beszerzése, felújítása esetén a megfelelő típus és/vagy modernizációs csomag kiválasztásához. [23]

A tényleges követelmények meghatározását azonban bonyolítja az is, hogy nem minden esetben egyértelmű, az egyes adott feladatokhoz szükséges képesítés megléte kötelező, vagy csak javasolt opció. Ugyanígy, figyelembe lehet venni az aktuális műveleti igényeket és környezeti viszonyokat ahhoz, hogy eldönthetővé váljon a képesítés szükségessége. Példaként: légi szállítás végrehajtásához vajon kötelező-e a földközeli repülési képesítés a fenyegetettség csökkentése érdekében, vagy csupán javasolt, ha megfelelő felderítői támogatás biztosított a körzetre. Maradva a légi szállításnál, a hegyvidéki repülési képesítés nem lehet minden esetben követelmény, hiszen nem valószínű, hogy mindig hegyi viszonyok között kell repülni.

A 4. táblázat mutatja be ezt a mátrixot, melyben a rövidítések jelentése:

X : szükséges a képesítés;

J : javasolt a képesítés;

M : műveleti feladatfüggő a képesítés szükségessége;

K : környezetfüggő a képesítés szükségessége;

³⁰ CBRN – Chemical, biological, radiological and nuclear

Bali Tamás: A többnemzeti végrehajtáshoz szükséges helikopter-vezetői ...

– : nincs szükség a képesítésre.

Feladat típusok	Helikoptervezetői képesítések																								
	Légi manőverelési képesítés	Harci manőverezések				Kisebbségi repülési képesítés	Földközeli repülés			Külsősúlyos repülés		DVE képesítés	CBRN képesítés	Hegyi repülési képesítés	Vízfelszín feletti repülési képesítés	IFR képesítés	Eszközökkel támogatott éjjeli repülési képesítés	Kikérés és kiemelés							Légi lövészeti képesítés
		Forgószárnyas elleni képesítés	Merőszárnyas elleni képesítés	Forgószárnyas elleni képesítés	Merőszárnyas elleni képesítés		Földközeli repülés	Kompozit	NOE képesítés	Kültsősúlyozás	Víz halton használat							FRIES képesítés	SPIES képesítés	HEL-O-casing	Rappel képesítés	Csontvázis képesítés	Dobhártya képesítés		
Szállítási feladatok																									
Légi szállítás	-	M	M	J	X	J	-	-	M	-	-	K	M / K	M	-	J	-	-	-	-	-	-	M/J		
Légi mozgékonyasági műveletek	M	M	M	X	X	X	X	X	M/J	-	X	K	M / K	M / K	K/J	X	M/J	M / J	M / J	M / J	M / J	M / J	X		
Légi deszant	M	M	M	X	M	-	-	-	-	-	K/J	K	-	M / K	K/J	X	-	-	-	-	-	X	-		
Légi egészségügyi kiürítés	-	M	M	X	X	X	X	M/J	-	-	K/J	K	M / K	M / K	K/J	M / J	-	-	-	M / J	J	-	M		
Támadó feladatok																									
Légi lefogás	-	M / J	M / J	X	X	X	X	X	-	-	-	K	M / K	M / K	K/J	X	-	-	-	-	-	-	X		
CAS	-	M / J	M / J	X	X	X	X	X	-	-	-	K	M / K	M / K	K/J	X	-	-	-	-	-	-	X		
CCA	-	M / J	M / J	X	X	X	X	X	-	-	-	K	M / K	M / K	K/J	M / J	-	-	-	-	-	-	X		
Légi tűzvetés																									
Előretolt	-	M	M	X	-	X	X	X	-	-	-	K	M / K	M / K	J	X	-	-	-	-	-	-	X		
Tűzvédelmi	-	M	M	X	-	X	X	X	-	-	-	K	M / K	-	J	M / J	-	-	-	-	-	-	X		
Haditengerészeti	-	M	M	X	-	X	X	X	-	-	-	K	M / K	M / K	J	M / J	-	-	-	-	-	-	-		
Légi felderítés																									
Felderítés	-	M / J	M / J	X	-	X	X	X	-	-	-	K	M / K	M / K	J	X	-	-	-	-	-	-	X		
Megfigyelés	-	M / J	M / J	X	-	X	X	X	-	-	-	K	M / K	M / K	J	X	-	-	-	-	-	-	X		
Felderítői harcászati védelem	-	M / J	M / J	X	-	X	X	X	-	-	M/J	K	M / K	M / K	J	X	M	-	-	M	M	-	X		
Speciális feladatok																									
Vezetés, irányítás és kommunikáció légi biztosítása																									
Légi vezetés és irányítás	-	M	M	X	-	X	X	X	-	-	-	K	K	M / K	J	X	-	-	-	-	-	-	-		
Vezetés és irányítás támogatása	-	X	X	X	-	X	X	X	-	-	K	K	M / K	M / K	J	X	-	-	-	-	-	-	-		
Légi kommunikációs átjátszás	-	M	M	X	-	X	X	X	-	-	-	K	K	M / K	J	X	-	-	-	-	-	-	-		
Személymentési eljárás																									
CR	-	M	M	X	X	X	X	X	-	-	K/J	K	M / K	M / K	J	X	J	J	J	J	J	J	X		
CSAR	M	M	M	X	X	X	X	X	M	-	X	K	M / K	M / K	X	X	X	X	M / J	X	X	J	X		
SAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	K	M / K	M / K	X	M / J	-	-	J	J	X	J	-		
Humanitárius feladatok																									
Humanitárius feladatok	M	M	M	X	J	-	-	-	-	-	K	K	-	M / K	X	X	-	-	-	-	-	-	-		
Katasztrófa elhárítás																									
Katasztrófa elhárítás	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	K/J	-	M / K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

4. táblázat Forgószárnyas feladat és helikoptervezetői képesítési mátrix [2]

Ezzel vagy a tartalmában ehhez hasonlatos mátrix használatával minden nemzet számára egyértelművé válik, hogy milyen képesítésekkel kell rendelkezniük egy adott feladat teljesítéséhez, egyben pontos iránymutatást is ad a helikopter-vezetői kiképzés irányultságára. A problémát azonban ott jelentkezik, hogy a nemzetek között nincs egyetértés a képesítési követelményekben. A JAPCC ajánlásait ugyan még el is fogadták, azonban a HISWG által lefektetett képesítési követelmények körül már komoly vita alakult ki. Amellett, hogy a mátrix a minimum követelményeket tartalmazza, mégis határozott különbség van a nemzetek között e szint értelmezése körül. Míg egyeseknek a minimum azt jelenti, hogy egy-két képesítésen túl nincs is szükség egyebekre, mások azt szorgalmazzák, hogy minden feladathoz az összes képesítést vegyék figyelembe a műveleti igény/feladat körülményei szerint. Ennek megfelelően szükséges az összes eshetőséget számba vétele és a minimum követelményeket ehhez kell alakítani.

A légi egészségügyi kiürítéskor a kötelékrepülő képesítésre lehet úgy is lehet tekinteni, hogy fenyegetettség esetén a harci helikopteres támogatás miatt szükséges, de úgy is, hogy ennek végrehajtása nem is teljesülhet magas fenyegetettség mellett (mert akkor már CR feladatról), így nincs is erre szükség. Ugyanígy, légi felderítéskor az ellenséges légijárművek elleni harcászati manőverezési képesítés az egyik nemzet számára feladatfüggőnek minősített, míg a másiknak javasolt a megléte. A nézőpontok különbözőségét az is érzékelteti, hogy a 2016 decemberében, a hazánknak megküldött hatodik változatú mátrixhoz még 61 db módosító javaslatunk volt.

A leírt disszonancia előrevetíti, hogy a kidolgozói munka még sokáig eltarthat és valószínűsíthetően konszenzus nem is születik. Az NSA várhatóan kiad egy olyan Stanag-et, mely leginkább tükrözni a többség álláspontját. Erre válaszul a kisebbséghez tartozó nemzetek a Stanag-et majd csak valószínűsíthetően csak kitételekkel vezetik (ha egyáltalán bevezetik). Ez a dilemma így visszavezet az alapproblémához, mely szerint a műveleti területen nagymérvű eltérések tapasztalhatók a nemzetek helikopter-vezetői képzettségi szintjei között.

A helyzetet tovább árnyalhatja két tényező. Az egyik a képesítés tartalma, a másik pedig a jártasság fenntartásához szükséges repülések mennyisége. A képesítés tartalmánál jelentkező problémát talán úgy tisztázható legjobban, ha megértjük, hogy messze nem ugyanaz a tényleges hegyvidéki repülési képzettség annak aki ezt 1000 méteren, és annak aki ezt 4000 m-en teljesíti. Bár de jure a kettő ugyanaz a képesítéssel, de facto azonban mégsem. Ehhez hasonló különbségek jelentkezhetnek például az IFR, a DVE vagy éppen a kötelék képesítések tekintetében is. Ugyanígy, szabályozatlanság hiányában, nemzetenként eltérő módon, egy bizonyos repülési jártasságok fenntarthatóak 30 naponkénti, vagy akár 6 havi ismétlésekkel is. Belátható, hogy nem adhatnak azonos helikopter-vezetési jártasságot a poros területről 30 naponta, illetve a csak 180 naponta megismételt repülések.

Felismerve ezeket az anomáliákat, a HISWG megkezdte a képesítések egységesítésére vonatkozó kidolgozói munkát. Ezzel együtt azonban a jártasságok fenntartását továbbra is döntően nemzeti hatáskörben tervezi tartani. Nyilvánvalóan, az egyes nemzetek gazdasági lehetőségei által behatárolt repülhető idő többnyire korlátozott mennyisége negatívan befolyásolja a jártasságok fenntartásához szükséges kötelező ellenőrzések sűrűségét. Ennek ellenére is mielőbb kompromisszumos megoldást kell találni e téren.

BEFEJEZÉS

A szövetséges keretek közötti, többnemzeti formában teljesülő forgószárnyas feladatok végrehajtása megköveteli, hogy a benne résztvevő nemzetek helikoptervezetők, minden érintett részéről azonosan értelmezett egységes repülési képzettségekkel rendelkezzenek. Ezen interoperabilitási cél elérése érdekében a NATO NSA HISWG a JAPCC-vel történt együttműködése eredményeként kidolgozta a vonatkozó dokumentumot, melynek véleményezését „csend eljárás” keretében tette lehetővé a nemzetek körében.

A dokumentum kidolgozása több olyan nézetkülönbséget hozott a felszínre, mely ugyan nagymértékben lassította a tevékenységet, de irányultságát nem változtatta meg. Eddig is és ezután is az NSA honlapján kialakított „munkacsoport fórum” felületen lehetőség van a nemzeti javaslatok, észrevételek, esetlegesen módosítások megtételére interaktív módon.

A végeredmény még ez évben az lesz, hogy kiadnak egy Stanag-et, mely pontos iránymutatást ad a nemzeteknek a műveletekhez szükséges helikoptervezetők képzettségi követelményekről, a jártasságok fenntartásának rendszeréről és a képzettségek tartalmáról. Ezzel, a műveleti parancsnokok erőforrás-gazdálkodása könnyebbé válik, a műveleti tempó megnövekszik, melynek eredményeként a kezdeményező képesség a NATO oldalán marad.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Enhancing NATO's operational helicopter capabilities (Kiadó: JAPCC, Kiadva: 2012. augusztus, Letöltés helye és ideje: <https://www.japcc.org/portfolio/enhancing-natos-operational-helicopter-capability/>, 2017. január 22. 14:37),
- [2] Standardization of qualification for NATO helicopter crews in support of land operations (Kiadó: JAPCC, Kiadva: 2015. július, Letöltés helye és ideje: <https://www.japcc.org/portfolio/standardization-qualifications-nato-helicopter-crews-support-land-operations/>, 2017. január 14. 21:38),
- [3] AJP-01 Szövetséges Összhaderőnemi Doktrína (Kiadó: HM HVK Hadműveleti Csoportfőnökség, Kiadva: Budapest, 2003),
- [4] A MH Összhaderőnemi Doktrína 3. kiadás (Kiadó: MH Összhaderőnemi Parancsnokság, Kiadva: Székesfehérvár, 2012. szeptember 28. /HK.13/),
- [5] MH Légierő Doktrína (Kiadó: MH Légierő Parancsnokság, Kiadva: Veszprém, 2004),
- [6] EASA Certification Specifications for Small Rotorcraft CS-27. (Kiadó: EASA, Referencia szám: ED Decision 2008/009/R, Kiadva: 2008. november 17.), illetve EASA Certification Specifications for Large Rotorcraft CS-29. (Kiadó: EASA, Referencia szám: ED Decision 2008/010/R, Kiadva: 2008. november 17.),
- [7] EASA CS-FSTD(H) Certification Specifications for Helicopter Flight Simulation Training Devices. (Kiadó: EASA, Referencia szám: ED Decision 2012/011/R),
- [8] Magyar Honvédség Légierő Parancsnokának 54/2005. számú intézkedése a Légiközlekedési szakszemélyzetek kiképzésben elért szintjének megállapításáról és hadrafogható kategóriába sorolásának rendjéről (Kiadta: MH Légierő Parancsnokság, Kiadva: 2015. március 09.)
- [9] Re/1320 Mi-8 Helikopter Harckiképzési Utasítás /HHKSZ-75/. (Kiadó: Honvédelmi Minisztérium, Kiadva: 1981, Hatályba léptetve a 017/1981 [HK 013.] MN Repülőfőnöki intézkedéssel)
- [10] Re-390 Mi-24 D Helikopter Harckiképzési Szakutasítása /HHKU-77/. (Kiadó: Honvédelmi Minisztérium, Kiadva: 1980, Hatályba léptetve a MN REF 09/1980 sz. intézkedéssel),
- [11] ATP-49(G) Edition G Version 1 Use of Helicopter in Land Operations (Kiadó: NATO Standardization Office, Kiadva: 2015. április),
- [12] STANAG 3204 Edition 6 Aeromedical Evacuation (Kiadó: NATO Military Agency for Standardization, Kiadva: 1999. július 15.),
- [13] <http://lhsn.hu/teli-kitelepules-tavaszi-loveszettel/> (Fotó: Balogh Ákos, Letöltve: 2017. február 05. 12.54),
- [14] <https://www.littleapplepost.com/2012/11/20/29-helicopters-from-ft-riley-to-train-in-colorado/>
- [15] <http://www.ctsys.com/Products/nvg.html> (Letöltve: 2017. február 05. 23.18),

- [16] <http://1stcavdiv.conceptbb.com/t1717-hot-extraction-near-dmz-1969>; <http://www.aviationspectator.com/image/latest-aviation-images?page=461>
- [17] <http://www.haborumuveszete.hu/minden-ami-repul/4752-majusban-a-havas-hegycsucsokon-lord-mountain-2012>
- [18] Kavas László, Óvári Gyula: A XXI. század helikopterfejlesztésének néhány fontosabb irányzata REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK 2013/1 pp. 210-222.
- [19] Szabó Sándor András: A NATO repülőorvosi harmonizációs törekvései a hadművelleti tapasztalatok és a repülésbiztonsági adatok tükrében REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK 2010/1 Paper 2010_cikkek/Szabo_Sandor.pdf. 21 p.
- [20] Óvári Gyula: Autorotálni, katapultálni vagy lezuhanni? HADITECHNIKA 1992/4 pp. 2-9.
- [21] Szabó Sándor András: Repülőorvosi alkalmassági vizsgálatok jelene, jövője (különös tekintettel a NATO Standardizációs Egyezmények bevezetésére) In: Közszolgálati Személyzetfejlesztési Főigazgatóság (szerk.) A Hon- és Rendvédelmi Egészségügyi Dolgozók IV. Tudományos Szakmai Konferenciája. 172 p. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2014.11.19-2014.11.20. Nagykovács; Budapest: Belügyminisztérium, 2015. pp. 48-59. (ISBN:978 963 12 3800 6)
- [22] Szilvássy László: Harci helikopter modernizáció kérdései Repüléstudományi Közlemények 2013/1. pp. 236-262.
- [23] Varga Béla: Helikopter gázturbinás hajtóművek hatásfok növelésének problémái Repüléstudományi Közlemények 2011/2: pp. 15-24. (2011)
- [24] Kavas L., Óvári Gy., Varga B.: Repülőeszközök tüzelőanyaggal történő légiutántöltésének módszerei, hagyományos és új alkalmazási lehetőségei, REPÜLÉSTUDOMÁNYI SZEMELVÉNYEK 2016. NKE, pp. 81-114. ISBN 978-615-5057-70-0 <http://www.repulestudomany.hu/kiadvanyok/RepSzem-2016.pdf>
- [25] Kavas László dr.: A helikopter típusváltással kapcsolatos gondolatok és a kiválasztást megalapozó elvárások REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK (1997-TŐL) 2013/1 pp. 93-98. (2013)

HELICOPTER PILOT'S FLIGHT COMPETENCIES REQUIRED IN A MULTINATIONAL OPERATIONAL ENVIRONMENT

There are numerous challenges while carrying out rotary wing tasks in the multinational operational environment these days. It is because of the differently used technics, tactics and procedures amongst the participating nations and distinct pilot proficiencies. Operational success requires from all the nations, that their helicopter pilots have adequate operational pilot proficiencies. That kind and level of pilot proficiencies, which provide interoperability. Naturally, NATO standardization agencies cannot ignore this task. They have started the standardization work which is the subject of my study.

Keywords: *helicopter, helicopter pilot, currencies, training, rotary wing tasks*

Bali Tamás ezredes, PhD
Bázisparancsnok helyettes
MH 86. Szolnok Helikopter Bázis
bali.tamas@hm.gov.hu
orcid.org/0000-0001-6098-8602

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



<http://www.repulestudomany.hu/kiadvanyok/RepSzem-2017.pdf>

