



REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK



XXX. évfolyam
2018. 3. szám

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK

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

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

Szerkesztőbizottság elnöke:

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

Szerkesztőbizottság elnökhelyettese:

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

Főszerkesztő:

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

Szerkesztő és webszerkesztő:

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

Szerkesztőbizottság tagjai:

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

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

Dr. Palik Mátyás ezredes, PhD
Nemzeti Közzolgálati Egyetem/National University of Public Service

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

Dr. Dunai Pál alezredes, PhD
Nemzeti Közzolgálati Egyetem/National University of Public Service

Dr. Bottyán Zsolt százados, PhD
Nemzeti Közzolgálati Egyetem/National University of Public Service

Prof. Dr. Makkay Imre ny. ezredes, CSc

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

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

MEGJELENÉS

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

Kiadó:

Nemzeti Közzolgálati 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 ISSN 1789-770X (Online)

HU ISSN 1417-0604 (Nyomtatott)

Borítón található fényképet Benedek Levente (LHSN.HU) készítette

TARTALOM

Szilvássy László Légibombák – termobárikus (aeroszol) bomba	7
Kiss Béla Evolution of UAVs in the light of radiological detection	15
Beneda Károly Ugrás a jövőbe – a CFM LEAP-1A hajtómű rövid ismertetése	27
Vas Tímea Required MATCO (Military Air Traffic Controller Officer) Competencies for the Efficient Air Traffic Man-Agement at the Airfield in Mission Environment	45
Szőkrény Zoltán Case Study for Project Management Aspects of the „S” Band Mobile Radar Procurement and Life Cycle Support	61
Nagy László János A haditechnikai eszközök összehasonlításának lehetőségei a helikopter képesség fejlesztés tükrében	77
Dudás Zoltán A haditechnikai eszközök összehasonlításának lehetőségei a helikopter képesség fejlesztés tükrében	101
Bali Tamás A hazai forgószárnyas kutatás-mentés kihívásai	111
Fehér Krisztina Biomass as Raw Material of Aircraft Fuels	123

TARTALOM

TARTALOM

TARTALOM

SZERZŐK – AUTHORS

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

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

Beneda Károly (PhD)
mérnök-tanár
AEROK Repülésműszaki Oktató és Szolgáltató kft.
karoly.beneda@aerok.eu
orcid.org/0000-0003-1900-7934

Károly Beneda (PhD)
maintenance training engineer
AEROK Aviation Technical Training Centre
karoly.beneda@aerok.eu
orcid.org/0000-0003-1900-7934

Dudás Zoltán (PhD)
Egyetemi adjunktus
Nemzeti Közszerológati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Repülő Intézet
Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék
dudas.zoltan@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-8682-884X

Zoltán Dudás (PhD)
Senior lecturer
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Institute of Military Aviation
Department of Aerospace controller and Pilot Training
dudas.zoltan@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-8682-884X

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

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

Kiss Béla
századparancsnok
MH 86. Szolnok Helikopter Bázis
kiss.bela1979@freemail.hu
orcid.org/0000-0002-6151-5484

Béla Kiss
company commander
HDF 86th Helicopter Base
kiss.bela1979@freemail.hu
orcid.org/0000-0002-6151-5484

Nagy László János
főnök-helyettes
MHP Haderőtervezési Csoportfőnökség Légierő
Hadfelszerelési Rendszerek Fejlesztési Főnökség
lesliebig@freemail.hu
orcid.org/0000-0002-7831-8639

László János Nagy
deputy head of Air Force Branch
HDF Command Force Planning Directorate Air
Force Systems Development Branch
lesliebig@freemail.hu
orcid.org/0000-0002-7831-8639

Dr. Szilvássy László
alezredes, egyetemi docens
Nemzeti Közszerológati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Repülő Intézet
Fedélzeti Rendszerek Tanszék
szilvassy.laszlo@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-0455-4559

Szilvássy László, PhD
Lieutenant Colonel, Associate Professor
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Institute of Military Aviation
Department of Aircraft Onboard Systems
szilvassy.laszlo@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-0455-4559

SZERZŐK – AUTHORS

Szőkrény Zoltán
gyakorlati oktató
Nemzeti Közsolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Üzemeltető Intézet
Elektronikai Hadviselés Tanszék
szokreny.zoltan@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0001-7411-5546

Szőkrény Zoltán
practical instructor
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Institute of Military Maintenance
Department of Electronic Warfare
szokreny.zoltan@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0001-7411-5546

Vas Tímea
tanársegéd
Nemzeti Közsolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Repülő Intézet
Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék
vas.timea@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-0082-0370

Tímea Vas
Assistant lecturer
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Institute of Military Aviation
Department of Aerospace controller and Pilot Training
vas.timea@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-0082-0370

Szilvássy László

LÉGIBOMBÁK – TERMOBÁRIKUS (AEROSZOL) BOMBA

A szerző bemutatja a világ két legnagyobb légibombáját, az orosz fejlesztésű FOAB – „Father of All Bombs” és amerikai MOAB – Massive Ordnance Air Blast – „Mother of All Bombs” bombákat. Információt kaphatunk azok működési elvéről és a köztük lévő hasonlóságokról, illetve különbségekről.

Kulcsszavak: termobárikus, légibomba, térrobbanású, aeroszol, vákuum bomba, üzemanyag-levegő bomba, MOAB, FOAB

A termobárikus hatás

A termobárikus hatás során az alkalmazott eszköz a környező közeg – a levegő – oxigén tartalmát felhasználva olyan nagyhőmérsékletű robbanást idéz elő, amely működési ideje jelentősen hosszabb a hagyományos robbanóanyaggal töltött légibombákénál. Az egyik legismertebb változata az üzemanyag-levegő légibomba. Innen ered az angol elnevezése is: FAE (FAX) – Fuel-Air Explosive – üzemanyag-levegő robbanóanyag [1].

A robbanóanyagok szinte mindegyike tüzelő- (éghető-) és oxidáló anyagok keverékéből áll. Például a fekete (füstös) lőpor 25% tüzelőanyagot (15% szenet, 10% ként) és 75% oxidáló anyagot (salétromot) tartalmaz. A termobárikus „robbanóanyagok” éghetőanyag hányada 100%. Ebből is következik, hogy a termobárikus bomba ugyanolyan tömeg esetében jelentősen nagyobb hatóerővel, rombolóerővel rendelkezik. Mivel a termobárikus bomba a környező levegő oxigén tartalmát is felhasználja a robbanás során, így ezen eszközök alkalmatlanok a nagy-magasságú és a víz alatti robbanásra. A nagyobb hatékonysággal élőerő, technikai eszközök, üregek, bunkerek, barlangok ellen alkalmazhatók, mivel működési idejük elnyújtottabb, illetve mivel a környező oxigént használják fel [1] [2].

A pusztító erejüket a robbanáskor keletkező hő és lökéshullám biztosítja. A hagyományos robbanóanyagok esetében a robbanásszerű átalakulási folyamat egy zárt térfogatban megy végbe és egy egy forrásból származó detonációt eredményez, addig a termobárikus láng frontján az üzemanyag, az oxidálószer és a környező levegő is nagy sebességre gyorsul fel. Termobárikus robbanás során az éghetőanyag valamilyen porfelhő vagy pára formájában vesz részt. Ilyen robbanás például a bányákban a levegővel keveredett szénpor robbanása is. Ilyen robbanást lehet például létrehozni egy tartályba betöltött folyékony üzemanyaggal (FAE), melyet a közepén elhelyezett szétvető-gyújtótöltettel porlasztjuk majd inicializálunk. A működés során a szétvető-gyújtó töltet az üzemanyagot a tér minden irányában porlasztja, létrehozva egy üzemanyag felhőt, amely a tárgyakat, az épületeket körül áramolja, behatol az üregekbe, terekbe. A gyújtó töltete pedig begyűjti ezt a porlasztott üzemanyag felhőt.

A töltet üzemanyagát annak exoterm¹ tulajdonságainak megfelelően kell megválasztani. Ilyen lehet például a porított alumínium vagy magnézium. A legújabb fejlesztések a nanoüzemanyagok alkalmazásán alapulnak [1].

A robbanás során egy sor visszaverődött lökéshullám keletkezik, amely meghosszabbítja annak időtartamát, akár 10–50 ms-ra [1]. A folyamat hasonló, mint a robbanás zárt térfogatban [2, pp. 85-88]. A bomba működése során további hatások is fellépnek, melyek fokozzák annak megsemmisítő képességét. Ez akkor következik be, mikor a porlasztott üzemanyag teljesen elég és elvonja a környező oxigént, melynek következtében egy légüres tér keletkezik. Ezt ritkító hatásnak nevezzük. Innen ered a bomba téves vákuumbomba elnevezése is [1]. Ez a légüres tér, mivel hirtelen következik be fokozza a bomba romboló hatását, például élő erő esetében a tüdő összeszakadását is eredményezheti. Ez a hatás rendszerint a robbanás peremén a ritkító hatás következtében jön létre és ennek következtében az élőerő láthatatlan sérüléseket szenvedhet, pl. fül, szem, tüdő károsodás, ami, ha nem is halálos, de a sérülések következtében harcképtelenné válik. A leggyakoribb FAE üzemanyagok az etilén-oxid és a propilén-oxid, melyek rendkívül mérgezők, melynek következtében belélegezve is halálosak lehetnek.

Fejlesztés és alkalmazás

Fejlesztésük a hatvanas években kezdődött úgy az Egyesült Államokban, mint az akkori Szovjetunióban. Az első alkalmazása viszont a feljegyzések szerint a II. világháborúban volt. Az akkori felderítési információk szerint a Szovjetunióban számos változata volt pl. RPG-ből indítható TBG-7V gránát vagy a Krizantem 9M123 páncéltörő irányítható rakéta 9M133F-1 termobárikus robbanófejjel szerelt változata. Az orosz légierő is különböző változatokban alkalmazta és alkalmazza, pl. Sz-8 és Sz-13 nemirányítható rakétának is van termobárikus változata, az Sz-8DM, az Sz-8DF, Sz-13D és az Sz-13DF [1]. Pl. az Sz-13DF harci részének tömege 32 kg, de teljesítménye megfelel 40 kg trotilénak.

A légibombák között is találunk ilyen eszközt, pl. KAB-500KR, KAB-500-OD korrekciós légibombák, melyek 250 kg-os termobárikus töltettel vannak szerelve, valamint az ODAB-500PM és az ODAB-500PMV hagyományos szabadesésű bombák, melyekben 190 kg-os üzemanyag-levegő robbanóanyag található. Ide sorolható még a KAB-1500S GLONASS 1500 kg-os bomba termobárikus változata is, de a helikopter fedélzeti irányítható rakéták között is találhatunk termobárikus fejjel szereltet, ilyen pl. a 9M120 Ataka-V és a 9M114 Sturm ATGM² változata is. (Ezen eszközök modifikációiról már korábban írtam a [3] [4] [5] publikációimban.)

2007 szeptemberében Oroszország felrobbantotta minden idők legnagyobb nem nukleáris bombáját, amit találóan „Father of All Bombs” – minden bomba atyának neveztek.

Az Egyesült Államok a következő eszközöket fejlesztette ki: CBU-55/BLU-73A; CBU-72/BLU-73B. A CBU-55 volt az első generációs ilyen eszköz, melyet nagyszámban bevetettek a vietnámi háborúban. A CBU-72-t a vietnámi tapasztalatok alapján fejlesztették ki és a Sivatagi Vihar hadműveletben alkalmazták először. Gyakran emlegetik ezeket a bombákat együtt CBU55/BLU-72A. A CBU-72 egy 550 lb-s (250 kg-os) üzemanyag-levegő (FAE) kazettás bomba, mely 3 db BLU-73B kisbombát tartalmaz. Ezek külön-külön 100 lb (45 kg) tömegűek

¹ A termokémiában exoterm reakciónak nevezzük a hőfelszabadulással járó kémiai reakciót [6].

² ATGM – Air Thermobaric Ground Missile

és 75 lb (34 kg) ethilén-oxid-ot tartalmaznak, melyet a cél fölött kb. 9–10 m magasan robbannak fel [3] [4] [5].



1. ábra CBU-72/BLU-73 FAE bomba [6] [9]

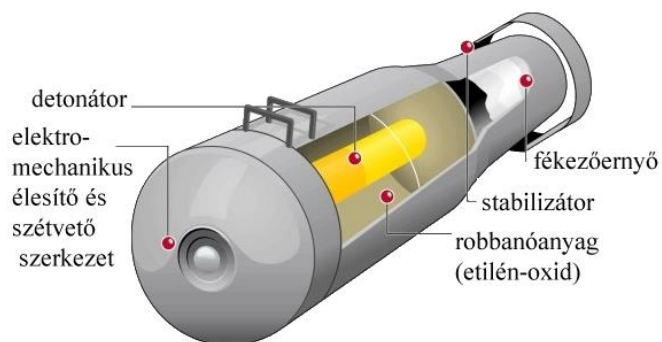
FOAB – „Father of All Bombs”

A bomba hivatalos elnevezése *Авиационная Вакуумная Бомба Повышенной Мощности* (АВБПМ), ami angolul: *Aviation Thermobaric Bomb of Increased Power* (ATBIP), amit ha oroszról fordítom növelt hatóerejű vákuum légibomba jelentéssel bír, ha angolból akkor növelt hatóerejű termobárikus légibomba. A bomba beceneve a „Father of All Bombs” (FOAB). A bomba nagy hasonlóságot mutat a GBU-43/B Massive Ordnance Air Blast – MOAB elnevezésű bombával, aminek a beceneve a rövidítéséből ered „Mother of All Bombs” – minden bombák anyja [7] [8] [9].

A bomba új fejlesztésű, nagy hatóerejű robbanóanyagot tartalmaz. Hatóereje 44 t TNT ekvivalensnek felel meg. A robbanás során a hatása hasonló, mint a kisméretű, harcászati nukleáris töltetké, ami szuperszonikus terjedési sebességet és igen magas hőmérsékletet jelent. A 2. ábra a bomba robbanása során keletkező gombafelhőt mutatja.



2. ábra A FOAB gombafelhője [14]



3. ábra a FOAB felépítése [14] [10]

A bomba szerkezetileg nem különbözik nagyon egy átlagos bombától (3. ábra). A stabilizátorai között egy fékezőernyő található, mely megakadályozza a bomba bukácsolását és közelíti a bomba sebesség vektorának irányát a függőlegeshez.

A kísérleti robbantások alapján a FOAB 20-szor nagyobb területen és 2-szer akkora hőmérséklettel robban fel, mint a MOAB. Számszerűen a robbanás középpontjától számolva:

- 90 m – teljes megsemmisítés, a legerősebb szerkezeteket is beleértve;
- 200 m – a nem megerősített szerkezetek teljes, valamint a szilárd szerkezetek közel teljes megsemmisítése;
- 300 m – a nem megerősített szerkezetek (házak) majdnem teljes, a megerősített szerkezetek részbeni megsemmisítése;
- 450 m – a nem megerősített szerkezetek részleges megsemmisítése;
- 1100 m – a lökéshullám betöri az üvegeket;
- 2300 m – a lökéshullám feldöntheti az embert [11].

A célmegsemmisítés fogalmával és típusaival a [15] [16] publikációimban már korábban foglalkoztam.

A fenti adatokat jól szemlélteti a Первый Канал (Egyes csatorna) orosz televízió, a 2007. szeptember 11-én végrehajtott kísérleti robbantásról készült tudósításából kivágott képek (4–7. ábrák):



4. ábra A robbantási területen található épület a robbantás előtt.
Pirossal bekarikázva valószínű, hogy egy harcjármű látszik a képen [12]



5. ábra A robbantási területen található épület a robbantás után [12]



6. ábra Egy harcjármű a robbanás után.

Valószínű nem azonos az előző képeken láthatóval, mert nincs mögötte épület [12]



7. ábra A robbantási terület a kísérlet után. Jól látható, hogy nem keletkezett bombatölsér [12]

MOAB – „Mother of All Bombs”

A GBU-43/B MOAB a bomba hivatalos elnevezése, ahol a MOAB – Massive Ordnance Air Blast jelentéssel bír, de az orosz bomba mintájára kibontható „Mother of All Bombs” – minden bombák anyja elnevezésre is [8].

Véleményem szerint a hivatalos elnevezést szándékosan úgy alakították ki, hogy a rövidítésből kiolvasható legyen a „Mother of All Bombs” (a szerző megjegyzése).

A MOAB működési mechanizmusa nem tér el az orosz megfelelőjétől. Az első teszteket 2003. március 11-én hajtották végre. A MOAB robbanótöltetét a tritonal alkotja, mely egy keverék robbanóanyag, 80% TNT és 20% alumínium por alkotja [8].

A kialakításukban van látható különbség (3. és 8. ábrák). A MOAB inkább egy nagyméretű rakétára hasonlít, rácsos stabilizátor felületekkel, melyek szállítási helyzetben behajthatók.



8. ábra MOAB [8]

2017. április 13-án Afganisztánban, az ISIS-Khorasan³ szervezet bázisa ellen bevetésre került. Két nappal később a híradások 94 ISIS-Khorasan harcos haláláról számoltak be [8].

FOAB vs. MOAB

Mindkét bomba hatásmechanizmusa ugyanaz, amit más típusú robbanóanyaggal érnek el. Az alábbi táblázatban a két eszköz fontosabb adatai láthatók:

	MOAB	FOAB
Tömeg [kg]	10,3	7,1
TNT egyenérték [t]	11	44
Hatósugár [m]	150	300
Irányítás	INS/GPS	GLONASS

1. táblázat A MOAB és a FOAB adatai [7] [9]

Mindkét bombáról elmondható, hogy a világon a két legnagyobb hatóerővel rendelkező nem nukleáris töltetű eszköz.

³ Islamic State of Iraq and the Levant – Khorasan Province [14]

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Wikipedia The Free Encyclopedia, „Thermobaric weapon,” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermobaric_weapon.
- [2] J. Kakula, Robbanóanyagok és a robbanás hatásai, Szolnok: Magyar Néphadsereg Kilián György Repülésműszaki Főiskola, 1990, pp. 1-145.
- [3] L. Szilvássy, *A harci helikopterek fegyverrendszerének modernizációs lehetőségei a Magyar Honvédségben*, Magyarország: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2008, pp. 1-129.
- [4] L. Szilvássy, „Harci helikopterek fegyverei II. – Irányítható rakétafegyverzet,” *Repüléstudományi Közlemények XXII/1*, pp. 1-9, 2010.
- [5] L. Szilvássy, „A harci helikopterek fegyverrendszerének modernizációs lehetőségei a Magyar Honvédségben,” *Elektronikus Műszaki Füzetek X.*, pp. 77-88, 2011.
- [6] GlobalSecurity.org, „CBU-72 / BLU-73/B Fuel/Air Explosive (FAE),” [Online]. Available: <https://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/cbu-72.htm>.
- [7] Wikipedia The Free Encyclopedia, „CBU-72,” [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/CBU-72>.
- [8] Wikipedia The Free Encyclopedia, „CBU-55,” [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/CBU-55>.
- [9] Turbosquid.com, „Aircraft Bomb CBU-72 with BLU-73 FAE bomb,” [Online]. Available: <https://www.turbosquid.com/3d-models/aircraft-bomb-cbu-72-blu-73-3d-model/544896>.
- [10] L. Szilvássy, Saját szerkesztés, módosítás.
- [11] Wikipedia The Free Encyclopedia, „Father of All Bombs,” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Father_of_All_Bombs.
- [12] Wikipedia The Free Encyclopedia, „GBU-43/B MOAB,” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/GBU-43/B_MOAB.
- [13] Википедия Свободная энциклопедия, „Авиационная вакуумная бомба повышенной мощности,” [Online]. Available: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%B0%D0%BA%D1%83%D1%83%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B1%D0%BE%D0%BC%D0%B1%D0%B0_%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%BC%D0%B.
- [14] LiveJournal, „Папа всех бомб,” [Online]. Available: <https://masterok.livejournal.com/3550794.html>.
- [15] GlobalSecurity.org, „Aviation Thermobaric Bomb of Increased Power (ATBIP),” [Online]. Available: <https://www.globalsecurity.org/military/world/russia/avbpm.htm>.
- [16] L. Szilvássy, „Megsemmisítő eszközök hatékonyságvizsgálata,” *Szolnoki Tudományos Közlemények XVII*, pp. 76-84, 2013.
- [17] L. Szilvássy, „A repülőfedélzeti megsemmisítő eszközök harci alkalmazásának hatékonyságát értékelő számítások,” *Repüléstudományi Közlemények XII/2*, pp. 143-156, 2000.
- [18] ПЕРВЫЙ КАНАЛ, „Испытание российской вакуумной бомбы”.
- [19] Wikipedia A szabad enciklopédia, „Exoterm reakció,” [Online]. Available: https://hu.wikipedia.org/wiki/Exoterm_reakci%C3%B3.
- [20] Wikipedia The Free Encyclopedia, „Islamic State of Iraq and the Levant – Khorasan Province,” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Islamic_State_of_Iraq_and_the_Levant_%E2%80%93_Khorasan_Province.

AIR BOMBS – THERMOBARIC BOMBS

The author presents the world's two largest air bombs, the Russian-made FOAB - "Father of All Bombs" and the American MOAB – Massive Ordnance Air Blast – "Mother of All Bombs" bombs. We have information about their operating principles and their similarities and differences.

Keywords: *thermobaric, air bomb, vacuum, aerosol, fuel-air bomb, Massive Ordnance Air Blast, MOAB, FOAB*

Dr. Szilvássy László
alezredes, egyetemi docens
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Repülő Intézet
Fedélzeti Rendszerek Tanszék
szilvassy.laszlo@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-0455-4559

Szilvássy László, PhD
Lieutenant Colonel, Associate Professor
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Institute of Military Aviation
Department of Aircraft Onboard Systems
szilvassy.laszlo@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-0455-4559



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_3/2018-3-01-0030-Szilvassy_Laszlo.pdf

Béla Kiss

EVOLUTION OF UAVS IN THE LIGHT OF RADIOLOGICAL DETECTION

Today, application of aerial vehicles can be considered as a routine task in the field of disaster management, in particular flood prevention, aerial reconnaissance, radiological detection, search and rescue and air rescue have got a significant role. Professionals may receive useful information by applying aerial reconnaissance technologies. Data transmitted by these aerial vehicles can greatly support the work of the personnel involved in prevention, protection and reconstruction tasks. One of the essential parts of the aerial reconnaissance is a tool applied on the UAV/UAS¹ which is capable to take pictures and to record videos. In this article the author examines the adaptability of unmanned aerial vehicles during the elimination of the consequences of possible disasters, particularly the aerial reconnaissance of damaged sites. The author also introduces the historical development of these appliances, their types, design and performance.

Keywords: aerial photography, remote sensing, aerial radiological detection, disaster, unmanned aerial vehicle.

INTRODUCTION

Data and experience collected in recent years and decades indicates that the number of natural and civilization related catastrophes and also the severity of their consequences have been increasing. In addition, new types of potential threats have also appeared. Professionals of disaster management shall face additional risks of a civilizational disaster due to the emergence of the peaceful use of nuclear energy. We just have to consider the disasters of Chernobyl (26 Apr 1986) and Fukushima (11 Mar 2011) nuclear power plants. In both cases the priority was to determine the dimension of the catastrophe, to estimate the contaminated area and to specify the possible routes of radiological contamination. Moreover, the delivery of essential information about the required defence works to the personnel in charge also took priority. Another significant danger factor of today is terrorism and terrorist acts. We have to take it in account that radical groups may use weapons of mass destruction (hereinafter referred to as WMD) to prove the legitimacy of their ideologies. The above mentioned facts promote the importance of disaster management professionals and organizations; it highlights their need for proper technical and professional preconditions that are essential during the execution of their tasks. One segment of the technical appliances is the group of aerial vehicles that can be used for a wide range of activities in the field of disaster management. Aerial survey/reconnaissance is only one segment of their scope; they also have a significant role during the prevention, defence and reconstruction period. Depending on the parameters of the required reconnaissance activity – distance of the flight, altitude, contamination of the affected area, meteorological conditions- survey can be executed by including but not limited to aircrafts, helicopters, balloons and Unmanned Aerial Vehicles (hereinafter UAV). UAVs have got a longstanding, 150 years old history. Possibilities of their application have been evolving alongside with the technological development. Their application can be divided in three main groups; military, public and commercial [1]. In my study, I introduce the history and present of aerial

¹ Unmanned Aerial Vehicle/Unmanned Aerial System

survey/reconnaissance; I present some types of UAVs and their adaptability to various tasks. I also present the RABV – can be installed on UAVs – radiological reconnaissance system produced by Gamma Műszaki Zrt.

PAST AND PRESENT OF AERIAL RECONNAISSANCE

The history of aerial reconnaissance goes back to the age of Napoleon. Contemporary balloons were used to survey the manoeuvres of enemy forces. The first aerial bombing took place just before the First World War during the Turkish – Italian war. In those days aircrafts were not really useful as a strike force, mainly because of their power and the lack of their appropriate arsenal. On the other hand, they were perfect to execute reconnaissance missions and to control artillery fire.



Figure 1. Fort Douaumont just before the battle [2]

The Figure 1 below was taken in those days in the frontline. After WWI the evolution of aircrafts accelerated and tasks of reconnaissance and bomber aircrafts merged. Priority of their deployment was to cause as great damage as they could to military installations behind the enemy lines. During the First World War a half million photos –similar to Figure 1- were taken, say British data. Due to technical evolution cameras could take pictures from an altitude of 4500 meters in the end of the WWI. During the WWII aerial reconnaissance developed further and radio electric devices also appeared. That was the time when distance and near reconnaissance evolved. The symbol of the Cold War the so called space project gave rise to the existence of spy satellites and reconnaissance aircrafts -with extreme capabilities- were also evolved. Due to the evolution of data transmission technologies it also became solvable to evaluate and analyse the data received from reconnaissance aircrafts in real time. A question may arise. Why do we need photos taken by reconnaissance aircrafts in case we have spy

satellites? The answer is really simple. The quality of a photo is much better than the quality of an image taken by the most modern satellite that is affected seriously by the current weather conditions (e.g. clouds). That is also important, that photos taken by an aircraft are much cheaper than those taken by a satellite.

In accordance with the current mission, aircraft involved in the execution of reconnaissance tasks can be equipped with a wide range of technical devices

“Typical devices of reconnaissance aircrafts:

- a) high-precision cameras equipped with high-definition objectives;
- b) cameras capable to record stereo recordings;
- c) flashing lights and thunder-flashes to enlighten great areas;
- d) infrared photo cameras;
- e) digital video transmitter;
- f) TV cameras;
- g) radio locator systems to ensure flight irrespective of weather conditions”. [3]

Due to the social and civilization evolution – e.g. IT, robotics and avionics- the next milestone in the history of aviation was the appearance of UAVs. With regard to their dimensions, technical equipment and range UAVs are perfectly tailored to accomplish aerial reconnaissance, operational and catastrophe management tasks and duties.

UNMANNED AERIAL VEHICLES

The oldest written document on the existence of UAVs was registered on 22 Aug 1849. It was reporting about the bombing of Venice when unmanned flammable and explosive balloons were dropped on the city. Then several inventors and scientists had concerns on the creation of an unmanned aerial vehicle. Customers mainly came from the Home Defence Commands. During the WWI Charles Kettering received a purchase order from the US Military Command to develop an unmanned torpedo. The first real breakthrough was the UAV called Queen Bee. The Queen Bee was the first unmanned aerial vehicle that could return to its point of departure after accomplishing its duty. The expression drone was used first at this time. The development of Vergeltungswaffe-1 (hereinafter referred to as V1) started in the 1930`s in a research facility of Peenemünde`s airbase. Its purpose was to deliver a 850 kg weighing warhead to its destination which could be 350 km far from the launch site. During the WWII around 3500 missiles were launched mainly against British targets. In the end of the WWII the interest for unmanned aerial vehicles reduced. With the beginning of the Cold War and the nuclear age the UAV project has been forgotten and the focus turned on intercontinental ballistic missiles. Later on, in the beginning of the 60`s the Soviet Union took the lead in the field of UAV production and development. Tu-143 Rejs was constructed in the USSR to serve as a short-range reconnaissance drone. It was developed to enter enemy territories in the depth of 50–60 km and to accomplish tactical reconnaissance flights. The so called U2 crisis in 1960 greatly accelerated the UAV program of the United States. In that year the Soviet air defence shot down the USAF² Lockheed U-2 type drone in the airspace of the USSR³. During the next decades UAVs were involved in several military operations such as the Vietnam War, Gulf

² United States Air Force

³ Union of Soviet Socialist Republics

War, Balkan crisis, Iraq War and they were also involved in counter-terrorism operations. Today, a wide range of UAVs are available.

Their classification can be based on several criteria. One of the most common classification criteria is to classify UAVs by their weight, flight duration and range is highlighted in the Figure 2 below.

	Class I UAV	Class II UAV	Class III UAV	Class VI UAV
level	Platoon	Company	Battalion	Brigade
weight	2–5 kg	50–75 kg	150–250 kg	>1500 kg
flight duration	50 min	2 h	6 h	24 h
range	8 km	16 km	40 km	75 km

Figure 2. Classification of UAVs used by the US Army [4]

UAVs can be also distinguished upon the design of the airframe. In this case we categorize the way of buoyancy and the way it is generated. Upon this categorization we can set up three main classes; fixed wing, rotary wing and hybrid. It is really popular nowadays to apply more than two rotors. In such cases rotors do not have to have adjustable cyclic and collective pitches. Control can be achieved by the adjustment of the rpm of one single engine. This solution is one of the simplest mechanical and electronical solutions of all in the field of Vertical Take Off and Landing UAVs (hereinafter referred to as VTOL). Disadvantage of this technology is the high energy consumption therefore long range flights are not feasible with such a UAV [5]. Another important aspect is the field of application. Single use type UAVs can be used as tactical equipment that are capable to recon and destroy their target. Their core duty is to serve as flying targets to support the combat training of anti-aircraft and artillery units. The greatest benefit of multiple use type UAVs is the cost-efficiency. On the other hand, a built-in on-board and in addition a ground navigation system is also needed to ensure their flight and safe landing. UAV control can be accomplished by several techniques. They can be controlled by an operator remotely from departure to landing, or they can be equipped with a pre-programmed on-board computer to control the flight and to control the execution of the task. Combined controlled type UAVs merges the above mentioned types of control.

UAVs were initially applied by armed forces to accomplish bombing sorties and to deploy aerial torpedoes and to execute reconnaissance flights. However, nowadays these modern devices are capable to compete with the threats and challenges of the 21st Century like terrorism, guerrilla war and proliferation of WMDs. Today frontlines are faded away. They are usually in the direct vicinity of the civil population and cities and villages. Hostile soldiers do not use any military uniform often and/or fails to comply with the 1000 years old rules of war. Multiple application possibilities of UAVs primarily manifested while they execute long range tasks that are burdensome for a flight crew. Good example is the Kosovo Conflict in 1999 when B-2 bombers and their crew departed from the USA and after the execution of a certain task they arrived back to their place of departure [6].

UAVs can also be applied in airspaces contaminated by radiation and in biologically or chemically contaminated areas. To avoid harm and injuries of the air crew UAVs can be applied. In addition, drones can also be deployed in operational areas where our air traffic control is not proven or

assured. The number of UAV deployments have started to increase in such missions as well where -in the past- their presence was not usual and conventional aircrafts were responsible to accomplish all emerging tasks [7]. Such exercises were intelligence gathering, surveillance and reconnaissance, laser target designation, aerial support of troops deployed on the ground, air cargo/transport and aerial communication and data transmission as it is highlighted in Figure 3.

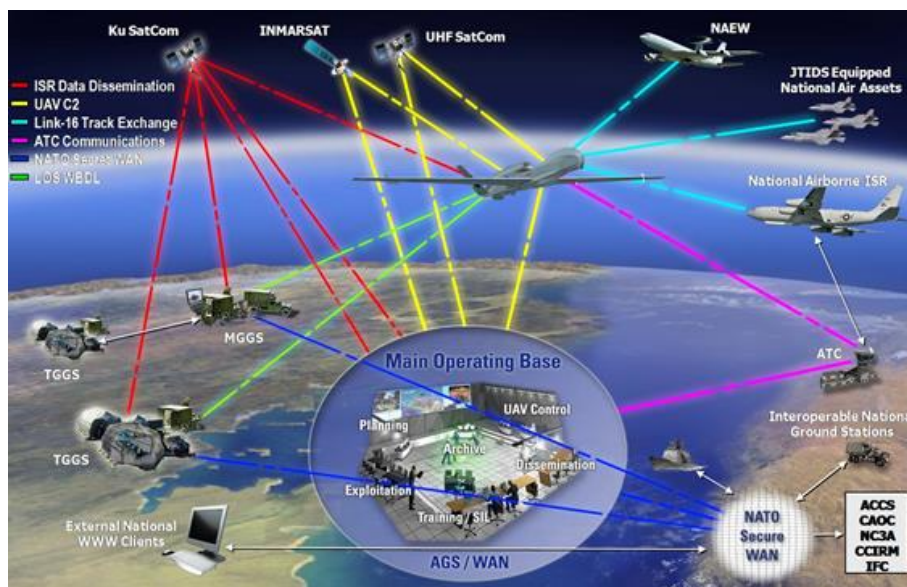


Figure 3. NATO AGS system [8]

UAVs can be also utilized in the commercial sector. They can be applied in the agricultural, energy, archaeological, media and geology sectors. UAVs can be employed to monitor crop production and dispersion and also can be applied to remote monitor gas and oil pipelines of the energy sector and to recon their possible malfunctions and to report those to the experts in charge. In addition, they are ideal to support archaeological excavations by taking aerial photos of the designated areas, to record videos and to support the creation of urban management plans. The priority of the commercial sector is the profitability; therefore UAVs always have to perform faster and more cost-efficiently than the substituted technology. Another important aspect is to reach high security level during the execution of the required task and to minimize risk factors that may affect human lives. Remote monitoring of electric cables can be a good example. “In this case, the interval remote monitoring of the grid means monitoring that was earlier executed from a vehicle or was done on foot. During the aerial monitoring we can receive information on the state of pillars, on the state of porcelain insulations and on the connection between that insulation and the electric cable itself. On the contrary, during the execution performed on foot – if some doubts arises on the state of the electric system- the controller has to execute a closer examination of the affected area. It can cause serious physical challenges and can give raise to security difficulties.” [9]

We can find several national and international examples of UAV applications in the field of catastrophe management too. In case of a nuclear catastrophe, the first deployment of a UAV occurred on 21 Apr 2011 right after the accident – 11 Mar 2011 – of the Fukushima nuclear power plant. Back then the Tokyo Electric Power company deployed a T-Hawk type micro air vehicle above the contaminated area to take photos of the damaged nuclear power plant. Regarding its dimensions and control the execution of the task was really simple in the scene of the catastrophe. In this case, we can only talk about the execution of the task performed right after the elemental

catastrophe abatement. On the other hand, pre-planned reconnaissance flights were executed above the contaminated area. Additionally, UAVs can be applied preventively to monitor the area of a nuclear power plant and to scan the level of contamination right after the occurrence of a possible catastrophe. During the preventive period, activities like monitoring and radiation measuring can be executed. By applying this scenario higher than normal radiation can be easily observed. Right after the potential catastrophe UAVs can be deployed rapidly and accurately to collect information on the area of the contaminated surface. Drones can provide useful information on the additional risk factors and on the possible routes of the contamination. By receiving these crucial information professionals in charge of the rescue may be able to plan the following task and they can estimate the possible risk factors. It also has to be highlighted that aerial reconnaissance executed by a UAV in the contaminated area may replace those radiation detectors that are controlled by a flight crew and applied on conventional aerial vehicles. Therefore, UAVs can save the life and the health of the participating personnel. HD⁴ pictures of the Fukushima power plant shown on Figure 4 were taken by the Japanese Air Photo Service on 24 Mar 2011 just a bit after the occurrence of the catastrophe.



Figure 4. Fukushima nuclear power plant [10]

In case of disasters related to hazardous materials the priority is to determine the routes of the leaking material as soon as possible. This task can be accomplished by the application of UAVs too. “Currently, this task can be partially implemented with a special equipment of the Disaster Management Department (Disaster Management Mobile Laboratory) that is relatively fixed and only capable to create 2D⁵ imaging. To take HD and/or 3D⁶ imaginations of a large area in a short term it is preferable to apply UAVs. These so called rheological diagrams can support the work of the professionals more efficiently.” [11]

Advantages of UAVs in catastrophe situations:

- a) high initial costs can be financed by the state;

⁴ High Definition

⁵ Two-dimensional

⁶ Three-dimensional

- b) developments in connection with UAV developments and their positive effect on the economic system are obvious for the state as well;
- c) state is capable to handle/manage long term investments [12].

AERIAL PHOTOGRAPHY

„Aerial reconnaissance is that part of reconnaissance that collects information and gathers intelligence by applying aerial vehicles on different altitudes with or without human intervention.” [13] The first aerial photo was taken by a photographer called Gaspard-Felix Tournachon in Paris in 1858. A bit more than a half century passed away when the first motion picture, actually a silent film, was taken from the air. It was taken above Rome in 1909. Its title was Wilbur Wright und seine Flugmaschine and it was only three minutes and twenty eight seconds long. Colonel Potte V. F. designed and later created the first semi-automatic camera that was used for aerial photography during the WWI. In the next decades aerial photography went through a great technical evolution. Its scope of use has become even more diverse. Nowadays aerial photography is commonly used in the field of cartography, archaeology and crop land survey and movie shootings. Their common point is to record the surface from above. “In parallel with the evolution of digital systems and networks in the middle of the 20th century remote sensing began to develop rapidly and also started to expand in the civilian sector. The expression remote sensing evolved only during the satellite campaign of the 70’s. This process was accelerated by the increasing power of computers and IT equipments, the evolution of computer apps and the developing efficiency of geodetic and positioning devices. In addition, image processing applications also evolved rapidly and became more and more ideal. The expansion of remote sensing was also assured by other factors. One of these is the fact that expensive optical computers were substituted by adequate PCs equipped with adequate software. On the other hand, adequate raw materials and the required knowledge were still essential.” [14]

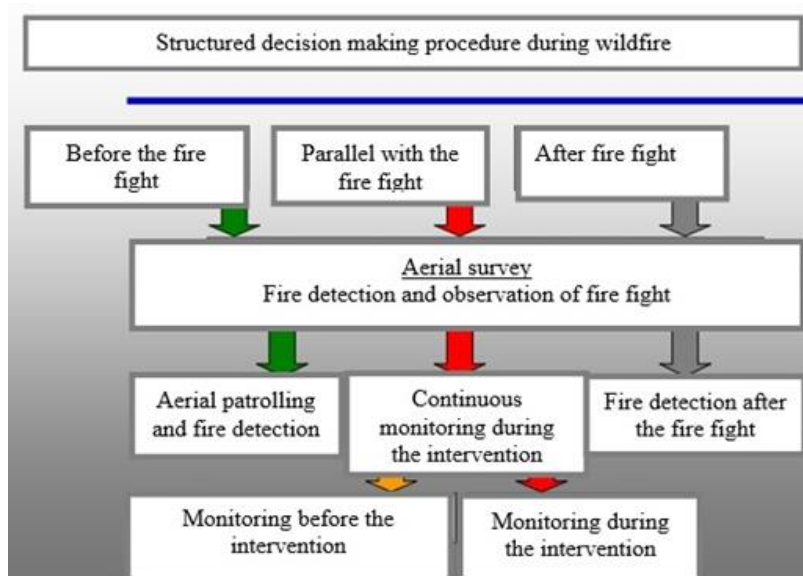


Figure 5. Structured decision making procedure during wildfire [15]

Today aerial images can be taken from several types of aerial vehicles. These can be helicopters, fixed wing aircrafts, balloons, hang-gliders or UAVs. Additional areas of their possible application

came up parallel with the technical evolution. Disaster management is greatly influenced by the availability of the information required by the professionals in charge. With the support of aerial photography a relatively large area can be assessed in a short period. That information can be easily utilized by the professionals of disaster management. In the field of UAVs, fixed wing aerial vehicles enjoy advantages against rotary wing devices. The main reason of this fact can be found in the range and flight duration of such UAVs. While electronic rotary wing UAVs are not capable to fly more than 10–12 minutes fixed wing UAVs can accomplish 50-60 minutes long flights. UAVs can be equipped with HD cameras and data transferring systems. With their support the person in charge of the fire fighters and/or elimination units can receive priority information and images. This procedure significantly reduces the duration of the recon executed by the arriving fire fighters. This kind of recon was earlier executed on foot along the perimeter of the fire and it was usually completed by the establishment and manning of a high-ground observation point. The structured decision making system supplemented with aerial photography during a wildfire is highlighted below in Figure 5.

The deployment of UAVs makes it possible to receive HD aerial images within seconds upon their return to base. Recorded images are available to the professionals in a very short period of time. “A micro size UAV was deployed first in Hungary to recon fire in the city of Szendő in 2006. It was also the first time on the globe when such equipment was deployed to execute such task.” [16] With the continuous transmission of images taken in the area of the accident further expansion of the fire can be preventable. Aerial images can greatly support the damage assessment work and great time-saving can be also achieved because the affected area does not have to be patrolled on foot.



Figure 6. Northrop Grumman MQ-8B Navy Fire Scout. [17]

In Hungary UAVs have been collecting data and information on floods since 2010. Actually the aerial images were taken in the Bodrogek in 2010 [18]. During the period of flood prevention it is significantly important to remove all present natural barriers from river beds and river meadows and to keep the appropriate condition of dams. UAVs are perfectly convenient to accomplish such monitoring missions. They are capable to fly along the affected area and can take and transmit images to supply appropriate information. In the period of flood control it is also a priority to monitor the effected sections of dams and flooded areas. It is also

important to monitor all ongoing defence activities from the air. Personnel in charge of defence and prevention activities can plan all needed further actions in accordance with the information received from UAVs. They can establish decisions on evacuation and on the redeployment of human resources. It is only a matter of budgeting if UAVs are available or not for the professionals of disaster management. Such UAVs can be capable to accomplish rescue missions, to rescue wounded or to deploy sand bags or any other equipment that is needed to support the ongoing defence activity. The main and primary advantage of aerial reconnaissance executed by UAVs is cost-efficiency. By the application of UAVs decision makers can gather as good quality information as those provided by conventional aerial vehicles. The MQ-8B Navy Fire Scout highlighted on Figure 6 weighs 1430 kg, its maximum speed is 213 km/h, its range is 275 km and its maximum flight duration is 8 hours [19]. Regarding its flight capabilities it is perfectly applicable to accomplish flood control, radiation recon and fire fight missions. Due to its possible service duration time efficient prevention and defence is achievable.

AERIAL CHEMICAL, BIOLOGICAL AND RADIATION SURVEY

Aerial chemical recon, aerial radiation recon also belongs to the group of aerial reconnaissance tasks and duties. Aerial radiation recon is primarily exercised in case of wartime or in case of an industrial catastrophe to detect the contaminated area after the unexpected nuclear explosion/disaster. A radiation measuring instrument, an aerial vehicle and a navigation system is required to accomplish the task. On the other hand, aerial radiation reconnaissance can be perfectly applied to track down and locate stolen or lost radiation sources like sticky bombs. Regarding the flight capabilities and possibilities of UAVs they are perfectly adaptable to execute aerial chemical and radiation reconnaissance tasks. In accordance with the above international example –Fukushima- main aspects of deploying UAVs in a contaminated area –imaging and radiation survey- are the cost-efficiency and the protection of human manpower. We just have to think about the contamination affecting the UAV itself. For example, helicopters deployed during the protection work of the earlier Chernobyl nuclear accident were left behind in the greatly contaminated area because of the large contamination they suffered. The question would then arise. Is it worth to deploy and decontaminate such recurring equipment after its chemical or radiation recon flights?

Decontamination is basically influenced by the following factors:

- a) quantitative and qualitative level of the contamination;
- b) the value of the UAV with its amortization and its return productivity and its substitutability;
- c) cost of decontamination and other required resources.

Focusing on the value of the UAV it can be presumed that higher value strategic equipment in case of higher level of contamination suffered is being decontaminated. They are decontaminated even in case the level of contamination occurred is high and costs of decontamination are outstanding. On the other hand, tactical equipment may be subtracted permanently only after the accomplishment of a single mission [20].

Aerial biological threats can evolve as a secondary consequence of natural or civilizational catastrophes. Mass fallen stock or human remains may start rotting, biological laboratories may break down or intended terror acts may occur. An unmanned aerial vehicle to recon biological

threats was developed in the USA in 1997. It weighs 19 kg while its wingspan is 4 meter. It is capable to take air samples in the altitude of 10–30 meter and transfers the data within 5–20 minutes. A sampling chamber is established in the airframe of the UAV. The infected air flows through and precipitates. A built-in optical sensor system is responsible to collect and analyse these bacterial spores. Each and every optical sensor is responsible to detect a specific bacterium. Then these optical fibres are getting turned in a special liquid that contains fluorescent antibodies which are associated with a single type of bacterium. During this process a light impulse is generated. This impulse is induced further and transferred to an electronic signal. That electronic signal can be simply transmitted. Bacteria can be identified upon the collective results of the light impulse of the concerning optical fibre and the electric signal [21].

THE RABV RADIATION DETECTION SYSTEM

The Gamma Műszaki Zrt has invented the RABV –in NATO terminology called CBRN Chemical, Biological, Radiological and Nuclear- system to determine the radiation level of a given section of the surface from the air. However, this device is capable to locate and identify point radiation sources too and also capable to collect data and to simultaneously transmit them. Other benefits of the equipment are the built in USB data port, the easily exchangeable data memory and the topographic visualisation ability. In case the device is applied on a UAV the navigation occurs with the support of a barometric altitude meter and a GPS positioning tool. It determines the accurate geographic coordinates of radiation sources by indicating spots that have significantly different background radiation. The fundamental part of the system is the BNS-98L type doses performance data collector. The measurement range of the gamma radiation from consists of seven magnitudes. The special built-in algorithm changes time constant in case the measured radiation significantly differs from the normal background radiation [22]. Technical specifications of the system are highlighted in Figure 7.

operating range	50 nGy/h-500 mGy/h (15%)
indication range	500 mGy/h-10 Gy/h (30%)
energy range	60 keV-1,5 MeV
alarm levels	2 adjustable / 1 automatic
time set	4 s-120 s
communication	RS-232, 9600 Bps
temperature range	(-25)-(+50) C°
device chassis	hermetic and environmental resistance

Figure 7. Technical specifications of the RABV radiation detection system [23]

To increase the measuring range of the RABV system and other similar systems all required technologies are available. However, the application of an RABV system on a UAV depends on several factors. Barriers of application can be the flight capability, the refuelling and feeding of the UAV and its maximum payload. The expansion of the range of the reconnaissance and the size enlargement of the UAV is not directly proportional. Therefore, in case the requirement is to achieve double reconnaissance range than a double size UAV is not be enough because the weight and the energy consumption of the UAV will significantly increase.

CONCLUSION

Civilizational and technological evolution occurred in the past century, the peaceful utilisation of nuclear energy, industrial factories dealing with hazardous materials and the increase of natural disasters have been presenting new challenges to the professionals of the disaster management sector. These challenges require special procedures and technologies because the detection of a contaminated area cannot be accomplished without the appropriate defence of the assisting personnel. But not only the risk factors evolved in the past century. Due to the technological development such preventive and protection/control equipment and tools appeared like the UAV. In the early years of their existence they were used only by defence forces but later on they have been greatly involved in commercial and disaster management tasks too. It became possible to accomplish disaster prevention and control tasks on a higher level and on the other hand professionals and decision makers could receive appropriate information on time. Today aerial reconnaissance became the essential part of the disaster management system and the continuously developing UAV also contributed to this achievement. Nowadays we are capable to fly above a radiologically, biologically or chemically contaminated area and we can collect and transmit the required data in time. Due to this possibility all dangerous tasks can be performed without risking the life and health of the professional personnel. Several national and international examples can be mentioned to prove this statement. In Hungary –first on Earth- we deployed a micro size UAV in 2006 to support fire fight. In Japan, the aerial reconnaissance of the injured Fukushima nuclear reactor and the surrounding contaminated area was also executed by drones in 2011. Cost-efficiency also has got high priority. Cost-efficiency is feasible because the operational cost of a UAV is far lower than the operational cost of a conventional aerial vehicle. In addition we also receive the similar quality of reconnaissance information from a UAV than from a normal aircraft. However UAVs also have weaknesses like limitations of their maximum payload, limitations of their flight capabilities and limitations of their energy sources.

REFERENCES

- [1] Dr. Békési Bertold, Dr. Palik Mátyás, Dr. Restás Ágoston et. all.: Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek. Nemzeti Közszerológálati Egyetem, Budapest, 2013. page 241. ISBN 978-963-08-6923-2
- [2] Ughy Márton: Douaumont erőd a csata előtt. <https://24.hu/tudomany/2011/12/18/a-verszivattyu-vege-1916/>
- [3] Vámos Krisztián: A repülőgép fejlődése. <http://hirmagazin.sulinet.hu/hu/pedagogia/a-repulogek-fejlolese>
- [4] Palik Mátyás: Pilóta nélküli légi jármű rendszerek légi felderítésére történő alkalmazásának lehetőségei a légierő haderőnem repülőcsapatai katonai műveleteiben. PhD értekezés, ZMNE, Budapest, 2007. page 20.
- [5] Árvai László: Helyből felszálló pilóta nélküli repülőgép konstrukciók és jellegzetes megvalósításai. Hadmérnök, 2011. VI. évfolyam, 1. szám, page 201-212.
- [6] Bimbó József: A NATO Jugoszlávia elleni légi tevékenysége. Hadtudomány X. évfolyam, 2000. 2. szám ISSN 1215-4121
- [7] Bunóczy Sándor – Dudás Zoltán: Hogyan tovább: pilótával vagy nélküle? Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, 2003. VII. évfolyam, 2. szám, page 64-77.
- [8] Dr. Békési Bertold, Dr. Palik Mátyás, Dr. Restás Ágoston et. all.: Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek. Nemzeti Közszerológálati Egyetem, Budapest, 2013. page 284. ISBN 978-963-08-6923-2
- [9] Dr. Békési Bertold, Dr. Palik Mátyás, Dr. Restás Ágoston et. all.: Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek. Nemzeti Közszerológálati Egyetem, Budapest, 2013. page 270. ISBN 978-963-08-6923-2
- [10] Air Photo Service: Fukushima nuclear plant. <http://www.dailymail.co.uk/news/article-1372589/First-clear-pictures-true-devastation-Fukushima-nuclear-plant-Japan-flies-unmanned-drone-stricken-reactor.html>
- [11] Restás Ágoston – Dudás Zoltán: Az UAV katasztrófavédelmi alkalmazásának sajátosságai és humán feltételei. Repüléstudományi Közlemények, 2013. XXV. évfolyam, 1. szám, page 23-45.

- [12] Dr. Restás Ágoston: Az UAV katonai alkalmazásának transzfere a polgári alkalmazás felé: katasztrófavédelmi alkalmazások. Repüléstudományi Közlemények, 2013. XXV. évfolyam, 2. szám, page 626-635.
- [13] Dr. Horváth Zoltán: A Légi felderítés a katasztrófa-helyzetek kezelésének a támogatásában. Hadtudomány, 2005. XV. évfolyam, 3. szám, page 65-74.
- [14] Kovács Gábor: Külső tájékoztató nélküli légi fotók alkalmazási lehetőségei. Diplomamunka, Budapest, 2011. page 6. http://lazarus.elte.hu/hun/digkonyv/szakdolg/kovacs_gabor/kg.pdf
- [15] Dr. Restás Ágoston: A pilóta nélküli repülőgépek (UAV) katasztrófák felszámolásánál történő alkalmazása. Előadásanyag, R-fire: <http://www.r-fire.hu/files/uav-katasztrofa-alkalmazas.pdf>
- [16] Dr. Restás Ágoston: Az erdőtüzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése. PhD értekezés, ZMNE, Budapest, 2008. Page 71
- [17] Northrop Grumman MQ-8B Navy Fire Scout. <https://www.navytimes.com/news/your-navy/2014/11/19/fire-scout-and-seahawk-deploy-together-for-first-time-on-lcs/> (letöltés: 2018. 08. 16)
- [18] Dr. Restás Ágoston: Lektorai vélemény. 7 Oct 2014
- [19] Fire Scout and Seahawk deploy together for first time on LCS http://headline-news.org/hu/MQ%E2%80%93938_Fire_Scout
- [20] Dr. Restás Ágoston – Dr. Grósz Zoltán: A mentés kérdései a pilóta nélküli repülőgépek katasztrófavédelmi alkalmazása során. Bólyai szemle, XXII. évfolyam, 3. szám, page 59-74.
- [21] Dr. Jakab László: Pilóta nélküli repülőeszközök alkalmazása légi ABV felderítésre. Repüléstudományi Közlemények, XVI. évfolyam, 2. szám, page 9.
- [22] Gamma Műszaki Zártkörű Részvénytársaság: Sugárfelderítő rendszer UAV-ra. http://www.gammatech.hu/?mnuGrp=&module=products&lang=hun&group=sugarzasmero_sugarfelderitesi_legisugarfelderitesi&product=rav&termek=&menupath=sugarzasmero-sugarzasmero_sugarfelderitesi_legisugarfelderitesi-&csoport=L%C3%A9gi%20sug%C3%A1rfelder%C3%ADt%C5%91%20eszk%C3%B6z%C3%B6k
- [23] RABV sugárfelderítő rendszer műszaki adatai. Szerkesztette a szerző (MS Word). Forrás: Gamma Műszaki Zártkörű Részvénytársaság: Adatlapok. <http://www.gammatech.hu/?module=downloads&lang=hun&category=datasheets#rav.pdf>

AZ UAV-K ALKALMAZÁSÁNAK FEJLŐDÉSE A SUGÁRFELDERÍTÉS TÜKRÉBEN

Napjainkban a légi járművek alkalmazása a katasztrófavédelmi feladatokban rutinszerűnek mondható, különös tekintettel az árvízvédelmi, légi felderítési, sugár felderítési, kutató-mentő és légi mentő feladatokra. A légi felderítés segítségével hasznos információkhoz juttathatjuk a szakembereket, és ezen adatok kiértékelve és elemezve nagyban segíthetik a megelőzési, védekezési és helyreállítási munkálatokban résztvevők tevékenységét. A légi felderítés egyik nélkülözhetetlen eszköze a légi járműre szerelt fényképet vagy mozgóképet rögzíteni képes technika. A cikkben a szerző vizsgálja a pilóta nélküli repülőgépek alkalmazhatóságát a katasztrófák következményeinek felszámolása során, különös tekintettel a kárterület légi felderítésére. Bemutatja ezeknek az eszközöknek a fejlődési történetét, tipizálását, kialakításukat és működésüket.

Kulcsszavak: légi fotózás, távfelderítés, légi sugárfelderítés, katasztrófa, pilóta nélküli repülőgép

Kiss Béla
századparancsnok
MH 86. Szolnok Helikopter Bázis
kiss.bela1979@freemail.hu
orcid.org/0000-0002-6151-5484

Béla Kiss
company commander
HDF 86th Helicopter Base
kiss.bela1979@freemail.hu
orcid.org/0000-0002-6151-5484



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_3/2018-3-02-0011-Kiss_Bela.pdf

Beneda Károly

UGRÁS A JÖVŐBE – A CFM LEAP-1A HAJTÓMŰ RÖVID ISMERTETÉSE

A repülőgép-hajtóművek fejlesztése napjainkban egyre összetettebb feladat; egy-egy konstrukció évtizedeken keresztül meghatározó szerepet játszik, mire egy új típus bevezetésre kerülhet. Az amerikai-francia kooperációban készülő CFM56 nagy múltú típuscsalád munkálatait is jó harminc év és négy fő változat után nyilvánították befejezettnek, amikor elérkezett az idő, hogy az évtizedek alatt felhalmozott tapasztalatot ne egy már meglévő finomítására fordítsák, hanem új alapokon nyugvó gázturbina szülessen. Ez lett a LEAP¹, amelynek neve által sugallt ugrás valóban bekövetkezett, hiszen ez a hajtómű kihasználva az újdonság jelentette szabadságot, ami a korábbi változatok továbbfejlesztése esetén mindenképpen megköti a tervezők kezét, sikerült jelentős előrelépést létrehozni, amely nagy valószínűséggel meghatározó tényező lesz az elkövetkező évek polgári repülésében.

Kulcsszavak: kétáramú gázturbinás sugárhajtómű, CFM LEAP-1A, Airbus A320neo, repülőgép-hajtómű, ultra-nagy kétáramúsági fok

BEVEZETÉS

Elsőként 2010 decemberében hozták nyilvánosságra az inkább csupán új hajtóműveket takaró, és rendszereiben csupán minimális változást hozó Airbus A320neo² (New Engine Option) repülőgépek fejlesztését [1]. Az új erőforrásokat a Pratt & Whitney és a CFM International jegyzi. Ebben a cikkben a kettő közül másodikként szolgálatba álló CFM LEAP-1A típus kerül részletesebben bemutatásra. E típus fejlesztését ugyan két évvel a repülőgép előtt bejelentése előtt megkezdték [2], mégis számos csúszás hátráltatta a folyamatot. Ennek dacára sok tekintetben sikerült olyan megoldással előállni, ami újdonságnak számít az iparágban [3].

A típusmegjelölésben a CFM International (mely az egyesült államokbeli General Electric és a francia SNECMA – most éppen a Safran Group tagjaként – konzorciumaként még az 1970-es években jött létre) szakított a CFM56 megjelöléssel, utalva arra, hogy itt nagyobb átdolgozás készül. Az előző évtizedek fejlesztéseivel (CFM56-2, -3, -5, -7) szemben viszont nem számokkal, hanem egy betűszóval rukkoltak elő, melyben a kezdőbetűket összeolvasva az a bizonyos, a cikk címében is visszatükröződő „leap”, vagyis „ugrás” áll össze. A következőkben részletesen is olvasható, miféle előrelépést is kínál ez a szerkezet a hagyományoshoz képest. Először egy általános bevezetőt olvashatunk, majd ezt követően elsősorban ATA³-fejezetek szerinti sorrendben követik egymást a különböző témakörök, kivételt csak azoknál a rendszereknél találunk, amelyek nem tartalmazznak számottevő változást, és emiatt összevonásra kerültek.

¹ LEAP: Leading Edge Aviation Propulsion, élvonalbeli repülőgép-hajtómű

² neo: new engine option, új hajtóműváltozatok

³ ATA: Air Transport Association, Légiközlekedési Szövetség

ÁLTALÁNOS GONDOLATOK A HAJTÓMŰRŐL

A CFM56 bázisán, de attól mégis számottevő mértékben elrugaszkodva készült ez a jelenlegi szóhasználat szerint ultranagy kétáramúsági fokú ($\alpha = 11$) sugárhajtómű [3], mely az -5B sorozathoz képest kissé megemelt tolóerő-tartományt fed le, míg elődje 22–33 ezer font (98–147 kN) közötti változatokkal rendelkezett [4], itt a felső határ 35 ezer font (156 kN) [5].

Jelenleg sok adatot még nem közölnek, csupán annyit, hogy fajlagos fogyasztása kb. 15%-kal alacsonyabb a jelenlegiekhez képest [3], vagyis kb. 0,29 lb/lbfh (azaz 0,029 kg/Nh) lehet felszálló üzemmódon (az -5B 0,034 kg/Nh értékét alapul véve). Ezen felül a kompresszor nyomásviszonya $\pi_K^* = 40$, mely szintén közel 15%-kal nőtt a megelőző szériákhoz képest, ahol 35 környéki értékekkel találkozhattunk.

A turbina előtti gázhőről semmit nem közölnek, természetesen üzemi paraméterként nem is azt, hanem a kisnyomású turbina belépő hőfokát mérik, ahol felszálló üzemmódon 1060 °C a megengedett határ [5] (a CFM56-5B-n ez 950 °C volt [6]), melyet a hajtómű 5 percen keresztül képes egyhuzamban elviselni. Azt hozzá kell tenni, hogy a CFM56 családon egy fokozattal hátrébb, a KNYT⁴ 2. fokozat állólapátjaiban voltak a hőelemek elhelyezve, vagyis mérsékeltebb hőfokú közegben dolgoztak. A névleges teljesítményhez tartozó MAX. CONTINUOUS gázhő 1025 °C [5]. Ezt nevéből adódóan korlátozás nélkül bármeddig alkalmazhatja a személyzet, ha szükség van rá. A CFM56-nál megszokott módon, az indításkori megengedett érték ehhez képest jóval alacsonyabb, hogy a még hideg alkatrészeket ne érhesse akkora hősokk, az itt definiált határ 750 °C.

Ha becsülni szeretnénk a turbina előtti gázhőt, a megadott maximális KNYT előtti 1060 °C hőfokhoz figyelembe kell vennünk azt az entalpia-változást, amelyet a NNYT⁵ a kompresszorának hajtására fordít. Ehhez legelőször határozzuk meg a KNYK⁶ nyomásviszonyát, az alapján, amit a [7] közöl a NNYK⁷ nyomásviszonyát illetően:

$$\left. \begin{array}{l} \pi_K^* = 40 \\ \pi_{NNyK}^* = 22 \end{array} \right\} \rightarrow \pi_{KNyK}^* = \frac{\pi_K^*}{\pi_{NNyK}^*} = \frac{40}{22} = 1,82 \quad (1)$$

ahol:

- π_K^* – a teljes kompresszor torlóponi nyomásviszonya (-)
- π_{NNyK}^* – a NNYK torlóponi nyomásviszonya (-)
- π_{KNyK}^* – a KNYK torlóponi nyomásviszonya (-)

Következő lépésként becsüljük meg a NNYK belépő hőfokát, a belépésnél a NEL⁸ szerinti 288 K hőmérsékletet, valamint a KNYK izentrópus hatásfokára $\eta_s^{KNyK} = 0,88$ értéket feltételezve:

⁴ KNYT: kisnyomású turbina

⁵ NNYT: nagynyomású turbina

⁶ KNYK: kisnyomású kompresszor

⁷ NNYK: nagynyomású kompresszor

⁸ NEL: Nemzetközi Egyezményes Légkör

$$T_{1,NNyK}^* = T_{2,KNyK}^* = T_{1,KNyK}^* \cdot \left[1 + \frac{\left(\pi_{KNyK}^* \frac{\kappa-1}{\kappa} - 1 \right)}{\eta_{KNyK}^s} \right] =$$

$$= 288 \text{ K} \cdot \left[1 + \frac{(1,82^{0,2857} - 1)}{0,88} \right] = 349,06 \text{ K} \quad (2)$$

Az (2) egyenletben alkalmazott változók:

- $T_{1,NNyK}^*$ – a NNyK belépő hőmérséklete (K)
- $T_{1,KNyK}^*$ – a KNyK belépő hőmérséklete (K)
- $T_{2,KNyK}^*$ – a KNyK kilépő hőmérséklete (K)
- η_{KNyK}^s – a KNyK izentrópiikus hatásfoka (-)
- κ – a levegő adiabatikus kitevője (-)

A KNyK számításánál – tekintettel az ott alkalmazott csekély nyomásviszonyra és a belőle következő kismértékű hőfok-változásra – a κ adiabatikus kitevőt állandónak vettük.

Ebből pedig már meghatározható az NNyK-ban végbemenő sűrítés hatására előálló hőmérséklet-különbség:

$$\Delta T_{NNyK}^* = T_{1,KNyK}^* \cdot \left[\frac{\left(\pi_{NNyK}^* \frac{\kappa-1}{\kappa} - 1 \right)}{\eta_{NNyK}^s} \right] = 349,06 \text{ K} \cdot \left[\frac{(22^{0,2857} - 1)}{0,86} \right] = 575,71 \text{ K} \quad (3)$$

ahol:

- ΔT_{NNyK}^* – a NNyK-ban végbemenő hőmérséklet-növekedés (K)
- η_{NNyK}^s – a NNyK izentrópiikus hatásfoka (-)

A (3) egyenletben eltekintettünk a κ adiabatikus tényező hőmérséklet-függésétől, az izentrópiikus hatásfokra pedig a kompresszor hátsóbb fokozataiban kialakuló kedvezőtlen jelenségek (pl. határréteg megvastagodás stb.) kisebb értéket vettünk fel a kisnyomású fokozatokhoz képest.

Ha elhanyagoljuk a kompresszor és turbina tömegáramai közötti különbségeket, akkor állandósult állapotban a gépegységek technikai munkájának kell egyenlőnek lennie egymással:

$$w_{NNyK} = c_{pl} \cdot \Delta T_{NNyK}^* = w_{NNyT} = c_{pg} \cdot \Delta T_{NNyT}^* \quad (4)$$

ahol:

- w_{NNyK} – a NNyK fajlagos technikai munkája (Jkg^{-1})
- c_{pl} – a NNyK jellemző (levegő) közepes izobár fajhője ($\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$)
- w_{NNyT} – a NNyT fajlagos technikai munkája (Jkg^{-1})
- c_{pg} – a NNyT jellemző (gáz) közepes izobár fajhője ($\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$)
- ΔT_{NNyT}^* – a NNyK-ban végbemenő hőmérséklet-növekedés (K)

A fajhő a hőmérséklet és az égés során bekövetkező anyagi minőség megváltozása miatt nő, így tehát a turbinában jellemző izobár fajhő közelítőleg 1,2-szerese a kompresszorban áramló levegőének. Emiatt tehát a turbinában lejátszódó hőmérséklet csökkenésre átrendezve a (4) egyenletet kapjuk:

$$\Delta T_{NNyT}^* = \frac{c_{pl}}{c_{pg}} \cdot \Delta T_{NNyK}^* = \frac{1}{1,2} \cdot 575,71 \text{ K} = 479,76 \text{ K} \quad (5)$$

Ezzel megbecsülhetjük a felszálló üzemmódon az égéstér kilépő keresztmetszetében kialakuló gázhőmérsékletet, miután az [5] által megadott maximálisan megengedett hőfok a KNyT belépő keresztmetszetére vonatkozik:

$$T_{3,NNyT}^* = T_{3,KNyT}^* + \Delta T_{NNyT}^* = (1060 + 273) K + 479,76 K = 1812,76 K \quad (6)$$

$$t_{3,NNyT}^* = 1812,76 K - 273 K = 1539,76 \text{ } ^\circ\text{C} \approx 1540 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7)$$

Ez teljesen megfelel annak a technológiai szintnek, amelyet bár nem a GE, hanem a RR hajtóművekkel kapcsolatban hoztak nyilvánosságra [8], de feltehetjük, hogy a két gyártó nagyjából azonos képességekkel rendelkezik, így elfogadható a kapott érték.

A hajtómű száraz tömege nagyon sokat nőtt, köszönhetően annak, hogy nemcsak több fokozatot tartalmaz a legtöbb gépegységben (egyedül a kisnyomású kompresszor kivétel, ahol eggyel csökkent a fokozatszám), hanem az átmérők is sokkal nagyobbak a majdnem megduplázott kétáramúsági fok miatt. A hajtómű hossza 292-ről 332 cm-re nőtt [5][6], vagyis 40 cm-rel lett hosszabb, az átmérő pedig közel 25 cm-rel nőtt. Egy érdekesség, bár maga a gázturbina hengeres szegmensekből áll, a segédberendezések a szélességben és magasságban már eltérést okoznak. Míg a CFM56-5 családon a kihajtás a hajtómű alatt, 6 órasi pozícióban helyezkedett el, addig a LEAP-1A-n helyhiány miatt (lásd később) 8 órasi pozícióban, a ventilátorház bal oldalán található, így egy CFM magasabb, mint szélesebb, a LEAP pedig fordítva. Az alábbi fotómon-tázs a CFM LEAP-1A (bal oldalt) és az IAE⁹ V2500-zal (jobb oldalt) szerelt változatokat hasonlítja össze.



2. ábra CFM LEAP-1A összehasonlítása az A320ceo¹⁰ egyik hajtóműváltozatával (IAE V2500) [9]

ATA 71 – HAJTÓMŰ

Már a hajtómű beépítési környezetében, a gondolában találunk érdekességeket kezdve a ventilátor burkolat zárjait ellenőrző elektromos és vizuális biztonsági rendszerrel, amely a nyitva hagyott zárok és ezen keresztül a burkolat elhagyása ellen került bevezetésre. Érdekesség, hogy az utóbbi időben az A320 típuson több „Fan Cowl Loss” is történt, részint a burkolat zárjainak nem megfelelő kezeléséből fakadóan [10]. Emiatt itt már mindhárom zárat ellátták közelségkapcsolókkal, amelyek elektromos jelet szolgáltatnak, az így létrehozott távérzékelés a pilótafülkében rögtön jelzést biztosíthat a burkolati elemek nem megfelelő rögzítéséről. Ezen felül a

⁹ IAE: International Aero Engines

¹⁰ ceo: current engine option, jelenlegi hajtóműváltozatok

helyszínen mechanikus működésű jelzést is beiktattak: a mellső zár horga egy bowdenen keresztül mozgat egy piros-sárga csíkosra festett jelzőzászlót, amely a zár nem teljesen zárt állapotában kibújik a burkolat alól, messziről észrevehetően, ahogy a 3. ábrán is látható. Ez már a repülőgép körüli munkavégzés során figyelmezteti a szerelőt a zárok nem megfelelő állapotára.



3. ábra CFM LEAP-1A ventilátorburkolat feszítőzárjának nyitott állapotát jelző zászló (a szerző felvétele)

A másik igazi eltérés a CFM56-5A/B változatokhoz képest a sugárfékben mutatkozik. Szakítottak az ott alkalmazott négy nagy kibillenő ajtót magában foglaló változattal, és a hátrasikló burkolat mellett döntöttek. A többi CFM változattal ellentétben itt a mozgó felület két oldala zárral kapcsolódik, ez igényli a hidraulikus munkahengerek teljes szinkronizálását a megszorulás ellen. Ez viszonylag ritka megoldás, de pl. az A320ceo gépek IAE V2500 hajtóműveinél van (WizzAir is ilyeneket használ [11]).

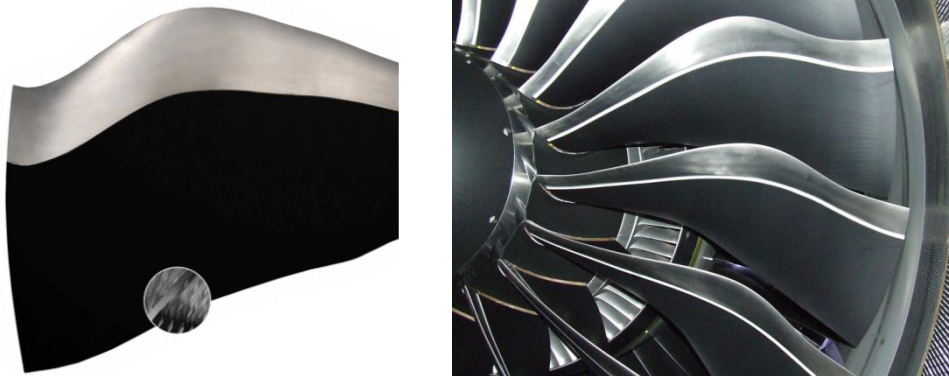
ATA 72 – GÁZTURBINA

A hajtómű természetesen sok újdonságot sorakoztat fel. Az első, kívülről szembeötlő jellegzetesség maga a ventilátor, amely a maga 198 cm-es átmérőjével akkora, mint egy Boeing 757-esen alkalmazott PW2000-esé [12]. Természetesen, itt már nem 6, hanem 11 a kétáramúsági fok, így ugyanakkora méretből nem 200, hanem csak közel 150 kN tolóerőt lehet létrehozni. Viszont az előd CFM56-5-höz képest így is 25 cm-rel nőtt az átmérő, így a segédberendezések áttételháza nem fért el a ventilátor alatt, hanem a mellé kellett elhelyezni, úgy, mint a már eleve helyhiánnyal küzdő 737-esekre készült CFM56-3, és -7 esetén [13].

Visszatérve a ventilátorra: természetesen szakítottak az -5-ös változat keskeny húr hosszúságú lapátozásával, és a széles húr hossz mellett döntöttek. Lényegében felezték a lapátok számát, így az összesen 18 lapát eléggé szellős képet nyújt, lényegében átlátni a „kályhacsövön”. Itt szénszálas erősítésű technológiát alkalmaznak a tömegcsökkentés végett, azonban a kompozit ellenállóbbá tétele megkívánja a belépőél titán fóliával való bevonását. Ez a technológia nagyon fontos a tömegcsökkentés miatt, ami a CFM brosúrája szerint kb. 230 kg-mal kisebb össztömeget biztosít [3]. Azt azért hozzá kell tenni, hogy a korábbi változatok 2300 kg-jához képest itt most 2900 kg körül járunk [5].

A hajtómű a szerkezeti kialakítás terén nem kínál újat, a kisnyomású kompresszor ún. buszter fokozatai, melyek a ventilátort követik a belső áramban, a ventilátor tárcsa hátfalára vannak csavarkötéssel rögzítve. Ezáltal a hagyományos kéttengelyes megoldást valósították meg, aminek viszont az a hátránya, hogy a ventilátor nagy átmérője miatt ezek a lapátsorok már csak

csekély kerületi sebességgel, ezen keresztül nyomásviszonnyal rendelkeznek, amint azt fentebb, az (1) egyenletben láthattuk. Továbbá, a mérsékelt fordulatszám miatt elég sok az igényelt turbinafokozatok száma (itt pl. hét).

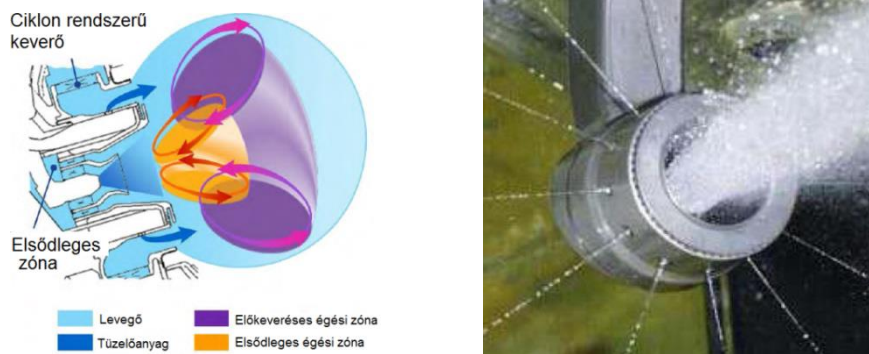


3. ábra Karbon szálerősítésű kompozit ventilátorlapát titán védőréteggel a belépőélen a gyártó brosúrájából (forrás: [3]) valamint beépített állapotban (a szerző felvétele)

A nagynyomású kompresszort tíz fokozat alkotja, amely eggyel több, mint a CFM56 gázgenerátorában alkalmazott fokozatszám, ami egyébként az F110-GE-129 katonai hajtóműből származik [13]. Ami itt érdekes lehet, hogy az első öt fokozatnál szakítottak a hagyományos tárcsalapát összeállítással, és egyben megmunkált lapátos tárcsákat (blisk¹¹) alkalmaznak.

Az égéstér alapjaiban különbözik az eddigi konstrukcióktól, ugyanis előkeveréses kétkoszorús megoldást hoztak létre, mely a GENx hajtómű TAPS¹² továbbfejlesztése [14].

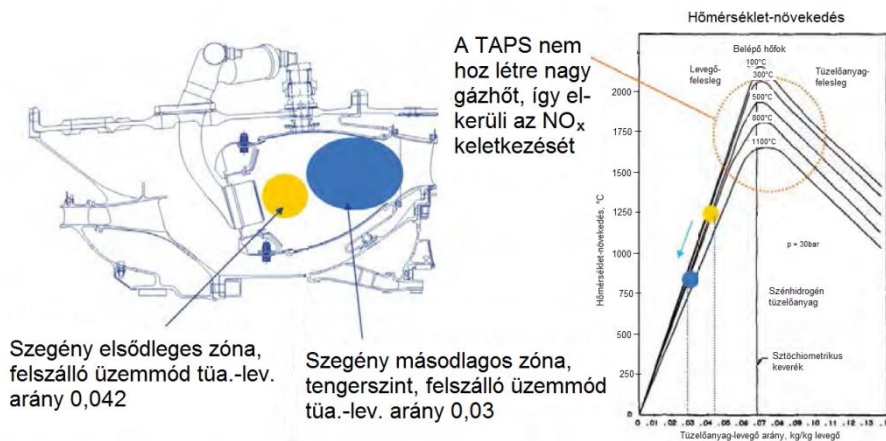
Ez a kialakítás – a szegény keverékképzésnek köszönhetően – nagymértékben javítja a fogyasztás, valamint a károsanyag-kibocsátás jellemzőit, és önmagában elég lenne egy könyv megtöltésére. Érdekesség, hogy a tüzelőanyag-betáplálást viszonylag kevés, ráadásul páratlan számú (19 db.) fűvóka végzi, ez eggyel kevesebb, mint az A320ceo régi hajtóművein alkalmazott fűvókaszám.



4. ábra Tüzelőanyag-fűvóka kialakítása a TAPS égéstérben ([14] alapján)

¹¹ blisk: bladed disk, lapátos tárcsa

¹² TAPS: Twin Annular Pre-Swirler Combustor, iker előkeveréses égéstér



5. ábra Égési zónák a TAPS égéstérben ([14] nyomán)

Egy további érdekesség az additív gyártástechnológiával (háromdimenziós nyomtatással) létrehozott tüzelőanyag fűvóka, amellyel szintén egyszerűsíthető a gyártási folyamat, továbbá az összetett geometria sem jelent nehézséget [3]. Az additív technológia egyre nagyobb teret hódít a gázturbinák terén is, mivel minden tekintetben előnyös konstrukciót lehet elérni. Egyszerre könnyű, olcsó, és ellenálló szerkezetet lehet alkotni, tehát minimális a kompromisszum, amit egy ilyen alkatrész létrehozásakor vállalni kell.



6. ábra Additív gyártási technológiával készült tüzelőanyag-fűvóka (forrás: [15])

A turbinákban mindenütt emelkedett a fokozatszám a CFM régi változataihoz képest, ahol mindössze egy fokozat elég volt a nagynyomású forgórésznek, és négy (kivéve -5C, ahol 5 fokozat is kellett) a kisnyomásúban. Itt most a megoszlás 2NNyT és 7KNyT. Ez jelentősen kihat a hajtómű statikus elemeire, ugyanis itt a két turbinaegység között is kell egy kellően masszív bordarendszer, mely a nagynyomású forgórészt hátulról támogatja. Ez, és a 2-es csapágy kialakítása nagymértékben hasonlít a GP7200-as hajtóművön alkalmazott megoldásra, amely ellentétben a szokásos elől golyós-, utána hengergörgős csapágyazással, itt a mellső a görgős, a 2-es számú pedig a mélyhornyú golyós, ami a kisnyomású forgórész axiális erejét hivatott átadni a hajtóműház szerkezetére.

ATA 73 – TÜZELŐANYAG- ÉS SZABÁLYOZÓRENDSZER

A tüzelőanyag-rendszert érte talán a legnagyobb változtatás. Az alap feladatán, az égéstérbe való szabályozott betápláláson túl megmaradtak a szervorendszerek hidraulikus munkahengerei

és az olajrendszer hűtését szolgáló hőcserélők is, de ezeknek a felépítése igen sok ponton módosult a régebbi konstrukciókhoz képest.

A tüzelőanyag hűtőközegként való alkalmazása nem új keletű, mint ahogy az sem, hogy nem csak a hajtómű, hanem az váltófeszültségű generátor (illetve itt már a fordulatszám-állandósító áttétellel egybeépített egység, az IDG¹³) olajának hűtésére is felhasználják. Azonban a CFM56-5 változaton az erre szolgáló hőcserélő még a tüzelőanyag-rendszer visszafolyó ágában került elhelyezésre, ahol már felmelegedett (akár 130°C-nál is forróbb) tüzelőanyag áramlik, értelemszerűen rontva az olaj hűtésének hatékonyságát. Ezt már a -7 változaton módosították úgy, hogy a kisnyomású szivattyúból éppen kilépő, közvetlenül a tartályból érkező friss kerozint vezetik az olajhűtőre, így biztos megfelelő lesz annak működése [4]. Ezt az elrendezést vette át a LEAP-1A is.

A GE és PW hajtóművek között leggyakrabban azt a különbséget lehet látni, hogy míg a Pratt a modulálható rendszerek szervoszelepeit a munkahengereken szokta elhelyezni, és odáig csak egy állandó referencianyomást továbbít a rendszer, ezáltal a tüzelőanyag adagolásért egy önálló egység felel, ez az FMU¹⁴ nevet viseli [4]. A GE hagyományosan kombinálja a tüzelőanyag adagolás és szervó funkciókat egyetlen Hidromechanikus Egységben (HMU¹⁵). Ennél az új hajtóműnél annyi levegőrendszerbeli szervoszelep született, hogy már nem volt lehetséges a régi megoldás alkalmazása, terveztek tehát egy különálló FMU-t, ami a tüzelőanyag adagolásért felelős, és van egy független SCU/SVA¹⁶, amely a szervorendszerek elemeit foglalja magában. Megállapítható, hogy szétvált az adagolás és a szervoszelepek elhelyezése, ez utóbbiak mégsem kerültek egyesével az adott rendszer munkahengereire, ami a Pratt & Whitney hajtóműveire jellemző [17]. További érdekesség, hogy az FMU a ventilátor házon, az SCU/SVA pedig a nagynyomású kompresszor alatt, a belső áram közvetlen közelében található.

Az SCU/SVA tartalmaz ezen felül egy érdekes szelepet, mely szintén modulálható, ez pedig a PMV¹⁷ névre hallgat. A FADEC¹⁸ rendszerek esetében szinte mindenütt FMV¹⁹-nek titulálják az adagolószelepet, ez viszont a Pilot Metering Valve. Feladata a fő fűvókakoszorú egyes fűvókái között osztja meg a folyadékot, mivel a TAPS rendszerrel a primer kör egy dús és egy szegény részre van osztva (4 PPM²⁰ és 15 PPM²¹ az összesen 19 fűvókából).

Egy hagyományosan A320-as megoldás a tüzelőanyag visszaeresztése a tartályokba, amennyiben a hőcserélők működése megkívánja az emelt tüzelőanyag-szállítást, miközben a hajtómű által felhasznált mennyiség nem éri el ezt az értéket, a „fölösleg” visszakeringtethető a tartályba. Természetesen számos hajtóművet és repülőgépet (leginkább a tüzelőanyag-tárolást) érintő feltételnek kell teljesülnie, hogy használható legyen ez az opció, de kétségkívül hasznos, hogy az olajhőmérséklet jobban, extrém körülmények között is kordában tartható. Míg a CFM56-5 esetén a visszaeresztésért felelős FRV²² még csak háromállapotú szelepként

¹³ IDG: Integrated Drive Generator, egyesített meghajtással rendelkező generátor

¹⁴ FMU: Fuel Metering Unit, tüzelőanyag-adagoló egység

¹⁵ HMU: Hydromechanical Unit, hidromechanikus egység

¹⁶ SCU / SVA: Split Control Unit / Servo Valve Assembly, különálló szabályozó egység / szervoszelep egység

¹⁷ PMV: Pilot Metering Valve, elsődleges fűvókakoszorú adagolószelepe

¹⁸ FADEC: Full Authority Digital Electronic Control, teljes hatáskörű digitális elektronikus szabályozás

¹⁹ FMV: Fuel Metering Valve, adagolószelep

²⁰ PPM: Pilot Primary/Main enriched – elsődleges / fő fűvókák dús keverékkel

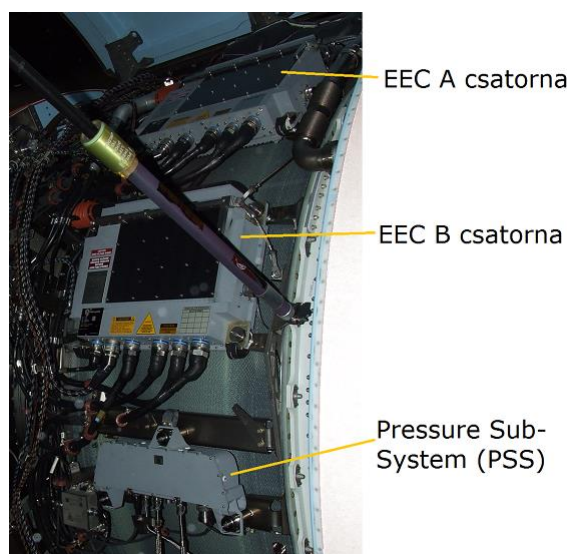
²¹ PPMne: Pilot Primary/Main non enriched – elsődleges / fő fűvókák szegény keverékkel

²² FRV: Fuel Return Valve, tüzelőanyag visszakeringtető szelep

viselkedett, addig az újratervezett FRV már modulálni képes, ezáltal fokozatmentes változtatást tud biztosítani.

Az a nagyobb GE hajtóműveken (pl. CF6-80C2 [16]) volt szokásos, hogy a tüzelőanyag szűrő külön egységet képez, nincs a szivattyúkkal egy házba integrálva, továbbá a fő szűrőn kívül a szervo rendszereknek egy kisebb, öntisztuló szűrőt is tartalmaz. Ez itt is így került kivitelezésre, szemben a CFM56 integrált kialakításával.

A védelem terén is jelentős módosulást tapasztalhatunk, a GE szakított a hagyományosnak mondható, a CFM56-5 és -7 (FADEC-es) és a CF6-80C2 és -E1 változatokon alkalmazott röpsúlyos túlpörgés elleni védelemmel [16]. Ez ugyanis szükségessé tette az HMU összekötését a nagynyomású tengellyel, vagyis az HMU áttételházra való szerelését. Itt vélhetően nem lett volna elég hely, továbbá az elmúlt években a fentebb említett GP7200 hajtómű kapcsán létrejött a GE és a PW között egy bizonyos párbeszéd a közös fejlesztés kapcsán. Ez adhatta minden bizonnyal az „ihletet” arra vonatkozóan, hogy amennyiben a rendszer meghibásodást észlel (pl. túlpörgés), akkor a PW által előszeretettel alkalmazott alapjáratra történő fordulatszám-csökkentést [17] implementálták ebbe a rendszerbe is (a röpsúlyos GE megoldás csak határolásra volt képes, nem engedte a fordulatszám további növekedését túlpörgés esetén, itt pedig drasztikus redukció jön létre). Addig azonban még a Pratt hajtómű szabályozórendszerek sem merészkednek el (csak bizonyos fokig a Rolls-Royce-ok teszik), hogy adandó alkalommal automatikus vészleállítást is eszközöljenek. A LEAP-1A azonban – természetesen szigorúan csak a földön – ilyenre is képes, feltéve, hogy az imént említett fordulatszám-csökkentésre már kiadta a parancsot, a hajtómű azonban még erre sem reagált.



7. ábra A FADEC rendszer elektronikus egységei (EEC A és B csatorna, valamint PSS) a ventilátorház jobb oldalán (a szerző felvétele)

A FADEC rendszer fő számítógépe is számos újdonságot tartogat. Eddig az volt a megszokott, hogy a két csatorna, valamint a nyomásérzékelők egy közös házba kerültek. Vélhetően a már így is tetemes átmérő miatt itt a három funkciót három dobozba szervezték ki: van két egymással egyenértékű EEC²³ csatorna (A és B), valamint a harmadik szerkezet alapvetően a

²³ EEC: Electronic Engine Control, elektronikus hajtóműszabályozó egység

nyomásérzékelőket rejti, ez a PSS²⁴. Ez utóbbinak egyéb funkciója is van, pl. tartalék kommunikációs csatornaként szolgálhat a két csatorna között, illetve a hajtómű beállításait tartalmazó azonosító dugó (Identification Plug) is ide csatlakozik. Az elrendezést a 7. ábrán láthatjuk.

A nyomásérzékelés terén egy további érdekességet szükséges kiemelni. A CFM56 család fejlődéstörténetét végigkísérve a ventilátor előtti nyomásmérés alakulása igen furcsa fordulatot vett. Először is le kell szögezni, hogy a belépő keresztmetszetben legjobb a torlóponthoz közeli nyomást mérni, ahogyan azt számos PW és RR hajtóművön is teszik [17]. Ezzel szemben a GE-nek egy bevett szokása volt (már a korábbi tervezésű CF6-okon is), hogy mindössze statikus nyomást mérnek itt (ezt PS12-nek nevezik), és abból próbálnak számolni valamit. A korai CFM56 változatokon (-2 és -3) még négy nyomásfelvevő furatot lehetett találni a ventilátorlapátok belépője előtt, ezek a MEC²⁵ nevezetű hidromechanikus szabályozóegységbe, valamint a PMC²⁶ elektronikus (analóg) számítógépbe kerülnek feldolgozás céljából [13]. Az első FADEC-es változaton, az -5-ösön még megvolt három az eredeti négyből, de az ECU²⁷ (a rendszer központi, digitális számítógépe) normál esetben az Air Data Computerből származó torlóponthoz közeli nyomásra támaszkodott alapesetben, és csak ennek hiánya vezetett a saját mérésből származó adat felhasználására. A -7B esetében már ennél is tovább merészkedtek, eltűnt az összes nyomásfelvevő furat, és csak a repülőgép rendszerei által mért érték áll rendelkezésre. Ez természetesen a szabályozást is érintette olyan formán, ha az összes ilyen mérés megbízhatatlan (pl. nem működik a szondák jégtelenítése), akkor nincs saját adat, ami helyettesítésként ilyenkor beléphetne, vagyis tartalék üzemmódot kellett létrehozni. Ez egyébként a CF6-80C2 és -E1 verzióknál is hasonlóképpen végbement, joggal lehet tehát feltételezni, hogy a '80-as években tervezett első generációs FADEC változatok még rendelkeztek saját méréssel, a II. generációs FADEC-ek a '90-es években már nem.

És itt jön a csavar: a LEAP-1A ismét rendelkezik PS12 méréssel, vagyis úgy tűnik, visszatérnek a „kályhához”. Természetesen ebből messzemenő következtetéseket nem szabad levonni, főleg alig egy évvel a szolgálatba állást követően, de mindenképpen érdekes fordulat. Azt azért hozzá kell tenni, hogy a B737MAX változatokra készülő LEAP-1B-n ismét nincs saját PS12 mérés... Vagyis a végső konklúzió olyasformán hangozhat, hogy inkább a repülőgépgyár filozófiája állhat a ventilátor előtti nyomásmérés meglétének vagy hiányának a hátterében.

ATA 75 – LEVEGŐRENDSZER

A hajtómű belső levegőrendszere szintén jelentősen módosult, amelyet a GE gyakorta „parazita” levegőnek is nevez, tekintettel arra, hogy a technológiai célokra elvett levegő közvetlenül nem vesz részt a tolóerő létrehozásában. Ez a rendszer általában turbina részvezérlés és kompresszor szabályozás alrendszerre bontható, itt is ekképpen tárgyalom az egyes részeket.

A turbina részvezérlés már az első FADEC-es CFM56-5 óta aktív volt mind a kis-, mind pedig a nagy nyomású turbinán. Egymástól függetlenül modulálható rendszer volt kiépítve, különböző forrásokkal az eltérő igényeknek megfelelően. A LEAP-1A-n a két rendszer egymás mellett

²⁴ PSS: Pressure Subsystem, nyomás(mérő) alrendszer

²⁵ MEC: Main Engine Control, fő tüzelőanyag-szabályozó automata (hidromechanikus)

²⁶ PMC: Power Management Control, tolóerő-szabályozó kiegészítő egység (analóg számítógép)

²⁷ ECU: Electronic Control Unit, elektronikus szabályozó egység, lényegében az EEC szinonimája, de egy adott hajtóművön csak egyiket használják megnevezésként

került kiépítésre, mindkettő a ventilátortól elvett levegőt alkalmaz, melyet modulálható mennyiségben képes ráengedni az adott turbínaház külső felületére, ezáltal befolyásolván annak hőtágulását, ezen keresztül pedig a ház és a lapátvégek közötti rést. A két szelep egymással csereszabatos, ami nem volt elmondható a CFM-es megoldásokra, ezáltal egyszerűsödik a karbantartás is.

A hűtést végző rendszerek között megjelent a modulálható turbínahűtés. Olyan már volt korábbi fejlesztéseken (PW2000, PW4000 [17] és CF6-80 típusokon [16]), hogy az utazó üzemmódon, amikor a hajtómű hőterhelései nem kimondottan nagyok, csökkentik a turbínába juttatott hűtőlevegőt, mert ami bent marad a főáramban, az tolóerőt generál, nem pedig veszteség lesz. Így javítható az utazó konfigurációban a hajtómű hatásfoka. Érdekes, hogy a PW2000-n szintén modulálható a rendszer (igaz, ezt csak 1994-ben vezették be, mint módosítást, és nem a tervezéskor került bele), a másik kettő csak kétállású szelepekkel tudja lépcsőben befolyásolni a hűtőlevegő mennyiségét. A LEAP-1A-n modulálható a rendszer, az érdekessége, hogy míg az előzőek a NNyT 2. fokozatának hűtésére szolgáló rendszerek, itt rögtön az 1. fokozatról van szó, ahol a hűtőközeg a kompresszor kilépő levegője, mely felszálló üzemmódon már meghaladja a 600 °C-ot is.

A hagyományos kompresszor szabályozások, mint változtatható állólapátok és modulálható pompázsszelepek a kis- és nagynyomású forgórészek között szintén megtalálhatóak.

A változtatható állólapátok VSV²⁸ lényegi változást nem tartalmaz, csupán az eggyel növelt fokozatszámhoz eggyel több állítható terelőlapát-sor tartozik, az eddigi állítható IGV²⁹ és 3 fokozat állólapátját kiegészítették a 4. fokozat állólapátolásával.

A KNyK modulálható pompázsszelep-rendszere, a VB³⁰ már több újdonságot tartalmaz. Eddig a ventilátor bordázatának osztásközeiben helyezkedett el összesen 12 ajtó a kerület mentén, most ezek számát csökkentették nyolcra. Az igazi eltérés a lineáris hidraulikus munkahengerek alkalmazása a fogaskerekes hidromotor helyett (bár ezt a GE már a CF6-03-on régóta alkalmazta, ill. a CFM56-7-en is megjelent); továbbá az, hogy a VBV ajtók nem kifelé, a külső áram irányába nyílnak, hanem befelé, tehát „belemarnak” a primer áram légtömegébe a csatorna külső oldalán, ahol a centrifugális erőviszonyok miatt nagyobb koncentrációban várható szilárd vagy folyékony halmazállapotú szennyeződés. Ez a megoldás kimondottan a nemkívánatos részecskéknek az eltávolítását hivatott jobb hatásfokkal művelni, amellet, hogy a kieresztett levegő természetesen stabilizálja a KNyK áramlási viszonyait [3].

Az egyre növekvő nyomásviszony, mely egyedül a NNyK esetében 22:1 értéket tesz ki [7], egyre erősebb instabilitásait okozza a kis fordulatszámokon történő üzemállapotokban (alapjárat környéke, avagy indításkori tranziens során). Erre a régebbi CFM56-okon egy indításkor, majd az újabb változatokon egy átmeneti állapotokban (indítástól a NNyK akár 80%-os fordulatszámáig) működtetett pompázsgátló szelep volt hivatott. Itt mindkettő megoldást együttesen alkalmazzák, van Start Bleed és Transient Bleed Valve is. Az előbbit egyébként a buszter fokozatok jégtelenítésével kötötték össze, tehát SB/BAI³¹ elnevezésű rendszerrel lehet találkozni; a második feladat az osztóél jégtelenítéséért felel, és mindkét funkció modulálható (bár nem egymástól

²⁸ VSV: Variable Stator Vanes, állítható terelőlapátsor

²⁹ IGV: Inlet Guide Vane, belépő terelőlapátsor

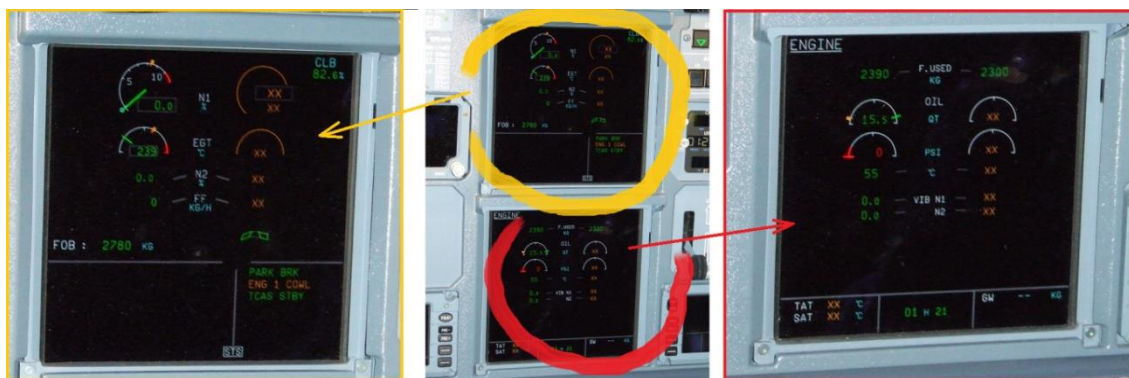
³⁰ VBV: Variable Bleed Valve, modulálható pompázsszelep

³¹ SB/BAI: Start Bleed / Booster Anti-Ice, indításkori pompázsgátló szelep, buszter jégtelenítéssel

függetlenül). A TBV³² annyiban módosult, hogy az általa elvett levegőt nem a KNYT első fokozat állólapátjaiba vezetik többlet hűtőlevegőként, hanem a KNYT kilépéséhez, lényegében a belső áram fűvócsövébe továbbítják, olyan kialakítású csöveken keresztül, mint a CF6-80 Low Pressure Recuperated Air hűtőrendszerrel, bár itt hűtési célt nem emeltek ki a leírások.

ATA 77 – JELZŐRENDSZER

A jelzőrendszer továbbra is az ECAM³³ rendszeren alapul (részletesebb leírását lásd a [18]), de természetesen az A318-nál bevezetett továbbfejlesztett (Enhanced) verziót vették alapul. Új megjelenítendő paraméter nincs, a jelzések a megszokott módon helyezkednek el az alsó és felső képernyőkön (lásd 8. ábra).



8. ábra ECAM képernyők az A320neo repülőgép műszerfalán (a szerző felvétele)

Az egyes szenzorok viszont már bizonyos fokig eltérnek. A kisnyomású forgórész fordulatszám-érzékelője a CFM56-oknál a ventilátorház külső felületén elhelyezkedő, az egyik bordán végighúzódnó nyíláson keresztül ér be a tengelyig. Itt a megnövekedett átmérő miatt nem lett volna gazdaságos olyan hosszú szondát építeni, így nem kívülről, hanem a külső és belső áramokat elválasztó közbülső házon (Fan Frame Mid-box) került elhelyezésre, ami a CF6 és PW4000 hajtóműveknél már látott megoldás (ezek nem a kétáramúsági fokuk, hanem tolóerejükből eredendően rendelkeztek túlzott méretekkkel, amely ezt a kivitelt szükségessé tette).

A nagynyomású forgórész fordulatszámát az áttételház hátuljára erősített szenzor figyelte a CFM56-nál, a LEAP-1A-n ez az áttételházat hajtó tengely burkolatára került át.

A gázhőmérséklet (EGT³⁴) mérése változott számottevően, egyrészt előrébb került (KNyT 2. helyett 1. fokozat állólapátjaiba), másrészt nem 9, hanem csak 8 érzékelőt alkalmaznak, ezek azonban nem közösen futnak a két EEC csatornába, hanem mindkét csatorna 4–4 érzékelőt felügyel, ezáltal a rendelkezésre álló jelek száma – és így a megbízhatóság is – kicsit megnő. Az alkalmazott hőelem típus továbbra is a K, azaz a nikkel-króm–nikkel-alumínium (krómel-alumel) párosítás.

Ami nagy eltérés az előző verziókhoz képest, hogy a vibráció mérését nem különálló elektronikus egység, hanem maga az EEC végzi. Nincs tehát EVMU³⁵, nincs szükség a független

³² TBV: Transient Bleed Valve, átmeneti állapotok pompázsgátló szelepe

³³ ECAM: Electronic Centralized Aircraft Monitoring, Központi elektronikus repülőgép felügyeleti rendszer

³⁴ EGT: Exhaust Gas Temperature, (kilépő) gázhőmérséklet

³⁵ EVMU: Engine Vibration Monitoring Unit, hajtómű vibrációmérő egység

analog fordulatszám-adatra a két tengelyről emiatt, mondhatjuk, „házon belül” megoldja az EEC, mert ezek az információk amúgy is szükségesek a szabályozás és a sorrendvezérlések (pl. indítás) kapcsán. Érdekes lenne az EEC mélységeibe is belelátni, hogy milyen elektronikai áramkörök tették lehetővé a hagyományosan nagy számító kapacitást igénylő vibrációmérés integrálását a szabályozó egységbe. Összehasonlításképpen, az első generációs CFM56-5 ECU 8MHz-es órajellel működő, 16 bites Motorola 68000 processzort alkalmazott, a '90-es évekbeli második generációban ez már 32 bites architektúrára és 20MHz-re módosult [19].

A CFM nem tud szakítani a hagyománnyal, hogy az 1-es csapágy rezgését közvetlenül mérje, ami nemcsak azért érdekes, mert így ez a szenzor nem cserélhető a hajtómű jelentősebb megbontása nélkül, hanem most nem az 1-es, hanem a 2-es csapágy a legnagyobb terhelésű, mélyhornyú golyóscsapágy. Ettől függetlenül van még egy szenzor, ez éppenséggel a turbina középső támjára került (TCF³⁶), és legalább állóhelyen cserélhető (azaz LRU³⁷).

ATA 78 – FÚVÓCSŐ

A CFM megmaradt a szétválasztott áramok alkalmazása mellett ennél a hajtóművénél is, bár az korántsem mondható ki annyira egyértelműen, hogy a nagy kétáramúsági fok ezt a megoldást igényelné. Ott van rögtön az A320ceo V2500-asa a maga 5,5-es értékével és a közös fúvócsővel. De lehetne még folytatni a sort, számos Rolls-Royce Rb.211 változat, a Szolovjov PSz-90 [12], de még a CFM56-5C is ebbe a nem elhanyagolható körbe tartozik.

A sugárféken jócskán változtattak, a CFM56-5A/B változatok kibillenő ajtós megoldását lecserélték a hátrasikló burkolattal megoldott variációra. Ebben a kialakításban természetesen megtalálhatóak az efféle rendszerek záró ajtajai, amelyek a másodlagos áram útját állják és rávezetik a levegőt a kaszkádokra, amik végül a megfelelő axiális sebességkomponens létrehozását végzik.



9. ábra Kibillenő ajtós (CFM56-5B) és hátrasikló burkolatos (CFM LEAP-1A) sugárfékek ([20] és [21])

A kibocsátásban négy hidraulikus munkahengert alkalmaznak, melyek mindannyian mechanikusan szinkronizáltak, mert a hátrasikló burkolat két fele feszítő zárral is kapcsolódik egymáshoz. Így tehát semmilyen eltérés nem engedhető meg a két oldal gyorsaságában, gondoskodni kell az egyttfutásról, melyet a szokásos módon hajlékony tengelyekkel oldanak meg. A munkahengerek közül kettő (a felsők) rendelkeznek belső zárral, az alsók közül csak a jobb oldaliba építettek ilyen lehetőséget, de azt is csak manuálisan, karbantartás céljából lehet

³⁶ TCF: Turbine Center Frame, turbina középső tám

³⁷ LRU: Line Replaceable Unit, állóhelyen cserélhető berendezés

alkalmazni, a normál működésben nem játszik szerepet. A felső munkahengereken kerültek elhelyezésre a lineáris differenciál-transzformátorok, melyek alapján a rendszer a kibocsátottság állapotát képes felügyelni.

A hidraulikus rendszer felépítése igen érdekesre sikerült. Nehéz ennyi információ alapján megállapítani, hogy csupán a helyhiány vezetett ehhez a kialakításhoz, vagy ez éppenséggel egyfajta trendnek nevezhető. Az utóbbi esetben ugyanis megfordulni látszik az elmúlt évtizedek tervezési gyakorlata. Az a megoldás, amely most a CFM LEAP-1A-n visszaköszön, az az 1970-es években tervezett hajtóműveken volt döntően elterjedt (CF6, PW2000 és 4000, RR Rb.211 stb.), ahol a hidraulikus kör elszeparálásáért és a kibocsátó ág vezérléséért felelős szelepek külön egységekben kerültek elhelyezésre, a hajtómű, esetleg a pilon különböző tájain. Aztán a nyolcvanas-kilencvenes évek hajtóművein (pl. CFM56-3, -5, -7, V2500) már feltűntek az előbbi feladatokat egyetlen egységben megvalósító szelepblokkok. Úgy tűnt tehát, hogy a csoportosítása a jövő. Itt most azonban valami egészen mást láthatunk. Visszatérés a régi, jól bevált megoldáshoz? Egyszerűbb, olcsóbb karbantartás a cél? Vagy csak a fentebb említett helyhiány? Vélhetően ezekre a kérdésekre csak az üzemi körülmények között eltöltött hosszú évek adhatnak majd választ.

A vezérlésben alapvetően nincs újdonság, itt csupán EEC-nek titulált központi számítógép felel a fő működtetésért, és ahogyan azt az A320ceo-n már megtapasztalhattuk, a nem szándékolt kibocsátást két másik egység képes letiltani: az EIU³⁸ és a SEC³⁹. Ez utóbbi kifejezetten érdekes kapcsolat, sok köze nincsen a hajtóműhöz, de itt mégis komoly szerep hárul rá. Az eredeti konfigurációhoz hasonlóan a gázkar állását potenciométereken keresztül figyeli, emellett az ELAC⁴⁰-tól kap rádiomagasság adatot, amelyet a föld-levegő állapot meghatározására használ. Ha a repülőgép a földön van, és a gázkar a sugárfék tartományban jár, akkor ad engedélyt a rendszer használatára. Az A320ceo-n alkalmazott hidraulikus elzáró szelephez képest azonban itt az A330-ason felbukkanó (azon belül is a PW4000-en megtalálható) mechanikus zárat alkalmazzák a harmadik biztonsági lépcsőben (első az EEC, második az EIU).

ATA 79 – OLAJRENDSZER

A kenésrendszer – bár szintén viszonylag kis számú komponensből álló nem túl bonyolult rendszer – szintén számos változást rejt. Hogy ezekben mennyire a Pratt & Whitney megoldásai tükröződnek, vagy csupán véletlenségből álltak át a GE tervezőmérnökei a „szomszéd várban” alkalmazott kialakításokra, azt döntse el a tisztelt Olvasó, amihez a szükséges információt az alábbi bekezdésekben kaphat.

Az olajrendszer felépítésében egy sarkalatos kérdés, hogy hová kerüljenek a hőcserélők. Ez bizonyos fokig a szivattyúk karakterisztikájával függ össze, de természetesen további tényezők is befolyásolják. Amikor az olajat a visszatérő ágban hűtik le, még mielőtt megérkezne a tartályba, hideg tartályos (cold tank) rendszerről beszélünk, ez a konfiguráció volt megszokott a GE hajtóműveken (CFM56, CF6 stb.). Ehhez képest természetesen elképzelhető olyan is, hogy a nyomóágban találunk hőcserélő(ke)t, ekkor azonban hűtetlenül a forró olaj jut a tartályba,

³⁸ EIU: Engine Interface Unit, hajtómű interfész egység

³⁹ SEC: Spoiler Elevator Computer, spoiler-magassági kormány vezérlő számítógép

⁴⁰ ELAC: Elevator Aileron Computer, magassági kormány-csűrő vezérlő számítógép

vagyis meleg tartályos (hot tank) rendszerrel állunk szemben. Ez a kialakítás olyan helyeken elkerülhetetlen, ahol nincs, vagy nem teljes a visszazállító ág (pl. egyszerűbb fedélzeti gázturbináknál, mint pl. Hamilton Sundstrand APS2000, APS3200), vagy éppen a tervező ezt a megoldást részesíti előnyben (PW és RR hajtóműveken). Szakítva a GE-s hagyományokkal, itt egy meleg tartályos rendszer épült ki.

Egy további eltérés a hagyományos GE fejlesztésekkel szemben, ahol nem szoktak levegős, csak tüzelőanyagos hőcserélőt alkalmazni a hajtómű fő olajkörében (esetleg a generátorban). Ennek tükrében a levegős hőcserélő tekinthető jellegzetes PW vonásnak, ami most egy kicsit elgondolkodtató, hiszen a LEAP olajrendszere szintén tartalmaz levegős olajhűtőt, ráadásul rögtön felületi hőcserélőként a másodlagos áramban, a ventilátor ház belső falára felszerelhető, bordázott ív formájában, amiben az átáramló olaj a ventilátor levegőjének a bordákra kifejtett hőelvonó hatása miatt tud lehűlni. Habár a hűtési feladatot már egy ilyen szerkezet is megoldaná, a biztonság kedvéért ebből az egységből rögtön kettőt alkalmaznak szimmetrikusan, amelyekbe a folyadék megosztva jut.



10. ábra Felületi hőcserélő a ventilátor kilépésénél (a szerző felvétele)

A CFM56-7B után, ahol az olajrendszer főbb paramétereit már az EEC méri, nem meglepő, hogy itt is ezt a sémát alkalmazták, az Engine Interface Unitnak (EIU), amely a CFM56-5 változatokon a jelek döntő többségét kezelte, már csak az alacsony olajnyomás kapcsolója jutott.

Érdekes visszalépésnek könyvelhető el az olajnyomás mérése, vagyis az olajnyomás kapcsoló megléte. A -7B-n ugyanis már csak a nyomástávadó volt meg, amely a pilótafülke szimbolikus műszereinek (lásd [22]) egyikén a nyomással arányos jelet mutatta, az EEC pedig egy egyszerű belső komparálással oldotta meg az olajnyomás alacsony értékének meghatározását – további nyomáskapcsolóra nem volt szükség. Ez szintén inkább a repülőgépgyár filozófiájához köthető módosítás lehet.

A korábbi verziókon még csak választható kiegészítő volt az elektromos forgácsjelző (DMS⁴¹), a mostani fejlesztés ezt már integráltan tartalmazza.

Érdekes még a rendszer szűrőinek elrendezése. A korábbi verziókon (az -5B-t kivéve) mindent megvolt külön a nyomóági és visszatérő ági szűrő. Az -5B-n jelent meg az a koncepció, hogy csak a nyomóágban van szűrő, de annak eltömődése esetén működésbe lép egy durvább tartalék szűrő. Ez a kialakítás egyébként nagyon régi (1970-es évekbeli) Pratt & Whitney

⁴¹ DMS: Debris Monitoring System, (elektromos) forgácsjelző rendszer

hajtóműveken (JT9D, PW4000) is megtalálható [17]. A LEAP-1A-n most szintén csak egy fő szűrőt alkalmaznak a nyomóágban. S ha már szűrés, akkor kell, hogy legyen lehetőség a kopás-termék vizuális értékelésére is: eddig kenési helyenként egyedi mágnesdugókat alkalmaztak, most az öt fő kenési helyre jut összesen kettő ilyen szerkezet, de ezek hossza mentén természetesen elkülönítve 2–3 egyedi helyszín vizsgálható, tehát mindegyik helyszínről meg tudjuk alapítani, történt-e rendellenes kopás.

Az olajterek tömítésében is van némi eltérés. A GE eddig hagyományosan labirint tömítésekkel oldotta meg a kérdést, a PW „felségterülete” volt a karbon tömítőgyűrűk alkalmazása. Ennél a konstrukciónál a CFM szintén az utóbbit választotta. Azonban, hogy ne kelljen nagy nyomásokat alkalmazni, a tömítőgyűrűk előfeszítését a KNyK kilépő nyomásával (kb. 3-as nyomásviszony az atmoszférához képest felszálló üzemmódon) oldja meg. Itt azonban közlik, hogy ez a nyomás alapjárat közelében nem elegendő az olaj bent tartására, ezért egy sugárszivattyús megoldást alkalmaznak az olajtérből történő hatékonyabb elszívás érdekében, melyet a NNyK 7. fokozata táplál.

Az olajrendszer szellőzését továbbra is a kisnyomású tengelyben elhelyezett szellőzőcső oldja meg, ami a széles fordulatszám-tartománya miatt, az alapjárat közelében eltűnő centrifugális hatásból adódóan számottevő olajfogyasztást eredményez. Ez lényegében minden GE hajtóműnek a sajátja: innovatív, mert az olaj kiválasztó nem egy súlyos „bödön” az áttételházon, hanem rejtve bújik meg az olajterekben, de sajnos a kiszolgálási igényt jelentősen megnöveli az gyakori olajutántöltés.

KIS RENDSZEREK

ATA 74 – Gyújtás

A gyújtás önmagában is kis rendszer (természetesen fontossága nem áll arányban kiterjedésével), módosítás sincs sok, hacsak nem gondolunk a gyújtóegységek nagynyomású kompresszor alatti elhelyezésére, amely tipikusan PW megoldás, a GE hajtóműveken inkább előnyben részesítik a ventilátorházat, ami hűvösebb környezetet biztosít, az ott rögzített gyújtóegységeknek nem kell általában saját hűtés. Ha azonban bekerülnek a belső áramot körülvevő katlanba, ott már megfelelő hűtésükről gondoskodni kell, hogy szükség esetén ne azonnali túlmelegedéssel reagáljanak.

ATA 76 – Vezérlés

A vezérlés lényegében változatlan maradt, az A320 korábbi változatain megszokott egy helyben maradó gázkarral, műterheléssel és a szöghelyzetet elektromos jellé átalakító differenciáltranszformátorok, stb. itt is hasonló küllemmel és viselkedéssel megtalálhatóak.

ATA 80 – Indítás

A hagyományos levegős indítóturbinával felszerelt rendszert alkalmazzák itt is, az Airbus filozófiának megfelelő automatikus indítási lehetőséggel. Némi többletet azért fel tud mutatni az elődjéhez képest, amely leginkább a különböző indításkori problémák automatikus kezelésében keresendő. Egy igazi újdonság a deformált rotor (bowed rotor) elleni védelem, amelyet a nagynyomású rotor vibrációja és a kompresszor kilépő hőmérséklete alapján ítél meg az EEC, és

amennyiben szükséges, tovább folytatja a hideg átfogatást, amíg a vibráció normális értékre nem csökken, mielőtt a tüzelőanyag-betáplálást és gyújtást engedélyezné.

ÖSSZEFOGLALÁS

Ha röviden szeretnénk elemezni a korábbi fejezeteket, akkor elmondható, hogy „sok kicsi sokra megy”. Több eltérést tapasztalhattunk a korábbi GE konstrukciókhoz képest, amelyeknek csak egy része magyarázható a megváltozott követelményekkel, esetleg üzemi viszonyokkal. Nem egy módosításra igaz, hogy jól bevált megoldásokat cseréltek le a konkurencia által preferált ötletekre. Az apró részleteken túl azonban bizonyos, hogy a hajtómű továbbra is jellegzetesen tükrözi a GE tervezői filozófiáját, és a kezdeti gyermekbetegségeken túl a nagy előd CFM-család méltó utódja lehet, hogy még jó néhány évtizedig „ugráljanak” a polgári repülőgépek. Ahogy valaki egy internetes fórumon találóan megjegyezte: „Not bad from a light bulb company” – azaz: nem is olyan rossz egy villanykörtéket gyártó cégtől...

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Kerry Reals: Airbus outlines expected market impact of A320NEO. Flight Global Magazine, 2010. december 7., e-dok. <https://www.flightglobal.com/news/articles/airbus-outlines-expected-market-impact-of-a320neo-350463/>
- [2] CFM Unveils New LEAP Engine. e-dok. url: <https://www.cfmaeroengines.com/press-articles/cfm-unveils-new-leap-x-engine/>
- [3] CFM LEAP Brochure. e-dok. url: <https://www.cfmaeroengines.com/engines/leap/leap-brochure/>
- [4] Andreas Linke-Diesinger: Systems of Commercial Turbofan Engines. Springer, 2008, ISBN 978-3-540-73618-9
- [5] CFM LEAP-1A és CFM LEAP-1C típusalkalmassági bizonyítvány adatlap. EASA Type Certificate Data Sheet, 2017. e-dok. url: <https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/EASA%20E110%20TCDS%20Issue%206%20LEAP-1A-1C.pdf>
- [6] CFM56-5B and CFM56-5C típusalkalmassági bizonyítvány adatlap. EASA Type Certificate Data Sheet, 2017. e-dok. url: https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/TCDS%20E.003%20issue%2004_20170928.pdf
- [7] Bill Brown: CFM Technology... realizing the promise. 2010. június. e-dok. url: http://atwonline.com/site-files/atwonline.com/files/archive/atwonline.com/sites/files/misc/BillBrown_Presentation_062410.pdf
- [8] Peter Spittle: Gas Turbine Technology. Physics Education, Vol. 38, No. 6 (2003), pp. 504-511. doi: 10.1088/0031-9120/38/6/002
- [9] Beneda Károly: A small step for CFM, a giant LEAP for aviation... – Gondolatok a CFM LEAP-1A hajtóműről. Repülőfüzetek VI./2., p. 4-16, BME Vasúti Járművek, Repülőgépek és Hajók Tanszék kiadványa.
- [10] Sean Broderick: EASA Moving to Reduce Fan Cowl Door Loss Risk. Aviation Daily, 2015. szeptember 8, <http://aviationweek.com/commercial-aviation/easa-moving-reduce-fan-cowl-door-loss-risk>
- [11] Wizzair hírek (angol nyelven): Wizz Air Orders V2500® Engines to Power 10 A321ceo aircraft. e-dok. url: <https://wizzair.com/en-gb/information-and-services/about-us/news/2017/06/21/wizz-air-orders-v2500-engines-to-power-10-a321ceo-aircraft#/>
- [12] Susztov, I.G.: Repülőgép- és rakétahajtóművek, tengeri és ipari gázturbinák 1944-2000. ISBN 5-900954-04-8 (Шустов, И.Г.: Двигатели 1944 - 2000. Авиационные, ракетные, морские, промышленные)
- [13] CFM56: Engine of Change. Flight International, 1999. május 19-25.
- [14] TAPS II Combustor Final Report. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration. 2013. június. e-dok. url: https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/aircraft_technology/cleen/reports/media/TAPS_II_Public_Final_Report.pdf
- [15] CFM LEAP 3D printed fuel nozzle. e-dok. url: <https://1gw8o69xb592hainw14caeix-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2016/04/LEAP-Fuel-Nozzle.png>
- [16] Fowler, T. W.: Jet Engines and Propulsion Systems for Engineers. Human Resource Development, GE Aircraft Engines, 1989.
- [17] Pratt & Whitney: The Aircraft Gas Turbine Engine and its Operation. United Technologies, 1988.

- [18] Beneda Károly: Elektronikus kijelzők hajtómű- és rendszerellenőrző feladatkörben III. – ECAM. Repülőfüzetek III/1-2, p. 15-16, BME Vasúti Járművek, Repülőgépek és Hajók Tanszék kiadványa.
- [19] CF6-80C2 Electronic Control Unit training course. GE Aerospace, 1991. október.
- [20] CFM56-5 sugárfék működés közben. e-dok, url: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:F-GTAR_Air_France_\(3698209485\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:F-GTAR_Air_France_(3698209485).jpg)
- [21] Airbus A320-251N Air Asia, F-WNEW, (MSN 6419) Third A320neo / First with CFM LEAP engines. e-dok, <https://a320archive.com/msn/6419>
- [22] Beneda Károly: Elektronikus kijelzők hajtómű- és rendszerellenőrző feladatkörben I. Repülőfüzetek I/2, p. 28, BME Repülőgépek és Hajók Tanszék kiadványa.

LEAP INTO THE FUTURE – BRIEF INTRODUCTION INTO THE CFM LEAP-1A ENGINE

Development of aircraft engines has become an increasingly more complex task; a construction can play an important role for many decades before it can be replaced by a brand new design. CFM56, the highly successful high-bypass-ratio turbofan engine, which has been developed by a cooperation between GE and SNECMA and counts four major variants, has been superseded by a brand new type after more than three decades of manufacturing instead of further refinements. This is the LEAP engine, the name of which suggests a rather large change in contrast to conventional solutions. The developers have taken full advantage of the clean sheet design that has been not limited by constraints of any older solution. This can result easily an another determinative engine type in commercial aviation in the following decades.

Keywords: turbofan engine, CFM LEAP-1A, Airbus A320neo, aviation gas turbine engine, ultrahigh bypass ratio

Beneda Károly (PhD)
mérnök-tanár
AEROK Repülésműszaki Oktató és Szolgáltató kft.
karoly.beneda@aerok.eu
orcid.org/0000-0003-1900-7934

Károly Beneda (PhD)
maintenance training engineer
AEROK Aviation Technical Training Centre
karoly.beneda@aerok.eu
orcid.org/0000-0003-1900-7934



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_3/2018-3-03-0014-Beneda_Karoly.pdf

Tímea Vas

REQUIRED MATCO (MILITARY AIR TRAFFIC CONTROLLER OFFICER) COMPETENCIES FOR THE EFFICIENT AIR TRAFFIC MANAGEMENT AT THE AIRFIELD IN MISSION ENVIRONMENT

The Hungarian Military Air Traffic Controller Officers (MATCOs) have already gained experiences in responsibilities of air traffic management at the airfield of mission environment and got used to the specifics of handling military traffic at the domestic airfields. Contrary to the above mentioned facts, they may find the traffic management tasks of mission airfield challenging. Among the challenges worth to emphasize the stress what the changed working environment may generate, the difficulties of handling commonly occurred civilian and military traffic, those flight procedures in managing the MATCOs are inexperienced, the dynamically changing traffic situations, or the cooperation with different nation's civilian and military air traffic controllers (ATCOs). A target training with appropriate content of profession, which otherwise harmonises with one of the international standards having regard its structure and objectives, can make the MATCOs' integration into changed working environment ease and facilitate the effective operation. In this paper recommendations taken by the results of the findings of international questionnaire and standards of civilian ATCO training.

Keywords: target training, methods, airfield in mission environment, KSA¹, competence, feed-back,

The maintenance of the air traffic controllers' skills and knowledge is one of the key factor in holding the aviation safety at an adequate level, both civilian and military air traffic controllers [1]. The training and aimed preparation have particularly important role in completing those tasks, when the controllers should work in international environment at an unknown airfield with difficult traffic situations. The starting point of the research was the so called „Kabul training” [2] theme document with its professional content, which served the preparation of the Czech and Hungarian MATCOs in early 2000's. The actuality of this training raised the first questions whether the training thematic is still serviceable, or modification required and what reasons justify the possible changes. The first source of the research was an English-language questionnaire, in which the MATCOs of those nations were asked, whom together with Hungarian MATCOs served at the airfield in mission environment many times. Another sources originated from international standards and national regulations over and above the long term experiences of the Hungarocontrol's² training system, which I understood through couple of interviews with the senior training referent.

Already at beginning of the civilian and military training system's comparison, a basic difference has stated. Namely until the civilian ATCO personnel are homogeneous with regard to their knowledge, skills and attitude, the military counterparts are considered inhomogeneous due to the different training background and national specifications [3]. The homogeneity in this aspect means, that there is no distinction between civilian ATCOs in regarding to their knowledge, skills, attitude, working method, they speak the same language and does not have

¹ Knowledge, skill, attitude

² Hungarocontrol: Hungarian Air Navigation Service Provider <https://www.hungarocontrol.hu/>

any cultural difference. The next question raised at base of above mentioned features, whether any knowledge or other differences can be identified within inhomogeneity, and what kind of special answers would be taken by the training.

CIVILIAN ATCO TRAINING

The framework, structure and goal of the civilian ATCO training is regulated at level of commission regulation of the European Union [4] for the member states. The hierarchical queue of the ATCO (Air Traffic Controller Officer) training starts with initial training, which involves the basic and rating training. The basic training contains those theoretical and practical knowledge, skills and motivation, that make the student controllers capable to solve simple traffic situations. The other element of initial training is the rating training, which makes the student controller's knowledge, skills and motivation increased at the area of given rating in order to be licensed [5]. After the initial training the stage of unit training follows, it is designed to gain knowledge, skills and motivation to get the student rated for a specific unit. Those personnel can start this stage, who have student controller license in hand, with given rating. Those ATCOs, who have already licensed, also can participate in this training, in a case if they are extending their license with different endorsement for a special unit, aerodrome or working position. The unit training also has two stages. The first one is the „PRE-OJT” (Pre-on-the-job training) training, which designed to give specific knowledge of procedures, handling equipment and systems, that is necessary to start practice in simulated environment. The next stage is the so called „OJT” (on-the-job training) is designed for practicing in real working position with live traffic situations, after having acquired knowledge and skills. Both parts of the on-the-job training are supervised by instructors.

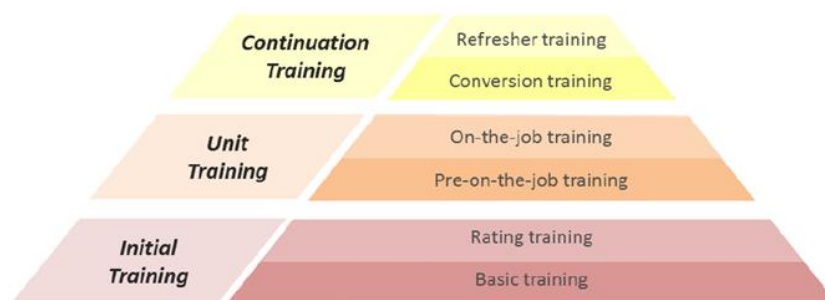


Figure 1. Civilian ATCO training system [6-16. 1.6.5]

The third stage of the civilian ATCO training system contains knowledge and practices, that is designed for the continuous validation of ATCO license and the preservation of the previously acquired competencies. The so called continuation training is also separated two different training course, but they do not have causal relationship with each other, contrary to the previously mentioned trainings. The first element of the continuation training is the conversion training that may be provided when new procedures, equipment, or system changes the accustomed working environment. The goal of the refresher training is designed to recall those competencies that are necessary for ATCO's working, but they are not applied them in regular basis at daily routine. This training stage serves ATCOs for handling emergency traffic and non-routine situations.

The competency based ATCO training

The NGAP (next generation of aviation professionals) initiatives were launched by ICAO (International Civil Aviation Organization) in 2009, to provide competent and enough qualified personnel to maintain, manage, operate the future international aviation system. The purpose of the NGAP was to revise the aviation personnel training systems, in this case ATCO's, and make suggestions to use the modern training and learning technologies, that prefer the evidence-based training system, with increased use of simulations. The evidence based training contains those training elements, that facilitate the learning method with the understanding of the lessons learnt in practice, and make the student be capable to improve their professional manner. An important part of the creation the training system, was to define those competencies that are necessary and also observable during the ATCO personnel' work. „Competency is manifested and observed through behaviours that mobilize the relevant knowledge, skills and attitudes to carry out activities or tasks under specified conditions.” [6-13. p]. The competency-based training and its assessment should define with standard performance criteria, that assigned to the stages or milestones of the training, and when a person achieve the defined criteria, given competency standard is completed. The competency elements are defined with a behaviour which is observable between the start and the end of the controller's work shift. A competency element contains range of performance criteria that should be achieved by the end of the training. The performance criteria contain a set of statements which involve the required results and actions that the personnel should be taken, and help the instructor or assessor to judge whether the required performance has reached. A detailed guidance helps the instructors or assessors work, with the range of aspect, views in order to judge that the student controller should be competent or not.

The competencies (see 1. table) make the ATCO capable to find the best solutions in complex and difficult traffic situations, even though they are experiencing at the first time. In such case the ATCO should take effective actions and at the same time ensure that doing it in a safe and secure manner. The knowledge that included in the definition of competency, manifested as a result of learning process, which makes the ATCO capable to find suitable solution, to recall lessons learnt, to apply adequate rules and principles and to use creative thinking in their work. The skill by its definition means, that the ATCO owns the ability of doing necessary practices and actions during their work. The skills can be divided in three groups, namely the motor-, cognitive- and metacognitive one. The motor skills of the ATCO contain those ingrained direct actions, motions and activities which are the result of a learnt and practiced behaviour. The ATCO applies the motor skills in using the tools and the equipment of the working position, when does scanning the aerodrome manoeuvring area or different monitors to gain information or in a case of emergency takes the learnt actions automatically. The cognitive skill is the ability of intuition, perception and reasoning. The ATCO uses this ability to find and apply solutions to manage complex and difficult situations, and to prevent those situations, may lead to conflict. The process, which starts with the situation recognition, continues with analyzation and risk assessment and results the solution finding, is becoming automatically owning to the cognitive skills. The metacognitive skill is the „thinking about thinking”, that make the learner able to form his own learning process and use the information the most effective way. It helps the learner how to approach a given task, comprehend it, evaluate the progress toward the com-

pletion of the task. All skills can be developed with numbers of practises. As the ATCO's working methods becoming the more automatically, the more capacity the ATCO remains for solving complex traffic situations. The attitude, or manner means that mental behaviour of the ATCO how approaching and solving the given task. Appropriate attitude is that, when the ATCO takes actions with safe manner, uses the learnt rules and works as a member of team [6]. The knowledge, skills and attitude together is known as KSA by the scientific references.

ATCO competency elements [7]

The development of the ATCO competency framework serves for the purpose of improvement the ATCO practice standardization, finding out the best solutions, working methods and manners in the competency based ATCO training and its assessment. Within the competency framework the CU (Competency Unit) is defined with its explanation, after those CEs (Competency Elements) that features the competency unit, and the PC (Performance Criteria) which are manifested in the observable behaviour. Each ATCO competency is adaptable in the optional working environment. The training organization, even the ANSP (Air Navigation Service Provider) is able to choose among the best practices, and create its own training manual for unit and continuation trainings at base of competency framework elements. As the competency framework describes the ATCO's action with general statements, so that they can substitute into whichever training course. Within the given training, according to the the level of knowledge should describe the achieved performance criteria. As the training goes on, the higher performance criteria is achieved, which means the higher level of competency is completed. Particular competencies are concerning to different ATC functions, that why they could be define more properly detailed with regards to the given operational environment. There are several competency units, that have not been detailed yet by the ATCO competency framework, like the CM (Crisis Management), CDM (Collaborate Decision Making), or ATFM (Air Traffic Flow Management).

COMPETENCY UNIT	DEFINITION
Situational awareness	Comprehend the current operational situation and anticipate future events
Traffic and capacity management	Ensure a safe, orderly and efficient traffic flow and provide essential information on environment and potentially hazardous situations
Separation and conflict resolution	Manage potential traffic conflicts and maintain separation
Communication	Communicate effectively in all traffic situations
Coordination	Manage coordination between personnel in operational positions and with other affected stakeholders
Management of non routine situations	Detect and respond emergency and other non routine situations related to aircraft operations and manage degraded mode of ATS operations.
Problem solving and decision making	Find and implement solutions for identified hazards and associated risk
Self management and continuous development	Demonstrate personnel attributes that improve performance and maintain an active involvement in self learning and self development
Workload management	Use available resources to prioritize and perform tasks in an efficient and timely manner
Teamwork	Operate as a team member

Table 1. ATCO competency framework [7-188 p]

Through an example bellow, I would like to introduce what does the ATCO's observable behaviour could be, and why does this method could ease the assessor or instructor judgement.

Competency unit	Competency element	Performance Criteria Observable behaviour of ADC* (Aerodrome Controller)
Situational awareness	Anticipate the future situation	Analyses the actual situation based on information acquired from monitoring and scanning *Recognizes that the landed aircraft vacate the runway and issue take off clearance for the departing traffic.

Table 2. Example for SA of ADC [7.-188 p]

The necessity of competency based ATCO training

In accordance with the maintenance of the ATCO's rating and related competencies, at specified time of ATCO's working hours, when major changes occur in daily operation or in case of the improvement ATCO's career, training should be taken. The type of training reasoned by the nature of changes, it can be an additional rating endorsement, conversional training for additional rating, different operational environment or the promotion in ATCO's career. The last one means that the ATCO is planned to gain instructor and assessor rating endorsement, which means a kind of promotion in their career. In order to determine the necessity and type of training, the so called ADDIE model applied, which is an acronym that means: 1. analyze, 2. design, 3. develop, 4. implement, 5. evaluate. The different level of ANSP's safety management is responsible to make decisions whether the changes or safety gap require to take any training or a safety briefing is enough.

In that case a training needs arises, a five-step workflow gets started. In the first workflow all data, information, facts and changes are gathered for analization to determine whether the training necessary or not. Those elements, like the technical and operational environment, current regulation getting under investigation to realize what the purpose of the training could be. The training request should contain all information and data which prove the training needs. After that evaluation the type of training can be identified. Important to define that after successful compliance, what qualification the trainees receive. It could be a rating or a rating endorsement, language endorsement, or instructor/assessor endorsement. Task list contains the result of analization, tasks and relating responsibilities. The task list also contains the competencies should be practiced within simulations. Operational requirement contains ATCO procedures, local operational procedures, letter of agreements, AIP data. Working environment specifies the training, namely contains the airspace classification, climatological situation, terrain, runway configuration that are going to be established in simulated environment. If the training taken in real environment, usually the LOP (Local Operational Procedures) serves for reference. Analization expanded for the specifications of traffic element, type of aircraft, turbulence categories, traffic complexity and consistency and the conflicts could occur. It is also important to collect non routine situations, and type of emergency that should be practiced in training. Technical requirement contains training technical conditions, like the type of simulator or simulated equipment. The endurance of training, assessment methods, milestones and related working hours depending on the results of analization. Under organizational requirements mentioned the other purposes of training, like reducing delays, fulfillment SES (Single European Sky) strategic goals etc. Finally, the language of the training is determined.

The second workflow is divided into three parts. The first one is the development of competency model, which is consistent with the purposes determined at the beginning. The next step is the development of assessment plan, it contains the assessment methods of the training. Finally

the training plan is established, which can be developed, transformed and amended during the training. The competency model established on the basis of ATCO TRG (ATCO Training) [7]. This guidance contains the competency framework of ATCO personnel, those general statements that feature the ATCO work. Among the competencies those ones sorted out, which are relevant in training. The extent of the practice difficulty is featured by the conditions, which can affect the ATCO's performance. Conditions are those elements of the simulation, which make the situation complicated. For example an equipment that went out of work, different traffic intensity and complexity, weather situation or other environmental effects. The training and assessment plan can be edited in the same document. The different stages of the learning process logically built in each other and marked with milestones. The milestone is that point when a training part ends and in case of assessors positive decision, the next stage of training starts. Different assessment methods can be applied, depending on the type (theoretical, practical, language) and part of the training. The promotive assessment is used during simulation practices, it is a supportive assessing method, its purpose to motivate the student, identify strength- and weakpoints and facilitate the learning process.

The third workflow contains the detailed training documents at the basis of competency model. The fourth workflow is the conduction of the course which finishes with status of competent or incompetent student. The fifth workflow is the evaluation, this period is at the end of the training, when the student, instructors and assessors provide feedback according to their positive and negative findings.

MATCO TRAININGS

After the introduction of ATCO trainings that may featured by modern training methods, the specifics of MATCO trainings introduction follows, to find out those facts that reasoning the raised question of this research, namely while the ATCO personnel are homogenous, the MATCO personnel are inhomogenous. Through the answers of questionnaire [10] in which I interviewed Bulgarian, Czech and Hungarian MATCOs, I wanted to get acquainted with those training systems they go through to get rated. I supposed that in each country, the MATCO licenses are authorized by their own MAA (Military Aviation Authority), which procedures laid down their own national military regulations. Respecting to the fact that the mentioned nations are member states of European Union, it can be also stated, that their ATCO personnel's training system, and licenses must meet the relevant EU (European Union) regulations. Under the relevant EU regulation I mean the 216/2008 EC regulation, about establishing EASA, which includes the responsibilities of the NSA (National Supervisory Authority), the training organizations and training equipment. The 805/2015 EC regulation about ATCO licences, which has replaced by the 340/2015 EC regulation that laying down technical requirements and administrative procedures relating to air traffic controllers' licences and certificates. The reason why I found it important, because NATO (North Atlantic Organization Treaty) in 7204 stanag orders the member states to adapt the regulations of ICAO Annex 1 in licensing ATS personnel, in such a case when they are participating in a NATO led mission. This Stanag also says, that beside the Annex 1, the NATO acknowledges those MATCO licenses, that can comply with EU regulation. According to the recent status of ICAO and EU regulations of ATCO licenses,

the table (3. table) bellow shows the ratings that covers same authorization by the ICAO and EU. This table also shows those ratings, and administrative details, that the nations' MATCO licenses should conform to.

ESSAR 5 rating	ICAO rating
Aerodrome Control Visual ADV	Aerodrome Control
Aerodrome Control Instrument ADI	Aerodrome Control
Approach Control Procedural	Approach Control
NIL	Approach Precision Radar Control
Approach Control Surveillance	Approach Control
Area Control Procedural	Area Control
Area Control Surveillance	Area Radar Control

Table 3. ESSAR és ICAO licenses [11-Appendix 1, tab 1]

In the English-language questionnaire the answers of Question 2. and 3. demonstrate that within the same nation's responders different answers were given. Among responders were Czech, Bulgarian and Hungarian MATCO representatives overall 14 one, who have served at airfields in mission environment. Unfortunately the invited Polish and Italian MATCOs did not fill my questionnaire. It contains fifteen questions, which helps to figure out the specifics of an optimal training, that facilitates the MATCO personnel to get rated within a short period of time at the airfield in mission environment. Beyond this, my goal was to find out the differences and same-ness of the surveyed nations' MATCO training system.

The first couple of questions concerning the training system of the responder nation, and the qualifications that the military aviation authority authorizes for the issuance of MATCO license. The Question 2 sounded: "Through what type of training system did you get your MATCO licence?" Responders may mark one from the answers below:

1. Initial Training taken at a Military Academy, Unit (Rating) Training taken at an air-field;
2. Initial Training taken at an International Military ATC course (e. g. IMET), Unit (Rating) Training at an airfield;
3. Initial Training taken at an International Civilian ATC course, Unit (Rating) Training at an airfield;
4. Initial Training taken at a National Military ATC Course, Unit (Rating) Training at an airfield;
5. Initial Training taken at a National Civilian ATC Course, Unit (Rating) Training at an airfield;
6. Other.

Answers showed that even the same nation's personnel qualifications can be different, which confirmed the statement of inhomogeneity. A part of Bulgarian responders took the initial training at a Military Academy, the other part of responders completed it in Military ATC course. Both of them took the unit training at an airfield. Hungarian responders took the initial training at a military academy, and the unit training at the airfield. According to the Hungarian national regulations, the MoD (Ministry of Defence) is responsible for providing the training conditions. The recent Hungarian regulation also determines that the trainings regarding to the issuance or continuance of the MATCO licences, can be taken by the named institute³ of the

³ Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bólyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar Repülőműszaki Intézet [8-102 §]

Military Academy. The Czech responders similar to the Bulgarians partly took the initial training at military academy and military ATC course, and unit training at the given airfield.

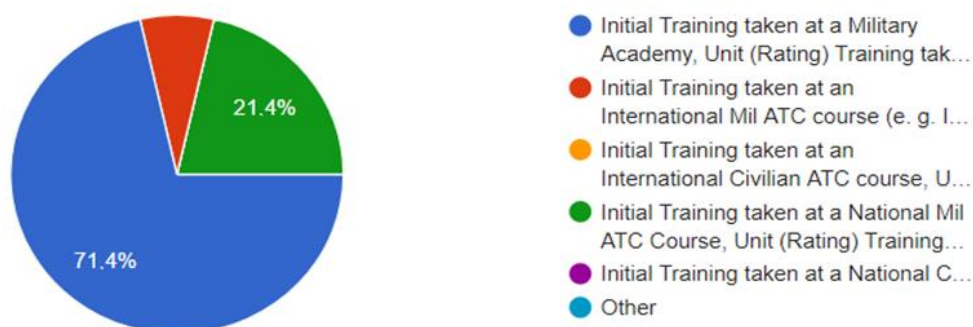


Figure 2. Training background of MATCO licences [10]

According to the evaluation of individual answer sheets and illustrated by the above pie chart (2. figure), it is also confirmed that the reason of inhomogeneity originated from the different training background. It is also stated, that MATCO personnel are qualified mainly in the military academies in the investigated countries.

The Question 3. logically closely connected to the previous one, in which I wanted to prove that despite of the different training background, the MATCO licenses can be competent to one of the international standards. The Question 3 sounded: "According to which of the international standards below does the competent national authority accredit MATCO license?" Responders could mark more options, and I inspire them to share their own comments which always valuable for the research. Optional answers were the followings:

1. ICAO;
2. FAA (Federal Aviation Administration);
3. Eurocontrol, EU;
4. „No, MATCO licences are issued exclusively by national law”;
5. Other optional answer.

The 50% of responderes confirmed that their MATCO license is competent with the ICAO standards, namely the Annex 1. According to the 14.3% of responders, their MATCO license meets the regulations of Eurocontrol and EU. The MATCO license of 64.3% responders were issued only by national law. According to the evaluation of individual answer sheet, the majority of Bulgarian responders chose the Answer 4., so their license is exclusively issued by national law. One of them marked the standards of ICAO, this answer may reasoned that through different training system can the personnel be licensed. The majority of Hungarian responders also marked the Answer 4., and couple of them marked the ICAO as well. If we want to find the reason behind the answers of Hungarian MATCOs, it is practical to look through our national regulation. The table bellow contains those subjects from which the MATCO candidates should take exams. These subjects should compare against the ICAO Annex 1. requirements.

In the table above those subjects are listed next to each other, which have almost the same content. The only subject that exists in ICAO standard, but is missing in Hungarian one is the „human factor”. This conclusion is contrary to the answers of Hungarian responders, whose 57% thought, that their license is competent with the ICAO standards.

ICAO Annex 1	16/1998 MoD regulation
Air law	Air law
Operational procedures	Civilian and military flight rules, air traffic control procedures
Air Traffic Control equipment	Knowledge of communication and navigation equipment
Navigation	Navigation
Meteorology	Meteorology
General knowledge	Civilian and military aircraft types and their operational features
Human factor	-

Table 4. Comparison of ICAO and Hungarian MoD regulation⁴ [8][9]

The Czech responders also marked that they have their own national regulation for MATCO licensing, in comments they supplemented with statement, that their national law is competent with ICAO and EU regulations. The figure below shows the overall answers of nations.

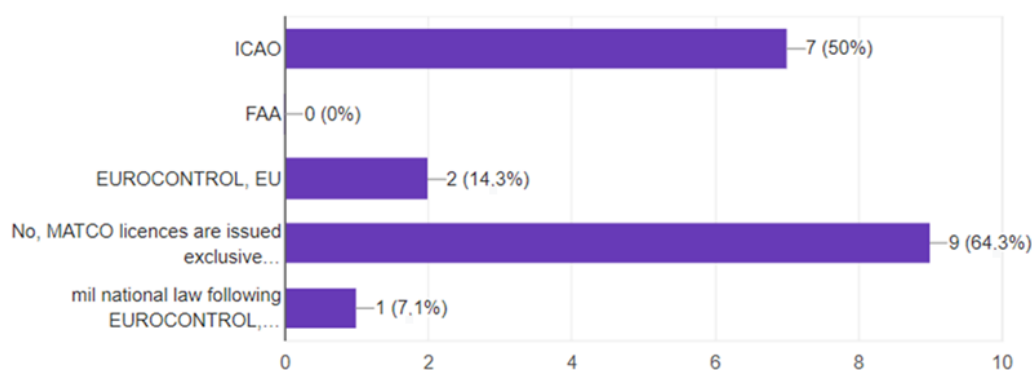


Figure 3. Answers of Question 3 [10]

The answers of Question 2 and 3 confirm the statement, that the MATCOs seemed inhomogeneous, firstly due to the different language, national affiliation, cultural environment and secondly because of their training background.

This investigation resulted, that there are NATO member nations, whose MATCOs have already served in NATO led missions, but their licenses do not comply with the order of Stanag 7204. In order to verify the actuality of the question raised at the beginning of this research, namely the „Kabul training” conversion’s necessity, the following conclusions proved from the results of Question 2. and 3. Each nation’s military aviation authority approves those trainings that comply their own regulation. After the compliance of that training, the MATCO or student controller can take licensing exam. The authorities’ accreditation procedure evaluates the training thematic, content, instructors’ professional background, and the training infrastructure. So that the „Kabul training” is reviewed by the mentioned conditions, and listed features would be transformed by the international standards, this training may be accredited by the military aviation authorities.

The necessity of the training

Before the specific training plan is composed, the following question formulated if this type of target training is necessary and may be introduced into national training system. The Question 5. sounded: „Is it necessary to embed a target training course for such a mission in the national training system?” The responders can mark the following answers:

⁴ Edited by the author

1. „No, because our controllers serve at domestic airfields only”;
2. „No, because our controllers' capabilities are fully maintained in the national training system”;
3. „Yes, that would serve the purpose of target training before international exercises”;
4. „Yes, because controllers' capabilities are not maintained continuously, and their knowledge is not homogeneous”;
5. Yes, because it is necessary to become familiarized with AIP data of the target airfield”;
6. „Yes, because it is necessary to become familiarized with the local procedures of the target airfield”;
7. „Yes, because preliminary practical simulations can be useful”.

More answers could be marked. The 14.3% of responders thought the training was unnecessary, because their MATCOs serve only at domestic airfields. This option chosen by a Hungarian responder, however our MATCOs regularly participate in NATO led missions as ATS personnel. Nobody marked the answer 2, which assumed that statement, this course can be necessary and adaptable in national training system. The third option was preferred mostly by Bulgarian and Hungarian responders, and the 42.9% of overall answers proved that this kind of training can serve as the preparation of MATCOs for the traffic situations of an international exercise, because the traffic conditions of an international exercise is similar to the traffic situations at the airfield in mission environment. The fourth option was preferred by 28.6% of responders, who thought that the maintenance of the MATCOs' capabilities and the difference between the knowledge may reasoned the necessity of the course. The fifth option was marked by 42.9% of responders, who admit the necessity of the training due to the reason of getting acquainted AIP data. The following two options also supported the existence of training, because the 57.1% of responders said that the knowing of LOP and special procedures seemed essential. The seventh answer was preferred the 42.9% of responders, who also stand up for the necessity of this training but emphasize the importance of practices in simulated environment.

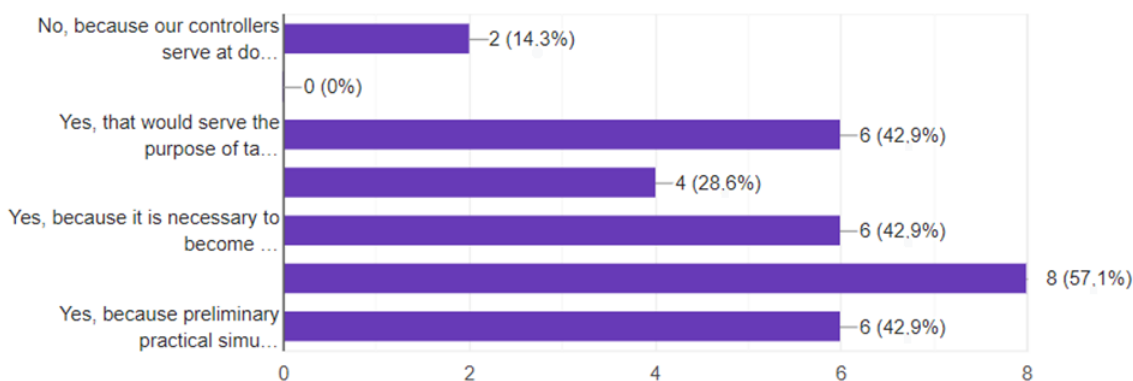


Figure 4. The necessity of the training [10]

Content of theoretical training

This question focus on the demands of MATCOs, because the responders have to sort out and priorities those subjects, they find useful and essential for preparation. The Question 9. sounded: „Mark those subjects the classroom training should contain!” More answer may be marked among the following:

1. Meteorology;
2. Navigation;
3. Aircraft Type and Category;
4. Aerodrome AIP Data and Local Operational Procedures;
5. Standard ATC Practices and Procedures;
6. ICAO Radio Phraseology;
7. Emergency procedures;
8. Air Law;
9. Team Resource Management;
10. Human factors.

The 71.4% of responders found the meteorological knowledge important and 42.9% voted for the navigation. The 85.7% of responders would welcome lectures on type and categories of aircraft. Almost everybody, 92.9% of responders, highlighted the subject that involves AIP data and LOP. The 100% found essential to refresh and review the standard ATC practices and procedures in theoretical training. The 64.3% of responders put a mark for ICAO radio phraseology, while 92.9% preferred to look through the emergency procedures. The air law got only 57.1%, and finally the TRM (Team Resource Management) and Human factor got 35.7%-35.7% of votes. At the review of the “Kabul” training’s theoretical subject I will take into account the ratios.

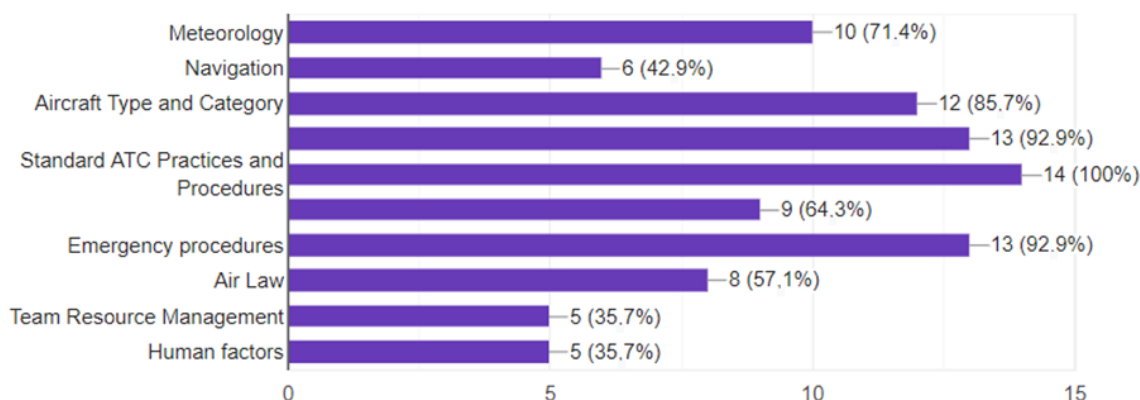


Figure 5. Subjects of theoretical training [10]

MATCO competencies

The practical simulations serve to strengthen, make measurable and observable those competencies, which existence is essential for provision Air Traffic Control Service at the airfield in mission environment. The Question 10, asked the MATCOs, who have served and experienced in an above mentioned airfield to sort out the most important ones among bellow listed competencies. The Question 10. was: „Mark the competencies to be strengthened with practical simulated exercises!”, the following answers were available with **more** choice:

1. Situational awareness;
2. Traffic and capacity management;
3. Separation and conflict resolution;
4. Workload management;
5. Willingness for self instruction;
6. Teamwork.

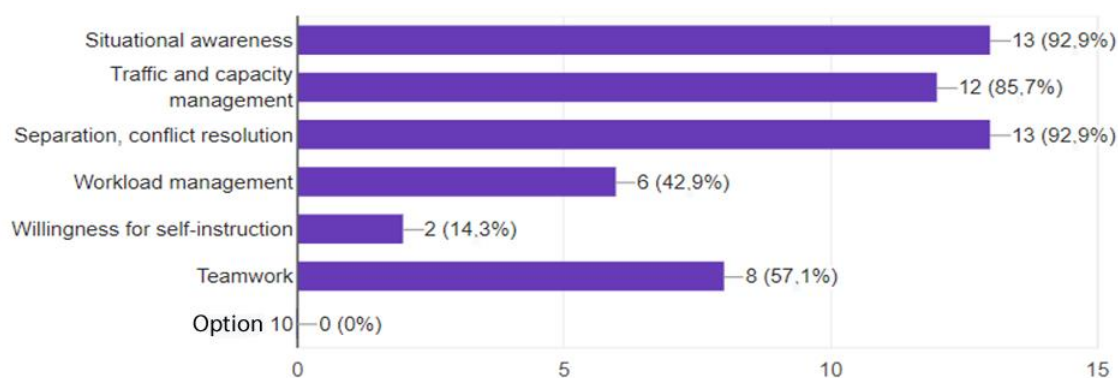


Figure 6. Strengthened competencies [10]

According to the responders' opinion the „situational awareness” and „separation, conflict resolution” are those competencies, which involves the entirety of knowledge, skill and attitude for handling situations that may occur at the examined airfield environment. The 92.9% of responders agreed these two competencies. The „traffic capacity and management” was marked by 85.7% of responders and only 42.7% of responders chose the „workload management”. The strengthen of „teamwork” and the ability of cooperation considered important by 57.1%. I take into account the result of questionnaire in planning of practices.

Traffic elements of simulations

The purpose of simulations is to prepare the MATCOs for the most common traffic situations, that's why the MATCOs were asked about, what kind of traffic elements have to practice. The Question 11 was: „What kind of traffic elements should be practiced throughout the training?” More options were available to mark, out of the below listed:

1. huge amount of helicopter traffic;
2. high speed traffic and their special procedures;
3. civilian traffic;
4. integrated drone/UAS (Unmanned Aircraft System) operation;
5. huge amount of VFR (Visual flight Rules) traffic.

However, the ”civilian traffic” as an optional answer appeared below point 3, nobody marked this one, the 50% of responders marked this option as an additional answer. The 64.3% of the responders thought that it would be practical to built in simulations the huge amount of helicopter traffic. To practice handling of the high speed traffic and their special procedures is important according to 71.4% of responders. The airfields of mission environment is usually offered for common civilian and military operations, so the management of the civilian traffic operations becomes a daily routine. As it was stated above, the 50% of responders marked it. At the airfield in mission environment the integrated unmanned aircraft operations are taking part of daily movements, that's why 64.3% of responders found important to practice their procedures and general operations. Finally, the majority of responders agreed the fact that the most common flight rule is VFR 78.6% so that this element should built in practical simulations.

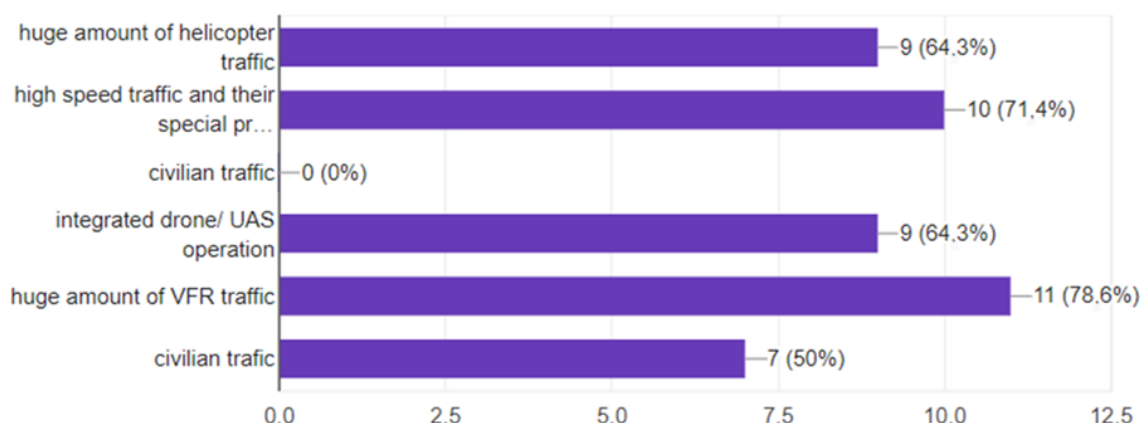


Figure 7. Traffic elements [10]

Findings of questionnaire research

However just few questions of the English-language questioner were introduced in this paper, bellow I gathered the most important findings, which proving the statements of the research, namely the following:

1. The revision of the „Kabul training” is proven and
2. The MATCOs seemed inhomogeneous because of different training background.

Worth to emphasize the last statement, because at the beginning of the training important to clarify if there was any difference between participants’ level of knowledge. Additionally, how deep were that differences and whether were they set back the successful fulfilment of the training and the individual working at the unit of given airfield in mission environment.

According to the answers of the Questions 2. and 3. I put the following statements:

1. The majority of responders got different initial trainings.
2. The initial training was the military academy’s specific faculty, national MIL ATC and international MIL ATC training.
3. The MATCO license of the majority of responders neither competent ICAO’s, nor the European Union’s or the FAA’s standards, these licenses were launched by effective national military regulations. This finding should be recorded, because the NATO requires ATS personnel of member states who participate in a NATO led mission, to have an ICAO competent license, according to the 7204 Stanag.
4. If the license is not compliant with any international standards and recommendations of ICAO, then an accredited course can be the solution. The course can be accredited on the basis of the above-mentioned international standards and is compiled in accordance with the principles of ICAO competence-based ATC training.

Questionnaire 9-10-11. answers mentioned the subjects of theoretical training and the competencies should be strengthening, during exercises of simulations and asked for the traffic elements and those conditions that should practice in a simulated environment. Based on the answers, the following can be stated:

1. All the subjects of the theoretical training were marked by the respondents, the summarized answers showed according to the ratio of marked subjects, that what extent

the responders consider the theoretical knowledge important. It is worth to review the subjects of „Kabul Training” at the basis of resulted ratios.

2. In the research of the practical simulations the competencies of „situational awareness”, „traffic and capacity management” and the „ separation and conflict resolution” were promoted by the majority of responders, these competencies were followed by the „teamwork” and „workload management”. Only negligible amount of responders found important to be strengthen the competencies of „self instruction”
3. In the simulations, from the largest amount of votes to lowest in order, the following elements were identified: 1. high volume VFR traffic, 2. high speed traffic and special procedures, 3. helicopter traffic, 4. integrated unmanned traffic and 5. finally civilian traffic.

CONCLUSION

The goal of this research is to create a training theme by the basis of „Kabul training”, that follows the suggestions of responders and the model of ATCO competency-based training method. This training theme can serve for the preparation of those MATCOs, who are going to work at a mission airfield and also can be practicable at the time of preparation for an international exercise. My idea was that, if the training follows the ICAO standards and recommended practices laid down in ICAO Doc 10056, it can be accredited by the nations’ MAA. The point is that, what kind of procedure this training should get through to become accredited. As I mentioned in beginning of my paper, each country is EU member. It means, that their NSAs, or CAAs (Civilian Aviation Authority) have established, and do their work by the rules of EASA and they are authorized for conducting audit over the ATCO (MATCO) training organizations, their training equipment, instructors and thematic. So that this training could not be accredited by the ICAO standards, because the authority, who permitted to authorize a training by international civil regulations follows the EU regulations.

In that case this training should reviewed and changed by the rules of ICAO, concerning its training structure, theoretical subjects, practical simulations, assessors and instructors, training infrastructure, that should meet the principles of competency-based ATC training. This training should be identified, according to the training guidance as the „PRE OJT” part of the airfield unit training, which is followed by „OJT” at real traffic environment at the airfield of mission environment. The training documentation should involve the training and the assessment plan, which can be the basis of accreditation. It would be also useful to receive feedback from the airfield side, after the completion of „OJT”, whether any changes were required in the „PRE OJT” part of the training. This part of research is going to be completed at the basis of the questionnaire and the available training documents of airfield in Afghanistan [11] [12].

If there is a demand for a training that makes the MATCOs of different nations capable to be rated in a short period of time at a remote airfield in mission environment or going to be among participants of NDAB (NATO Deployable Airfield) ATC working group, the NATO authorized agency entitled to enrol this training into accredited courses.

REFERENCES

- [1] EUROCONTROL SAFETY REGULATORY REQUIREMENT ESARR 5 ATM SERVICES' PERSON-NEL <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/article/content/documents/single-sky/src/esarr5/esarr5-e2.0.pdf>
- [2] A NATO ISAF misszió katonai légiforgalmi irányítók (MATCO) felkészítésének képzési programja 2014. Készült a Honvédelmi Minisztérium megbízásából a képzést szakmailag felügyelő HM HVK Katonai Tervező Főcsoportfőnökség egyetértésével; a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Kossuth Lajos Hadtudományi Kar, Légierő Műveleti Tanszék (Szolnok), és a BPR-Consulting Vezetési Tanácsadó és Kereskedelmi Betéti Társaság Légiforgalmi Szolgáltató és Képzési Üzletág közreműködésével. Összeállította: Palik Mátyás őrnagy; Bírálta Szakál László ezredes;
- [3] Zubornyák Barna, Vas Tímea: TRM, vagyis légiforgalmi irányítói kompetenciák fejlesztése és annak lehetséges hasznosulása a többenemzeti együttműködések során; Repüléstudományi Közlemények XXVI. évfolyam 2014. 2. szám 171-179;
- [4] (EU) 2015/340 laying down technical requirements and administrative procedures relating to air traffic controllers' licences and certificates pursuant to Regulation (EC) No 216/2008 of the European Parliament and of the Council, amending Commission Implementing Regulation (EU) No 923/2012 and repealing Commission Regulation (EU) No 805/2011; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R0340&from=HU>
- [5] EUROCONTROL Specifications for the ATCO Common Core Content Initial Training 21/10/2008; https://www.skybrary.aero/index.php/ATCO_Training_Overview
- [6] ICAO Doc Doc 10056 Manual on Air Traffic Controller Competency-based Training and Assessment First Edition — 2016; https://www.icao.int/SAM/Documents/2016-CBT/10056_draft_en.pdf
- [7] ICAO Doc 9858; PANS-TRG ATCO, Second Edition 2015. <https://www.icao.int/SAM/Documents/2016-CBT/Module%204-3%20Doc%209868.Alltext.incl%20Amdt%204.pdf>
- [8] 16/1998. (X. 28.) HM–EüM együttes rendelete az állami célú légiközlekedés szakszemélyzetének szak-szolgálati engedélyeiről; http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=34284.356538#foot_87_place
- [9] ICAO Annex 1 Personnel Licensing Edition 11.; http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/saglik_birimi/mevzuat/ICAO_Annex%201-ed11.pdf
- [10] Research to update the MATCO (Military Air Traffic Controller Officer) training that makes the personnel workload more effective in a remote airfield in mission environment, url: <https://goo.gl/forms/CiGBXnBbY1nU1sNQ2>
- [11] Training document Kabul International Airport, 2008.08.25.
- [12] Local operating procedures kabul afghanistan international airport; 2008.06.15. NATO/ISAF Unclassified 9.4

A KATONAI LÉGIFORGALMI IRÁNYÍTÓK (MATCO) HADMŰVELETI REPÜLŐTEREKEN VALÓ HATÉKONY MUNKAVÉGZÉSÉHEZ SZÜKSÉGES KOMPETENCIÁK

A magyar katonai légiforgalmi irányítók a missziós repülőterek légiforgalmi irányításában már szereztek tapasztalatokat, és a hazai katonai repülőtereken hozzászórtak az elsősorban katonai forgalom kezelésével együtt járó sajátosságokhoz. Ennek ellenére a hadműveleti repülőtereken való munkavégzés kihívásokat jelenthet számukra. A kihívások között érdemes megemlíteni a megváltozott környezet okozta stresszt, a közös civil és katonai forgalom kezelésével járó nehézségeket, azoknak a repülési eljárásoknak az előfordulását, melyek kezelésében nem rendelkeznek elegendő tapasztalattal, illetve más nemzetek légiforgalmi irányítóival való együttműködést. Egy megfelelő szakmai tartalommal bíró célfelkészítés megkönnyítheti a megváltozott munkakörnyezetbe való könnyebb beilleszkedést és elősegítheti a hatékony munkavégzés sikerét, mely egyebek mellett tartalmát és struktúráját tekintve összhangban van a nemzetközi szabványok valamelyikével. A szerző a cikkben ajánlásokat forgalmaz meg az optimális célfelkészítéssel kapcsolatban, ami egyrészt egy nemzetközi kutatáson és a civil ATCO képzés jelenlegi szabványain alapul.

Kulcszavak: *célfelkészítés, módszertan, hadműveleti repülőtér, KSA, kompetencia, visszajelzés*

Vas Tímea
tanársegéd
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Repülő Intézet
Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék
vas.timea@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-0082-0370

Tímea Vas
Assistant lecturer
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Institute of Military Aviation
Department of Aerospace controller and Pilot Training
vas.timea@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-0082-0370

The work was created in commission of the National University of Public Service under the priority project KÖFOP-2.1.2-VEKOP-15-2016-00001 titled „Public Service Development Establishing Good Governance” in Győző Concha Doctoral Program.



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_3/2018-3-04-0018-Vas_Timea.pdf

Szökrény Zoltán

CASE STUDY FOR PROJECT MANAGEMENT ASPECTS OF THE „S” BAND MOBILE RADAR PROCUREMENT AND LIFE CYCLE SUPPORT

The project management efficiency is the key measure of the radar procurement. This article focuses on the “S” band mobile radar management aspects and highlights the performance assessments for life cycle project supervision. This is primarily the assumptions and risks, the major problems encountered, then ratings for implementation progress by the actual actions and the likelihood of achieving implementation objectives.

Keywords: Project Management, risk analyses, “S” band mobile radar, twin Gaussian-monostatic radar

INTRODUCTION

At the end of the Cold War, NATO had 22,000 staff across 33 commands. Following the 2010 Lisbon Summit, NATO Allies reformed the NATO Command Structure to create a robust, agile, and efficient command system. These changes focused on ensuring that NATO forces remained fit for purpose and improved NATO’s ability to deploy forces on operations, reflecting the security environment of that time. Today, NATO maintains personnel in 6,800 posts across seven commands. The reforms also improved the NCS’s operability with the NATO Force Structure (NFS). The NFS is a distinct pool of Allied national and multinational forces and headquarters placed at the Alliance’s disposal on a permanent or temporary basis.

Responding to Emerging Challenges

Today, NATO faces the greatest security challenges in a generation – including terrorism, cyber and hybrid threats and a more assertive Russia and China. During the Warsaw Summit in 2016, NATO Allies agreed to review the Command Structure, so that it continues to meet the challenges of a complex and evolving security environment. In 2017, NATO Defence Ministers agreed on an outline for future work to adapt the Command Structure. Key elements include:

- a new Command for the Atlantic to ensure that sea lines of communication between Europe and North America remain free and secure;
- a new Command to improve the movement of troops and equipment within Europe;
- upgrade of the Long-Range Air Surveillance Radars of the Air Defence Systems;
- reinforcing logistics elements across the NCS in Europe;
- and a new cyber operations centre to strengthen cyber defences and integrate cyber capabilities into NATO planning and operations [1].

At the Lisbon Summit, in November 2010, NATO leaders endorsed a new Strategic Concept, which states that the Alliance will “engage in a process of continual reform, to streamline structures, improve working methods and maximise efficiency.”

Additionally, NATO’s International Staff is being reviewed as part of this broader package of reform being undertaken within the Organization. Similarly, to the other initiatives, it aims to streamline and adapt structures to today’s environment [2].

The NATO Support and Procurement Agency (NSPA) brings together NATO’s logistics and procurement support activities in a single organisation, providing integrated multinational support solutions for NATO Allies and partners. It is a fully customer-funded agency, operating on a “no profit - no loss” basis. As part of the reform process, the NSPA was established on 1 July 2012 merging three former in-service support agencies: the NATO Maintenance and Supply Agency (NAMSA), the NATO Airlift Management Agency (NAMA) and the Central Europe Pipeline Management Agency (CEPMA) [3].

One of NATO's greatest strengths is its ability to adapt to the changing security environment – something it has done again and again since its creation in 1949. In 2017, the Alliance continued to modernise and innovate to meet the challenges of a more complex security environment [4].

The aim of this document is to collect, review, analyse and put forward suggestions and proposals for the implementation of these strategic directives at the level of NATO's Nation Air Defence, and more specifically in the Acquisition and Life Cycle Logistic Technical Support of modern radars.

The observations of the author and other surveys on the subject have already pointed out:

- the logistic costs of legacy AD radars are high and increasing;
- new air defence threats are present and/or emerging that requires more investment;
- economic crisis is increasing, consequently spending is tightening.

The case study was carried out to survey the applicability of the Project Management concept [5] for merged and/or separated Radars Acquisition and Technical Support are could be required Hungary in house at NKE.

As an example, new methods to be studied and introduced with a Pilot Project to demonstrate the potential and reduced risk for military capability improvement, cost saving and accomplishment of the project on time.

Project objectives

- Find out advantages and disadvantages of the Project Management (PM) concept implementation for the newly managed Air Defence radars Acquisition and Logistic Technical Support.
- Solution required based on situation analyses. Where the biggest financial burdens are and the rationale behind them.
- Determine all key elements of the solution and propose a Pilot Project (PP) where the cost saving is significant.
- Demonstrate the PM concept applicability on the selected PP.

Project priorities

Subject	Constrains (Inflexible)	Optimize (Adaptable)	Accept (May Concede)
Cost/Resources			X
Risk		X	
Schedule		X	
Scope/Quality	X		

Table 1. Prioritizing project dimension of the study for 3×3 matrix most common, but due to complexity of the project sometimes we use 4×3 or 5×4 (edited by the author on the basis of [6])

High level scope and excepted deliverables

- Advantages and disadvantages of the Project Management concept.
- Problem analyses related to the cost of the surveillance radar procurement, military operational importance and logistic support and maintenance.
- Determine a cost-effective procurement and logistic technical support to fulfill newly emerged AD surveillance tasks, namely:
 - new types of Stealth-Passive + Active (Plasma/Opto);
 - new capabilities of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) – weapon systems on board;
 - new tactical ballistic missile capabilities (<1000 km);
 - advance electronic countermeasure (ECM);
 - Non-Cooperative Target Recognition (NCTR) requirements;
 - increase of Interference Resistance – jammed from Low Orbit satellites (80–500 km);
 - Cyber-attacks against radar system computers.
- technical solutions and their cost analyses for AD surveillance radar needs;
- risk analysis of the most promising technical solutions;
- suggestions for the procurement and for the life support method changes;
- recommendation for the Pilot Project, which shall be the most cost-effective technical solution.

Parameters of the Study preparation:

- schedule: The Study to be determined
- allocated Time:
 - management 200 hrs;
 - engineering 1200 hrs;
 - administrator 600 hrs;
 - instruments 10000 EUR;
- budget: 100,000 EUR (ROM);
- other: to be determined.

Assume that the Scope, Time has been determined and the Budget has been allocated.

Stakeholders (included Project Manager and staff) [5]

Assumptions:

- ➔ The Project sponsors opinion is that the currently in place Minimum Military Requirement approaches for acquisition and life logistic support are not the most cost-effective methods from a full life cycle investment point of view, but is there any better method to be implemented?
- ➔ If yes, the new method should balance the key STAKEHOLDERS INTEREST, which are:
 - in short term → maximize the income: get all available resources now;
 - in medium term → manage, reduce and/or illuminate risk factors;
 - in long term → be moderate and stay in the business.

The Project Management will be organised as in Table 2.

Sponsors	<i>Nations</i>
Project	Development of new Acquisition and Logistic Technical Support method with cost effective Pilot Project
Customers	Accepts final delivery at end of Phase 1, 2 and 3
Technical	Approves specification: for the required Studies and SOW ¹ for the Prototype and for the logistic support concept [7]
Economical	Pays bills: 50,000 EUR for Phase 1; TBD ² m EUR for Phase 2; TBD m EUR for Phase 3;
User	Represents military users need: SOW, FAT ³ , SAT ⁴
Project Manager	Facilitator and ultimate decision maker: XYZ
Project Team Member	Accountable for deliverables / Org chart / Team Size / Training / Background
Functional Manager	Based on newly reorganized organization structure. Provides resources

Table 4. Project Managements structure (edited by the author)

Business case

Execution plans will be developed according to the work breakdown structure (WBS) for:

- ➔ Quality Control Processes;
- ➔ Communication guidelines;
- ➔ Work standards (meetings, working times and places, hiring plan, etc.);
- ➔ Progress monitoring;
- ➔ Risk management frameworks;
- ➔ Procurement frameworks.

See WBS and Gantt charts in the enclosure [8].

¹ Scope of Work

² To Be Defined

³ Factory Acceptance Test

⁴ Site Acceptance Test

Study's findings and recommendations

I. Advantages and disadvantages of the Project Management concept

The Radar project Management triangle is shown in fig 1.

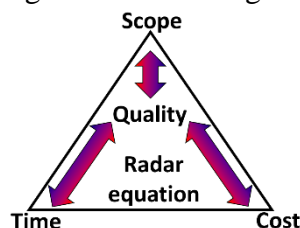


Figure 1. Radar project Management triangle (edited by the author on the basis of [9])

It depicts the main relations of the PM concept legs. What are the advantages?

- The activities shall be well structured, which:
 - could give overview of the task and responsibilities;
 - could give tools for precise monitoring of cash flow: Implementation of Earned Value Management (EVM);
- easier to point out problematic areas in scope/quality, finance and time than in the case of currently implemented methods;
- could be proper and efficient contra measures implemented on the emerging shortcomings;
- reaction time for emerging risks could be shortened;
- the quality of the final project deliverables could be increased.

What are the disadvantages?

- Its implementation costly.
- Not applicable for regularly managed activities, like services.
- If it is over managed the efficiency will suffer because the workload time cycle of the employees is extended.

The bureaucracy overhead of the project is increasing and requires additional resources [10].

The Study development Council suggested structural reorganization could save expenses in the future, but the problems regarding how “to procure and operate more equipment together” will stay open, because:

- the savings received by structural reorganization are not significant for the new equipment procurement and logistic support, due to delayed delivery and quality issues and nations could lose services and support;
- this generates risk for military operations;
- compensation for unforeseen risks requires urgent additional resources in a timely manner;
- the uncertainties regarding on new AD surveillance radar equipment's are still open.

Short look required for the problem analyses in relation to the surveillance radar procurement, military operational importance and logistic support and maintenance.

II. Problem analyses related to the cost of the surveillance radar procurement, military operational Importance and logistic support and maintenance

Comparison result of the cost of military operational importance and logistic support and maintenance shown on figure 2.

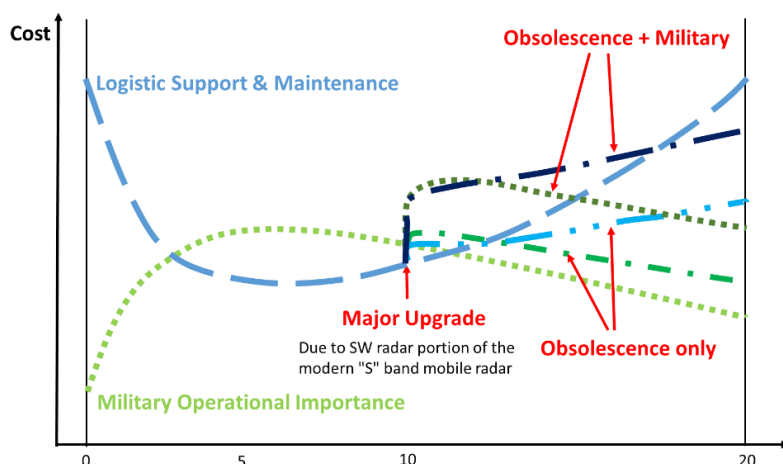


Figure 2. Cost of military operational importance and logistic support and maintenance (edited by the author)

The lifetime of the military technology is limited, has start and end points and consequently, could be handled as a project.

Close to the end of military equipment lifetime, a general upgrade or modernization of the systems are required, otherwise there is little sense, from an operational point of view, to maintain it.

Comparisons of the surveillance radar procurement cost and logistic support and maintenance cost.

Assume for simplicity that the radar acquisition time is 10 years and its service life is 20 years. The acquisition cost is $X \pm 50\%$, determined by military requirements that could be minimum or maximum. It seems that we could save money if we procure radars with minimum military requirement (MMR). However, the radar and any other military equipment costs are determined by original radar manufacturers (ORM) at the project starting point and not by the customer. It could be adjusted slightly at the end of the acquisition phase. More than that, the full support for equipment life time are calculated and fixed at this point too. Surveys shows that usually it is the $X_{average}$ price, real price calculated by company and not modified for “business advertisement” point of view. Usually the full support cost of the equipment is $X_{average}$ acquisition cost multiplied by 3, to get 20 years’ service life cost “Y”. The margin is about $Y \pm 20\%$ and depends on the applied services quality. Certainly, during radar life time, the ORM wants to maximize its profit. This is manageable within the current support mechanism and frequently because the ORM has a monopoly on the logistic and technical services.

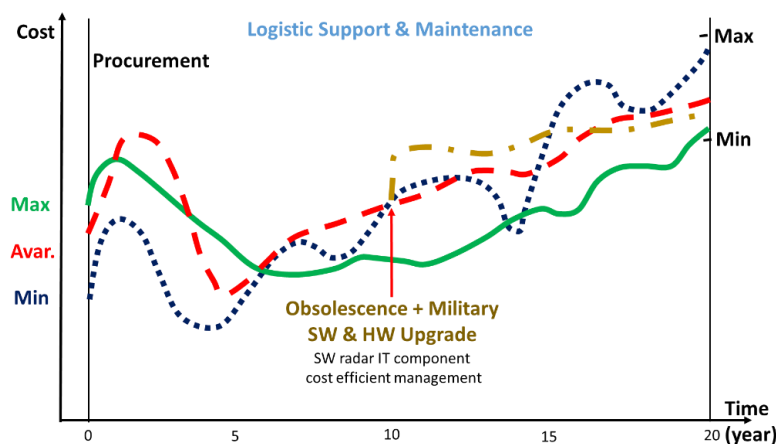


Figure 3. Procurement cost and end of life cycle cost relation (edited by the author)

Figure 3 depicts the fact that the end life cycle cost of the radar depends of the procurement cost in inverse matter. What are the reasons? First of all, radar projects with maximum required performances undergo a deeper analysis for possible:

- technical solutions;
- logistic support;
- all kind of risk;
- intensive advance and emerging techniques/technologies implementation;
- military sales marketing (could stay longer in the market with advance military operational capabilities);
- profit etc.

and need to keep experts in the project with higher professional skills than usual “low cost” projects are required.

Subject	Constrains (Inflexible)	Optimize (Adaptable)	Accept (May Concede)
Cost / Resources		Y	
Risk		Y	
Schedule		Y	
Scope / Quality	Y		

Table 3. Prioritizing new Project Dimension (edited by the author)

III. Technical solutions are available to solve air defence surveillance radar needs

What kind of technical solutions are available to solve air defence surveillance radar needs?

- Radars based on current advanced S band mobile radar technology e.g. digital beam forming
 - advantages: proven technology with low risk;
 - Disadvantages: could not fulfill required detection capacities (stealth) & they are very vulnerable targets, high risk for life cycle logistic support due to implemented newest IT SW modules;
- Multi-Purpose Multi-Function Radars (MPMFR) technology
 - advantages: proven technology for ships and airplanes with medium risk;
 - disadvantages: could not fulfill required detection & time allocation capacities (stealth) & they are extremely vulnerable targets, high risk for life cycle logistic support due to implemented newest IT SW modules.
- VHF radar technology
 - Advantages: proven technology with low risk;
 - Disadvantages: size, measurement accuracy;
- Twin (Gaussian monostatic) RF Network Centric radar technology
 - Advantages: very modern technology with medium risk;
 - Disadvantages: Need Prototype Phase with further research and strong SW support;
- Emerging technologies: Passive/Infra/Optical, etc. sensors with modern RF Networking
 - Advantages: combined RF and SW technology with low risk;
 - Disadvantages: could not fulfill required life cycle support.

Phased array radar has become the radar of choice whether for land or airborne applications: its lack of moving parts means higher performance and improved reliability. However phased array radar requires large amounts of compute power. Phased array processors have historically

been built using only traditional CPU computing architectures, in which the increase in available performance over time largely follows Moore’s Law [31].

Modular, Scalable

Users are increasingly demanding interoperable solutions, based on industry standards that can be deployed across different platforms and in different systems – and that are modular and scalable. The companies have a long-term roadmap for embedded computing so minimizing the potential for costly and disruptive obsolescence.

Make or Buy?

Today, the flexibility, interoperability and performance of software deliver significant advantages in terms of lower cost, lower risk, faster time to market and easier long-term support. In-house development is becoming harder to justify. Working with an experienced provider, however, is crucial. Leveraging extensive experience and hardware solutions allows you to focus on algorithm development, integration and implementation the sources of your competitive advantage.

IV. Cost analyses of the most promising technical solutions

Calculations on the required engineering hours, equipment, services, IT and consumables, travel etc. of different technical solutions and logistic support statistics, see fig. 3 depict the fact that the Procurement cost and End of life cycle cost together, Y_{average} , which is assumed for:

- Solution 1, It could be taken as a baseline for our calculations with the note that there are problems with stealth target detection and new Electronic Protection Measures (EPM) technology for which the solution could be extremely risky & consequently costly;
- Solution 2, due to its highest complexity, the MPMFR investment is 5 times the Y_{average} and the risk on stealth target and new EPM technology has not changed, because the applied frequency band shared with solution 1;
- Solution 3, for the VHF based solution, cost is $Y_{\text{average}}/5$, but not all high-level requirement priorities are fulfilled (See table 2 for details.);
- Solution 4, The Twin RF Network radar technology compensates technical disadvantages of the VHF radar technology with significant military operational improvements but requires prototyping that contains 2 radar plus Signal Fusion Post (SFP). Rough Order of Magnitude (ROM) prices of the Twin, Gaussian-monostatic RF Network radar realization is $2 \times Y_{\text{average}}$, plus cost of the SFP, which is about $2 \times Y_{\text{average}}$. This investment is significantly less than could be offered by any other solutions.

In case of solutions based on emerging technology, the required capital strongly depends on how far the military operational requirements such as adaptation of the new EPM technologies differ from the civilian needs. However, these technologies are indispensable for the success of all other solutions as core parts of the projects.

Consequently, the Twin, Gaussian-monostatic radar technology gives the most cost-effective solution.

Suggested main milestones, deadlines and dependencies

Terminology		Military IT project
Concept	Init	Emergence of requirements
Define	Planning	Kick-off; Formal specifications
Execute/Phase-a.	Execute / Phase-a.	HW & SW procurement/ developments
Execute/Phase-b.	Execute /Phase-b.	HW & SW testing / adjustments
Finish	Close	Acceptance & delivery (SAT; PSA)

Table 4: Project Phases for prototyping and production (edited by the author)

Terminology		Type of the Logistic Concept		
		Traditional	CLS ⁵	Mixture
Concept	Init	Services (GOV.) SPC ⁶ (GOV.) PDS ⁷ (GOV.)	Services (ORM ⁸) SPC (GOV.) PDS (ORM)	Services (ORM) SPC (GOV.) PDS (ORM/GOV.)
Define	Planning	Resource planning, Schedule, Design,	Kick-off; Formal specification; SPC planning & preparation	Kick-off; Formal specification; <i>Demarcation Interfaces of Responsibilities</i> ; SPC planning & preparation
Execute	Execute	Building, SPC/PDS execution	Building, SPC/PDS execution	Building, SPC/PDS execution
Finish	Close	Payments, Acceptance & key Delivery	Payments, Acceptance & Delivery	Payments, Acceptance & Delivery

Table 5. Project Phases for 20 years life time support (edited by the author)

Radar system development and life support subtasks are:

- feasibility study;
- analyses;
- design;
- development;
- implementation;
- infrastructure;
- project management.

Table 6 contains a few radar technical characteristics of those radar manufacturers, which could be capable for deliver Gaussian-monostatic (twin) radars

⁵ Contractor Logistic Support

⁶ System Performance Check

⁷ Post Design Service

⁸ Original Radar Manufacturer

Company	Name	Band	Range	Elevation coverage	IFF/ SSR	Cost
HENSOLDT Sensors	TRML-3D/32	C	200 km	20 km	Mode 5, Mode S	~ 12,5M EUR*
Israel Aerospace Industries Ltd.	ELM-2311 C-MMR (Compact Multi Mission Radar)	C	In Air Defence mission: 250 km	up to 50 °		-
Israel Aerospace Industries Ltd.	ELM-2084 MMR (Multi Mission Radar)	S	490 km	30 km		~ 14,25–18,67M EUR*[11][12]
Israel Aerospace Industries Ltd.	ELM-2288 MR (Medium Range)	S	300 km		Integrated antenna	-
Thales Raytheon Systems	Ground Master 400	S	470 km	up to 40° 30 km	MSSR 2000 Mode 4, Mode S	~ 16M EUR* [13]
CETC International	YLC-2V	S	500 km	25 km	Integrated antenna	-
CETC International	YLC-18 (High Mobility Medium Range Low Altitude 3D Radar)	S	250 km	12 km	-	-
Iskra	80K6M	S	400 km	up to 50°	-	-
BAE Systems	Commander SL	S	470 km	30 km	Mode 4, Mode S	-
Saab	GIRAFFE 4A	S	280 km	up to 70°	Mode 5, Mode S	-
Saab	GIRAFFE 8A	S	470 km	up to 65°	Mode 5, Mode S	-
Leonardo S.p.A.	RAT-31 DL/M	L	400 km	30 km	Mode 4, Mode S	~25M EUR* [14]
Lockheed Martin	AN/TPS-77	L	470 km	30 km	Mode 4, Mode S	-
Indra	Lanza 3D Family	L	333 km	30 km	Mode 4, Mode S	-
	Lanza MRR (Medium Range Radar)					-
	Lanza LRT (Long Range Tactical Radar)					-
	LTR-20					-
	LTR-25					~ 11M EUR* [15]
LiTak-Tak	AMBER-1800	VHF	400 km	2D	-	-
Ukrspецexport	P18/2000	VHF	250 km	2D	-	-

Table 6. Possible radars for twin, Gaussian-monostatic RF Network (edited by the author) Note:* based on internet



Figure 4. TRML-3D/32 radar [16]



Figure 5. ELM-2084 MMR radar [17]



Figure 6. ELM-2311 C-MMR radar [18]



Figure 7. ELM-2288 MR radar [19]



Figure 8. YLC-2V radar [20]



Figure 9. YLC-18 radar [20]



Figure 10. Ground Master 403 radar [21]



Figure 11. 80K6M radar [22]



Figure 12. Commander SL radar [23]



Figure 13. RAT 31DL/M radar [24]



Figure 14. GIRAFFE 4A radar [25]



Figure 15. GIRAFFE 8A radar [26]



Figure 16. AN/TPS-77 radar [27]



Figure 17. Lanza LTR-25 radar [28]

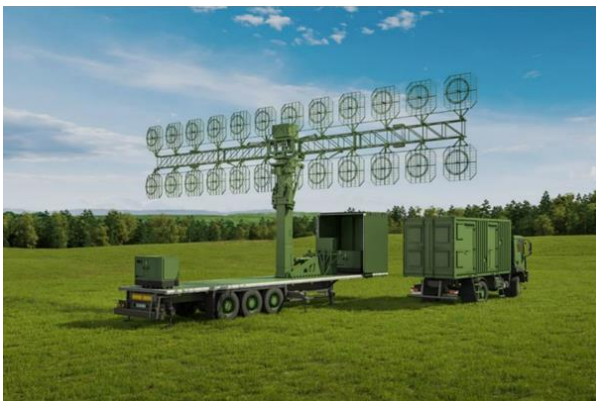


Figure 18. AMBER-1800 radar [29]



Figure 19. P18/2000 radar [30]

We could conclude that: When purchasing radars, the price is determined by the method. Furthermore, by compatible bidding, prices are 10–20% cheaper, but longer in time. By single source the prices are higher, but the time is short.

Known issues and risks for development of the life cycle support concept

Impact Risk	Low	Medium	High
Low	Feasibility Study	Development	Infrastructure
Medium	Analyses SOW	Design, Implementation	Cost overrun
High	High	Prototyping	PM; Logistic support, SW support for life cycle

Table 7: Risk in case of current method [6]

CONCLUSION IS THAT Radar system development & Life support IS VERY RISKY. New Recommendations are required.

Recommendation for the procurement and for the life cycle support concept method must be applied

The procurement method must be changed from the Minimum Military Requirement (MMR) to the Maximum Feasible Military Requirement (MFMR) concept. The risk reduction, see table 7, requires this change. Furthermore, to avoid “unrealistic” companies’ suggestions, the currently in place BIT evaluation metrology shall be changed also. As experts with Nobel price suggested the minimum and maximum prices shall be excluded from the BIT by modern evaluation selection methods. To keep concurrency for the procurement and be in the safe side of the services life cycle we suggest that, the Prototyping and the servicing should be organised with newly applied principles:

- ➔ Acquisition Phase: Depending on the quantity of the required systems: if the required systems are 3 or less, 1 prototype shall be produced and tested. The required systems shall be produced and delivered with the same company. If the required systems are 4 or more, 2 prototypes shall be produced with different companies and tested. If one of the prototypes is delayed more than 6 months, all required systems will be procured from the company which delivered the prototype on time. If both companies deliver the prototype in time with very similar level of quality, the prototype with the lower predicted life time cost shall be selected as the main supplier source. This company has a right to deliver 2/3rd of the required systems while the second company responsible for the 1/3rd of the required system delivery and logistic support only.
- ➔ Logistic support phase: The procured services should be under continuous review and comparison at the systems and sub-system level. The prototypes and the final systems HW and SW must be built on modular bases where the sub-systems related LRUs are replaceable among sub-systems and are delivered by another company.

Impact Risk	Low	Medium	High
Low	Feasibility Study Analyses	Implementation Cost overrun	Infrastructure
Medium	SOW	Design, Prototyping	PM
High	Development		Concept acceptance

Table 8. Risk in case of implemented proposed methods [6]

The conclusion is that Radar system development & Life support with the implemented newly proposed methods carry a lower risk and are much cheaper than the current methods. The most

problematic activity is the Concept Acceptance, but the advantages of the newly proposed methods are evident, and the investment efficiency shall be improved with the highest priority.

Certainly, all Stakeholders shall recheck, using their databases, the findings of this study and tune its criteria conclusions if required.

Bad Program Management could easily destroy the positive indications of the initiatives. However, the program management and the team selection could be extended with specialized required knowledge areas, new management training activities could be implemented, and frequent progress reviews have to be implemented for the duration of the project. The Design and Prototyping have a medium size risk that requires close project follow on activities from the Project teams and Management.

Selection of the Pilot Project as Recommendation

The “S” band mobile radar has RF and SW module interfaces for twin, Gaussian-monostatic radar operation. The Twin, Gaussian-monostatic radar technology fulfills all military operational requirements, feasible from an engineering/technical point of view. It is the most cost-effective solution with the low cost. Preliminary calculation for the expected deliverables time for Prototype and Production is in Table 9. for those nations who want to keep up momentum and motivation.

Prototype Requirements	Time	Production Requirements	Production Time (after prototyping)
Kick-off; Formal specifications	1 year	Kick-off; SOW adjustment	0.5 year
HW & SW procurement/developments	3 year	HW & SW reproduction	3 year
HW & SW testing/adjustments	2 year	Testing, Installation	1 year
Test Analyses, Final Report	0.5 year	Training; SAT	1 year

Table 9. Expected Deliverables for Twin, Gaussian-monostatic radar (1+1 Prototype system; 10+5 production) (edited by the author)

The prototype can be manufactured in 3 years and needs 2.5 years to carry out tests and evaluate the results in detail.

CONCLUSIONS

Radar systems are where the cutting-edge technology of tomorrow meets the realities of today. We need understands that the best drawing board solutions will never see deployment if they do not meet both performance and acquisition requirements. Leading edge technologies coupled with extensive experience bring the products and expertise you need for advanced radar solutions. Tools that enable you to develop fast, supported by programs that give your deployment extended longevity.

The newly proposed procurement and logistical support system based on Project Management principles is worth attention as it is more cost-effective and less risk-free than currently used solutions. It is therefore worthwhile to make further efforts to prepare for the launch of the sample project.

The main findings of the study are as follows:

- ➔ the Project Management concept is applicable, but its shortcomings shall be compensated;
- ➔ there is certain Stakeholder interest that requires precise balancing;

- cost analyses of the surveillance radar procurement, military operational importance/logistic support and maintenance for emerging military operational needs. Identify investment burden areas where modernization required and possible;
- implementations of newly required military capabilities with currently in place methods are not only very expensive and delayed but are a high risk;

The twin, Gaussian-monostatic radar system is a perspective and cost-effective alternative to any other radar offered solution, so the detailed feasibility studies should be started as soon as possible especially because the advanced planning of life time software support is the most critical issues of any newly implemented radar projects shall be characterised in advance.

REFERENCES

- [1] North Atlantic Treaty Organization Fact Sheet, “The NATO Command Structure,” [Online]. Available: https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/pdf_2018_02/1802-Factsheet-NATO-Command-Structure_en.pdf
- [2] North Atlantic Treaty Organization Topics, “NATO reform,” [Online]. Available: https://www.nato.int/cps/em/natohq/topics_68230.htm
- [3] North Atlantic Treaty Organization Topics, “NATO Support and Procurement Agency (NSPA),” [Online]. Available: https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_88734.htm?selectedLocale=en
- [4] North Atlantic Treaty Organization Newsroom, “The Secretary General’s Annual Report 2017,” [Online]. Available: https://www.nato.int/cps/en/natohq/opinions_152797.htm
- [5] Project Management Institute, *A guide to the project management body of knowledge*. Newtown Square, PA: PMI Inc, 2013.
- [6] Balajti István, „Az iker VHF radar elképzelés menedzselésével kapcsolatos kérdéskör,” *Hadmérnök* VI/4, pp. 154-165, 2011.
- [7] Project Management Institute, *Lexicon of Project Management Terms Version 2.0*. Newtown Square, PA: PMI Inc, 2012.
- [8] Joseph Heagney, *Fundamentals of project management*. New York: American Management Association, 2011.
- [9] Nagy Zsolt, *Projektmenedzsment jegyzet*. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem, 2008.
- [10] Adrienne Watt, *Project Management*. BCcampus, Open Textbook Project 2014. [Online]. Available: <https://open.bccampus.ca/find-open-textbooks/?uuiid=8678fbae-6724-454c-a796-3c6667d826be&contributor=&keyword=&subject=>
- [11] The Times of Israel, „Czech military to purchase 8 Israeli radars,” [Online]. Available: <https://www.timesofisrael.com/czech-military-to-purchase-8-israeli-radars/>
- [12] UPI Defense News, „Canada buying radar from Rheinmetall Canada and Elta Systems,” [Online]. Available: <https://www.upi.com/Defense-News/2015/07/28/Canada-buying-radar-from-Rheinmetall-Canada-and-Elta-Systems/7321438106567/>
- [13] Deagel Sensor Systems, „Ground Master 400”, [Online]. Available: http://www.deagel.com/Sensor-Systems/Ground-Master-400_a001480001.aspx
- [14] RadarTutorial.eu, „RAT-31 DL/M,” [Online]. Available: <http://www.radartutorial.eu/19.kartei/02.surv/karte012.en.html>
- [15] NATO Communications and Information Agency, „Agency awards contract for Deployable Air Defence Radars,” [Online]. Available: <https://www.ncia.nato.int/NewsRoom/Pages/150710-DADR-with-Indra.aspx>
- [16] ChainHomeHigh blog, „Germany: TRML-3D/32 Update,” [Online]. Available: <https://chainhomehigh.wordpress.com/2012/07/04/germany-trml-3d32-update/>
- [17] Army Recognition, „ELM-2084 S-Band MMR Multi-Mission Radar technical data sheet specifications pictures video 12901172,” [Online]. Available: https://www.armyrecognition.com/israel_israeli_military_missile_vehicles_systems_u/elm-2084_s-band_mmr_multimission_radar_technical_data_sheet_specifications_pictures_video_12901172.html
- [18] MilitaryEdge.org, „IAI Successfully demonstrates a new tactical C-RAM radar,” [Online]. Available: <https://militaryedge.org/articles/iai-successfully-demonstrates-tactical-c-ram-radar/>
- [19] RadarTutorial.eu, „ELM-2288,” [Online]. Available: <http://www.radartutorial.eu/19.kartei/02.surv/karte037.en.html>

- [20] Air Power Australia, „PLA Air Defence Radars,” [Online]. Available: <http://www.ausairpower.net/APA-PLA-IADS-Radars.html>
- [21] Wikipedia The Free Encyclopedia, „Ground Master 400,” [Online]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Ground_Master_400
- [22] RadarTutorial.eu, „80K6M,” [Online]. Available: <http://www.radartutorial.eu/19.kartei/02.surv/karte026.en.html>
- [23] BAE Systems Maritime, „Our 9 tonne Commander SL Radar Antenna is at #IDET2015. It's travelled 900 miles from #Cowes to #CzechRepublic,” [Online]. Available: https://twitter.com/baes_maritime/status/600577084755419136
- [24] MilitaryEdge.org, „Selex ES Wins Contract from NATO Agency to Upgrade Air Defence Radars In Turkey,” [Online]. Available: <https://militaryedge.org/articles/selex-es-wins-contract-nato-agency-upgrade-air-defence-radars-turkey/>
- [25] HTKA - Haditechnikai Keresztszal, „Svéd radar megrendelés,” [Online]. Available: <https://htka.hu/cimke/giraffe-4a/>
- [26] RadarTutorial.eu, „Giraffe 8A,” [Online]. Available: <http://www.radartutorial.eu/19.kartei/02.surv/karte038.en.html>
- [27] Missile Defense Advocacy Alliance, „AN/TPS-77,” [Online]. Available: <http://missiledefenseadvocacy.org/air-defense/u-s-air-defense/u-s-deployed-air-defense-sensor-systems/an-tps-77/>
- [28] Армейский вестник, „Параметры РЛС LTR-25 «Lanza 3D» сильно приувеличены,” [Online]. Available: <https://army-news.ru/2015/07/parametry-rls-ltr-25-lanza-3d-silno-priuveличeny/>
- [29] LiTak-Tak.eu, „AMBER-1800,” [Online]. Available: <http://www.litak-tak.eu/en/products/radars/amber-1800/>
- [30] Ukrspecexport.com, „P18/2000,” [Online]. Available: <http://ukrspecexport.com/index/catalogue/t/airdefence/lang/eng/id/78>
- [31] <http://www.mooreslaw.org>

TANULMÁNY AZ „S” SÁVÚ MOBIL RADAR BESZERZÉSI ÉS ÉLETTARTAM TÁMOGATÁS MEGVALÓSÍTHATÓSÁGÁRA

A projekt menedzselés hatékonysága a radar beszerzés kulcsfontosságú mércéje. A cikk az „S” sávú mobil radar technológia menedzselésével kapcsolatos kérdéskört vizsgálja és mutatja be radar teljes életciklusán át. Ezek elsősorban a követelmények és kockázatok felmérése, a lehetséges problémák számbavétele, majd az aktuális események szerinti értékelése és a célkitűzések elérésének valószínűségének vizsgálata.

Kulcsszavak: projekt menedzsment, kockázat elemzés, „S” sávú mobil radar, iker Gauszi.monosztatikus radar

Szökrény Zoltán
gyakorlati oktató
Nemzeti Közszerológati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Üzemeltető Intézet
Elektronikai Hadviselés Tanszék
szokreny.zoltan@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0001-7411-5546

Szökrény Zoltán
practical instructor
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Institute of Military Maintenance
Department of Electronic Warfare
szokreny.zoltan@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0001-7411-5546



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_3/2018-3-05-0116-Szokreny_Zoltan.pdf

Nagy László János

A HADITECHNIKAI ESZKÖZÖK ÖSSZEHASONLÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI A HELIKOPTER KÉPESSÉG FEJLESZTÉS TÜKRÉBEN

A Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program eredményeként a Magyar Honvédség jelentős technikai eszköz beszerzések előtt áll. A jelenleg meglévő helikopter képesség a rendelkezésre álló géplétszám miatt teljes mértékben nem biztosítja a vele szemben meghatározott feladatokat. Hatékony előre lépés csak új helikopterek bérlésével/vásárlásával biztosítható. Azért, hogy egy hatékony és gazdaságos üzemeltetési rendszert lehessen kialakítani, a több szempontú döntésméleti módszer alkalmazása elengedhetetlen, melynek alap feltétele a harcászati- és műszaki követelmények pontos meghatározása. Csak akkor járunk el helyesen, ha a helikopter képességet egy komplex rendszerként kezeljük, amelyben az egyik legfontosabb eleme maga az üzemeltetés tárgya, ezért annak kiválasztása nagy körültekintést igényel.

Kulcsszavak: haderőfejlesztés, helikopter képesség, harcászati- műszaki követelmények, több szempontú döntésmélet

BEVEZETÉS

Magyarország a II. világháborút követően többségében orosz gyártmányú repülőeszközök rendszerbe állításával oldotta meg a repülőcsapatok részére meghatározott feladatokat. Az üzemeltetési technológia, az ehhez szükséges személyi állomány felkészítése, az infrastruktúra, a logisztikai ellátási rendszer teljes egészében megfelelt a szocialista országokban alkalmazott eljárásoknak, ezáltal biztosítva a korlátozások nélküli együttműködést. A Varsói Szerződés¹ volt tagállamai meglehetősen sokféleképpen kezelték a katonai repülés fejlesztését, a típusváltás kérdését. A skála széles, Lengyelországtól Bulgáriáig egészen más minőségben és képesség növekedésben lehet mérni az elmúlt 25 év eredményeit.

A Szovjetunió vezette kelet-európai országok többségét tömörítő katonai szervezet felbomlása után is – mivel nem állt rendelkezésre megfelelő anyagi erőforrás a fejlesztésekre, valamint nem voltunk tagjai semmilyen szövetséges rendszernek – a szovjet repülőtechnika határozta meg Európa keleti felének katonai repülését, melyek sorsa általában a leállítás lett, a legtöbb eszköz üzemidejét nem hosszabbították meg, ipari nagyjavítására nem került sor. A védelmi költségvetések rohamos csökkentése, a sorozatos, minden országban végrehajtott hadügyi reformoknak, valamint a kelet-európai tagországok gazdasági nehézségeinek következtében meglehetősen lassan zajlott (zajlik) a típusváltás, s van, ahol ez máig várat magára.

Korunk lehetséges háborús konfliktusaiban a sikeres harctevékenység egyik meghatározó eleme a modern, megnövelt hatótávolságú és tűzerejű fegyverzet, valamint a fokozott túlélő képességű és kimagasló információs lehetőséggel rendelkező hordozó eszköz egysége. A sűrűn lakott régiókban

¹ Varsói Szerződés: a közép- és kelet-európai szocialista országok védelmi katonai-politikai szervezete, Varsóban, Lengyelországban alapították meg 1955. május 14-én a Szovjetunió javaslatára, amely a szervezeten belül csaknem az összes hatalmat birtokolta.

a korszerű precíziós eszközökkel felszerelt harcászati repülőgépekkel és helikopterekkel lehet súlyos csapásokat mérni a nagyszámú, mozgó páncélozott erőkből álló ellenségre. Ezen eszközök képesek gyorsan, sikeresen megállítani a szembenálló fél támadásait, vagy a nagy pontosságú fegyverrendszerek alkalmazásával a kisebb ellenálló csoportokat megsemmisíteni úgy, hogy a civil áldozatok száma minél alacsonyabb legyen. A különleges műveleti erők szállítására a kor színvonalának megfelelő szállítóhelikopterek alkalmazása elengedhetetlen. A vadászrepülőgépek terén a 2006-ban rendszerbe állított JAS-39 Gripen negyedik generációs könnyű vadászrepülőgépekkel a hazai- és a szövetségi kötelezettségeinknek alapvetően eleget tudunk tenni. Sajnálatos módon a helikopter képességgel kapcsolatban ilyen kijelentést nem tehetünk meg. Noha 2017-ben 4 db, 2018-ban pedig 1 db Mi-17 szállítóhelikopter, valamint 8 db Mi-24 harcihelikopter állt/áll hadrendbe ipari nagyjavítást követően, a helikopter képességgel szemben megfogalmazott feladatrendszer végrehajtását a rendelkezésre álló géplétszámmal nem lehet biztosítani.

Minden jelentősebb haditechnikai fejlesztés fő célkitűzése, hogy a rendszeresített eszköz egyre több funkció megvalósítását vegye át az embertől, amely a túlélési esélyeket nagymértékben növeli. Számos esetben találkozhatunk olyan haditechnikai eszközzel, amely közel sem teljesíti azokat az elvárásokat, amelyeket az állami- és hadvezetés, a nemzet, a szövetség, különösen pedig az azt alkalmazó katona elvárna. A megfelelő hatékonyság elérése érdekében, mivel már a fejlesztés, vagy a beszerzési eljárás kezdetén meg kell hozni a szükséges döntéseket, célszerű alkalmazni a több szempontú döntések módszertanát (továbbiakban: MCDM²). A technikai tulajdonságok határozzák meg egy repülő eszköz potenciális harci eredményességét és gazdasági tulajdonságait, melyek természetesen együttesen mutatják meg, hogy a megfogalmazott feladatok ellátására az adott paraméterekkel rendelkező eszköz mennyire felel meg és végeredményként számunkra az elfogadható, vagy sem. A több szempontú döntési modell a vizsgálati szempontok (ismérvek) szerint rangsorol, ezért a szempontrendszer helyes megválasztása alapfeltétele a haditechnikai eszközök összehasonlításának.

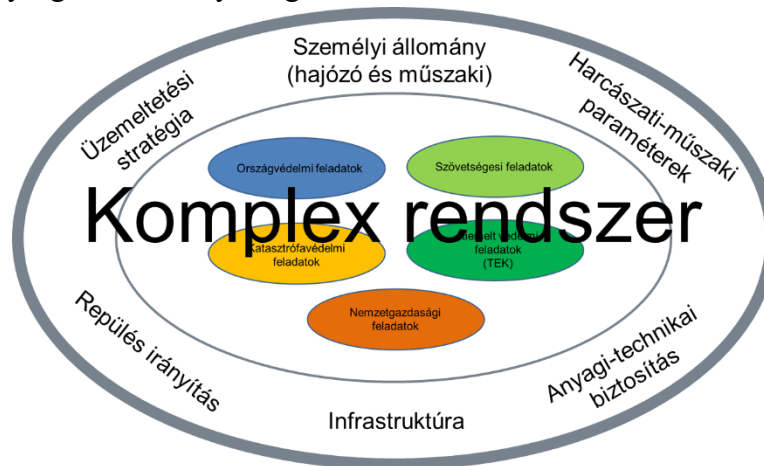
A fentieket figyelembe véve elengedhetetlen a kiinduló „alapadatok”, az úgynevezett harcászati-műszaki követelmény rendszer alapos és átgondolt elkészítése és a beszerzési eljáráshoz kapcsolódóan lehetőség szerint ennek értékelése, illetve tulajdonság-vizsgálatának elvégzése, az erre kiválasztott több szempontú döntésemélet gyakorlati alkalmazásával. Jelen tanulmány célja, hogy a helikopter képesség fejlesztés érdekében bemutassam azon eljárásokat, amelyek helyes megválasztásával, valamint a kellő alapossággal kidolgozott harcászati- és műszaki követelmények felhasználásával a potenciálisan szóba jöhető helikopterek közül eredményesen kiválasztható legyen az a típus, amely a hazai és szövetségi rendszerben hatékonyan és gazdaságosan alkalmazható.

A HELIKOPTER KÉPESSÉG

Korábbi munkámban [1, p.8] fontosnak tartottam meghatározni a helikopter képesség fogalmát. A helikopterek üzemeltetésének (mint például: harcászati-, műszaki paraméterek, üzemeltetési stratégia, üzemeltető állomány) olyan komplex rendszerét értem, mely hatékony alkalmazásával biztosítható a haza védelme és a szövetségi feladatrendszer eredményes végrehajtása békében és válságkezelő műveletekben egyaránt.

² MCDM: Multi Criteria Decision Making

Szintén bemutatam a helikopterek alkalmazását szabályozó dokumentumokat, és ezek feladatrendszerét, amely alapja a harcászati- és műszaki követelmények meghatározásának. Részletelesen kitértem, az országvédelmi, a katasztrófavédelmi, a kiemelt védelmi (TEK), valamint a nemzetgazdasági feladatokra. A helikopter képességet, mint komplex rendszert az 1. ábra segítségével mutatom be. A megoldandó feladat, hogy ezen elemek kapacitásainak, valamint egymásra gyakorolt pozitív és sok esetben negatív hatásainak eredményeként egy olyan képesség kerüljön kialakításra, amely biztosítja a feladatok eredményes, hatékony és gazdaságos végrehajtását. A közismert „hordó effektus” alapján könnyen belátható, hogy az ábrán feltüntetett valamennyi elemet kiemelten kell kezelni, mivel a leggyengébb elem fogja meghatározni a rendszer hatékonyságát, eredményességét.



1. ábra [saját szerkesztés]

Lehetséges irányok áttekintése

A helikopter képességgel szemben megfogalmazott feladatrendszer kidolgozását követően első lépésként meg kell határozni a szükséges géplétszámot kategóriánként (harci, szállító, kiképző/könnyű). Ezt követően szükséges felmérni mindazon gazdasági- és pénzügyi lehetőségeket, amelyek a képesség fejlesztés szempontjából elérhetők. Előzetes piackutatás segítségével szükséges meghatározni, hogy hány darab repülőeszköz beszerzése lehetséges és ez a mennyiség elegendő-e a kitűzött feladatok megoldására.

A védelmi képesség fenntartása mellett, a gazdasági lehetőségek összeegyeztetésével fontos kiválasztani a pótlás számításba jöhető legcélszerűbb módozatát, amely [2]:

- hazánkban rendszeresített helikopterek felújítása, vagy;
- ezek felújítása modernizálással;
- más géptípus bérlése (lízingje);
- repülőeszközök gyártása, vagy;
- vásárlása lehet.

Egy korábbi tanulmányomban [2] részletesen elemeztem a lehetséges irányokat. Anélkül, hogy hosszasan igazolnám, a már korábban ismertett ipari nagyjavítások ellenére rövid időn belül modern, a kor színvonalának megfelelő helikopterek bérlésére, de leginkább vásárlására lesz szükség. Ez még akkor is igaz, ha a jelenleg meglévő Mi-8 típusú helikopterek korszerűsítésére kiváló példákat is láthatunk [3], de ahogyan azt már korábban bemutattam, a jelenleg rendelkezésre álló orosz típusú helikopterekkel nem érhető el olyan szintű helikopter képesség, amely

segítségével végrehajthatók a megfogalmazott hazai és szövetségi feladatok.

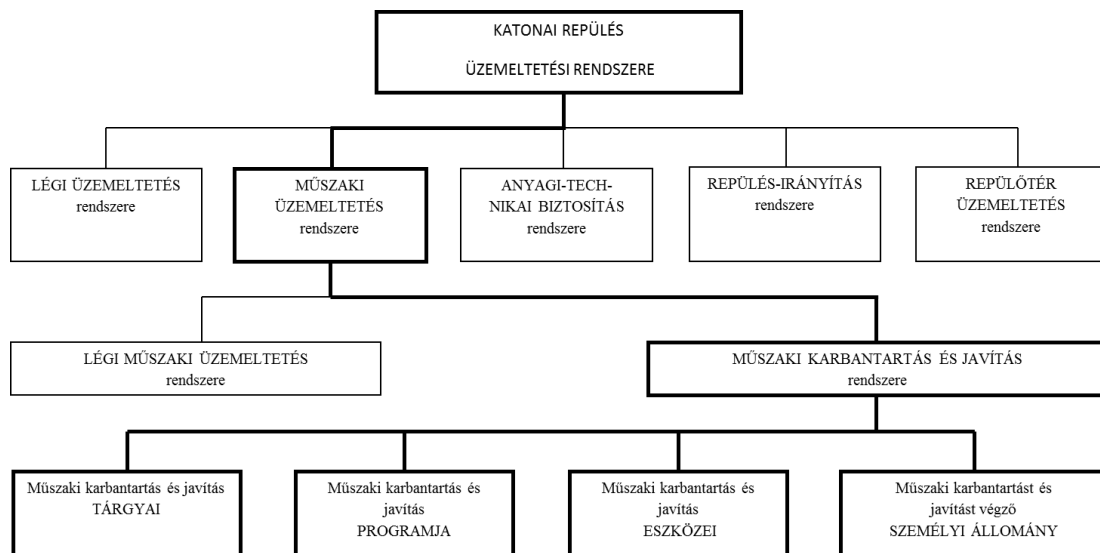
A bevezetőben kitértem arra, hogy a haditechnikai eszközök fejlesztése során jól lehet alkalmazni a több szempontú döntések módszertanát. Több szakirodalom is foglalkozik e téma elméleti oldalával [4][5][6], valamint a gyakorlati alkalmazhatóságával [7][8][9][10][11][12]. Az előzőekben rámutattam arra, hogy a helikopter képesség fejlesztés területén a bérlés, vagy leginkább a vásárlás jöhet szóba, figyelembe véve hazánk jelenlegi lehetőségeit. Attól függetlenül, hogy a beszerzési eljárást a hatályos közbeszerzési törvény (továbbiakban: kbt³) alapján, vagy a Honvédelmi és rendészeti bizottság döntésének megfelelően – a kbt. alóli mentesítéssel – kell végrehajtani, a beszerzési eljárást megelőzően, a piackutatás időszakában végre lehet hajtani egy előzetes rangsorolást. A kiválasztás során nem teljesen azonos funkciókkal rendelkező haditechnikai eszközök közül próbáljuk meg eldönteni, hogy számunkra összességében melyik a legmegfelelőbb. Számos szakirodalom [8][9][11], feldolgozását követően kijelenthető, hogy ebben az esetben az MCDM eljárás jól alkalmazható, csak a módszerek közül meg kell találni a helikopterek összehasonlítására leginkább megfelelőt. Annak érdekében, hogy a helikopterek (légi járművek) összehasonlításával megfelelő szakmaisággal foglalkozhassunk, mindenképp előtte ezen eszközök üzemeltetési rendszerét, valamint a kiválasztás szempontjából jelentőséggel bíró paraméterek halmazát szükséges megismerni.

A KATONAI REPÜLÉS ÜZEMELTETÉSI RENDSZERE

Bármilyen szempontok érvényesüljenek is a fegyverzetváltásnál (képesség kialakításnál), mindez eredményre csak akkor vezethet, ha rendszereket vizsgálunk. Jelenleg adott a magyar katonai repülés meglévő üzemeltetési eljárás rendje, a már meglévő személyi állománnyal, repülőeszközeivel, infrastruktúrájával, tartozékaival, amelyhez illeszkednie kell az új repülőeszközök üzemeltetési stratégiájának. Ezen belül csak egy – noha meghatározó fontosságú – elem a kiválasztott repülőeszköz, mint az üzemeltetés tárgya, melynek harcászati-technikai lehetőségeit csak a rendszer, az alrendszerek és azok elemeinek tökéletes illeszkedése és kapcsolódása esetén lehet maximálisan kihasználni.

Az üzemeltetés a repülőeszközök létezési formáinak összessége, minden olyan tevékenységet beleértve, melyeket ebben a létezési formában végeznek az előállítást követően [14]. E tevékenységek a következők: rendeltetésszerű használat, tárolás, szállítás, előkészítés, karbantartás, javítás és a felsoroltak bármelyikére történő várakozás. A repülőeszközök létezési formáit üzemeltetési állapotnak, az ezen belül adott feltételek melletti tartózkodásukat pedig üzemmódnak nevezzük. Az üzemeltetési rendszer egymástól jól elkülönülő - szervezetenként is különálló – önálló funkcionális alrendszerekre bontható, melyek kölcsönös függőségét és hierarchikus egymásra épülését az 2. ábra mutatja be.

³ 2015. évi CXLIII. törvény a közbeszerzésekről



2. ábra A katonai repülés üzemeltetési rendszere [14]

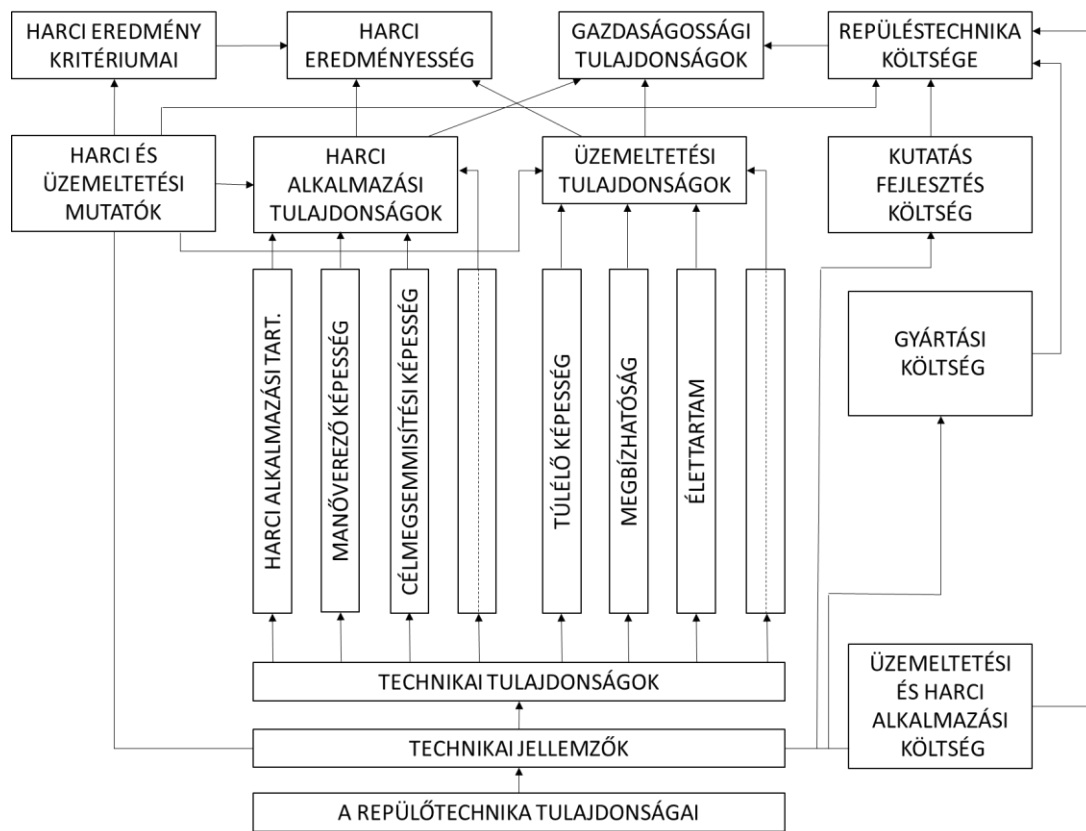
A katonai repülés üzemeltetési rendszerének elemei csak kölcsönhatásukban vizsgálhatók, amely azt vonja maga után, hogy a legkorszerűbb repülőeszköz sem működtethető hatékonyan elavult program szerint, korszerűtlen kiszolgáló eszközökkel és infrastruktúrával, valamint nem megfelelően képzett és strukturált személyi állománnyal. Mindez azt jelenti, hogy a rendszer bármely elemében történjen is lényeges minőségi és/vagy mennyiségi változás, az kihat a kapcsolódó elemekre és szükségessé teszi azok átalakítását, ismételt összehangolását, optimalizálását. Az előzőekben már részletesen kifejtettem és indokoltam a helikopter képesség megőrzésének és fejlesztésének jelentőségét. Szintén rámutattam arra, hogy a jelenleg végrehajtott és a tervezett ipari nagyjavítások ellenére, hosszú távon napjaink kihívásainak megfelelő képességekkel bíró helikopterek beszerzésére van szükség. Ennek megfelelően a hazai helikopterek üzemeltetési rendszerében jelentős változtatásokat kell bevezetni és alkalmazni azért, hogy a kialakított képesség a leghatékonyabb módon legyen alkalmazható a honvédelmi feladatok és a nemzeti érdekű feladatok végrehajtása során. Természetesen azzal számolni kell, hogy az átmeneti időszakban kettős üzemeltetési rendszert kell fenntartani, hiszen a kifutóban lévő orosz helikopterek mellett meg fognak jelenni új, a korábbi típus üzemeltetési stratégiájától jelentősen eltérő repülő eszközök.

A katonai repülőeszköz, mint harcászati-műszaki rendszer

Az előzőekben vizsgált katonai repülés üzemeltetési rendszerében a repülőeszköz, a műszaki karbantartás és javítás tárgyaként, egy elemként került elhelyezésre és meghatározásra. A helyzetet tovább bonyolítja, hogy a repülőeszköz önmagában is egy bonyolult haditechnikai rendszer, hiszen harcászati, műszaki, gazdaságossági tulajdonságok komplexumával jellemezhető. Ennek megfelelően csak olyan elem alkalmazható a katonai repülés üzemeltetési rendszerében, melynek tulajdonságai és jellemzői a kitűzött céloknak és feladatoknak megfelelően a hierarchikus rendszerbe beilleszthetők.

A 3. ábra logikai rendszere is azt támasztja alá, hogy egy új típus kiválasztása, a kapcsolódó üzemeltetési rendszer követelményeinek és műszaki biztosítási koncepciójának kidolgozása csak a szükségesség, feladat, valamint alkalmazási kör meghatározását követően lehetséges. Ezért tartom fontosnak külön vizsgálni a helikopter képességgel szemben megfogalmazott igény-

nyeket, hiszen a felsorolt feladatrendszer biztosítja számunkra a végcélt. Olyan új helikopterekre van szükség, amelyek harci eredményessége teljes mértékben lefedi a meghatározott feladatokat az optimális gazdasági tulajdonságok mellett.



3. ábra A repülőtechnika tulajdonságai [14]

Összességében a harci alkalmazás tartalmának, mutatóinak, alkalmazási tulajdonságainak, illetve eredményességi kritériumainak tisztázását követően a gazdaságossági mutatók és lehetőségek függvényében kereshetők műszaki jellemzők, üzemeltetési tulajdonságok, melyek alapján meghatározható a számunkra legkedvezőbb tulajdonságokkal bíró helikopter.

A helikopterek kiválasztása során alkalmazható szempontok

Az előzőekben áttekintettem, hogy a repülő eszköz egy komplex rendszert alkot már önmagában is, és mint a műszaki karbantartás és javítás tárgya illeszthető be a katonai repülés üzemeltetési rendszerébe. A legmegfelelőbb kiválasztása az olyan komplex haditechnikai eszközöknek, mint a légi járművek, egy több szempontú döntési folyamat végeredményeként születik meg. Ezért nagyon fontos részletesen meghatározni azokat a képességeket, amelyeket el szeretnénk érni, és azokat a feladatokat, amelyeket végre kell hajtani.

Az egyik fontos kérdés, melyet tisztázni kell, hogy milyen helikopterekre van szükség (futár/ki-képző, szállító, harci, speciális feladatra kialakított) és meg kell határozni a feladatok függvényében a szükséges géplétszámot.

Már ebben az időszakban vizsgálni és elemezni kell a szóba jöhető helikopterek illeszthetőségét a jelenleg meglévő katonai repülés üzemeltetési rendszerébe. Ugyancsak fontosnak tartom

hangsúlyozni, hogy országunk teherbíró képessége nagymértékben meghatározza a lehetséges géplétszámot, ezért ez a korlátozó tényező mindenképpen minőségi feltöltést indokol.

A 3. ábrából egyértelműen kiolvasható, hogy a technikai tulajdonságok határozzák meg egy repülő eszköz potenciális harci eredményességét és gazdaságossági tulajdonságait, melyek természetesen együttesen mutatják meg, hogy a megfogalmazott feladatok ellátására az adott paraméterekkel rendelkező eszköz mennyire felel meg és végeredményként számunkra az elfogadható, vagy sem.

A fentieket figyelembe véve elengedhetetlen a kiinduló „alapadatok”, az úgynevezett harcászati- műszaki követelmény rendszer alapos és átgondolt elkészítése és a beszerzési eljáráshoz kapcsolódóan lehetőség szerint ennek értékelése, illetve tulajdonság-vizsgálatának elvégzése, az erre kiválasztott több szempontú döntésemélet gyakorlati alkalmazásával.

A döntési feladatok megoldásakor az értékelési szempontok fontossági sorrendjének pontos meghatározása, a szempontrendszer kialakítása folyamatában pedig, az ezekhez tartozó konzisztencia definiálása az egyik legfontosabb és legnehezebb feladat. Egy reális adatértékeléshez a súlyozási lépések végrehajtása is szükségszerű, hiszen csak így alakítható ki a lehető legjobb döntési alternatíva mellett a lehetséges választások rangsora is, még akkor is, ha a stratégiai kérdésekkel összefüggésben felmerülhetnek politikai szempontok is.

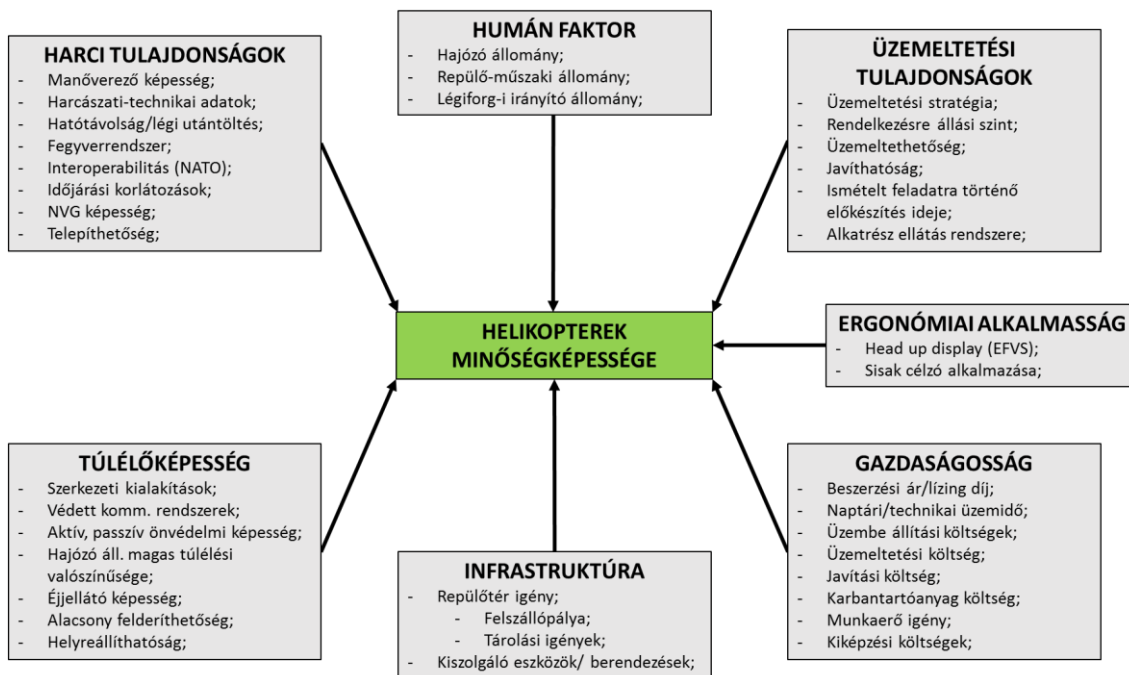
„A fegyverzetváltás nem árubeszerzést, eszközvásárlást jelent, hanem egy képességnek való megfeleltetést, ami hosszú távú befektetést igényel, hiszen az így rendelkezésünkre álló „termék” teljes élettartama folyamán üzemeltetését, üzemfenntartását (fenntartását) biztosítani kell. „Gyakorlatiasan szólva, *a kabáthoz vesszük a gombot, nem pedig a gombhoz a kabátot.*” [8, p.24]

A legfontosabb technikai tulajdonságok (harcászati- műszaki követelmény rendszer)

A vizsgálatához elkerülhetetlen a különböző rendeltetésű helikoptereket (harci, szállító) leginkább jellemző követelmények szétválasztása. Fontos tisztázni, hogy a képességgel szemben megfogalmazott feladatrendszer alapján hazánkban szüksége van rendeltetés szerint harci-, szállító- és külön futár/kiképző változatra. Egy biztosan megállapítható, hogy ma a világon nem készítenek olyan helikoptert, amely minden feladatnak maximálisan eleget tudna tenni. Kompromisszumokat lehet kötni, amennyiben gazdaságossági (vagy egyéb) megfontolások alapján felfegyverzett könnyű, többfeladatú eszköz kerül előtérbe, de ez a kategória nem felel meg sem a szállító, sem a harci helikopterrel szemben támasztott követelményeknek. Ezt a tényt a beszerzési eljárás során nem lehet figyelmen kívül hagyni, és ha másképp nem is, a harcászati- műszaki követelmények meghatározása során, a súlyszámoknak tükrözniük kell egy ilyen elhatározást. A legszerencsésebb megoldás mégis csak az, ha a követelmények meghatározásánál külön választjuk az egyes típusokat.

A beszerzési eljárás során az egyik legfontosabb feladat a harcászati- műszaki követelmények, valamint a súlyozás (prioritás) meghatározása. A kidolgozásra célszerű több csoportot létrehozni, de legalább kettőt. Az egyik csoport meghatározza a harcászati, míg a másik a műszaki és az üzemeltetési követelményeket, majd az ellentmondások elkerülése végett egy közös egyeztetéssel véglegesen meghatározhatók az egyes súlyszámok.

A helikopterek rendszerbe állítása/beszerzése előtt kiemelt jelentőséggel bír, hogy a meghatározott feladatok maximális végrehajthatósága érdekében összemérjük a követelményrendszert és az egyes repülőeszközök paramétereit. A haditechnikai eszközök minőségének, megfelelőségének vizsgálatában, az alkalmazott szempontok megválasztásában hangsúlyozottan a sokoldalúságra kell törekedni. Turcsányi szerint [16], a minőség mellett a minőségügyben kialakult a megfelelőség fogalma. Ez azt jelenti, hogy meghatározzuk a haditechnikai eszköz bizonyos mérhető, megfigyelhető tulajdonságainak értékét, a tulajdonság-értékekre elvárásokat határozzunk meg, és megállapítjuk, hogy az eszköz kielégíti-e az adott követelményrendszer előírásait. A fogalom meghatározásához tehát ki kell dolgozni az adott eszközre (légi járműre) vonatkozó, az üzemeltető részéről megjelenő harcászati- és műszaki paraméter kívánalmakat. A megfelelőség és minőség megállapításának eredményes végrehajtása érdekében - felhasználva a szakirodalomban [16] bemutatott modellt, valamint a korábbiakban ismertetett képesség kritériumokat – beazonosítottam azon tényezőket, amelyek teljes élettartamra vonatkozóan meghatározzák a helikopterek minőségképességét és a mérhető paraméterek tekintetében pedig a megfelelőséget. A kidolgozott modell, amely a 4. ábrán látható, nagymértékben segít meghatározni a helikopterek harcászati- és műszaki követelményrendszerét.



4. ábra Modell a helikopterek megfelelőségének és minőségképességének meghatározásához szükséges szempontrendszer bemutatására (saját szerkesztés a [16] alapján) ⁴

A modellben törekedtem megjeleníteni minden olyan szempontot, amely a helikopterek megfelelőségének és minőségképességének meghatározásához alapvetően szükséges. Az ábra jól szemlélteti a sokoldalúság, mint követelmény fontosságát. Természetesen a sort lehetne bővíteni, de minél több szempontot szerepeltetünk, annál összetettebb lesz a több szempontú döntéshozó módszer, mint a haditechnikai eszközök összehasonlítására alkalmazandó eljárás. Amint látható, a helikopterek teljes körű összehasonlítása során számos szempontot lehet és kell vizsgálni.

⁴ EFVS: enhanced flight vision system

Korábbi munkámban [1] kidolgoztam a legfontosabb követelményeket, melyek meghatározása és figyelembe vétele elkerülhetetlen. Mind a harcászati, mind pedig a műszaki ismérvek tekintetében a legfontosabb lesz az arányosság és a súlyozás. Az arányosság alatt azt értem, hogy a túlságosan sok szempontú elemzés túl bonyolíthatja a döntés előkészítést és végeredményképpen megfogalmazhatunk olyan összetett (túlrészletezett) igényeket, amelyekre nem fogunk találni alkalmas repülőeszközt. A súlyozás pedig azért fontos, mivel az igények megfogalmazása során egyértelmű sorrendet kell felállítani és a feladatok függvényében a meghatározó ismerveket kell előtérbe helyezni. Szakmai tapasztalataim, a tanulmányaim segítségével összeállítottam az általam fontosnak tartott szóba jöhető értékelési szempontokat.

Egy korszerű harci helikopter harcászati ismérvei

A harci helikopterek fontosabb harcászati jellemzőit az alábbiakban lehet összegezni:

- manőverező képesség (légi harc megvívásának képessége ellenséges harci helikopterrel, szükség szerint önvédelemből merev szárnyú harci repülőgéppel is);
- fegyverzeti és avionikai felszereltség;
- aktív és passzív önvédelem biztosítottsága.

A manőverező képesség jellemzői:

- repülési sebesség (földközelsben) előre, hátra, oldal irányba;
- emelkedési, süllyedési sebesség;
- repülési magassági határok;
- maximális bedöntési tartományok;
- fordulási sugarak;
- túlterhelési tartomány;
- hatótávolság (légi utántöltés lehetősége) stb.

Fegyverzet és avionika jellemzői:

- alkalmazott fegyverek (géppágyú, irányított, nem irányított rakéták) és azok variációi;
- javadalmazások, tűzgyorsaság, hatótávolság;
- újra fegyverzés ideje;
- célzó komplexum (cél megjelölés, távolság mérés, közös rendszer a navigációs rendszerrel);
- bombavetés lehetősége stb;
- éjjellátó (Night Vision Google) képesség;
- integrált kijelző rendszerek.

Aktív és passzív önvédelem jellemzői:

- alacsony felderíthetőség;
- magas harci túlélőképesség;
- tűz-és robbanásvédelem;
- ABV védelem;
- páncél védettség;
- rakéta elhárítási képesség (infra csapda, Elbit Music⁵, LAIRCM⁶)

⁵ Elbit Music: izraeli gyártmányú fedélzeti önvédelmi rendszer

⁶ LAIRCM: Large Aircraft Infra Red Counter Measures

- lezuhanás, durva ütközés, kényszerleszállás esetén a személyzet számára magas túlélési valószínűség;
- egységes kommunikációs rendszerek alkalmazása a szövetséges és hazai szárazföldi- és légvédelmi erőkkel;
- idegen- barát felismerő rendszer stb.

Egy korszerű szállító helikopter harcászati ismérvei

A szállító helikopterek esetében az alábbi harcászati jellemzőket célszerű figyelembe venni az összehasonlító vizsgálat során:

- szállító kapacitás;
- fegyverzeti és avionikai felszereltség;
- aktív és passzív önvédelemre alkalmasság.

A szállító kapacitás jellemzői:

- maximális belső terhelhetőség;
 - szállítható személyek száma (teljes felszerelésben);
 - max. szállítható sebesültek száma;
 - max. teher tömege, mérete;
 - szabványkonténerek szállíthatósága;
 - raklapok alkalmazhatósága;
 - rendszeresített haditechnikai eszközök elhelyezhetősége;
- maximális külső terhelhetőség;
- csörlő maximális terhelhetősége;
- repülési magasság;
- függési magasság párnahatással és anélkül;
- hatótávolság (légi utántöltés lehetősége) stb.

Fegyverzet és avionika jellemzői:

- alkalmazott (önvédelmi) fegyverek;
- javadalmazások, tűzgyorsaság, hatótávolság;
- újra fegyverzés ideje;
- célzó komplexum (cél megjelölés, távolság mérés, közös rendszer a navigációs rendszerrel) stb.;
- éjjellátó (Night Vision Google) képesség;
- integrált kijelző rendszerek.

Aktív és passzív önvédelem jellemzői:

- alacsony felderíthetőség;
- magas túlélőképesség;
- tűz-és robbanásvédelem;
- ABV védelem;
- környezeti viszonyoktól nagymértékben független üzemeltethetőség;
- lezuhanás, durva ütközés, kényszerleszállás esetén a személyzet (és az utasok) számára magas túlélési valószínűség;

- egységes kommunikációs rendszerek alkalmazása a szövetséges és hazai szárazföldi- és légvédelmi erőkkel;
- idegen- barát felismerő rendszer stb.

Egy korszerű helikopter műszaki ismérvei

Ebben az alfejezetben a műszaki ismérveket egybevonatan vizsgálom a harci- és a szállítóhelikopterekre vonatkozólag.

Műszaki jellemzők:

- a helikopter üzemideje (javításközi, összműszaki és/vagy naptári üzemidő);
- a hajtóművek és fődarabok üzemideje;
- garancia időtartama;
- megbízhatóság, multiplikálható rendszerek;
- üzemeltetési korlátozások (leszállás szám, túlterhelés, a futóművek túlterhelése);
- alkalmazott szerkezeti anyagok, technológiák, kenőanyagok;
- a szerkezeti elemek csereszabotossága, egy adott eszközön belül és az adott termékcsaládon belül;
- külső és belső felületeken alkalmazott jelek, jelzések, jelölések és feliratok alkalmazása, nyelvezete, megjelenítési formái, lehetőségei⁷.

Üzemeltetési, javítási jellemzők:

- alkalmazott üzemeltetési technológia;
- üzemeltethetőség;
 - technológizáltság;
 - diagnosztizálhatóság;
 - javíthatóság;
- rendszeresen elvégzendő műszaki munkák gyakorisága, eszköz és humán erőforrás igénye;
 - „O”⁸ szintű munkák aránya az „I”⁹ és „D”¹⁰ szintű műszaki munkákhoz viszonyítva;
 - műszaki állomány alapképzettségi szintje;
 - üzembentartó alegység szervezeti felépítése;
 - egy repült óra kiszolgálási munkaerőigénye [fő óra/rep. óra];
- műszaki állapot meghatározásához rendelkezésre álló módszerek;
- adatrögzítő eszköz jellemzői (kinyerhető paraméterek száma, a kiolvasáshoz szükséges speciális eszköz);
- egy meghibásodásra jutó repült idő;
- meghibásodások gyakorisága;
- üzemanyag, levegő, oxigén és egyéb töltőcsatlakozók elektromos energiarendszer külső csatlakozóinak kompatibilitása a meglévő rendszerekkel;
- javítóanyag és alkatrészellátás megbízhatósága;

⁷ NATO STANAG szabályozza, illetve az NKH által megfogalmazott előírásoknak és követelményeknek is meg kell felelni.

⁸ Operational „O” level: A helikopter közvetlen kiszolgálásához köthető műszaki munkák összessége, megfelel az úgynevezett „pirosvonal” kiszolgálási rendszernek;

⁹ Intermediate „I” level: A kiszolgálás során a repülő-műszaki alegységnél lévő települő javítókapacitás (hangár, javítóközpont) alkalmazásával végrehajtható műszaki munkák összessége;

¹⁰ Depo „D” level: Gyári, illetve ipari kapacitást igénylő műszaki munkák összessége;

- javító eszközök szabványa (metrikus/angolszász rendszer);
- földi kiszolgáló eszközök és ellenőrző berendezések igénye;
- az üzemeltetés klimatikus feltételei (min. és max. külső hőmérséklet, páratartalom stb.);
- szélsőséges időjárási viszonyok közötti üzemeltetés feltételei;
- könnyű, gyors szerelhetőség, emberbarát technológia.

Egy korszerű helikopter élettartam költség ismérvei

A megfelelő hatékonyság elérése érdekében kiemelten fontos az üzemeltetés közvetlen és közvetett költségeinek elemzését végrehajtani, melyek a következők:

- beszerzési költség (repülőgép, földi kiszolgáló eszközök, fegyverrendszerek, szerszámok, műszaki dokumentációk, kiképzést támogató eszközök);
- közvetlen üzemeltetési költség;
 - óránkénti üzemanyag fogyasztás;
 - 1 repült órára jutó költségek (munkaerő, anyagi ráfordítás);
- közvetett (üzembentartási, javítási) költségek;
 - csere berendezések, javító anyagok, csapat- és ipari nagyjavítás költségei;
 - „O” szintű munkák költsége az „I” és „D” szintű műszaki munkákhoz viszonyítva;
- infrastrukturális költség;
- az állomány kiképzési költsége (amennyiben a beszerzési összeg nem tartalmazza);
- logisztikai és informatikai biztosítás költségei;
- repülőtéri infrastruktúra költsége.

A fentiekből megállapítható, hogy a harcászati, a műszaki, valamint az élettartam költség ismérveket nagy számban meg lehet határozni, hiszen akár egy szállító, akár egy harci helikopter esetében számos – az összehasonlítás során jelentőséggel bíró – paraméter kerülhet meghatározásra. Azt viszont figyelembe kell venni, hogy a különböző döntési módszerek alkalmazhatóságának egyik alap feltétele, hogy a paraméterek számát korlátozni szükséges, ezért a felsorolt jellemzők közül csak azokat célszerű alkalmazni, amelyek leginkább meghatározó jelentőséggel rendelkeznek.

A HADITECHNIKAI ESZKÖZÖK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

A több szempontú döntési problémák megoldására számos eljárást fejlesztettek ki az elmúlt évtizedekben. Az egyes döntési módszerek az alkalmazott alapelvek szerint oly mértékben eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek, hogy szükségesé vált a rendezésük. Néhány példa a teljesség igénye nélkül:

- amerikai iskola, vagy pontozásos eljárás (AHP¹¹, MAU¹²);
- európai iskola, vagy outranking eljárások¹³ (ELECTRE¹⁴, PROMETHEE¹⁵);

¹¹ AHP: Analytic Hierarchy Process

¹² MAUT: (több szempontú hasznossági modellek)

¹³ outranking eljárás: lényege, hogy egy alternatíva akkor rangsorolódik előrébb egy másikkal, ha legalább olyan jó, mint a másik. Az outranking reláció az egyik alternatíva másik feletti dominanciájának a fokát jelzi.

¹⁴ ELECTRE: Elimination Et Choix Traduisant La Réalité

¹⁵ PROMETHEE: Preference Ranking Organization METHod for Enrichment of Evaluations

A legelterjedtebb technikák minden bizonnyal a hasznosság alapú több szempontú döntési modellekre épülő módszertanok, valamint a Thomas Saaty által kifejlesztett AHP eljárás. Az outranking módszerek széles körben elterjedtek és gyakran alkalmazzák őket az érintettek bevonására építő döntéshozatali folyamatokban. Az ELECTRE igen elterjedt eszköznek számít a környezetvédelmi döntéshozatalok területén. Ez a módszer azt a cselekvési változatot választja, amely sok szempont szerint túlszárnyalja a többit, de azért elfogadhatóan teljesít más kritériumokkal szemben is a többi opcióval szemben. A következőkben elsősorban azon eljárások bemutatására törekszem, amelyek alkalmazása a haditechnikai eszközök összehasonlítása területén jól alkalmazhatók.

A műszaki eszközök, gépek, összetett rendszerek a technológia fejlődésével egyre komplexebbé válnak. Egy egyszerűnek mondható háztartási eszköz vásárlása esetén is számos kérdés fogalmazódik meg bennünk, hiszen a gyártók arra törekednek, hogy az alap funkció maximális biztosítása mellett olyan egyéb hasznos, komfort érzetet növelő, gazdaságos és végül, de nem utolsó sorban energiatakarékos eszköz kerüljön a vásárló elé, amely ár-érték arányban a számára legelfogadhatóbb. Akár csak egy háztartási eszköz vásárlása esetén hány olyan értékelési szempont merül fel, amelyek összevetését követően választjuk ki a számunkra legmegfelelőbbet. A haditechnikai eszközök esetében már olyan összetett rendszerekkel állunk szemben, amelyek beszerzése során a megfelelő döntés meghozatala érdekében egzakt, mérhető, számszerű adatokra van szükség, hiszen ezek teszik lehetővé az objektivitást. Két vagy több légi jármű közül azt tartjuk jobbnak, amelyik több tulajdonság vizsgálata szerint összességében megfelelőbb. Mindez azt jelenti, hogy a helikopterek összemérése során nem egy szempontot emelünk ki és végezzük el az összehasonlítást, hanem több jellemző vizsgálatával és pontozásával érjük el, hogy a végeredmény a számunkra legkedvezőbb eszközre adja meg a választ. A kiválasztás egy több szempontú döntési probléma, amely megoldására többféle modellt dolgoztak ki. Ezek segítségével elsősorban a haditechnikai eszközök harcászati és műszaki jellemzői alapján végezzük el az összehasonlítást, de természetesen mind ezek mellett jelentős szerepet töltenek be a beszerzéssel és az üzemeltetéssel kapcsolatos költségek, hiszen a hatékonyság elérése érdekében már ezeket az ismérveket is vizsgálni kell, de nem szabad, hogy ezek legyenek az elsődlegesek.

Több szempontú döntési modell alkalmazása

A szakirodalmak [4][5][6][7], valamint ebben a témában kidolgozott értekezések **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** Hiba! A hivatkozási forrás nem található. áttekintése során megállapítottam, hogy a komplex rendszerek összehasonlítására több módszer is rendelkezésre áll, amelyeknek az alapja az úgynevezett több szempontú döntési modell (MCDM¹⁶). A modellt az alábbi mátrix mutatja be [10].

$$\begin{array}{ccccccc} & & A_1 & & \dots & & A_n \\ C_1 & w_1 & u_1(a_{11}) & \dots & & & u_1(a_{1n}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & & & \vdots \\ C_m & w_m & u_m(a_{m1}) & \dots & & & u_m(a_{mn}) \\ & & x_1 & \dots & & & x_n \end{array}$$

¹⁶ MCDM: Multi-Criteria Decision Making

ahol:

- A_j : j-edik alternatíva;
- C_i : i-edik alszempont;
- w_i : i-edik szempont súlyszáma;
- a_{ij} : a j-edik alternatíva i-edik szempont szerinti értékelése;
- u_i : az i-edik szemponthoz tartózkodó hasznossági függvény;
- x_j : a j-edik alternatíva pontszáma (rangsorban elfoglalt helye).

Az eljárások kezdetén ki kell választani azon szakembereket, akik részt vesznek a döntési folyamatban, meg kell határozni a szóba jöhető alternatívákat (gyakorlatilag a haditechnikai eszközöket), valamint az értékelési tényezőket (szempontokat), amelyek megfelelnek a helikopterekkel szemben támasztott harcászati-műszaki és élettartam költség ismérveknek, követelményeknek. Mindezeket túl el kell végezni az értékelési szempontok súlyozását, annak érdekében, hogy a legpontosabb eredményt szolgáltatassa a döntési módszer. Ezeket az ismérveket természetesen csoportosítani szükséges, hiszen a harcászati követelményeket nehezen lehetne súlyozni a műszakiakkal, vagy esetleg az élettartam költségekkel és ezek egymásra gyakorolt közvetlen hatása sem értelmezhető. A haditechnikai eszközök esetében egy lehetséges szempont rendszert Gyarmati J. az alábbiak szerint határozott meg **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**

- harci tulajdonságok:
 - tüzérő;
 - védettség;
 - mozgékonyosság;
 - rendszeresítés kockázata;
- kiképzési tulajdonságok;
- fenntartási tulajdonságok;
- logisztikai tulajdonságok;
- pénzügyi tulajdonságok.

A szempontrendszert célszerű fa struktúra szerint hierarchikusan felépíteni. A legfelső döntéshozó céljait főszempontokra kell bontani. Természetesen ezeket tovább kell bontani rész-szempontokra, esetenként alszempontokra – mint ahogyan azt a hivatkozott szakirodalom be is mutatja. Ennek a részletezésétől eltekintek, hiszen a helikopterek esetében egy sajátos – a helikopterek összehasonlítására alkalmas – szempontrendszert célszerű kidolgozni. Ennek kialakításakor viszont figyelembe kell venni a „legfeljebb hét” elvet, mivel a szempontok súlyozásánál az egyik leginkább elfogadott eljárás a páros összehasonlítás. Ebben az esetben a szempontokból képezzük az összes lehetséges párt, ahol a párosok száma kombinatorikusan növekszik az $\frac{n(n-1)}{2}$ formulának megfelelően. Az egyenlet segítségével belátható, hogy 7 szempont esetében 21 lesz a párok száma, amely jelentősen bonyolítja az eljárást. A súlyszámok számítási módszerének kiválasztásakor az alábbiakat kell figyelembe venni [12]:

- alszempontok száma;
- rendelkezésre álló szakértelem.

Amennyiben a részszeponctok száma legfeljebb 5, akkor nem indokolt matematikai módszer alkalmazása, a súlyszámok közvetlen becslése itt elegendő. Ellenkező esetben viszont súlyszám-számítási módszer használata célszerű. Két súlyszám számítási eljárás javasolt a Guilford, valamint az AHP [12]. Lehetőség szerint az AHP eljárást kell alkalmazni, akkor, ha az összemérendő alszeponctok száma legfeljebb 7, valamint lineáris algebrához értő szakember alkalmazására meg van a lehetőség.

A szeponctok meghatározása az egyik legfontosabb része az eljárásnak, mivel ezek fogják meghatározni, hogy a különféle eszközök milyen szinten vagy minőségben képesek betölteni vagy elvégezni a meghatározott funkciókat. A honvédelem vonatkozásában általában az alábbi főszeponctokat alkalmazzák [14]:

- katonai (felhasználó);
- műszaki (üzembentartó);
- pénzügyi (finanszírozó);
- gazdasági (mikro- és makroökonómiai) szeponctok.

Azokat a szeponctokat, amelyek szerint az eszközöket már közvetlenül mérjük, levélseponctoknak nevezzük. Általánosan kétféle képen elemezhetők [12]:

- szubjektív ítéletekkel;
- paraméterek és hasznossági függvények segítségével.

A szubjektív ítéletek segítségével egy szeponct akkor mérhető, ha egy haditechnikai eszköz képességét az adott szeponct szerint a szakértők közvetlenül meg tudják határozni. A másik lehetséges megoldás, ha az adott eszköz kérdéses szeponct szerinti képességét egy másik haditechnikai eszközhöz képest ítéljük meg. A harcászati repülőgépek/harci helikopterek esetében ilyen szeponct lehet, a precíziós fegyverrendszerek célba juttatására kifejlesztett (pl: LANTIRN¹⁷, ATFLIR¹⁸, vagy FLIR/LDP¹⁹) konténerek képességének vizsgálata. A mérés történhet egy meghatározott skála segítségével, például 1-től 10-ig lehet pontozni az eszközöket a kérdéses szeponct szerint.

Egy szeponct paraméterek segítségével is mérhető lehet, amelynek előnye az objektivitás és a nagyobb pontosság, de hátrányos tulajdonsága, hogy a szeponctok általában összetett tulajdonságokat reprezentáló jellemzők, amelyekhez nehéz találni olyan függvényt, amely a képességeket pontosan visszatükrözi, ezért lehetőség szerint törekedni kell olyan ismérvek kiválasztására, amelyek mutatószáma már önmagában is meghatározó jelentőséggel bír az összehasonlítás során. A szállító helikopterek esetében ilyen jellemző lehet a hasznos külső- és belső teherbírás, hiszen ezen adat (-ok) alapvető fontosságú a megfelelő típus kiválasztása során.

Amennyiben paraméterek segítségével mérünk szeponctokat, az összehasonlítás során meg kell határozni az ide tartozó hasznossági függvényt is, amelynek értéke 0–1 között változhat, típusát tekintve pedig lineáris, progresszív, vagy pedig degresszív lehet. A hasznossági függvé-

¹⁷ LANTIRN: Low Altitude Navigation and Targeting Infrared for Night system (kismagasságú infravörös navigációs és célzó rendszer)

¹⁸ ATFLIR: Advanced Targeting Forward Looking Infrared (magnövelt képességű infravörös célzó rendszer)

¹⁹ FLIR/LDP: Forward Looking Infrared/Laser Designator Pod (infravörös célzó készülék)

nyek helyes megválasztása alapvető fontosságú, hiszen annak megítélése, hogy az értékek változása egyenesen arányos, vagy pedig a változás a legnagyobb, vagy a legkisebb érték közelében a meghatározó, nagy szakértelmet igényel.

Minden eljárás tartalmaz általános kötöttségeket és szempontokat, amelyeket nem lehet figyelmen kívül hagyni. Ezek a következők **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.:**

1. Meg kell állapítani a komplex rendszer domináns vetületét, vagy vetületeit (harcászati, műszaki, élettartam stb.);
2. Az adott vetületen a tényezők megválasztásában az alábbi kötöttségeket szükséges szem előtt tartanunk:
 - a) a választott vetületeken belül valamennyi lényeges paramétert fel kell venni;
 - b) ezek teljes mértékben nem zárhatják ki egymást;
 - c) egymástól kölcsönösen függetlenek (a gyakorlatban nehezen megvalósítható, ezért fontos a megalapozott szakmai döntés);
 - d) diszkrétek legyenek. (nem fedhetik át egymást fogalmi terjedelmükben);
3. Megválasztásuknál élesen definiálni kell minden fontos tényezőt;
4. Egyszerűség, illetve összetettség szempontjából lehetőleg azonos szintűek legyenek.

A szempontrendszer helyes megválasztását követően az egyik legfontosabb lépés a döntési modell megválasztása.

Az MCDM a döntéselmélet egy jól kidolgozott és jól publikált területe, mindezek mellett közvetlenül felhasználható a haditechnikai eszközök rangsorolására. A napjainkban használható modellek száma nagy, amelyek lehetővé teszik, hogy a döntéshozó igényeit minél jobban ki lehessen elégíteni. A különböző módszerek különböző tulajdonsága segíti a döntéshozót, hogy a számára legjobbat megtalálhassa.

Alapvetően elmondható, hogy az eljárások döntési folyamata jól strukturált, több esetben találhatunk megfelelő döntéstámogató szoftvert, valamint számos gyakorlati példa áll rendelkezésre, amely igazolja alkalmazhatóságuk létjogosultságát. Mint minden módszernek, ennek is vannak gyenge pontjai. Ilyen lehet például, hogy az eredmény nagyban függ a szempontoktól és a súlyszámoktól, amelyek tartalmazznak szubjektivitást, ráadásul ezek nem elkerülhetők, de valamilyen szinten statisztika alkalmazásával a szubjektum negatív hatása csökkenthető. Mindezek mellett sok adatot igényelnek, amelyek nem mindig állnak rendelkezésre [10].

A legmegfelelőbb haditechnikai eszköz kiválasztása leggyakrabban beszerzési eljárás keretében válik szükségessé. Ebben az esetben az ide vonatkozó jogszabályok előírják a döntési modellt, amely alapján a rangsorolást el lehet végezni. Ez jelentősen korlátozza a döntéshozó szabadságát, viszont az MCDM elveinek és módszertanának jelentős része így is felhasználható, de a jogszabályok mindenképpen korlátot jelentenek. Mivel a haditechnikai eszközök speciális tulajdonságokkal rendelkeznek, így a döntési eljárás kialakítását nagymértékben megnehezítik. Az egyik ilyen probléma lehet, a haditechnikai eszköz jövőbeni háborús üzeme, hiszen végeredmény képen az erre való alkalmasság alapján kell megválasztani az optimális eszközt, viszont ennek mérése nagy mértékű elfogultsággal járhat. A tervezett üzemeltetési költségek béke időszakban jól számolhatók. A tervezés időszakában rendelkezésre állnak a korábban rendszeresített eszközökre vonatkozó adatok és a közeljövőre vonatkozó kiképzési elképzelések, amelyek összességében

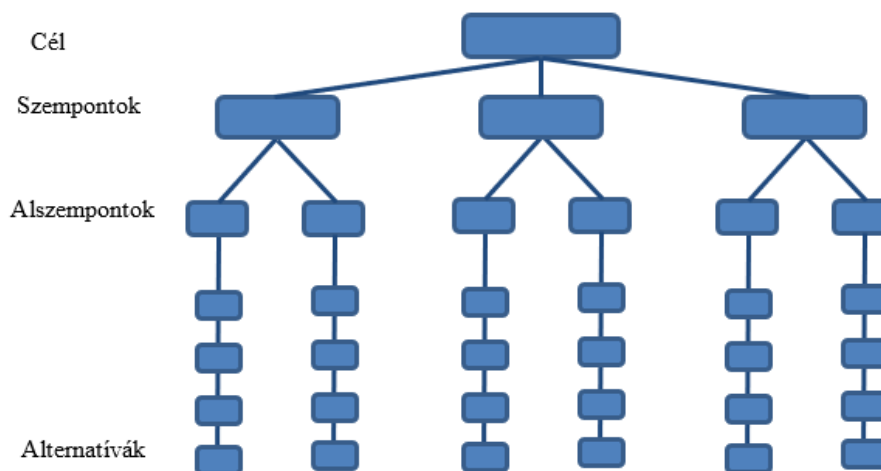
lehetővé teszik a békeüzemeltetés mennyiségi és minőségi mutatóinak tervezését. A háborús üzemeltetés szempontjainak tervezése már lényegesen összetettebb feladat, itt valójában csak becslésről lehet beszélni, hiszen ezek a paraméterek, illetve üzemeltetési mutatók előre nem állnak rendelkezésre. Ebben nyilvánul meg a megfelelő szakértői csoport kiválasztása, hiszen csak így érhető el, hogy a katonai-, a műszaki-, a pénzügyi- és a gazdasági ismérvek kidolgozása mellett helyesen mérjük fel az adott eszköz háborús körülmények közötti alkalmazhatóságát.

Az MCDM modelljei segítségével lehetővé válik a kiválasztott haditechnikai eszközök összehasonlítása, rangsor felállítása és a legmegfelelőbb kiválasztása. A módszerek alkalmazhatóságát számos publikáció igazolja [8][9][10][11][12]. Az eljárást tehát jól feldolgozottnak és széles körben alkalmazottnak lehet tekinteni, amelynek felhasználása a haditechnikai eszközök összehasonlítására, rangsorának megállapítására jól leírt.

A leginkább alkalmazott döntési modellek

Az MCDM modellek közül a korábbiakban említett szakirodalmak alapján haditechnikai eszközök összehasonlítására az AHP, a PROMETHEE, valamint a SMART módszerek igen jól alkalmazhatók.

Az AHP módszer eredményesen használható az értékelés végrehajtására [8][9][10][11][12]. Ebben az esetben a döntési probléma az áttekinthetőség érdekében egy többszintű fastruktúráként jeleníthető meg, az 5. ábrának megfelelően, amelynek legfelső szintje a cél, az alatta lévő szinteken a szempontok, az alszempontok stb., a legalsó szinten pedig az alternatívák helyezkednek el.



5. ábra Az AHP modell felépítése (saját szerkesztés)

A legelterjedtebb, AHP módszertanra épülő döntéstámogató szoftver az Expert Choice (a továbbiakban EC) [13]. Az EC modellekben a grafikus ábrázolásban az alternatívák nincsenek megkülönböztetve a szempontoktól. Az egyedüli különbség az, hogy az alternatívák helyezkednek el a szempontfa legalsó szintjén. Az EC által kezelt fák legfeljebb 5 szint mélységűek, és egy szempontnak legfeljebb 9 alszempontja lehet.

Az AHP döntési problémák megoldásának [9]:

- az egyik alapeszköze a páros (páronkénti) összehasonlítás, amit a szempontok súlyozására és az alternatívák értékelésére egyaránt alkalmaznak.

- egy lehetséges másik megoldása a sajátvektor módszer (EM), amely során a döntéshozó a döntési feladat, szempont súlyainak meghatározására és az alternatívák minden egyes levélszempont szerinti kiértékelésére megadja a páros összehasonlítás mátrixokat. A páros összehasonlítás intervallum-skálája az AHP módszertanban a következő [11]:
 - egyformán fontos/előnyös;
 - mérsékelten fontosabb/előnyösebb;
 - sokkal fontosabb/előnyösebb;
 - nagyon sokkal fontosabb/előnyösebb;
 - rendkívüli mértékben fontosabb/előnyösebb.

Az alternatívák értékelésére több módszer is rendelkezésre áll [11]:

- disztributív AHP modell;
- ideális AHP modell;
- minősítő AHP modell;
- csoportos döntések.

Az AHP alkalmas haditechnikai eszközök összehasonlítására és az egymáshoz viszonyított eredő képességek számítására. Ennek a módszernek az előnye, hogy nem csak arra ad választ, hogy melyik a megfelelőbb, hanem arra is, hogy mennyivel jobb az adott eszköz. Mindezekon túl az érzékenység vizsgálat az eredmények pontosságát is megmutatja. A módszer hátránya, hogy az eredmények lényegében a páros összehasonlításokból származnak, amelynek elvégzéséhez szakmailag felkészült és következetes szakértőkre van szükség. A végeredmény az eszközökhöz rendelt olyan pontszám, amely kifejezi az egymáshoz, vagy a kiválasztott eszközökhöz viszonyított képességek nagyságát.

A PROMETHEE módszer alkalmas a haditechnikai eszközök közötti rangsor meghatározására. A módszercsalád első tagja a PROMETHEE I csak részleges rangsort ad meg, míg a PROMETHEE II teljes rangsort biztosít. Ebben az esetben nem kapunk képet arról, hogy az adott eszköz mennyivel jobb egy másikhoz viszonyítva, de természetesen vannak azok az esetek, amikor erre nincs is szükség.

Az AHP modellek megoldásakor láttuk, hogy az alaptechnika a páros összehasonlítás, ami bizonyos esetekben, pl. nem túl nagyszámú szubjektív szempont esetén, nagyon jó eszköznek tűnik. A páros összehasonlítás a döntéshozó egyéni preferenciáira épül [13]. A modellekben ennek mértékének a meghatározása az egyik legnehezebb feladat, ezért a különböző módszerekben különböző technikákat dolgoztak ki. A preferencia mértékének a mérésére hasznossági függvényeket lehet bevezetni. Több szempontú döntési problémák megoldásakor gondot jelenthet a különböző alternatívák különböző szempontok szerinti összehasonlíthatósága is. Ezekre a kérdésekre a PROMETHEE módszerek eltérő válaszokat adnak, mint amiket az AHP modellekben megismertünk.

Az előzőekben láthattuk, hogy a több szempontú döntési problémákban az alaplépései a következők [11]:

1. A döntési feladat felépítése
 - a) a cél megfogalmazása;
 - b) az alternatívák kiválasztása;
 - c) a szempontok meghatározása.
2. A döntési feladat megoldása

- a) a szempontok súlyainak a meghatározása;
- b) minden alternatíva kiértékelése minden szempont szerint;
- c) az értékelések és a súlyozás összegzése

A PROMETHEE módszertan egy döntéshozó szoftverrendszer a PROMCALC & GAIA [13], melynek használatához az MS Office programcsomag elegendő. A módszer előnye az egyszerűen kezelhető matematikai apparátus, azaz a gyors és egyszerű számítások. Részben hátrány, de sok esetben elegendő, hogy az eredmény csak egy sorrendi skála. További hátrány, hogy az eredményeknek kevés az információ tartalmuk, csak olyan levélszempontok használhatók, amelyek közvetlenül objektíven paraméterek segítségével mérhetők, valamint a szubjektív értékelésre nincs lehetőség.

A SMART eljárás, ahogyan azt a neve is tükrözi egyszerűen alkalmazható, könnyen kezelhető algoritmusú módszer. A hasznossági függvényei engedik a paramétereken keresztül történő értékelést. Az eljárás engedi a szubjektív ítéleteken keresztül történő pontozást is. Ebben az esetben a szakértők kialakítanak egy ideális eszközt és ehhez képest értékelik például egy 100-as skálán a szempontokon keresztül az eszközöket. A SMART eljárás lényeges különbsége a többihez képest az eredmények ábrázolási módja. Az alternatívákhoz ugyanis nem egy pontértéket rendel, hanem két értéket, amelyből az egyik az alternatíva hasznosságát, míg a másik a költségeket jelöli. Az ilyen jellegű ábrázolás lehetővé teszi a hasznosság költséghatékonyságának a megjelenítését.

A fentiek alapján kijelenthető, hogy a haditechnikai eszközök – így a helikopterek - kiválasztása során a több szempontú döntésemélet módszertana jól alkalmazható. Fő célkitűzésként a költség-hatékonyság jelölhető meg, melynek eredményeként a légierő korszerűsítéséhez az elérhető típusok közül a harcászati képesség és az anyagi ráfordítás tekintetében a legoptimálisabb haditechnikai eszköz kerülhet kiválasztásra.

Javaslat a döntési modell kiválasztására

A legpontosabb eredményeket az AHP eljárás szolgáltatja, az alkalmazásának viszont nagyon komoly feltételei vannak. Nem csak megfelelően felkészült szakértőkre van szükség, hanem az AHP matematikai modelljét is tudniuk kell alkalmazni. Amennyiben a feltételek adottak, minden esetben javasolt az eljárás alkalmazása [8][9][11]. Ha a matematikai szakismeret nem áll rendelkezésre, akkor jól alkalmazható a PROMETHEE és a SMART eljárás is. Összességében tehát elsődlegesen az AHP eljárást kell alkalmazni, ha erre nincs lehetőség, akkor ezt követően a korszerűbbnek tekinthető PROMETHEE módszert, másodlagosan pedig a SMART eljárást.

HELIKOPTEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA SORÁN ALKALMAZANDÓ SZEMPONTOK

Figyelembe véve a gyakorlati példákat, valamint az előzőekben ismertetett módszereket a korábbiakban már bemutatott értékelési szempontokat átdolgoztam. Mind a harci, mind pedig a szállító helikopterek esetében meghatároztam a fő- és alszempontokat. A harci helikopterek esetében a harcászati, jellemzők – mint főszempont – mellett kiemelt fontossággal bíró tulajdonságként kezelem a fegyverrendszer jellemzőket, míg a szállító helikopterek esetében ugyan csak kiemelten kezelem a szállítókapacitás jellemzőket. A repüléstechnikai, az üzemben tartási

és az élettartam költség jellemzők tekintetében nem tettem különbséget a helikopter típusok között. Mindezek alapján a helikopterek összehasonlítása során az alábbi szempontok alkalmazására teszek javaslatot.

Harci helikopterek összevetésének szempontjai

Harcászati jellemzők:

- manőverező képesség (repülésdinamikai tulajdonságok);
- harcászati alapadatok;
- harcászati alkalmazhatóság
- alacsony felderíthetőség;
- magas harci túlélőképesség (aktív és passzív önvédelem biztosítottasága);
 - tűz-és robbanásvédelem;
 - ABV védelem;
 - páncél védettség;
 - rakéta elhárítási képesség (infra csapda, Elbit Music²⁰, LAIRCM²¹)
- NATO interoperabilitás (kommunikációs rendszer, idegen-barát felismerő rendszer stb.);

Fegyver rendszer jellemzők:

- alkalmazott fegyverek (gépágyú, irányított, nem irányított rakéták) és azok variációi;
- javadalmazások, tűzgyorsaság, hatótávolság;
- újra fegyverzés, ismételt feladatra történő előkészítés ideje;
- célzó komplexum (cél megjelölés, távolság mérés, közös rendszer a navigációs rendszerrel);
- bombavetés lehetősége stb.

Repüléstechnikai jellemzők:

- sárkány és rendszerei;
- hajtómű és rendszerei;
- avionikai rendszerek;
- megbízhatóság, vész- és tartalékrendszerek;
- lezuhanás, durva ütközés, kényszerleszállás esetén a személyzet (utasok) számára magas túlélési valószínűség;
- környezeti viszonyoktól nagymértékben független üzemeltethetőség;
- korszerűség.

Üzemben tartási jellemzők:

- üzemeltethetőség;
 - technológizáltság;
 - diagnosztizálhatóság;
 - javíthatóság;
 - műszaki állomány alapképzettségi szintje;
 - üzemeltető alegység szervezeti felépítése;
 - egy repült óra kiszolgálási igénye [fő óra/rep. óra];
- a helikopter üzemideje (javításközi, összműszaki és/vagy naptári üzemidő);

²⁰ Elbit Music: izraeli gyártmányú fedélzeti önvédelmi rendszer

²¹ LAIRCM: Large Aircraft Infra Red Counter Measures

- a hajtóművek és kiemelt berendezések üzemideje;
- alkalmazott üzemeltetési technológia (műszaki állapot meghatározásához rendelkezésre álló módszerek);
- műszaki munkák gyakorisága, eszköz és humánerőforrás igény („O” szintű munkák aránya az „I” és „D” szintű műszaki munkákhoz viszonyítva);
- üzemeltetési korlátozások (leszállás szám, túlterhelés, a futóművek túlterhelése);
- adatrögzítő eszköz jellemzői (kinyerhető paraméterek száma, a kiolvasáshoz szükséges speciális eszköz);
- meghibásodások gyakorisága (egy meghibásodásra jutó repült idő);

Élettartam költség jellemzők:

- beszerzési költség (repülőgép, földi kiszolgáló eszközök, fegyverrendszerek, szerszámok, műszaki dokumentációk, kiképzést támogató eszközök);
- közvetlen üzemeltetési költség;
 - óránkénti üzemanyag fogyasztás;
 - 1 repült órára jutó költségek (munkaerő, anyagi ráfordítás);
- közvetett (üzembentartási, javítási) költségek;
 - csere berendezések, javító anyagok, csapat- és ipari nagyjavítás költségei;
 - „O” szintű munkák költsége az „I” és „D” szintű műszaki munkákhoz viszonyítva;
- garancia időtartama;
- infrastrukturális költség;
- az állomány kiképzési költsége (amennyiben a beszerzési összeg nem tartalmazza);
- logisztikai és informatikai biztosítás költségei;
- repülőtéri infrastruktúra költsége.

Szállító helikopterek összevetésének szempontjai

Harcászati jellemzők:

- harcászati alapadatok;
- harcászati alkalmazhatóság;
- alacsony felderíthetőség;
- magas harci túlélőképesség (aktív és passzív önvédelem biztosítottsága);
 - tűz-és robbanásvédelem;
 - ABV védelem; rakéta elhárítási képesség (infra csapda, Elbit Music²², LAIRCM²³);
 - páncél védettség;
- NATO interoperabilitás (kommunikációs rendszer, idegen-barát felismerő rendszer stb.);
- fegyverzeti felszereltség.

Szállító kapacitás jellemzők:

- maximális belső terhelhetőség;
 - szállítható személyek száma (teljes felszerelésben);
 - max. szállítható sebesültek száma;

²² Elbit Music: izraeli gyártmányú fedélzeti önvédelmi rendszer

²³ LAIRCM: Large Aircraft Infra Red Counter Measures

- max. teher tömege, mérete;
- szabványkonténerek szállíthatósága;
- raklapok alkalmazhatósága;
- rendszeresített haditechnikai eszközök elhelyezhetősége;
- ➔ maximális külső terhelhetőség;
- ➔ csörlő maximális terhelhetősége;
- ➔ speciális függesztmények (pl.: BAMBY BUCKET);

A repüléstechnikai, az üzemben tartási és az élettartam költség jellemzők tekintetében ugyanazokat a szempontokat alkalmazom, mint a harci helikopterek esetében.

ÖSSZEFOGLALÓ

Hazánk NATO csatlakozását követően annak ellenére, hogy vállaltuk a tagsággal járó kötelezettségeket (GDP²⁴ 2%-a védelmi kiadásokra) az ország teljesítő képességének eredményeként haditechnikai eszközök beszerzésére nem volt lehetőség. A technikai eszközök jelentős részét kivonták, melynek eredményeként sok esetben fegyvernemi képességek szűntek meg. A hazai helikopter képességben bekövetkezett negatív változások jól tükrözik a hosszú éveken át tartó forráshiányos működés eredményét. A jelenleg meglévő kapacitás a rendelkezésre álló géplétszám miatt teljes mértékben nem biztosítja a helikopter képességgel szemben támasztott követelményeket.

A Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program eredményeként a Magyar Honvédség jelentős fejlesztések előtt áll. A légierő vonatkozásában ennek egyik első lépéseként Mi-17 típusú szállító és Mi-24 típusú harci helikopterek ipari nagyjavítására kerül sor, amely jelentősen hozzájárul a helikopter képesség visszaállításához, de önmagában a meglévő eszközök minimális szintű modernizálással egybekötött ipari nagyjavítása végleges megoldást nem eredményezhet. A képesség fejlesztés, csak új légi járművek bérlésével/vásárlásával biztosítható. Napjainkban a haditechnikai rendszerek üzemeltetése során kiemelt jelentőséggel bír a költséghatékonyság. Természetesen az alap követelményt továbbra is a harcászati paraméterek megfogalmazása jelenti, de csak és kizárólag ezen szempontok kiemelése és szem előtt tartása nem vezethet eredményre.

Annak érdekében, hogy egy hatékony és gazdaságos rendszer kerüljön kialakításra, a több szempontú döntéseméleti módszer alkalmazása elengedhetetlen. A releváns szakirodalmak feldolgozásával egyértelműen igazolható, hogy a helikopter képesség fejlesztés érdekében tervezett beszerzések során az AHP módszer alkalmazása az elsődleges. Amennyiben az ehhez szükséges feltételek nem teljesülnek, akkor a PROMETHEE módszer is jól alkalmazható. E döntési modellek a vizsgálatba bevont paraméterek (ismérvek) szerint rangsorolnak, ezért a szempontrendszer helyes megválasztása alapfeltétele a haditechnikai eszközök összehasonlításának. Fontos hangsúlyozni, hogy a módszerek alkalmazása megfelelő szintű szakértelmet igényel, amely a megfelelő hatékonyság elérése érdekében elengedhetetlen. A szakmaiság jelentősége abban mutatkozik meg, hogy a harcászati- és műszaki követelmények pontos meghatározása nélkül megfelelő eredményre nem juthatunk. Csak akkor járunk el helyesen, ha a helikopterek üzemeltetését egy komplex rendszerként kezeljük, amelyben az egyik legfontosabb elem maga az üzemeltetés tárgya is már egy összetett rendszer, ezért annak kiválasztása nagy körültekintést

²⁴ GDP: Gross Domestic Product (bruttó hazai termék)

igényel. A képesség fejlesztés érdekében folytatott elemző munkák, vagy akár a beszerzés során alkalmazható szempontok helyes megválasztása, meghatározása alapfeltétele egy megalapozott döntés előkészítésnek, ezért ezen jellemzők kidolgozása nagy jelentőséggel bír. Jelen tanulmányban törekedtem meghatározni a legfontosabb harcászati- és műszaki követelményeket. Bemutattam a haditechnikai eszközök összehasonlítására kidolgozott és alkalmazható értékelő módszereket, valamint meghatároztam azon szempontokat, amelyek összehasonlításával kiválaszthatók a hazánk számára leginkább megfelelő harci- és szállító helikopterek.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Nagy László: A magyar honvédség helikopter képesség fejlesztés műszaki és üzemen tartási kérdései. Repüléstudományi közlemények, 29 2 (2017), pp. 7–30.
- [2] Nagy László: A Magyar Honvédség helikopter képességének fejlesztési irányai Honvédségi Szemle 144. 2016/6. szám pp. 34-48.
- [3] Óvári Gyula, Varga Béla: A Mi-8 típusú helikopterek üzemidő-hosszabbításának egy lehetséges, korszerű megoldása (A MOTOR SZICS elgondolása). Katonai Logisztika, 22 2 (2014), pp. 11–31.
- [4] Turcsányi Károly, Kende György, Gyarmati József: Haditechnikai eszközök összehasonlításának korszerű módszerei és azok alkalmazása, Budapest: HM Oktatási és Tudományos szervező Főosztály, 2002. (Tanulmány)
- [5] Kindler József, PAPP Ottó: Komplex rendszerek egyes összemérési szempontjai. A KIPA-eljárás alkalmazástechnikája, Budapest: BME Továbbképző Intézete, 1977. (Kézirat)
- [6] Gál Zoltán: A döntéshozatal alapjai. Veszprém: Veszprémi Vegyipari Egyetem, Vállalatgazdasági és Szervezési Intézet, 1989. (Egyetemi jegyzet)
- [7] Gyarmati József: Több szempontos döntéselmélet alkalmazása a haditechnikai eszközök összehasonlításában, Budapest: ZMNE, 2003. (PhD-értekezés)
- [8] Pogácsás Imre: A repülőeszközök mérnök-műszaki biztosításának és üzemeltetésének vizsgálata a fegyverzetváltással összefüggésben. Budapest: NKE, 2012. (PhD-értekezés)
- [9] Kavas László: Harcászati repülőgépek kiválasztásának módszere gazdasági-hatékonysági mutatók alapján, kis létszámú haderő légierejének korszerűsítésére, Budapest: ZMNE, 2009. (PhD-értekezés)
- [10] Gyarmati József: A többszempontú döntési modellek alkalmazásának lehetőségei és korlátai a haditechnikai K+F folyamatokban HADTUDOMÁNYI SZEMLE IX:(2) (2016) pp. 377-387.
- [11] Gyarmati József: Haditechnikai eszközök összehasonlítása (útmutató) Budapest: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2011. pp. 91
- [12] Gyarmati József: Döntési modell kialakítása közbeszerzési eljárás során HADMÉRNÖK 2:(3) pp. 36-52. (2007)
- [13] Rapcsák Tamás: Több szempontú döntési problémák Budapesti Curvinus Egyetem egyetemi oktatáshoz segédanyag 2007.
- [14] Óvári Gyula: A Magyar Honvédség repülőeszközei típusváltásának és üzemeltetésének lehetőségei gazdasági-hatékonysági kritériumok, valamint a NATO csatlakozásunk figyelembevételével. In: Horváth István, Kiss Jenő (szerk.): A légierő fejlesztése. Budapest: Honvédelmi Minisztérium, 1997. pp. 9–127.
- [15] Nagy László: A helikopter-képesség fejlesztés lehetséges irányai. Repüléstudományi közlemények, 29 1 (2017), pp. 47–58.
- [16] Turcsányi Károly: Szempontok és módszerek a haditechnika megfelelőségének a megítéléséhez. Hadtudomány, 2016. évi különszám

THE POSSIBILITIES OF THE COMPARISON OF COMPATEQUIPMENT SYSTEM IN THE FIELD OF THE HELICOPTER CAPABILITY DEVELOPMENT

As a result of the Zrínyi 2026 Defense and Force Development Program, the Hungarian Defense Forces are undergoing significant technical procurements. The currently available helicopter capability, due to the available number of helicopters, does not fully provide the tasks required for the ability. Capability development can only be achieved by renting / buying new helicopters. In order to create an efficient and economical operating system, the use of a multi criteria decision making method is essential, with the basic precondition for precise tactical and technical requirements. Only if helicopter capability is treated as a complex system, in wich one of the most important elements is the helicopter itself, so its selection requires great care.

Keywords: *force development, helicopter capability, tactical-technical requirements, multi criteria decision making*

Nagy László János
főnök-helyettes
MHP Haderőtervezési Csoportfőnökség Légierő
Hadfelszerelési Rendszerek Fejlesztési Főnökség
lesliebig@freemail.hu
orcid.org/0000-0002-7831-8639

László János Nagy
deputy head of Air Force Branch
HDF Command Force Planning Directorate Air
Force Systems Development Branch
lesliebig@freemail.hu
orcid.org/0000-0002-7831-8639



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_3/2018-3-06-0064-Nagy_Laszlo.pdf

Dudás Zoltán

REPÜLÉSI FÉLELMEK ÉS HÁTTERÜK

A szerző áttekintést ad az érzelmek kialakulásáról, ezen belül a repülési félelem elméleti háttéréről. Kiemeli az érzelmet és tárgyat, az átélt félelem vonatkozásában a veszély és viselkedés, valamint a szorongás és félelem viszonyát. Bemutatja a repülési félelem tárgyát, valamint a repülési fóbia kialakulását befolyásoló tényezőket. Definiálja a specifikus fóbiákat és bemutatja kezelésüket. Módszertani szempontból ismerteti a repülési félelem mérésének skálatípusait. A szakirodalmak alapján összegzi a feldolgozott kutatások eredményeit, rávilágít azok összefüggéseire. Javaslatot tesz további kutatások és mérések elvégzésére.

Kulcsszavak: elkerülő viselkedés, érzelmet, FAM skála, FAS skála, fóbia, repülési félelem, szorongás, szorongás-érzékenység

BEVEZETÉS

A légiközlekedés a nagytávolságú utazás máig legnépszerűbb formája, annak ellenére is, hogy a 2000-es évek elejétől intenzíven jelen van a repülőjáratok növekvő terrorfenyegetettség és ezzel együtt a média légiközlekedési balesetek iránti növekvő érdeklődése is. A repülés veszélyeinek közvetítése a média által gyakran félelemkeltő, melynek elrettentő hatása nem szorul magyarázatra. A Nemzetközi Légi Szállítási Szövetség (IATA, 2015) tanulmánya szerint az elkövetkező 20 évben a repülést választó utasok száma megkétszereződhet, ezzel az utasok száma a világon éves viszonylatban elérheti 7,2 Mrd főt. Tekintve, hogy a repülésbiztonsági mutatók – hála a nemzetközi repülésügyi Szervezetet (ICAO) valamint az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség (EASA) szakmai tevékenységének – folyamatosan javulnak, a repülés várhatóan továbbra sem veszít majd népszerűségéből. Ugyanakkor a megnövekedő utas szám egyben egy másik pszichológiai jellegű problémát vetít előre: a repüléstől való félelem, a repülési fóbia problémáját. A repüléstől való félelem által kiváltott stressz káros következményei nem csupán az utasok számára kellemetlenek, de a fedélzeten bekövetkező esetleges pánikreakciók negatívan hathatnak vissza a repülés biztonságára is. Az Egyesült Államok Légiközlekedési Hatósága (FAA, 2012) felmérése szerint az utasok mintegy egyharmada (30,7%) ideges (18,1%), vagy fél (12,6%) a repülés előtt és alatt. Ez a milliárdokban mérhető utas számra vetítve a jövőben igen nagy repülési félelemmel, vagy fóbiával küzdő populációt jelent. A probléma mind az utasok, mind a repülésbiztonság szempontjából jelentős, emellett az iparág működésére is hatással van, így a téma kutatása nem csupán az elmélet, de a mindennapos gyakorlat szempontból is indokolt.

A FÉLELEM PSZICHOLÓGIAI HÁTTERE

Az érzelmet, mint fogalmi kategória a mai napig problémás, amennyiben egységes elfogadott definícióval nem rendelkezik. Ennek oka talán az, hogy az érzelmek kutatása sok és részben ellentmondó elméletet szült a mai napig. Ilyenformán a különböző teóriák az érzelmek más és más összetevőit tartják lényegesnek. Ha tehát definiálni szeretnénk az érzelmet, mint kategóriát

ezeknek a komponenseknek az általánosítására volna szükség, ami az elméletek valamilyen szintézisét kívánna meg. Ez azért kivételesen összetett feladat, mert nincs szakmai egyetértés abban, mit értékelünk érzelmként és mit nem, hiszen az emberek egy része egy jelenséget érzelmként értelmezhet, míg mások, ugyanazt a jelenséget nem tekintheti annak [1]. Az érzelmek különböző megközelítései némely elemükben kompatibilisek, bár a jelenség más és más aspektusait emelik ki. Különbözőségeik ellenére szinte az összes elméletben megragadható az alapvető feltételezés, miszerint az érzelmek ember és ember közti találkozás, összeilleszkedések céljára szolgálnak, jóllehet akkor is megjelennek, ha tárgyuk nincsen jelen sem valóságban, sem a gondolatainkban. Ilyenformán érzelmeink fennállhatnak egyéb tárgyokban is, mint például reakciókban természeti jelenségekre (pl. villámlás-félelem), vagy egyéb nem kézzelfogható jelenségekben is (zene-megnyugvás). Ekman (1999) meggyőződése szerint az érzelmek elsődleges funkciója interperszonális helyzetben a résztvevők mobilizálása és olyan viselkedés aktiválására, mely a múltban mind a faj mind az egyén szempontjából. adaptívnak bizonyult [2].

„Félünk valamitől, vagy felvidít valami, szeretünk valakit, vagy dühösesek vagyunk valamire vagy valakire. Az érzelmeknek úgy tűnik, tárgya van...” írja Arnold az érzelmek kapcsán [3]. Arnold szerint ilyenformán: „érzelmeink kapocsként működnek köztünk és azon bizonyos tárgyak között, melyekre érzelmeink irányulnak. Ezek lehetnek egyszerű dolgok, mit például egy alma, de komplex dolgok, személyek és viszonyok és feltételek is melyek fennállásakor az adott dolog hatással van ránk” [3].

Az érzelem kulcsa a dologhoz való viszonyulás, vagyis annak felmérése és megítélése, hogy a dolog jelen van-e, könnyen elérhető, vagy elkerülhető-e, illetve tudunk-e alkalmazkodni e feltételek bármelyikéhez. Ezen tényezők felmérése és megítélése fogja meghatározni a dologhoz fűzött érzelmeink erősségét, valamint a pozitív, illetve a negatív viszonyulást.

Mindezek alapján például az öröm úgy ragadható meg, mint olyan tárgy, állapot, vagy viszony, mely jelen van, kellemes és a jövőben is jelen lesz. Az analógián tovább haladva a félelem például úgy magyarázható, mint egy kellemetlen esemény jövőbeni lehetősége, de melyet úgy ítélnék meg, hogy nehéz vele megbirkózni. Arnold rendszere tehát alapvetően háromdimenziós, amelyben a felmérés, megítélés és a megküzdési lehetőség határozza meg az érzelem erejét és minőségét.

Ami a veszélyes helyzetben keletkező érzelmeket illeti Lazarus (idézi Reisenzein, 2006) a veszélyteli szituáció másodlagos felmérésének jelentőségét hangsúlyozza [3]. A veszély (fenyegetés) megítélése itt alapvetően attól függ, hogy az kikerülhető-e (van-e mód menekülésre), vagy legyőzhető-e, vagyis elegendő megküzdési potenciállal bírunk-e.

Ranschburg (1973) Arnold meghatározásával kapcsolatban ugyanakkor arra mutat rá, hogy az érzelem, jelen esetben a félelem kialakulására és tudatosulására, más szóval a helyzet alapos felmérésére rendelkezésre álló idő a veszélyes helyzetben sokszor oly rövid, hogy az elképzelhetetlenné teszi azoknak a kognitív értékelési folyamatoknak a végig vitelét, melyeket az érzelem kialakulásának okaként az elmélet feltételez. A veszélyes helyzet ugyanis az emberi sérülés elkerülése érdekében sokszor azonnali és adekvát viselkedést: elkerülést, menekülést követel meg, mely az ijedség érzelmi komponensének átélését gyakran nélkülözi [4]. „A félelem maga nem tanult dolog, mint ahogy az sem, amikor dühösesek leszünk, vagy amikor sírunk vagy mosolygunk. Mindezen reakciók emberi örökségünk részei olyanok, mint a látás képessége vagy a fájdalom, vagy akár a jóllakottság érzése étkezés után” [3]. A félelem negatív emóció, mely hasonlóan a haraghoz, önmaga

felszámolására alkalmas viselkedést indukál, amely ebben az esetben a veszély tárgyától való eltávolodást, a feltételezett ártalomtól való megmenekülést, így az érzelem kialvását váltja ki. Ugyanakkor Ranschburg (1973) azt is rögzíti, hogy a félelem nem más, mint veszélyhelyzet átélése, tehát a sorrend a veszélyhelyzetben való viselkedés és az érzelem átélése között időben felcserélődhet [4]. Ugyanezt a kérdést vizsgálja a James-Lange elmélet is mely abból indul ki, hogy az érzelem kialakulása spontán módon is megtörténhet anélkül, hogy azt kognitív folyamatok előznék meg [5]. Az elmélet szerint a megtapasztalt események által kiváltott testi, zsigeri válaszreakciókat akaratunktól függetlenül érzelmként azonosítjuk. Ez a mechanizmus természetesen az egyes érzelmekre jellemző zsigeri mintázatok, érzületek meglétét feltételezi.

A veszély átélése viszont nagyban a szubjektum függvénye, ezért pszichológiai értelemben nincs értelme objektív veszélyről beszélnünk, így az a helyzet, objektum veszélyes, amit a szubjektum veszélyesnek él át. Természetesen a veszély átélésekor az érzelmi palettát a frusztrációval és a szorongással is gazdagíthatja a menekülés anticipált sikertelensége miatt [4]. A félelemmel gyakran egy másik jelenség a szorongás is együtt jár és egymással felcserélhető fogalmakként is használhatók. A két fogalom mégis elkülöníthető amennyiben a félelemnek konkrét tárgya van, míg a szorongás tulajdonképp a veszélyes helyzetben való cselekvésre (menekülésre) való készenlétet jelent. A félelemmel vegyes szorongás (Ranschburg, 1973) – ahogy ezt a köznapi értelemben használjuk - ebben az értelmezésében nem más, mint „várakozási szorongás”, vagy „szorongó várakozás” mely egyfajta készenlét a veszélyes helyzet leküzdésére, s mint ilyen magába foglal valamiféle bizonytalanságot, valamint azt a mérlegelést, hogy valami kellemetlen történhet. Azon ponton túl, ahol a szorongás még „szabadon lebeg” a félelem pszichésen is kötődhet bizonyos tárgyakhoz, vagy helyzetekhez sajátos fóbiákat kiváltva. Ezek, sokfélék lehetnek és közéjük tartoznak az utazással (vasút, hajózás) kapcsolatos fóbiák, szorongások is, melyeknek nem a ténye inkább a *megfellebbezhetetlen* ereje jelentős [4] [6].

A veszélyes helyzetben átélt félelem, szorongás kifejlődését több tényező befolyásolhatja. Ilyen például a veszély, vagy veszélyesnek ítélt tárgy, jelenség ismeretének szintje. Freud szerint a veszélykeltő tárgy vagy jelenség, akkor félelmetes, tehát akkor okoz szorongást, ha kevés ismerettel rendelkezünk róla [6].

Ilyenformán bármilyen természeti jelenség (pl. villámlás, napfogyatkozás) félelmet ébreszthet egy kevésbé iskolázott személyben, míg egy tanult személy ismerve a háttérben lejátszódó légköri és fizikai folyamatokat semmi fenyegetőt nem talál benne. A félelem esetében kimutatható, hogy fóbiával, vagy annak gyengébb formáival érintettek megismertetése a félelem tárgyával, bizonyítottan hozzájárul a félelem csökkentéséhez. Ám amellet, hogy az edukáció nem old meg minden fóbiával kapcsolatos problémát kétélű fegyver is lehet, hiszen a több tudás egyszersmind további aggodalmaknak is táptalajt ad, tehát a tudás újabb és újabb lehetséges félelmi tárgyakat hoz elő [6].

Kik és miért félnek a repüléstől?

A félelmek feltárása érdemes egy pillantást vetni a statisztikákra. Hány embert is érinthet ez a probléma? Norvég kutatók ezer fő részvételével vizsgálták a légi utasok repülési félelmét melyek közül 79 százalék adott válasz. Az eredmények azt mutatták, hogy az utasok 54 százaléka soha, 22 százaléka pedig mindig félt, amikor repülnie kellett. Figyelemre méltó, hogy a felmérésben résztvevők 5 százaléka teljesen elkerülte a repülést félelmei miatt. A repülési félelem az

érintetteknél hosszú ideig fennmaradt, 83 százalékuk legalább tíz éven keresztül szenvedett ettől a problémától. Mitől is féltek a norvég légiutasok a legjobban? Leggyakrabban a turbulenciát, a hajtómű meghibásodást, összeütközést jelölték meg az aggodalmak okaként. A problémával érintettek közt a nők aránya (60%) magasabb volt a férfiakénál (33%). A nők csoportjában közül 9 százalék került a repülést, míg a férfiaknál ez az arány csupán 2 százalék. A felmérésben a félelemre való hajlam növekedését mutatták ki a kor növekedésével, valamint összefüggést találtak a munkahelyi (nyugdíjas) és családi státusszal (háziasszony), valamint az egyéb fóbiákkal is [7]. A repülési félelem, mint a félelmek általában valamilyen tárgyra, jelenségre, helyzetre, irányulnak. A repülés összetett rendszere a bőven tartalmaz ilyen félelemkeltő faktorokat, amelyek a negatív érzelmet aktiválják. Ezek összefüggésben lehetnek magával az utazással, a levegőben való mozgással, magával a repülőgéppel, a repülés folyamataival, az időjárással, de biztonságot közvetlenül veszélyeztető egyéb tényezőkkel, például a terrorizmussal is. Tekintve, hogy a kockázatok a repülés történetében folyamatosan fennállnak, felmerül a kérdés, hogy miféle tényezők ezek és megítélésük változik-e az idők folyamán? Ekeberg és munkatársai (2014) feltárják, hogy a repülés alatt a legtöbb utas az egyébként veszélytelen légköri turbulenciát tartja félelem keltőnek, de sokan említik a hajtóművel vagy a szárnyakkal kapcsolatos problémákat, az összeütközést vagy időjárási jelenségeket is, a legtöbbször olyan tényezőket, melyekről az átlagos utas általában kevés ismerettel rendelkezik. Mindezek mellett jelentős a terrortámadástól, vagy gépeltérítéstől való szorongás is, melyről az erős médiareprezentáció miatt az utasok gyakran tudomást szerezhetnek. A kutatás megmutatja, az utas nemének szerepét a kockázat (veszély) megítélésében [8]. Általánosságban elmondható, hogy a nők a kockázatokat jelentősen nagyobbak ítélik, mint a férfiak és a félelemkeltő faktorok megítélése is más. Magyarán mástól tartanak inkább nők, mint a férfiak. A felsorolt kockázatok a repülés történetében más- más hangsúllyal, de folyamatosan jelen vannak, ezért felmerül a kérdés, hogy a kockázat percepciója változik-e az időben a kockázati tényezők átrendeződésével? A kutatás erre a kérdésre a nemzetközi terrorizmus terjedése, illetve a 9/11 kapcsán kereste a választ. A felmérést 1986–2002 közt elvégezve a kutatók arra a megállapításra jutottak, hogy a terrorizmustól való félelem a norvég légitársaság utasai között nem nőtt szignifikánsan.

A turbulencia, az idegen hangok, a terrorizmus, és gépeltérítés kockázatának megítélése a vizsgált időszakban változatlan maradt. Megőrizte pozícióját a magasságtól való félelem is, mely a nők populációjában volt „népszerűbb”.

Tekintve, hogy a félelem mértéke nagyban függhet a biztonság szintjének megítélésétől is, felmérés végeztek arra nézve, hogy az utasok mennyire reálisan ítélték meg a biztonság aktuális színvonalát. A kutatók azt találták, hogy az utasok több mint 70 százaléka pontosan ítéli meg a biztonság színvonalát, már ami a baleseti arányokat illeti. A balesetek áldozatinak számát viszont a többség a tényleges arány (50%) fölé becsülte. Fontos megfigyelés azonban az is, hogy a számokat azok az utasok ítélték a legrosszabbnak, akik félnek a repüléstől.

Egy amerikai felmérés szerint (Harvell et al. 2014) a félelem tárgya a Las Vegas-i repülőtér (LAS) utasai szerint a leggyakrabban: a lezuhanás, a turbulencia, a repülőgép meghibásodása, vagy terrorista repülőgépen, vagy akár a mellettünk ülő ismeretlen utas. A média hatása itt is tetten érhető, hiszen az utasok egyike a *Lost* című filmsorozatra hivatkozva említi a lezuhanást [9].

A kutatás mindemellett arra a megállapításra jut, hogy az utasok legnagyobb része tart a repüléstől, s ez nem csak pszichikai állapotukra, hanem a fedélzeten való viselkedésre is hatással van. A repülési fóbiával kapcsolatban McIntosh (1995) kiemeli a nem és az időtényező szerepét. Véleménye szerint a probléma az utasok mintegy egynegyedét érinti. Ezen belül a nők ötször gyakrabban számolnak be komoly félelmekről, illetve stresszről utazásaik során, jóllehet ez a különbség adódhat abból a tényből is, hogy a férfiak kevésbé hajlamosak félelmeikről beszélni. Ami az időtényezőt illeti, a repülés félelem kialakulása kétszer olyan gyakori azoknál az utasoknál, akik több mint egy éve nem utaztak külföldre, mint azoknál, akik egy éven belül hosszabb repülőútra vállalkoztak [10].

A repülési félelem mérése

A repülési félelem mértékének mérése nem új keletű. Egy norvég felmérés (Martinussen, Gundersen, & Pedersen, 2008 idézi Martinussen, Hunter 2008) véletlenszerűen kiválasztott utasok félelmeire kérdezett rá, melynek eredményei azt mutatták, hogy az utasok fele soha nem szenvedett még repülési félelemtől, bár ezek az utasok is átélnék kellemetlenségeket a repülés során [11] [7].

Más nemzetközi kutatások (Bor, Grewen 2003, 2016) azt mutatták, hogy a légi utasok mintegy 10-40 százaléka érintett a repülés alatt vagy előtt átélt félelem tekintetében, jóllehet ennek az utas tartománynak a nagysága nagyban függhetett a kérdések megfogalmazásától. A korábban idézett norvég kutatás nem csupán a félelem meglétére, vagy nem létére, hanem annak frekvenciájára és mértékére is kíváncsi volt. A 268 utas megkérdezése után az eredmény azt mutatta, hogy az utasok 4-4 százaléka néha, vagy mindig nagy félelmet él át a repülés alatt, míg 8 százaléka néha mérsékelt félelmet tapasztal [12].

A kutatás nem talált összefüggést a félelem megléte és az utas életkora közt, ugyanakkor kimutatta, hogy a nők gyakrabban élnek át repülés félelmet, mint a férfiak. Arra kérdésre, hogy a félelmet közvetlenül mi váltotta ki az utasok a repülőgép mozgását, a vibrációt, és a turbulenciára felhívó figyelmeztetést jelölték meg. Ezek megjelenésekor rendszerint erős szívdobogás vett rajtuk erőt majd figyelni kezdték a repülőgép zajait és a személyzet mozgását, azt gondolván, hogy valami nincs rendben. A félelem fizikai megjelenése emellett (Van Grewen et al 1999, idézi Martinussen et al. 2008) olyan érzéseket, gondolatokat váltanak ki, mint a légszomj, szédülés, ájulásérzés, fulladásérzés, annak elképzelése, hogy a repülőgép le fog zuhanni [11] [13].

A repülési félelem különböző komponenseinek mérésére validált mérőeszközök állnak rendelkezésre. A két leggyakrabban használt skála az FAS (Flight Anxiety Situations questionnaire) és a FAM (Flight Anxiety Modality questionnaire). Előbbi a repülés különböző fázisaihoz, mozzanataihoz tartozó félelmet, míg utóbbi a szomatikus és kognitív modalitások szintjét méri a légiközlekedés különböző helyzeteiben. Az FAS kérdőív három faktorral: a repülés előtti, alatti és az általános repülési félelemi faktorral dolgozik, míg a FAM két modalitást: a kognitív és a szomatikus modalitást különbözteti meg [13]. Lássuk a kérdőíveket részletesebben!

FAS kérdőív

A FAS kérdőív 32 itemet tartalmaz, melyek segítségével a repüléssel összefüggő félelmek szintje válik mérhetővé. A kérdőív három alskálára bomlik.

Az Általános Repülési Félelem skála (Generalized Flight Anxiety) azokra repüléssel, légitársaságokkal általánosságban összefüggő félelmekre kérdez rá, melyek ugyan a repülésről szólnak, de nem a tényleges utazással kapcsolatosak. Ilyenek lehetnek például, mikor látunk, vagy hallunk egy repülőgépet, vagy éppen kikísérünk valakit a repülőtérré.

Az Előzetes Repülési Szorongás Skála (Anticipatory Flight Anxiety) kérései olyan félelmekre irányulnak, amelyek a közvetlenül a repülést megelőzően, az repülőút megtervezése, vagy a beszállási procedúra kapcsán keletkeznek. A Repülés Alatti Félelmi Skála (In-Flight Anxiety) a korábbiakkal ellentétben a konkrét repülés közben, a felszállástól a leszállásig átélt félelmekre kérdez rá. Mindhárom alskála ötfokozatú értékelést tartalmaz, ahol az 1 a félelem hiányát, az 5 a komoly félelmet jelöli.

FAM kérdőív

A FAM kérdőív, 18 itemet tartalmaz mely két alskálára bomlik. A Szomatikus Modalitás skála (Somatic Modality), fizikai tünetekre irányul, míg a Kognitív modalitás skála (Cognitive Modality) a szorongáskeltő gondolatokra kérdez rá. A FAS kérdőívhez hasonlóan a skálák ötfokozatú értékelést tartalmaznak, ahol szomatikus, vagy kognitív válasz jelenléte 1-től (nincs jelen) 5-ig (nagyon intenzíven van jelen) terjed. A FAS and FAM kérdőívek alkalmasak mind az klinikailag igazoltan fóbiával küzdők, mind a normál populáció mérésére, mind a hat alskála esetében. A skálák alkalmazása így lehetővé teszi a félelem mélyebb okainak feltárását, az okok és tünetek összekapcsolását, végső soron pedig ezek ismeretében a terápia testre szabását [14].

A repülési félelemre ható egyéb tényezők

Szily (2010) saját kutatása kapcsán arra hívja fel a figyelmet, hogy a depresszióval küzdő személyek helyzetmegítélése eltérhet az egészséges személyek helyzetmegítélésétől, így ugyanazt a helyzet intenzívebb érzéseket generálhatnak. A vizsgálatban résztvevők a hét érzelm közül hat esetében (harag, szomorúság, félelem, undor, szégyen, büntudat) az egyes érzelmeket kiváltó eseményeket jelentősebb fokban hátráltatónak értékelték, mint a vizsgálati kontrollcsoport egészséges tagjai. Ez az eltérés a harag, a szomorúság és a félelem esetében volt a legjellemzőbb. A vizsgálat kimutatta azt is, hogy a depressziósok gyengébbnek értékelték megküzdési képességeiket, mint a kontrollcsoport egészséges tagjai. Megemlítendő, hogy ebben a vizsgálatban nem sikerült reprodukálni a harag esetében az előző vizsgálatban talált szignifikáns eltérést [15].

Egyes kutatások felvetik a kérdést, miszerint az általános szorongás, illetve az arra való érzékenység és a repülési félelem közti összefüggés vajon milyen irányú (Bogaerde et al. 2012), hiszen ennek ismeretében lehetőség nyílna a repülési félelem kialakulásának bejósolása, illetőleg az általános szorongás kezelésével csökkenthetőek lennének félelmek is. A vizsgálati populációk összevetése a szorongásérzékenység (AS) és hagyományos FAM és FAS skálákkal mentén azt az eredményt hozta, hogy a repülési fóbiával küzdők szorongásérzékenysége jelentősen magasabbnak bizonyult, mint a normál populációé, így ez az érték előre jelezheti a repülési félelemre való hajlamot is [16]. Ami a repülés alatt átélt szomatikus panaszok (FAM alskálák) és a félelem (FAS skála) összefüggéseit illeti a szorongásérzékenység moderáló szerepe nyert igazolást. A repülés alatt tapasztalt szomatikus tünetek tehát akkor váltják ki gyakrabban a félelem érzését, ha a szorongásérzékenység eleve magasabb. Ilyenformán a szomatikus panaszok megjelenés jó előrejelzője lehet a repülési félelem kialakulásának. Ez összességében azt jelenti, hogy a

szorongásérzékenység kritikus eleme a repülési fóbiának, hiszen a repülési helyzetben átélt kellemetlen testi élmények a szorongóbb utasok esetében a fenyegetettség érzésére fordítódnak le, végső soron félelmet generálnak.

A REPÜLÉSI FÓBIA

A DSM-5 a repülési fóbiát a speciális fóbiák közé sorolja [17]. A besorolás változatlan formában örökíti át a DSM-4 kategóriáit. A fóbiák típusai specifikusan és komplex módon is értelmezhetők. A speciális fóbiák például a környezeti fóbiák (mélység, magasság), az állat fóbiák (kutya, pók); a szituációs fóbiák (fogorvos, repülés), vagy a testi fóbiák (vér, injekció). A komplex (gyakrabban debilizáló) fóbiák közé soroljuk például az agorafóbiát (nyitott helyek) és a szociális fóbiát (szociális helyzetek).

Fóbiások azok a diagnosztizált személyek, akik intenzív félelemtől és szorongástól szenvednek bizonyos tárgyak jelenlétében, vagy szituációk közben. A szorongásos zavarok, vagy speciális fóbiákat számos, változatos inger kiválthatja, melyek következménye erős irracionális félelem, melynek mértéke általában aránytalanul nagyobb, mint a valós fenyegetés. Szorongásukat a fóbiások elkerüléssel igyekeznek csökkenteni. A szorongásos zavarok gyakoriak az amerikai népesség körében 19,2 millió embert érint. A nők reprezentációja a férfiakénak mintegy duplája [18]. A specifikus fóbiák kialakulásában szerepet játszanak a gyermekkorban átélt élmények, a genetikai hajlamok és a családi hatások is. Az okok traumatikus tapasztalatok, tanult viselkedések, és a folyamatos stressz is megtalálható. A repülési fóbia számtalan olyan elemet tartalmazhat, mely nem elsősorban a repüléshez kötődik, így ebből a szempontból maga a jelenség heterogénnek tekinthető. Ezen elemek leginkább a magassággal, zárt, zsúfolt helyekkel, s a kontroll hiányával kapcsolatosak. A repülési félelmet átélő utasok rendszerint háromféle tünetet mutatnak. Olyan testi pszichológiai reakciókat, mint izomfeszülés, általános feszültség érzése, reszketés, nehézlégzés, szívdobogás érzés, mellkasi fájdalom, gyomorproblémák, izzadás, gyengeség, szédülés, szájszárazság, sápadtság vagy épp kipirulás. Mindezek mellett olyan nem testi reakciók is tapasztalhatók, mint a megromlott memória, beszűkült figyelem, gyenge döntésképeség, negatív gondolatok és elvárások. A félelem hatásai a viselkedést sem kerülik el, így alakul ki az ún. elkerülő viselkedés. A repülési félelem erőssége az egyszerű kényelmetlenség érzéstől a fóbiáig terjedhetnek. Ez utóbbi komoly hatást gyakorolhat a mind a magánéletre, mind a munkahelyi lehetőségekre. A fóbia lehetetlenné teszi a rendszeres utazást, ami a munkahelyi előmenetelt károsan befolyásolja. Az elkerülő magatartás pedig számos esetben újabb pszichés terhet rak a repülési fóbiával küzdők vállára. A fent felsorolt tünetek átélése a többi utas jelenlétében, vagy a járat szükségszerű késleltetése, amikor az utas az utolsó pillanatban áll el az utazástól további kényelmetlenséget okoz [13].

Diagnosztikai értelemben a tünetek akkor jelentenek fóbiát, ha:

- folyamatos erős irreális félelem bizonyos tárgy jelenlétében vagy specifikus helyzetben, vagy azt megelőzően jelen van;
- a kiváltó inger szorongást okoz (felnőtteknél pánikroham, gyermekeknél reszketés, lefagyás);
- a veszélyhez képest aránytalanul nagy félelem; a beteg elkerülő viselkedést mutat, reakciói (elkerülés) összeütközésbe kerül a napi rutinnal, kapcsolatokkal, gyötrelmet okoz;
- a tünetek legalább hat hónapja fennállnak; illetőleg a tünetek nem sorolhatók be más rendellenesség alá (OCD, PTSD).

A repülési fóbia egyéb fóbiákkal is rokonságot mutat. Fritscher (2017) kimutatta, hogy a repülési fóbiához hozzájárulhat, illetve annak tüneteit ronthatja, amennyiben az utas kalusztrofóbiás, tehát irtózik a zárt terektől és a személyes tere sérülésétől. A magasságtól való irtózás hasonló hatást válthat ki. Első hallásra nem egyértelmű, de logikus, hogy mivel a repülés alatt az utas hosszabb ideig van kitéve esetleg nem kívánt társas környezetnek az növelheti az utas szorongását, ami hozzájárulhat a repülési félelem tüneteinek rosszabbodásához [19].

A repülési fóbia kezelése

A repülési fóbia a jól kezelhető fóbiák közé tartozik. (Nousi et al. 2008). A gyógyulás a kognitív viselkedésterápia, gyógyszeres kezelés (béta-blokkolók, nyugtatók, antidepresszánsok), a hipnoterápia, és öngyógyítás (relaxációs technikák, mindfulness) útján érhető el. A kezelés eredményessége általában nem függ a repülési tapasztalattól, bár a terápia azoknál mutatja a legnagyobb hatékonyságot, akik félelmük miatt teljesen elkerülik ezt az utazási formát, így nem nincs lehetőségük és tapasztalatuk előzetes félelmek igazolásához vagy cáfolásához. Másfelől a kezelés kevésbé hatékonyak bizonyul azoknál, akik a repülést korábban traumatikusnak élték át [14].

Ezekben az esetekben a félelem kiindulópontja maga a trauma és nem az előzetes aggodalom, így a kiváltó ingerek és a félelem közti kapcsolat a tapasztalat alapján erősebb és a fóbia nehezebben orvosolható.

A specifikus fóbiák így a repülési fóbia esetében a virtuális valóság terápia (VRE) mind, kognitív viselkedésterápiával, mind anélkül hatásosnak bizonyulhat, de emellett a különböző képzési elemek (pszichológiai) is hatásosak, így ezek valamilyen kombinációja adja a legjobb eredményeket. A repülési fóbiák kezelésében fontos szerepe játszat a repülőszakmai edukáció is, melyet több kezelési mód is magába épít [20].

A gyógyszeres kezelés ellen számos ellenérv szól (VALK, 2017) Először: a gyógyszerek nem minden esetben hatásosak, vagy ha igen, gyakran szinte megbénítják, és az ülésükhöz szögeznek az utasokat. Másodsor az az utas, akit gyógyszer hatása alatt áll nem képes a repülőgépen kialakuló helyzetekhez alkalmazkodni. Mindezen túl a gyógyszer hatása alatt az utas nem teljes mértékben ura önmagának, pedig a félelem leküzdéséhez éppen erre, önkontrollra volna szüksége

ÖSSZEFOGLALÁS

Bár a félelem negatív érzés funkcióját tekintve mégis felbecsülhetetlen hasznossággal bír. A veszélyes helyzetekben mobilizálja a viselkedést, mégpedig olyan módon és irányban, amely a veszély mérlegelésén keresztül a félelem tárgyától való eltávolodást, vagyis menekülést vagy megküzdést vált ki, ezzel tulajdonképp a kockázatos környezethez való alkalmazkodást, végső soron pedig a túlélést jelenti. Félni tehát kellemetlen, de hasznos. A kockázatos szituáció értékelése, a félelem átélése szubjektív, tehát az egyén pszichikai állapotától, tapasztalataitól, tudásától, megküzdési képességeitől függ.

A repülési félelem esetében a fedélzeten átélt történések, zajok, mozgások alkalmasak a veszélynek megfelelő testi és pszichikai reakciók beindítására, melyek hatását a menekülés lehetőségének blokkolása, végső soron a válaszreakció frusztrálása tovább erősítheti a szorongásos tüneteket, tovább rontva ezzel a helyzethez való alkalmazkodás (megküzdés) lehetőségét. A repülési

félelem kezelésének lehetősége a szakberek mellett az egyén kezében van. Pszichológiai szempontból fontos, hogy a jelenség előre jelezhető és keretek közt tartható legyen. Előbbit a mérési skálák (FAS, FAM, AS) használata támogatja. Utóbbit a pedig hatékony, többoldalú kezelés, mely a páciens korábban már említett reális kockázatértékelési képességének, a félelem pszichológiájáról és a repülés mibenlétéről szóló ismereteinek, a megküzdési lehetőségeinek fejlesztését, valamint a párhuzamos fóbiák kezelését célozza. A kezelés ma már a modern technológiára támaszkodik, amikor a kognitív viselkedésterápiát a VRE általi deszenzitizációval ötvözi.

A repülési félelem és fóbia kutatása és mérése még számtalan érdekes kutatási lehetőséget tartogat. Vizsgálódásom során a személyiség és a félelem, illetőleg a társas helyzetek és a félelem összefüggései is felbukkantak. Véleményem szerint további kutatásokat érdemel a repülési félelemmel való megküzdési lehetőségek személyiség alapú vizsgálata, például a *kontrollhely elmélet*, vagy az *én-hatékonyság*, illetőleg a *vonásszorongás* összefüggéseiben. Szociálpszichológiai vonatkozásban az érzelmek repülési félelmei helyzetben való *fertőző terjedése*, illetőleg a fedélzeti *pánik* kialakulása is érdemes további vizsgálatokra.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Csépe V., Győri Mi., Ragó A., Általános pszichológia 3. Nyelv tudat, gondolkodás. Osiris, Budapest, 2007.
- [2] Ekman P. In T. Dalgleish and M. Power (Eds.), Handbook of Cognition and Emotion. Sussex, U.K.: John Wiley & Sons, Ltd., 1999. <https://pdfs.semanticscholar.org/305a/0ff88a70b49f745e95bd5ef004a33f5afc4a.pdf>
- [3] Reisenzein R. Arnold's Theory of Emotion in Historical Perspective. Psychology Press, Vol. 20/ 7, 2006, 920 – 951. url: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.497.2186&rep=rep1&type=pdf>
- [4] Ranschgurg J., Félelem, harag, agresszió. Tankönyvkiadó, Budapest, 1973, 6-9.
- [5] Mérő L., Az érzelmek logikája. Tercium, Budapest, 2016, 38-39.
- [6] Freud, S. (1940). Bevezetés a pszichoanalízisbe. (ford. Hermann Imre) Gabo Kiadó, Budapest, 2016; 320-329.
- [7] Ekeberg O., Fauske B., Berg-Hansen B., „Norwegian airline passengers are not more afraid of flying after the terror act of September 11”. Sandinavian Journal of Psychology, Vol 55/5, 2014. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/sjop.12137/full>
- [8] Ekeberg O., Seeberg I. & Ellertsen B. B., „The prevalence of flight anxiety in Norway”. Nordisk Psykiatriske Tidsskrift Vol43/5, 2009, 443-448. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/08039488909107869?journalCode=ipsc19>
- [9] Harvell L., Stillman A. T., Gwendelyn S. T., Cranney N. K. & Schow A.(2014). „A Field Investigation of Flight Anxiety”. Evidence of Gender Differences in Consumer Behaviors Amongst Las Vegas Passengers. JAIRM, 2016, 6(1), 45-60. (online) Letöltve 2016:12.03. <http://dx.doi.org/10.3926/jairm.41>
- [10] McIntosh I. B., Travel Phobias. Do Phobias Show Age or Sex Differences in Presentation? Journal of Travel Medicine, Volume 2/2, 2017, 100. (Absztrakt), <https://academic.oup.com/jtm/article-abstract/2/2/99/1800520>
- [11] Martinussen M., Hunter D. R., Aviation psychology and human factors. CRC press, New York, 2010, 141-145.
- [12] Bor R., Van Grewen L., Psychological perspectives of fear of flying. Chapter 2. Routledge, New York 2003, 2016. (online) Letöltve: 2017.12.03. https://books.google.be/books?id=mlNBDgAAQBAJ&printsec=copyright&hl=nl&source=gbs_pub_info_r#v=onepage&q&f=false
- [13] Faraci P., Triscari M.T., D'Aangelo V., & Urso V., „Fear of flying assessment: A contribution to the Italian validation of two self-report measures”. Review of Psychology, 2011 Vol. 18/2, 91-100.
- [14] Nousi A., Van Grewen L., Spinhoven P., „The flight Anxiety Situations Questionnaire and the Flight Anxiety Modality Questionnaire: norms for people with fear of flying” (absztrakt), Travel medicine and infectious disease.2008. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Flight-Anxiety-Situations-Questionnaire-and-the-Nousi-Gerwen/beaa3f606eb0d1a007949cca125e2ec2225ac8d1>
- [15] Szily E., Érzelmi reakciók kognitív és genetikai háttere depressziós és kontroll csoportokban. Doktori értekezés, Semmelweis Egyetem Mentális Egészségtudományok Doktori Iskola. 2010, 33-34.

- [16] Bogaerde V., Raedt A., Raedt D., Rudi I., „The moderational role of anxiety sensitivity in flight phobia”. Ghent University, 2010. <https://pdfs.semanticscholar.org/bdaf/f4558dc0298ee0e4eba231083f15189f4fa5.pdf>
- [17] Fleming K., „DSM-5 Category: Anxiety Disorders”. Theravive (online), 2017. [https://www.theravive.com/therapedia/specific-phobia-dsm--5-300.29-\(icd--10--cm-multiple-codes\)](https://www.theravive.com/therapedia/specific-phobia-dsm--5-300.29-(icd--10--cm-multiple-codes))
- [18] Trimmel M., Burger M., Langer G., Trimmel K., „Treatment of fear of flying: behavioral, subjective, and cardiovascular effects”. *Aviat Space Environ Med*; 85, 2014, 550–62. <http://www.ingentaconnect.com/search/article?option1=tka&value1=flying+fear&pageSize=10&index=203>.
- [19] Fritscher L., Aerophobia: „The Fear of Flying. Symptoms, Related Conditions, and How to Overcome It”. Veriwell. online 2017. december 4. Letöltve: 2017.12.03. <https://www.verywell.com/aerophobia-fear-of-flying-2671844>
- [20] Da Costa R. T., Ardinha A., Nardi A. E., „Virtual reality exposure in the treatment of fear of flying”. (Absztrakt) *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, Vol 79/ 9, September 2008. 99-903.
- [21] <http://valk.org/en/vliegangst/hoezieteen-vliegangstbehandeling-eruit/>
- [22] <http://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2016-10-18-02.aspx>
- [23] <https://flyfright.com/statistics>

Fears of flying: Theoretical background

The author gives a review on formation of emotions, particularly on fearful emotions emerging during flying, and besides outlines several aspects of fears of flying, as well as its subjects, anxiety and behavioural linkages. Presenting the possible subjects of aviophobia and the contributing factors of its evolvement both bring closer to definition of such a specific phobia like aviophobia and its proper treatment as well. Methodologically it is unavoidable to make measurements on fears during flying with special tools as FAS and FAM scales, which provide a vision of fearful subjects that passengers could encounter on board of an aircraft. In summary the author highlights interrelations among fears subjects and the perception of safety. and envisages further research projects on fear of flying topic.

Kulcsszavak: *avoidance, emotion, FAM scale, FAS scale, phobia, fear of flying, distress, sensibility*

Dudás Zoltán (PhD)
Egyetemi adjunktus
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Repülő Intézet
Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék
dudas.zoltan@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-8682-884X

Zoltán Dudás (PhD)
Senior lecturer
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Institute of Military Aviation
Department of Aerospace controller and Pilot Training
dudas.zoltan@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-8682-884X



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_3/2018-3-07-0078-Dudas_Zoltan.pdf

Bali Tamás

A HAZAI FORGÓSZÁRNYAS KUTATÁS-MENTÉS KIHÍVÁSAI

A Magyar Honvédség évtizedek óta működteti azt a szolgálatot, mely az év minden napjában biztosítja a bajbajutott légi jármű személyzetek felkutatását, illetve mentését. A katonai kutató-mentő képesség mára egy országos rendszer részét képezi, mely egy bekövetkező légiforgalmi esemény bekövetkeztekor a földi elemekkel együtt kerül aktivizálásra. Az évek folyamán a honvédség számtalan alkalommal bizonyította hatékonyságát e területen, azonban itt is mint minden rendszerben fellelhetők hiányosságok, akadályozó tényezők. Jelen tanulmányomban ezeket a kihívásokat elemzem.

Kulcsszavak: kutató-mentő, helicopter-vezető, felcser, ejtőernyős, helikopter, Magyar Honvédség

BEVEZETÉS

1944. december 07-én a Nemzetközi Polgári Légügyi Szervezet (a továbbiakban: ICAO¹) Chicagói alapuló tanácskozásán az alapító tagállamok megállapodtak arról, hogy az ott megalkotott Egyezmény 12. függeléke alapján minden aláíró nemzet felelős a területe és a felségvizei fölötti légi kutatás-mentésért. Magyarország 1969 óta tagja az ICAO-nak, és a szervezet ajánlásainak megfelelően építette fel kutató-mentő tevékenységét. 1971-ben adták ki a 25. számú törvényerejű rendeletet a témával kapcsolatban.

Az 1990-es évek végén az ICAO elismerte, hogy a kutatás-mentés kapcsán hiányosságokkal rendelkezik, így egy kidolgozói munkacsoportot állított fel annak érdekében, hogy részleteiben kidolgozzák a polgári kutatás-mentési eljárásokat, a koordinálásuk rendjét. Ennek a munkának az eredményeként adta ki az ICAO 1998-ban a Légiközlekedési és Tengerészeti Kutatás-Mentési Kézikönyvet (a továbbiakban: IAMSAR² kézikönyvet).

Természetesen a NATO a bajbajutott katonák mentésére is kidolgozott egy szabályrendszert, melyet az ATP³-10 elnevezésű dokumentumban fektetett le. Ebben, a kutatás és mentés fogalma a következőt foglalja magában: Légi járművek, földfelszíni vagy akár tengeralattjáró eszközök és a fedélzetükön lévő mentőerők alkalmazása annak érdekében, hogy felkutassák és megmentsek a vész helyzetbe került személyeket mind a szárazföldön, mint pedig a vízben [1].

Az ATP-10 dokumentum a múltban több alkalommal felül lett vizsgálva mígnem 17 év kidolgozói munka eredményeként 1995-ben kiadták „D” (azaz negyedik) változatot. 2005-ben megkezdődött a dokumentum felülvizsgálata, mely a nemzetek közötti nézeteltérések következtében eredménytelenül zárult. Mivel újabb változat végül nem lett elfogadva, ezért ma is az ATP-10D a NATO n belül a kutatás-mentést szabályzó hatályos dokumentum, mely nagyon sok részben támaszkodik az ICAO által kiadott IAMSAR kézikönyvre. Éppen ezért, a NATO és az ICAO dokumentumai messzemenően harmonizálnak az eljárások területén.

¹ ICAO – International Civil Aviation Organisation[11].

² IAMSAR – International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual[10].

³ ATP – Allied Tactical publication[12].

A HAZAI KUTATÓ-MENTÉS RENDSZERE

Az érvényben lévő ICAO előírásoknak megfelelően minden egyes nemzetnek rendelkeznie kell saját, e célra kijelölt és kiképzett kutató-mentő erőkkkel és eszközökkel. A SAR⁴ erők alkalmazási közzeteinek egybe kell esniük az ICAO által meghatározott légi tájékoztatási közzetekkel. Így van ez hazánkban is. Ahogyan létezik keleti és nyugati légi tájékoztató közzet, úgy létezik keleti és nyugati kutató-mentő közzet is.

A NATO haderőknél a katonai kutatás-mentési képesség nem rendelkezik külön parancsnokságokkal, jellemzően minden egyes nemzet haderejében megvan a kutatás-mentést koordinálni képes vezető szerv. Ez hazánkban a veszprémi székhelyű Magyar Honvédség Légi Vezetési és Irányítási Központ [2].

A hazai kutatás-mentés rendszerét az 267/2011. (XII. 13.) Kormányrendelet és a honvédség tekintetében az arra épülő Magyar Honvédség Összhaderőnemi parancsnoki 121/2012. számú intézkedése – és az azt módosító 196/2012, 442/2012, 57/2013 számú intézkedések szabályozzák. A végrehajtás részleteit a Magyar Honvédség 86. Szolnok Helikopter Bázis (a továbbiakban: MH 86. SZHB) parancsnokának 95/2013. és az MH 86. SZHB és a Magyar Honvédség Pápa Bázisrepülőtér (a továbbiakban: MH PBRT) parancsnokának 22/2014. számú együttes intézkedései szabályozzák. Ezek alapján a légi kutató-mentő készenléti szolgálat rendeltetése a Magyarország államhatára által körülhatárolt területen, illetve légtérben, valamint nemzetközi szerződés vagy felkérés alapján a szomszédos országok területén és légtérben bajba jutott légijárművek légi kutatása és mentése, a katasztrófák elleni védekezéssel és mentéssel összefüggő, valamint az alaprendeltetésből adódó feladatok végrehajtása.

Országos szinten vizsgálva az Országos Légi Kutató-Mentő Rendszer (a továbbiakban: OLKMR) a Kutatás-Mentést Koordináló Központból (a továbbiakban: KMKK), a légi kutató-mentő tevékenységbe bevonható légi és földi erőkből, illetve eszközökből, valamint az azok irányítását és kiszolgálását végző szakszemélyzetből álló rendszer. Az OLKMR a katasztrófák elleni védekezésért felelős miniszter által a hivatásos katasztrófavédelmi szervek, a hivatásos tűzoltóság és az önkormányzati tűzoltóság, valamint a polgári védelmi szervezet állományából, a honvédelmért felelős miniszter által a Magyar Honvédség állományából, az egészségügyért felelős miniszter által az Országos Mentőszolgálat (a továbbiakban: OMSZ) állományából, valamint a rendészetért felelős miniszter által az általános rendőrségi feladatok ellátására létrehozott szerv állományából kijelölt kutató-mentő egységekből áll.

Az OLKMR kutató-mentő egységeinek légi erőit a már az előbbiekben említett MH Légi Kutató-Mentő Szolgálat, a Magyar Légimentő Nonprofit Kft. és a Készenléti Rendőrség légijárművei és azok személyzete alkotja. A földi erőit a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (a továbbiakban: BM OKF), a hivatásos katasztrófavédelmi szerv területi szervei, a hivatásos tűzoltóság és az önkormányzati tűzoltóság, az MH, az OMSZ és a Rendőrség Országos Légi Kutató-Mentő Tervben (a továbbiakban: Terv) kijelölt eszközei és állománya képezik.

⁴ SAR – Search and Rescue[11].

A hazai légi kutatást-mentésben több irányító, koordináló, végrehajtó szerv vesz részt. A kutatásra vagy mentésre vonatkozó igény a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóságának ügyeletére fut be. Abban az esetben, ha légi eszközök bevonására van szükség a kárhelyszín megközelíthetőségének nehézségei vagy éppen a kutatás és/vagy mentés gyorsítása miatt, akkor felkérés érkezik a Magyar Honvédség Légi Vezetési és Irányítási Központ Hadműveleti Központjának Műveleti Irányítási Központjához (a továbbiakban: MH LVIK HK MIV). Innen a riasztást vagy KELET-, vagy pedig NYUGAT körzet kutató-mentő alegysége kapja meg a vélt vagy valós kárhelyszín elhelyezkedésének figyelembe vételével. A felszállási parancs és riasztási fokozat elrendelésére az MH LVIK HK MIV váltásparancsnoka, és a váltásba beosztott Kutató-Mentő Koordinátor jogosult [3].

Ennek megfelelően az MH LKMKSZ alkalmazását közvetlenül elrendelheti a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság főigazgatója, a Kutatás-Mentést koordináló Központ Vezető ügyeletes, az MH Összhaderőnemi Parancsnokság parancsnoka, az MH ÖHP Légierő Haderőnem főnöke és az MH Légierő Ügyeletes parancsnoka.

A KUTATÓ-MENTŐ SZOLGÁLATOT BIZTOSÍTÓ GÉPSZEMÉLYZET TAGOK KOMPETENCIÁI ÉS FELADATAI

A helikopter gépszemélyzete funkcionálisan elkülönülő feladatokat teljesítő, eltérő szakmai irányultságú katonákból van összeállítva, mely összetételének garantálnia kell, hogy minden időjárási körülmény mellett biztosítható legyen a kutatás és mentés, vagy annak részképesége. Nevezetten a kutatás lehetősége. Fontos az, hogy a kutatás és mentés két, egymástól elkülönülten kezelendő fogalom. Fontos ez, hiszen a mentési képesség csupán korlátozottan alkalmazható műszeres repülést biztosító meteorológiai körülmények (a továbbiakban: IMC⁵) fennállása esetén vagy éjszaka, amikor a helikopterrel történő leszállásra nincs lehetőség.

Repülő-hajózó szakterület

Kutatás történhet vizuális és műszeres repülési eljárások használatával mind nappal, mind pedig éjjel. A nappali vizuális kutatás hatékonyságát nagymértékben befolyásolja a repülési magasság és sebesség, a légköri párásság mértéke, a felhőalap magassága, a terep/földfelszín természetes vegetációval való fedettségének mértéke. Az éjszakai vizuális kutatás eredményessége attól függ, hogy a kutatásba bevont légijármű rendelkezik-e fedélzeti infracsapda kivető és éjjellátó berendezésekkel, hőkamerával, a gépszemélyzet tagok rendelkeznek-e személyi éjjellátó eszközökkel, a kárhelyszín rendelkezik-e természetes megvilágítással (azaz ég-e tűz).

Mindezek mellett az éjszakai mentési képesség a jelenlegi helikopterek technikai felszereltségét, így képességeit figyelembe véve korlátozottak.

Ahhoz, hogy a mentés megvalósuljon – a kutatás és kárhelyszín meghatározását követően – a helikopternek végre kell hajtania a bejövételt és leszállást (ha nincs lehetőség a leszállásra, akkor meg kell függni a helyszínen).

⁵ IMC – Instrument Meteorological Conditions[12]

A gépparancsnoki kiképzés tematikája ugyan tartalmazza az éjszakai ismeretlen területre történő leszállások gyakorlását⁶[4], azonban a feladat az éjjellátó berendezés (a továbbiakban: NVG⁷) nélkül óriási kockázatot hordoz magában. Ha nincs NVG, akkor a másodhelikoptervezető a GPS koordináták felhasználásával beazonosítja a térképen a kárhelyszínt, annak környezetében lévő természetes és mesterséges akadályokat, a GPS használatával a szélirányt. Ezután meghatározza az ideális bejövetheti irányt. Mindezek után a gépparancsnok megkezdi a bejövetheti a helikopter saját fényszóróinak támogatásával. Ilyenkor a repülési sebességet úgy kell megválasztani, hogy a helikopter a ferde és függőleges átáramlás zónák határán repüljön annak érdekében, hogy képes legyen adott esetben vagy megállni, vagy legyen teljesítmény-tartaléka egy hirtelen felbukkanó akadály kikerülésére. A kárhelyszín fölé érkezve lehet meghatározni, hogy a hely mérete, felülete biztosítja-e a leszállást vagy sem. Ha nem, akkor a mentésben résztvevő erők alpin-technikai eszközök segítségével csúsznak le, majd a sérült csörlőzéssel kerül a fedélzetre. Megtörténhet az is, hogy a kárhelyszín meg van világítva az ejtőernyővel földetért szakállomány által, ám ennek kicsi az esélye, mivel ez az állomány ehhez nem rendelkezik megfelelő technikai támogatással.

Mivel a Magyar Honvédségben az éjjellátó képes helikopterek száma korlátozott, ezért minden egyes esetenél az éjszakai mentés végrehajtására vonatkozó döntés meghozatala mindig komoly kérdéseket vet fel: Ki hozhat ilyen döntést? Rá lehet-e „erőszakolni” a gépparancsnokra a végrehajtást? Van-e jogköre a gépparancsnoknak önálló döntést hozni? Megtagadhatja-e a végrehajtást a gépparancsnok? Ki felel a végrehajtásért?

A választ a Légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. Törvény [5] szolgáltatja. Az 58. § (1) bekezdés szerint a gépparancsnok felel a repülési feladat biztonságos végrehajtásáért és a repülési szabályok megtartásáért. Joga és kötelessége a repülés tartama alatt az ezzel kapcsolatban felmerült minden kérdés eldöntése. Tehát a gépparancsnok felel a repülés során minden tevékenységért, cserébe megkapja a szabad döntés jogkörét. Ez egy akkora felelősség, mely akár meg is akadályozhat egy másod-helikoptervezetőt abban, hogy előrébb lépjen a szakmai karrierjében (gépparancsnokká váljon).

A gépparancsnok szabad döntési jogköre azonban a felszínre hoz egy nagyon komoly repülésbiztonsági tényezőt: a *szubjektumot*. Tulajdonképpen egy szubjektív döntéssé válik az, hogy végrehajtásra kerül-e az éjszakai mentés vagy sem. Mi is történik a fedélzeten? Kárhelyszín és akadályok a térkép alapján beazonosítva. Gépparancsnok mérlegelni kezd a kockázat ténye, illetve a sikeres teljesítés valószínűsége között. A szakmai döntést olyan szubjektív tényező is befolyásolja, mint az érzelmi kötődés. Megtörténhet az, hogy a gépparancsnok az észszerűnél is magasabb kockázat bevállalása mellett is megkezdi a mentését a kollegájának. Nem vállal kockázatot egy számára személytelennek minősülő ember mentésének esetében.

Felmerül a kérdés, hogy hogyan lehet kontrollálni a gépparancsnoki szubjektumot. A gépszemélyzet tagok lehetnek-e befolyással? A Légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. Törvény 56. § a) alpontja alapján a gépparancsnok irányítja a légijármű személyzetét, utasításait a személyzet köteles végrehajtani! Ennél a pontnál kerül előtérbe a kompetens gépparancsnoki kiválasztás feladata, a kiválasztást végző személy felelőssége, a kiválasztás módszertana.

⁶ Re/1320 Mi-8 Helikopter Harckiképzési Szakutasítás (HHKSZ-75) 207. számú gyakorlata

⁷ NVG – Night Vision Googles = Éjjellátó berendezés (Binoculáris éjjellátó szemüveg)

A vizuális kutatás-mentés vonatkozásában azonban felmerül egy következő, még inkább gondolatébresztő terület. Ez a korlátozott látás melletti kutató-mentő feladatvégrehajtás az IMC körülmények közötti műszeres kutatással szemben. A látási meteorológiai körülmények (a továbbiakban: VMC⁸) a látástávolság, a felhőzettől való távolság és a felhőalap értékeiben kifejezett, az előírt minimumokkal egyenlő, vagy azoknál jobb időjárási körülményeket jelenti [6]. A minimumok sok összetevőtől függően⁹ változnak, azonban a szabály az, hogy VMC-ről akkor beszélhetünk, ha abban Látvarepülési szabályoknak (a továbbiakban: VFR¹⁰) megfelelő repülések teljesíthetők. Erről akkor beszélhetünk, ha megfelelő látástávolság adott ahhoz, hogy a pilóta vizuális elkülönítést legyen képes biztosítani az általa vezetett légijármű, a terep és más repülőeszközök között.

Az általánosságok mellett azért pontos iránymutatást ad a 14/2000 (XI. 14.) KöViM rendelet a minimumokkal kapcsolatban. A rendelet ellenőrzött¹¹ és nem ellenőrzött légterekre különböző értékeket határoz meg. Az ellenőrzött légterekben (hazánkban C és D ICAO osztály) a felhőktől való vízszintes távolság legalább 1500 m, a függőleges pedig 300 m kell, legyen föld- vagy vízfelszín látással. A repülési látástávolság legalább 5 km, a repülőtéri irányítói körzetekben (CTR) pedig 1500 m kell, legyen. Ha a földi látástávolság kisebb, mint 1500 m, csak az állami légi járművel különleges feladatot végrehajtó helikopterrepülések részére engedélyezhető különleges VFR repülés végrehajtása. Nem ellenőrzött légterekben (ICAO F és G osztály) felhőalap megkötés nélkül 750 m repülési látástávolságig, földlátás mellett lehet üzemeltetni a helikoptereket, ha a repülést olyan sebességgel hajtják végre, amely lehetővé teszi az egyéb forgalom, vagy akadályok időbeni észlelését és az összeütközés elkerülését.

Mit is jelent ez a kutatás-mentés számára? Tudva azt, hogy a légiközlekedési balesetek, illetve súlyos repülőesemények döntően az ICAO F és G osztályú légtereiben történnek, a jogi felhatalmazás rendkívül nagy mozgásteret biztosít a gépparancsnoknak a kutatás-mentés módszerének megválasztására¹². Megtörténhet az, hogy a repülőtéren fennálló IMC viszonyok ellenére a gépparancsnok mégis különleges VFR eljárás szerint hajtja végre a feladatát, hiszen annak minimuma lényegesen alacsonyabb, mint az IFR repüléseknek. Ráadásul, a különleges VFR eljárás követése esetén mentést is képes a gépszemélyzet teljesíteni, míg IFR repülés esetén csak kutatást. Természetesen korlátozott látási viszonyok mellett megnő a VFR repülés kockázata, de mégis ott a lehetőség a gépparancsnok kezében.

Ennél a pontnál érkezünk vissza oda, ahol ismét szubjektív döntés születik a végrehajtással kapcsolatban oda, ahol újból érzelmi alapon születhet döntés, amiről már az előzőekben írtam.

Egészségügyi szakterület

A kutató-mentő feladatrendszer teljesítésének egyik, és talán legfontosabb eleme az egészségügyi felcser, hiszen ő az, aki szaktudásával megmenti a bajbajutott(ak) életét. A helikopter a

⁸ VMC – Visual Meteorological Conditions[12]

⁹ Ezek között kell említeni a légijármű fedélzeti műszerezettségének korszerűségét, a földi navigációt támogató eszközök képességeit.

¹⁰ VFR – Visual Flight Rules[12]

¹¹ Az ellenőrzött légtér egy olyan meghatározott kiterjedésű légtér, amelyen belül a repülések részére a légtér osztályba sorolásának megfelelő légiforgalmi irányító szolgálatot biztosítanak.

¹² Természetesen akkor, ha a korlátozott látás melletti repülésekre az adott helikoptervezető a Re/1320 Mi-8 Helikopter Harckiképzési Szakutasítás 107. számú gyakorlata alapján ki van képezve.

személyzetével, az ejtőernyősök mind azért vannak és dolgoznak, hogy a felcser időben a kárhelyszínre érkezzen és képes legyen az ellátásra. Ha valakinek, akkor az ő munkájának (a sérült ellátás területeinek) nem lehetnek kérdéses területei. Mindennek jól/félreérthetetlenül szabályozottnak kell lennie.

Az egészségügyi szakterület szempontjából a mentésről szóló 5/2006. (II. 7.) EüM rendeletet [7], az egészségügyi kompetencia mértékét szabályzó 2/2014. (II. 28.) HM rendeletet [8], illetve az egészségügyi szakképzések, továbbképzések vonatkozásában a 149/2016. számú HVKF intézkedést [9] kell vizsgálni, melyek alapján több kérdés merül fel.

Mindenekelőtt érdemes tisztázni a K-M szolgálat ellátásához biztosított légijármű státuszát. Ha már arról beszélünk, hogy a helikopter a kutatáson túl mentési feladatokat is el kell lásson, akkor nyilvánvalóan meg kell felelnie a mentésről szóló 5/2006. (II. 7.) EüM rendelet 1. számú mellékletében megjelenő „mentőhelikopter” besorolási kategóriának. Ahhoz, hogy ez megtörténhessen, érdemes vizsgálni e megnevezés személyi és tárgyi feltételeit.

Már magával a légijárművel is probléma van, mivel rendelkezik ugyan érvényes légialkalmassági bizonyítvánnyal, azonban annak üzemeltetési engedélyében az egészségügyi mentőrepülés (HEMS – Helicopter Emergency Medical Service) mint nevesített feladatkör nem szerepel. Azért jeleztem, hogy „kisebb probléma”, mert ettől még a helikopter akár képes is lehetne a mentési feladat támogatására, ha meglenne a megfelelő személyzete és felszerelése ahhoz, hogy HEMS szolgáltatást tudjon nyújtani. Na de mi kell ehhez? Az 5/2006. (II. 7.) EüM rendelet 1. számú mellékletének 10. pontja alapján a mentőhelikopter legalább rohamkocsi szintű egészségügyi felszereléssel kell rendelkezzen. Ez a Rendelet 4. alapján mindenekelőtt egy mentőorvos. A Rendelet 14.1. pontja alapján, légijárművön orvosként az foglalkoztatható, aki: 1. oxiológus szakorvos, vagy 2. sürgősségi szakorvos, vagy 3. oxiológia és sürgősségi orvostani szakorvos, vagy 4. aneszteziológia és intenzív terápiás szakorvos, vagy 5. a munkavégzés megkezdése előtti nyolc évben legalább 5 éves, az Országos Mentőszolgálatnál szerzett mentőgyakorlattal rendelkező orvos, vagy 6. oxiológus, sürgősségi vagy oxiológia és sürgősségi orvostani vagy aneszteziológiai és intenzív terápiás szakorvosjelöltként a 2 éves törzsképzési időt teljesítette. Mindezek mellett az orvosnak kiképzést kell kapnia a légijárművön történő speciális munkavégzésre is, azaz a hatályos rendelet által leírt tematikának megfelelő helikopteres sürgősségi mentőszolgálati tevékenységre (HEMS) jogosító tanfolyamon kell részt vennie, melynek évenkénti megújítása szükséges. Emellett – a mentőorvos mellett, annak munkájának szükség szerű támogatására – a légi mentőjárművön kizárólag szakképzett mentőápoló foglalkoztatható.

Ezzel szemben, a Magyar Honvédség kutató-mentő szolgálatának egészségügyi személyzetének szakképzettsége színes képet mutat. Ahogy vannak köztük általános ápolói és asszisztens-, gyermek szakápolói-, sürgősségi szakápolói-, mentőápolói-, úgy BSc szintű ápolói és mentőtisztvi végzettségű szakemberek.

Mivel az egészségügyi részlegben csak egy fő mentőtiszt rendelkezik ALS¹³ szintű ellátó egészségügyi kompetenciával ezért ez behatárolja a sérültellátás végrehajtásának lehetőségeit. Mivel

¹³ ALS – Advanced Life Support. Az ALS egy olyan magasintézetű életmentő protokoll rövidítése, mely olyan készségeket foglal magában, amely túlmutat az alapszintű életmentő eljárásan a vérkeringés fenntartása, a légút biztosítása és a megfelelő légzés biztosítása terén.

azonban az egészségügyi felszerelés nem éri el az ALS ellátási képességet, így a fedélzeten szolgálatot teljesítő mentőtiszt is legfeljebb emeltszintű elsősegélynyújtást (a továbbiakban: XBLS szintű) tud végrehajtani egy adott kárhelyszínen.

A honvédség a 149/2016. számú Honvéd Vezérkar főnöki intézkedés alapján törekszik a homogén tudásszint kialakítására és fenntartására az érintett állomány körében, ezért olyan képzéseket/kiképzéseket szervez a szervezet keretein belül, melyek pótolni képesek a szakmai hiányosságokat. Emellett, kötelezi az állományt arra, hogy havi szinten – keretében vegyen részt az Országos Mentőszolgálatnál szakmai gyakorlaton.

A honvédségi képzések teljesítése ugyan beavatkozási és bizonyos szintű ellátási jogosultságot biztosítanak az egészségügyi állománynak, azonban egy adott kárhelyszínen előállhatnak olyan helyzetek/sérülések, melyek kezelései túlmutatnak a megszerzett kompetenciákon. A 2/2014. (II. 28.) HM rendelet 5. számú mellékletének 2. pontjában meghatározottak szerint az egészségügyi szakállomány „közvetlen életveszély elhárítása érdekében katonai feladat végrehajtása közben” végezheti a kiképzettségének megfelelő egészségügyi beavatkozásokat. Na de az életmentése nem korlátozódhat egészségügyi beavatkozások/kompetenciák hiánya okán. Ekkor a honvédség veszprémi Mentés Koordináló Központjában szolgálatban lévő minimum mentőtiszt végzettségű szakember nyújt segítséget a felcsernek rádióon keresztül. Felügyeli a helyszíni munkát, illetve a szükségszerű, de a kompetenciákon túlmutató beavatkozásokat, gyógyszeradagolásokat autentikálja.

A kutató-mentő képesség egészségügyi részképességéhez tartozik, hogy az ejtőernyős szakállomány is rendelkezik ilyen jellegű képzettséggel. Ők, annak érdekében, hogy segítséget legyenek képesek nyújtani a felcsernek a kárhelyszínen, egy olyan ún. Harctéri Életmentő Tanfolyamot (CLS¹⁴ tanfolyam) kell elvégezzenek. Ez egy olyan alapszintű egészségügyi felkészítés, mely biztosítja a béke és műveleti területeken végrehajtott tevékenységek során bekövetkező sérülések, betegségek felismerését, az elsősegélynyújtás végrehajtását. Na de biztosan szükség van erre? Megtörténhet az, hogy a felcser valamilyen okból nem tudja megközelíteni a kárhelyszínt, csupán az ejtőernyősök? Nem igazán. Ilyen, minimális eséllyel, csupán éjszaka történhet, de ennek eshetőségét az ejtőernyős szakterületnél bővebben fogom elemezni. Visszatérve, az ejtőernyősök CLS végzettsége megítélésem szerint szükségtelen, mivel egészségügyi szaktevékenységet ők soha nem végeznek, csupán „segédmunkát” a felcser mellett.

Ejtőernyős szakterület

A helikopteren szolgálatot teljesítő ejtőernyősöknek több feladatuk van. Az egészségügyi jellegű segítségnyújtással az előzőekben foglalkoztam, azt már tovább nem elemezem.

A repülés kutatási fázisában segítséget nyújtás a vizuális felderítésben. Nappali körülmények mellett nincs is ebben nehézség, azonban más a helyzet éjszaka. Az ejtőernyősök PVS-7 típusú monokuláris NVG-vel rendelkeznek. Az eszköznek komoly korlátai vannak. Azon túl, hogy használatakor nincs mélységérzet, a hatékonysága a felderítési távolság növekedésével rohamosan csökken. Gyakorlati tapasztalatok alapján a hatásos felderítési távolság még csillagos égbolt esetén sem nagyobb mint 100 méter. Emellett, az eszköz által generált kép minősége nagyon függ a

¹⁴ CLS – Combat Life Saver[11]

környező természetes fények erejétől¹⁵ vagy a mesterséges megvilágítástól. Mivel az eszköz önmagában korlátozott képességgel bír, ezért a gyakorlatban azt a helikopter SX-16 típusú fényszóróival támogatva használják. A probléma abból adódik, hogy az SX-16-os csupán az éjjellátóképes Mi-17N helikoptereken vannak rendszeresítve, melyek üzemképességi mutatói alacsonyak. Azaz, általában nem ilyen helikopterek vannak szolgálatban. De ha mégis, akkor is a helikopter a kutatási körzetbe minden esetben a terep feletti 300 méteres (biztonságos) magasságon repül be. Ebből a magasságból az infra üzemmódban működő fényszóró használatával sem deríthető fel a kárhelyszín az éjjellátó berendezéssel. Ezt nehezíti, hogy a fényszóró irányítása nehézkes, mivel a kezelőpult vezetékének rövidegsége miatt a kezelő nem ér el a deszanttér ajtóig, ahonnan kompetens módon végrehajthatná a fénycsóva irányítását. Összegezve, ez a módszer nem teljesen alkalmas a kárhelyszín gyors és pontos felkutatására abban az esetben, ha nincs tűz vagy más fényforrás a kárhelyszínen. Megnyugtató megoldást egy, a környezettől eltérő hőmérséklet érzékelésére alkalmas berendezés (hőkamera) használata jelentené.

Jelenleg, a kutató-mentő szolgálatot biztosító gépparancsnoki állomány ugyan kiképzett az ismeretlen területen történő leszállást támogató Harcászati LED fénytechnika (a továbbiakban: TALKIT¹⁶) alkalmazására, azonban ennek használhatósága megkérdőjelezhető. A fénytechnikai eszköz az 1. ábrán látható.



1. ábra TALKIT fénytechnikai rendszer

Valós helyzetben a TALKIT biztosítaná éjszaka a kárhelyszín megközelítését és az oda történő leszállást. A rendszer telepítése az ejtőernyős szakállomány feladata lenne, azonban erre lehetőségük nincs, mivel sem kiképzettségük, sem pedig felszerelésük ezt nem teszi lehetővé. Na de miért van ez így? Mi kel ahhoz, hogy a TALKIT telepítésre kerüljön? Mindenekelőtt a rendszert a földre kell juttatni. Erre két lehetőség van: 1. Az eszközt teherzsákba téve teherernyővel deszantolják a kárhelyszín felett. Ekkor, a fénytechnika földetérése után az ejtőernyősök is

¹⁵ A képerősítés elvét felhasználó berendezések működéséhez szükség van fényre, igaz olyan minimálisra, hogy azt az emberi szem csupán teljes sötétségnek érzékeli. A működési elv azon alapul, hogy a készülék a belépő fotonokat egy speciális anyaggal bevont fotókatód segítségével átalakítja elektronokká, az elektronok számát megsokszorozza, majd a felgyorsított elektronokat egy foszfor képernyőre irányozza, ahol azok újra látható fénné alakulnak, melyet a felhasználó a nézőkén keresztül érzékel. Az éjjellátó eszköz által létrehozott kép ekkor már a megfigyelt részlet zöldes színű újjáalkotása.

¹⁶ TALKIT – Military Tactical Approach Lighting System

kiugranak, majd a földetérésüket és a teherzsák megkeresését követően telepítik a fénytechnikai rendszert. 2. Az ejtőernyősök magával a teherzsákkal ugranak ki, majd a földetérésüket követően telepítik az eszközt. A probléma az, hogy mindkét esetben éjjel, ismeretlen terület felett kell kiugraniuk és földetérniük. Ez földlátás-, az akadályok azonosíthatóságának lehetősége-, és a mélységérzetet biztosító éjjellátó berendezés nélkül felvállalhatatlan kockázatot jelent.

A múltban az éjszakai kutató-mentő ejtőernyős ugrások 1 db világító ejtőernyő dobásával voltak biztosítva, melynek felhasználásával került megbecslésre a szél iránya és sebessége. Így az ugrató parancsnok csupán közelítő becsléssel tudta az ugratást végrehajtatni. A földetérés helyére érkezést megelőzően az aktuális területen található akadályokról a helikopter gépszemélyzet és így az ejtőernyősök is csupán térkép alapján tudtak tájékozódni. A kiugrást követően az ejtőernyősök egy világító zseblámpát engedtek le maguk alá egy 15 méteres zsinóron. Amikor a zseblámpa földet (fát) ért, akkor az ugrók zárták lábaik és várták a becsapódást. Ekkor csak reménykedni lehetett abban, hogy az ugrók nem egy erdőbe érkeztek, ahol felnyársalódhattak, vagy nem egyenetlen terepre, ahol lábsérülést szenvedhettek. Az ezekből adódó, gyakorlatilag felvállalhatatlan szintű kockázat miatt az ejtőernyősök képzése a bázisrepülőtérhez tartozó (ismert) „külső területen” teljesült. Éjszakai valós kutató-mentő ejtőernyős alkalmazásra pedig nem került sor.

A 2000-es évektől a helymeghatározás a helikopter fedélzeti GPS berendezések használatával ugyan pontosabbá vált, azonban az akadályok azonosítása még mindig nehézségekbe ütközött (ütközik) pont amiatt a monokuláris NVG miatt, amiről már a korábbiakban írtam. A jelenlegi eljárási rend alapján az ejtőernyősök éjszaka 1200 méteren kiugranak. A kupola nyitása után – süllyedés közben – megkezdik a terep felderítését a nyakukba akasztott NVG-vel.

A földetérést megelőzően azt kikapcsolják és elrakják, majd a földetérési pozíció felvétele után várják a becsapódást. Összegezve, az éjszakai, ismeretlen területre történő ejtőernyős ugrás továbbra is túlzott kockázattal jár, így kijelenthető, hogy nem végrehajtható. Ez a technikai korlát oda vezet, hogy kutató-mentő szolgálat éjszaka csupán kutatásra alkalmas.

A probléma könnyen orvosolható egy olyan sisak rendszeresítésével, melyre az éjjellátó berendezés fixen felfogatható (ilyen lehet a Magyar Honvédség szárazföldi erőinél már elterjedt OPSCORE típusú műanyag alapanyagú sisak), illetve egy mélységlátást biztosító binokuláris NVG alkalmazásával.

Az ejtőernyősök feladata a felcser földrejuttatása alpin-technikai eszközökkel abban az esetben, ha a helikopter a kárhelyszínen nem tud leszállni a korlátozott mérete vagy felszíni adottsága miatt. Ilyenkor, először az egyik ejtőernyős csúszik le, hogy biztosítsa a felcser biztonságos lecsúszását. Őt követi a felcser, majd a másik ejtőernyős. Az ellátást követően kezdődik a sérült fedélzetre történő emelése az LPG-150 típusú csörlő alkalmazásával.

Gyakorlati tapasztalatok alapján, magával a csörlővel probléma még nem merült fel, azonban a 10 méternél nagyobb magasságon végrehajtott csörlőzéskor a kötél elhelyezkedő személy intenzív pörgésbe kezd a forgószárnyaszél miatt. Ez különösebb problémát nem okoz, kivéve ha a helikopter SX-16 fényszórával van ellátva, annak beépítési pozíciója miatt. Mivel a távolság kicsi a mentendő személy és a fényszóró között, ezért a csörlés során azok egymáshoz ütközhetnek, mindkettő sérülését okozva.

ÖSSZEGZÉS

A tanulmányban egy olyan rendszert mutattam be, amely önmagában egy olyan magasztos cél támogatására lett létrehozva, mint a bajbajutott személyek felkutatása és életük mentése. Természetesen, mint minden rendszerben, ebben is vannak hibák és hiányosságok, azonban ezek hordereje a nappali mentési képességet nem, az éjszakait pedig döntően korlátozzák.

Napjaink technikai fejlődése, az abból adódó lehetőségek egyrésztől nagymértékben növelik a szolgáltatás képességszintjét, másrésztől azonban – a hiányukból fakadóan – kihívások elé állítja a szakállományt. Ez leginkább az ejtőernyős szakterület tekintetében kézzelfogható.

Az egészségügyi szakterület jogállása, pontosabban beavatkozási kompetenciája érzékeny terület, mivel a felcser munkáján múlik egy adott esetben a mentett személy élete. Nyilvánvalóan, ahol emberéletek múlnak az egészségügyi szakszemélyzet beavatkozási kompetenciáin, ott azok körét és az azok kialakításához szükséges képzések körét „patikamérlegen” kell mérni. Ha a mentéskor a felcser túlnyúlik a kompetenciáin, akkor annak fatális következményei lehetnek.

A helikopter mentési jellegű besorolása kettős módon vizsgálható. Megközelíthető onnan, hogy az maga egy tisztán katonai légi jármű, amely bizonyos esetekben (az üzemképességi helyzettől függően) kutatás-mentési feladatokba kerül kijelölésre. Ezzel ellentétben, úgy is lehet tekinteni a szolgálatban lévő helikopterre, mint egy mentőhelikopterre.

Ez a kettősség komoly kérdéseket hordoz magában, hiszen míg mentőhelikopterként olyan feltételeknek kell megfelelni, melyre a Magyar Honvédség nincs felkészülve, addig jogilag katonai légi járműként tekintve a szolgálat helikopterére, a szolgálat akadály nélkül biztosítható.

Ugyan az OLKMR rendszer Magyar Honvédségnél meglévő elemei döntő mértékben megfelelnek az ICAO 12. függelékének előírásaival és ajánlásaival, azonban egyes területeken hiányosságok jelentkeznek. Látható, hogy a Honvédség és a OLKMR elemei közötti együttműködés részletei nem teljesen kidolgozottak. Az OLKMR különböző szintű szervezeti elemeinek hatásköre és feladatköre nem kellően részletesen szabályozott. Nem biztosított, hogy a működés során szerzett tapasztalatok teljes OLKMR-t érintő feldolgozásával, a javító folyamatok eredményeként a kutató-mentő szolgáltatás javuljon. Mindezek ellenére hosszan lehet sorolni azokat a pozitív példákat, amelyek bizonyították, hogy a rendszer működésképes, a működtető részelemek humán erőforrása pedig megfelelően képzett.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] ATP-10D Search and Rescue, (Kiadó: NATO Military Agency for Standardization, Kiadva: 1995. január 10, pp 29.),
- [2] Dr. Bali Tamás ezredes: Személymentési eljárás vagy Kutatás-mentés? (Kiadó: Repüléstudományi Közlemények, XXX. Évfolyam, Kiadva: 2018. év 2. szám),
- [3] 267/2011. (XII. 13.) Kormányrendelet a bajba jutott légi járművek megsegítését, valamint a katasztrófák elleni védekezéssel és a mentéssel összefüggő tevékenységet ellátó légi kutató-mentő szolgálat szervezetéről, működésének, fenntartásának, riasztásának és a mentéssel járó költségek viselésének rendjéről, e tevékenységek engedélyezésére vonatkozó szabályokról. (Kiadó: Magyar Közlöny, Kiadva: 2011. december 13, 150. szám)
- [4] Re/1320 Mi-8 Helikopter Harckiképzési Szakutasítás. (Kiadó: Honvédelmi Minisztérium, Kiadva: 1981, Hatályba léptetve a 017/1981 [HK 013.] MN Repülőfőnöki intézkedéssel)
- [5] 1995. évi XCVII. Törvény a légiközlekedésről. (<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99500097.TV>),

- [6] 14/2000. (XI.14.) KöViM rendelet a Magyar Köztársaság légtérében történő repülések végrehajtásának szabályairól. (Kiadó: Magyar Közlöny 2000. évi 111. szám, Kiadva: 2000. november 14.),
- [7] 5/2006. (II. 7.) EüM rendelet a mentésről (Kiadó: Egészségügyi Közlöny LVI. évfolyam 4. szám, Kiadva: 2006. március 03.),
- [8] 2/2014. (II. 28.) HM rendeletet A katonai feladat végrehajtása közben elvégezhető egészségügyi tevékenységekről, ezen tevékenységek elvégzéséhez szükséges egészségügyi szakkiképzések köréről, a szakkiképzési követelményekről, azok szakmai tartalmáról és a szakkiképzés lefolytatására jogosított intézmények köréről (Kiadó: Magyar Közlöny 2014. évi 31. szám, Kiadva: 2014. február 28.),
- [9] 149/2016. (HK.5.) HVKF intézkedés a Magyar Honvédség egészségügyi szakkiképzési és továbbképzési feladatairól (Kiadó: Magyar Közlöny 2016. évi 5. szám, Kiadva: 2016. május 17.),
- [10] International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual (Kiadó: International Civil Aviation Organisation IAMSAR, Kiadva: 2001. november 30.),
- [11] AAP-06 NATO Glossary of Terms and Definitions, (Kiadó: NATO Standardization Office, Kiadva: 2015.),
- [12] AAP-15 NATO Glossary of abbreviations used in NATO documents and publications, (Kiadó: NATO Standardization Office, Kiadva: 2015. december 17.)

CHALLENGES OF THE HUNGARIAN ROTARY-WINGED SEARCH AND RESCUE

Resume: *It has been decades, since the Hungarian Defense Forces operating a 24/7 a year service, which provides search and rescue for the troubled aircrews. The military search and rescue capability is now a part of a nationwide system, which is activated with the non-military ground elements when an air traffic incident occurs. Over the years, the HDF has proved its effectiveness in this field, on numerous occasions, but here – as in all systems – there are certain shortcomings/challenges. I analyze these challenges in this study.*

Keywords: *search and rescue, helicopter pilot, medic, parachuter, helicopter, Hungarian Defense Forces*

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

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



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_3/2018-3-08-0097-Bali_Tamas.pdf

Krisztina Fehér

BIOMASS AS RAW MATERIAL OF AIRCRAFT FUELS

Biomass can be found in our every day life, because it surrounds us. We can eat it, we can cook with it, and it can become waste. However, it can also be used as raw materials for a range of products, for example, for aircraft fuel production, which fuel emits less pollutants, and furthermore can solve enviromental problems too. Along with passenger and agricultural aircraft, military aircraft also use fuels for their flights, which is made from animal fat, vegetable oil or solid waste, ie biomass. In this paper I would like to introduce several types of bio fuel depending on their raw material and their production method.

Keywords: aviation, biomass, bio jet fuel, bioalcohol, HEFA, FAME, SAF

INTRODUCTION

The origin of the biomass can be plant or animal and its consistency can be solid, liquid or gaseous. Their formation takes place in anaerobic manner as the raw materials of fossil fuels, only in a much shorter period of time. It can contributes to sustainable development, since it has still been classified as a renewable energy source in the EU and UN legal frameworks because photosynthesis cycles the CO₂ back into new crops. It is enough to mention that the CO₂ prportion has already reached a record in 2016 (403,3 ppm¹) [2].

Biomass can be used in many ways: for human nutrition, for animal feed, for raw material and energy production. It is the fourth largest energy source of the world, just its fossil-derived companions, like petroleum, natural gas, coal precedes it [3].

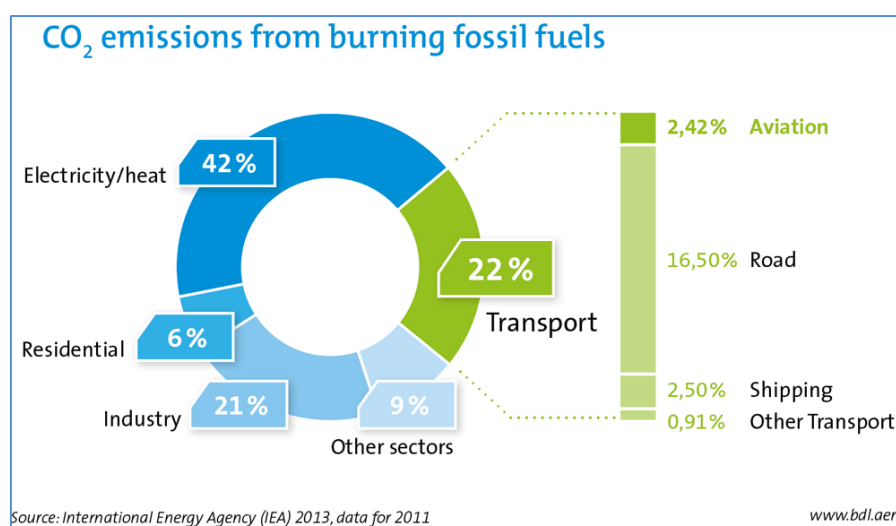


Figure 1. CO₂ emission from fossil fuels [4]

¹ ppm – particle per million

Aviation, along with several other human activities, contributes to the increase of the carbon dioxide level in the atmosphere, which increases the greenhouse effect (Figure 1). Additionally, pollutants from the combustion of conventional fuels are added to atmospheric contamination. Depending on the growing environmental aspects and the rising prices of the currently used fuels, it is necessary to introduce alternative fuels. In order for this to happen, the new fuel must correspond the same standards as those on the market, but it is recommended to fulfill additional criteria, such as:

- ➔ during the combustion process far less pollutants should be emitted into the environment than using their conventional counterparts;
- ➔ their production should be economical using renewable energy sources;
- ➔ currently used fuel systems should not or only slightly be modified.

BIOMASS AS RAW MATERIAL OF FUELS

There are several types of biomass used as raw material for fuel. Biofuels are usually classified into generations, depending on the feedstocks and the type of land used to grow plants. These categorisation can be seen below:

- ➔ first generation: They are produced from arable crops intended for food and feed (corn, potato, sunflower). From these through various chemical processes, starch (sugar) and oil are extracted as source of biodiesel and bioethanol.
- ➔ second generation: They are produced from plants, which not suitable for food and feeding and enough to use of poorer quality land where food crops may not be able to grow.
- ➔ third generation: They are produced from oil of algae, which grows in out- and indoor pools laying on unsuitable land for cultivations.
- ➔ fourth generation: Algae and cyanobacteria are used as catalysts in their production with sunlight. Biomass is not damaged in this case.

The following Figure also shows how many types of biomass exist and how many different processes can be used to make alternative fuels available for aviation.

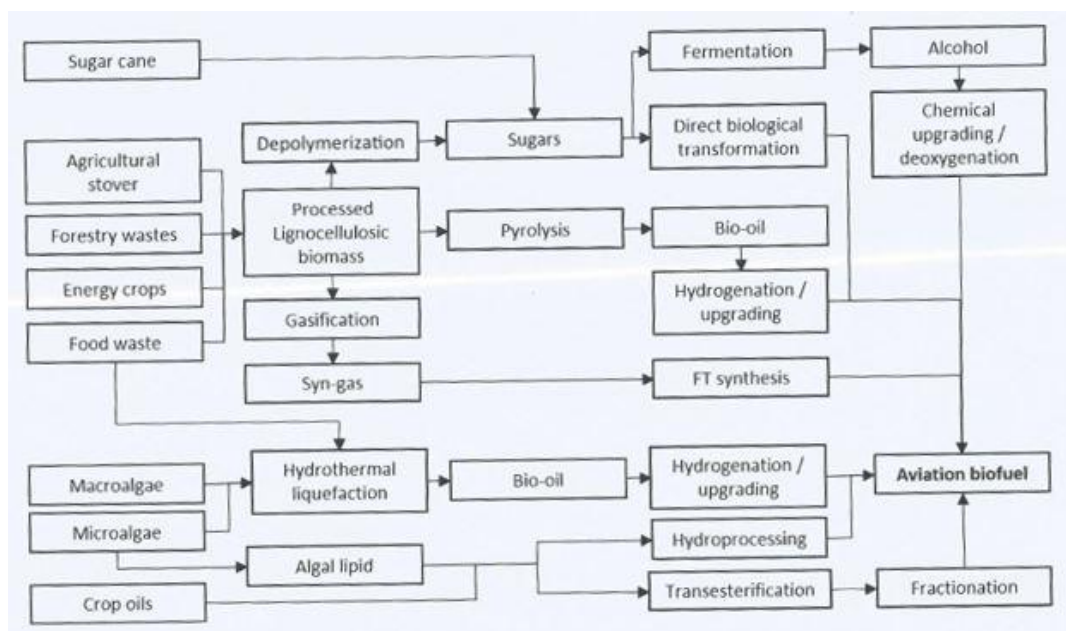


Figure 2. The major routes to aviation biofuels [5]

California-based Fulcrum BioEnergy produces jet fuel from municipal solid waste according to the Fischer-Tropsch method. Already in 2014, the ASTM (American Society for Testing and Materials) validated their kerosene and diesel for using in air and land vehicles. The United Airlines, the Cathay Pacific, the American Air Force and Navy joined into the programme of the company. In 2017 the firm began to build its first plant in Reno, Nevada, and the second plant will be built in 2020 in Gary, Indiana. The new plant is expected to process about 700,000 tonnes of waste and to produce about 125 million liters of alternative fuel. They claim that using this fuel will reduce greenhouse gas emissions by 80% compared to their fossil counterparts [6][7].



Figure 3. Sierra Biofuel plant visual design [8]

They are not only trying to recycle waste in North America, but also in South America, exactly in Brazil. In this country, several types of fish are bred, with the largest amount of tilapia. They use only just fillets of these fishes for human consumption. This part accounts for 30% of the whole fish, so the remaining 70% was discarded as a waste that could be harmful for the environment. Brazilian researchers investigated the use of non-edible parts and concluded that from extruded oil of these parts can be raw material of an alternative fuel just like diesel, which is illustrated in the table below [9][10].

Features	Fishbiodiesel	ANP ² recommended limits
Specific mass at 20 °C [kg/m ³]	877	850–900
Kinematic viscosity at 40 °C [mm ² /s]	5,34	3,0–6,0
Water level [mg/kg]	95	500-ig
Acidity level [mg KOH/g]	0,19	max. 0,50
Flash point [°C]	145	min. 100,0
Oxidation stability at 110 °C [H]	8,7	min. 6
Inferior heating power [MJ/kg]	35,479	not specified by the rule ANP N°7/2008
Superior heating power [MJ/kg]	38,531	not specified by the rule ANP N°7/2008

Table 1. Results of physical and chemical analysis of fish oil [10]

In Europe, Sweden occupies a leading position in taking out of fossil fuels. Over the last three years, it has doubled the use of biofuels, which are made from mainly wastes from forestry logging. As an airport operator, Swedavia AB has set itself the goal of exempting Swedish domestic and foreign flights from fossil fuels by 2045. At the moment airplanes can refuel sustainable aviation fuel at their five airports (Stockholm, Göteborg, Bromma, Visby, Luleå),

² ANP: Brazilian National Agency for Petroleum, Natural Gas and Biofuels

which is produced by World Energy in Los Angeles and supplied by SkyNRG and Shell through the Fly Green Fund. They can reduce carbon dioxide emissions by applying this alternative fuel. In addition, Swedavia plans to electrify the ground service vehicles [11][12].



Figure 4. Richard Bokström refuelling the first biojet flight, SK1419, an Airbus A320 Neo [13]

Microalgae have emerged as the raw material for third-generation biofuels, which are made up of a single cell, but significant in the biosphere of Earth, because they produce nearly half of the oxygen in the atmosphere while using carbon dioxide for their growth. From them several types of alternative fuel can be produced: biomethane, biodiesel, biohydrogen, depending on how the algae are processed. Two main production methods are used: raceway pond and photobioreactor. It is difficult to decide which is the better option for algae cultivation, because one is an open system that can be infected by other organisms, while the other is a closed unit, which is more difficult and expensive to maintain. The table below shows the amount of oil that can be obtained from 100 tons of algae for the two methods mentioned above [14][15].

Variable	Photobioreactor facility	Raceway ponds
Annual biomass production [kg]	100000	100000
Volumetric productivity [kg/m ³ d] ³	1,535	0,117
Areal productivity [kg/m ² d] ⁴	0,048 ^a 0,072 ^c	0,035 ^b
Biomass concentration in broth [kg/m ³]	4,00	0,14
Dilution rate [1/d]	0,384	0,250
Area needed [m ²]	5681	7828
Oil yield [m ³ /ha]	136,9 ^d 58,7 ^e	99,4 ^d 42,6 ^e
Annual CO ₂ consumption [kg]	183,333	183,333
System geometry	132 parallel tubes/unit; 80 m long tubes; 0.06 m tube diameter	978 m ² /pond; 12 m wide, 82 m long, 0.30 m deep
Number of units	6	8

Table 2. Comparison of photobioreactor and raceway ponds production per 100 t of biomass (You can find the letters from the table in the footnote.)⁵ [14]

³ kg/m³d: kilogram per cubic meter day, productivity of one cubic meter volume for one day.

⁴ kg/m²d: kilogram per square meter day, productivity of one square meter area for one day.

⁵ a: Based on facility area., b: Based on actual pond area., c: Based on projected area of photobioreactor tubes., d: Based on 70% by weight oil in biomass., e: Based on 30% by weight oil in biomass.

Most of the researches has been carried out in relation to biodiesel, which is obtained by further processing of oil extracted from algae. Its disadvantage is that its production requires a lot of water, but it has the advantage of being non-toxic and readily degradable material and using it reduces carbon dioxide, soot into the atmosphere, and it does not contain sulfur [16]. Several foreign companies are also involved in converting oil extracted from microalgae into aviation fuel, which I will present in another chapter.

New research is going on Salicornia also. In Masdar Institute of Science and Technology, United Arab Emirates Salicornia was grown in a pilot project, which was already harvested at the end of 2017. This plant is rich in oil, so it is thought that it can be a good raw material for aircraft fuel. It belongs to the group of halophytes, which are not only salt-tolerant, but specifically need the proper concentrate from this mineral to be able to germinate, so seawater is suitable for them, no fresh water is needed. As a component of a biological system, they are installed in aquaculture, where fish and shrimp are bred also. All this is done by using a sustainable model: Salicornia field is fertilized with water used for fish and shrimp breeding, the residual water is cleaned by the mangrove trees, fish lives among the roots of the trees, while they using carbon dioxide from the atmosphere for their photosynthesis. Attempts are going on in six units at the moment. The project involved Boeing, General Electric, Safran, Takreer (oil refining) and Etihad airline, which will carry out test flights with their aircraft using conventional fuel mixed with Salicornia oil [17].



Figure 5. Salicornia [18]

I think biomass-based fuels have future, because we have these raw materials and they can be well integrated into sustainable development, and they can serve the aircraft that are currently in use (however, temporarily they can only be blended), but there are ethical questions about creating some of them. Can we use plants as raw materials that are suitable for human nutrition and, as we know, many people are hungry on Earth? Can we produce energy-producing plants on arable land that would also serve as food crops? However, the third and fourth generation biofuels will solve these problems.

SOME TYPES OF BIOFUELS

Biomass-based fuels that can be used in flight must meet several requirements, as I mentioned above, but at the moment it is perhaps most important that they must be perfectly compatible to burn in the engines of today used aircraft. In the Standard D1655 of American Society for Testing Materials (ASTM), entitled Standard Specification for Aviation Turbine Fuels, there is a list of materials that can be used as raw materials for fuels. This list includes crude oil, natural gas as liquid condensate, heavy oil, slate oil and oil sands, and has recently been expanded with methods for producing alternative fuels. The ASTM D7566 Standard already specifies alternative fuels which, when used as a mixture (result: semi-synthetic fuel), can meet the requirements of D1655 preconditioning. In that case, if a new propellant meets the above two standards, it can be used up to a maximum of 50% as a mixture in fossil fuels [19].

Bioalcohols

Ethanol is the most widespread bio-alcohol, which are derived from starch, cellulose and sugar from plants. This alcohol has low energy density, cetane number, flash point and heating value, which would need 1.7 times larger fuel tank of the aircraft fueled with it. (Fig. 6.) [20][21].

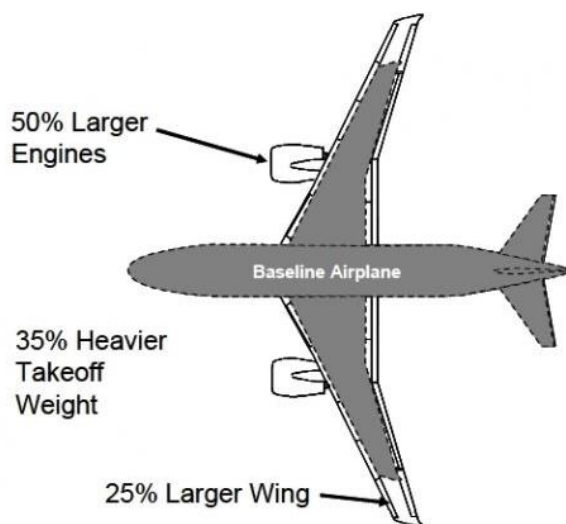


Figure 6. Ethanol powered plane [22]

Compared to conventional fuels, they burn more clearly, resulting in fewer pollutants in the atmosphere (no heavy metals, no more than a quarter of carbon monoxide, one fifth of sulfur oxides comparing to the traditional kerozen). It also has the disadvantage that it can initiate corrosion in some metal parts, so it is not recommended in itself but as an additive for the operation of aircraft [20][21].

There are also companies, such as Byogy Renewables, which produce a mixture of long-chain hydrocarbons from ethanol or other alcohol (Fig. 7), which can also be used for aircraft.

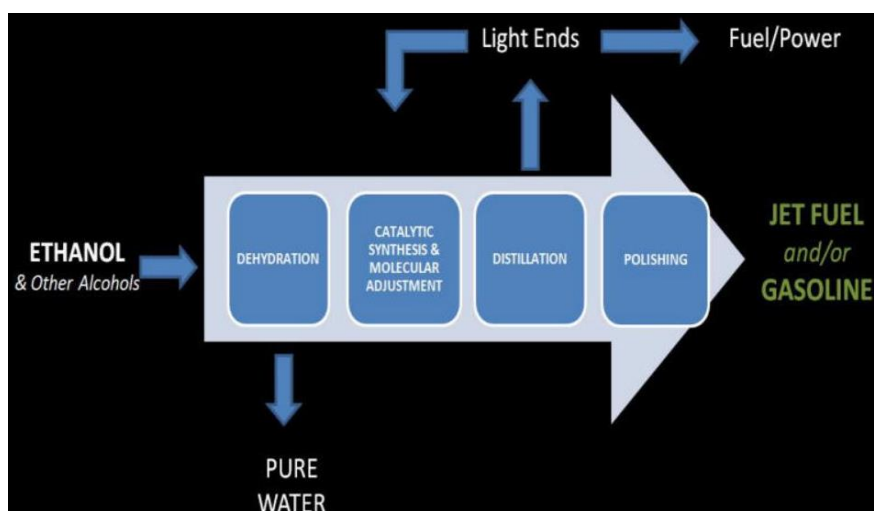


Figure 7. Byogy Renewables method [23]

Hydroprocessed Esters and Fatty Acids (HEFA)

The Hydroprocessed Esters and Fatty Acids (HEFA), also known as Hydroprocessed Renewable Jet Fuel (HRJ), can be based on animal fat, vegetable oils, or even used cooking oil. These mixtures contain carbon, so they produce greenhouse gases when burned, but not as much as conventional fuels, and they are free from ash, sulfur and aromatic compounds. Because of their good properties, such as high energy content and cetane number, they do not cause corrosion, thermally stable liquids, they can be used in conventional engines, but they have a high paraffin content, so their freezing point is inadequate. Researchers from IFPEN⁶ and Shell have jointly produced two types of HEFA (HEFA 1 and HEFA 2), which have been mixed with Jet A-1 fuel and have been tested. Their results are shown in Table 3 [20][24].

Analysis	Density at 15 °C [kg/m ³]	Freezing point [°C]	Viscosity at 20 °C [mm ² /s]	Flashpoint [°C]
Jet A-1 specification	775-840	-47 max.	8,0 max.	38 min
HEFA1	773,5	-27,0	11,72	67
Jet + 10% HEFA1	800,0	-49,0	4,426	43
Jet + 20% HEFA1	797,0	-46,5	4,859	43,5
Jet + 30% HEFA1	794,0	-44,5	5,363	45
HEFA2	765,9	-57,5	7,517	68
Jet + 75% HEFA2	775,0	-56	6,335	58

Table 3. Characteristics of Jet A-1, HEFA1 and HEFA2 fuels and their mixtures (own edition) [24]

From the Table above, it can be seen that conventional and alternative fuel blends meet their requirements.

Biodiesels

Biodiesels are based on plant oils (coconut, palm kernel, babassu, etc.) or animal fats, just like HEFA. They can be used alone or as a mix, because their viscosity and specific energy value are close to the traditional fuels, in addition, they have excellent lubricating properties, but its inflammation point is much higher. Their disadvantage is that they have a higher freezing point compared to kerosene. More attention should also be paid to storage, because the fatty acids in

⁶ IFP Energies nouvelles

them are highly susceptible to oxidation, but this can be eliminated by adding various additives. During their burning, 98% less sulfur and 50% less floating particle are released into the environment [20].

Researchers are conducting promising research with Fatty Acid Methyl Esters (FAME) to produce biodiesels. The advantage of this alternative fuel is that it contains oxygen that can reduce the carbon and soot content of the fuel during burning, furthermore that it can be produced with less energy, like traditional companions. The following Table shows the properties of Distilled Fatty Acid Methyl Esters (DFAME) from palm kernel and commercially available Jet A-1 blends [19].

Palm kernel DFAME (PDFAME)					
% DFAME		0	5	10	20
Colour and aspect		clear	clear	clear	clear
Elemental composition	C [%]	84.12	84.47	84.17	82.57
	H [%]	14.67	14.24	13.97	14.11
	O [%]	1.22	1.29	1.86	3.32
	N [%]	-	-	-	-
	S [%]	-	-	-	-
Density at 15 °C [kg/m ³]		791.0	802.3	805.5	811.8
Higher heating value [MJ/kg]		46.04	45.68	45.17	44.21
Lower heating value [MJ/kg]		42.90	42.64	42.18	41.19
Energy density [GJ/m ³]		33.93	34.21	33.98	33.44
Viscosity at -20 °C [mm ² /s]		3.42	3.51	3.67	4.06
Viscosity at 40 °C [mm ² /s]		-	-	-	-
Flash point [°C]		43.0	43.5	45.0	45.5
Freezing point [°C]		-62.0	-60.0	-48.3	-41.5
Smoke point [mm]		23.33	24.33	25.67	26.67
Copper strip corrosion, class		1a	1a	1a	1a

Table 4. Properties of the Blends of Palm Kernel with Fossil Kerosene with Additives Jet A-1 [19]

METHODS OF PRODUCING BIOFUELS

At the moment, it is not just a question of a new fuel that does not pollute its environment during combustion, but if possible, use renewable energy sources to produce it. There are several ways to produce biofuels for aircraft. Applying of these methods depends largely on the raw material and the type of final product. The methods presented can be used alone or as part of a process.

Biochemical procedures

Alcohol can be produced in several steps using biochemical methods, which are based on carbohydrates (they produce from biomass). The basis of the Direct Sugar to Hydrocarbon (DSHC) process is the sugar that can be obtained directly from plants or from complex carbohydrates (cellulose, starch). In the DSHC method, hydrolysis followed by fermentation followed by hydroprocessing is used to obtain the desired compound. Burning the resulting fuel produces 82% less greenhouse gases [20].

For the Alcohol To Jet (ATJ) method, alcohol is produced from carbohydrates (sugar, starch, cellulose) in the course of fermentation or from synthesis gas (from waste). The resulting compound has to undergo dehydration, oligomerization, distillation and hydrogenation to produce

a hydrocarbon fuel. The process is not costly, and the raw materials are not expensive and so it can be considered economical [20].

Thermochemical procedures

In addition to biochemical methods, thermochemical processes are also used to produce biofuels. One of the most significant is Fischer-Tropsch synthesis (Fig. 8), which is also used as a self- or intermediate process.

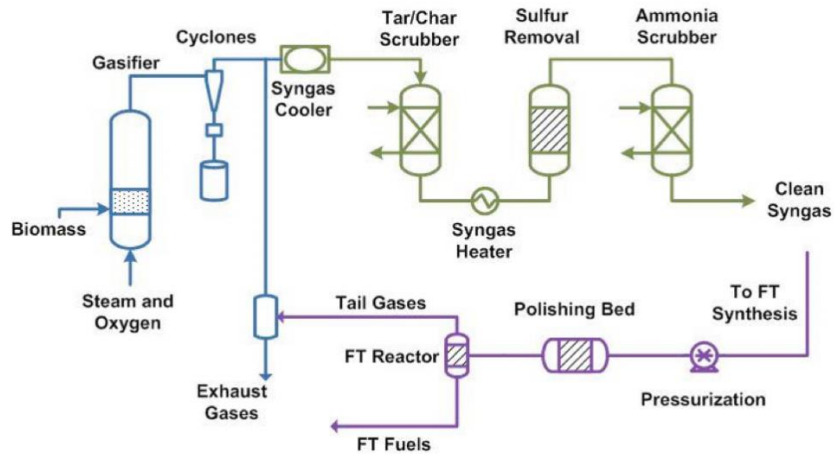


Figure 8. Fischer-Tropsch synthesis [25]

At the beginning of this method, the biomass is gasified with oxygen and steam to form a synthesis gas consisting of CO and H₂. This process takes place between 150 and 300 °C using catalysts from various metals (nickel, iron, etc.). Several types of hydrocarbons can be formed at the end of the process, which depend on the applied temperature and the catalysts as well. About the produced alternative fuel can be said to burn more clearly (does not contain sulfur and aromatic compounds), but its lubricating ability is much lower than its conventional counterparts, and is therefore used as a mixture rather than in itself. The process itself is very costly, but researchers, developers are trying to make it more economical and fitting it into sustainability [20].

In the Biomass To Liquid (BTL) process (Fig. 9.) FT synthesis is used. Before it the biomass is pretreated in mechanical and/or chemical paths, using gasification, purification. If the above mentioned procedure is omitted, pyrolysis is used instead of it and then hydroprocessing [20].

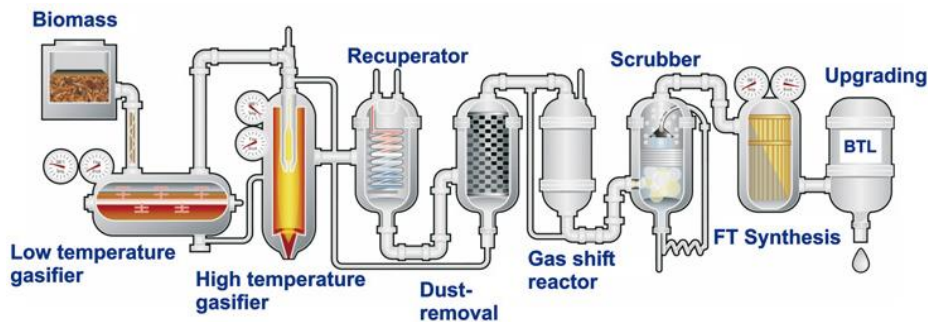


Figure 9. Equipment for the BTL procedure [26]

Pyrolysis is used to break down biomass, which can take place at different temperatures in an oxygen-poor or free environment:

- low temperature (above 500 °C alatt), carbonization;

- medium temperature (500–800 °C), quick pyrolysis;
- high temperature (above 800 °C), gasification [27].

The final product is gaseous (methane) and liquid (hydrocarbon) materials.

Hydroprocessing

A hydroprocessing method is a complex process consisting of two parts:

- first refine the animal fat or vegetable oil with a hydrogenation catalyst,
- followed by isomerization to change the structure of the compounds formed in the previous process so that their composition remains the same.

During the process, oxygen is withdrawn from the system and hydrogen is introduced, which has two variants: one does not change the fatty acid chain even after hydrotreatment, but the water appears next to it, at the other the chain is shorter than the other, and CO₂ is produced. In both cases, HEFA (HRJ) fuel is generated, which, as described in the previous chapter, can only be used as an additive for the time being. (Fig. 10.) [24].



Figure 10. HRJ blends [28]

Transesterification

Transesterification can produce biodiesel from vegetable oil or animal fat. During the process, the raw material is reacted three times as much with alcohol (economically methanol) and catalyst (alkali), and at the end of the process biodiesel and glycerol are produced. The obtained alternative fuel is not in use at this status because of the presence of glycerine and alcohol residues. These compounds are removed by repeated aqueous passage [14].

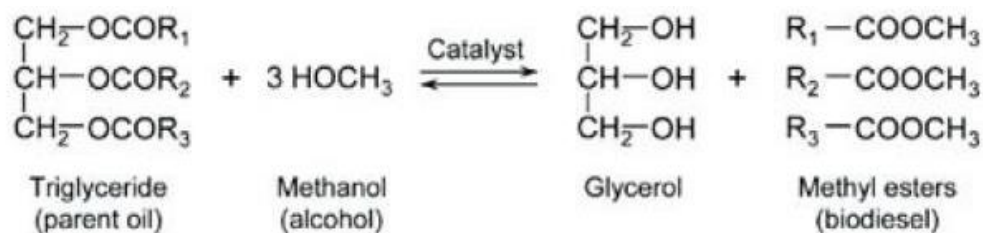


Figure 11. Process of transesterification [14]

SOME APPLICATIONS OF BIO FUELS

The Ipanema EMB 202A aircraft manufactured by the Brazilian Embraer company works with ethanol. They are mainly used in agriculture. In Brazil, ethanol is principally produced from sugar cane, so the producers of this plant are mostly the users of the above mentioned aircraft. By 2014, 269 of these aircraft were sold [29].



Figure 12. Ipanema EMB 202A [30]

In 2013, a successful test flight was performed by a Sikorsky UH-60 Black Hawk helicopter of the US Army (Fig. 13) with a 50% ATJ (produced from corn) blend, which produced by Gevo company. In the following years, the US Navy also tested it in the „Farm to Fleet” program together with the US Army [31].



Figure 13. Black Hawk helicopter flying with 50% ATJ blend [31]

Not only the US Army made an agreement with Gevo. Working in partnership with the Queensland Government, Brisbane Airport Corporation, US-based biofuel producer Gevo, Inc. and supply chain partners Caltex and DB Schenker, Virgin Australia led the procurement and blending of sustainable aviation fuel, or biojet, with traditional jet fuel for supply into the fuel infrastructure at Brisbane Airport. As a result of the trial, biojet has now been used to fuel 195 domestic and international flights departing from Brisbane Airport, travelling more than 430,000 kilometres to destinations across Queensland, Australia and around the globe [32].

In the summer of 2018, in Leeuwarden airbase of the Royal Netherlands Air Force launched a test of Sustainable Aviation Fuel (SAF) on a F-16 fighter aircraft, which was successful. For the time being, according to plans F-16s will be flying with this 5% blend. This fuel is made from used cooking oil at Paramount, California, in the plan of the World Energy company. Two other companies were involved in the acquisition and delivery: SkyNRG and Shell Aviation.

The SAF reduces carbon dioxide (CO₂) emissions with sixty to eighty percent compared to conventional fuel. The Royal Netherlands Air Force plans to use this fuel more and more on its aircraft at every air base, furthermore, it wants to reduce the use of fossil fuels by 20% by 2030 and by 70% by 2050 [33].



Figure 14. One of the F-16 of the Royal Netherlands Air Force refueled with a mixture of SAF and conventional fuel at Leeuwarden Air Base [33]

California based Solazyme company grows microalgae, from which industrial lubricants and four types of fuel are produced, including for aircraft, called Solajet. Their fuel meets ASTM D 1655 Standard. According to the company, conventional fuels can be replaced with it, reduced smoke emissions from aircraft, reduced maintenance costs, it has longer storage times, and lower levels of flammability [34].

Solajet fuel was also used for test flight with 60% conventional kerosene on November 7, 2011 on United Airlines Boeing 737-800 aircraft for the first time in the world. Within the Eco-Skies program, a flight flew from Houston to Chicago [35].



Figure 15. United Airlines Eco-Skies programme [36]

Within the ecoDemonstrator program, a Boeing 737-800 passenger aircraft was completed in 2012 to test various environmentally friendly technologies, including alternative fuels. These investigations were conducted in December 2014 with a so-called "green diesel" made from

animal fat, vegetable and used cooking oil, which is similar to HEFA and has already been used in ground transport. For the first time in the successful test flight, only one engine of the aircraft was fed with its 15% mixture, and later both [37][38].



Figure 16. Boeing 787 is on test flight with „green diesel” [38]

CONCLUSION

Aviation, either civilian or military heavily involved in environmental pollution CO₂ emission, but it is not just one aspect that motivates researchers to create a new alternative fuel, but also that the price of crude oil is gradually rising, because its economically exploitable quantity decreases. Formerly the main reason of using alternative fuel was that it had emitted less pollutants into the atmosphere while burning. Nowadays, this is not the only reason that makes it as part of the sustainable development, same important that renewable energies are used for its production, and it can be used in existing aircraft without transforming the fuel system (aircraft that are being built today will run for about 30 years).

There are several types of alternative fuel. If we consider the principle of sustainable development and recycling, less solutions are available. Humanity is producing more and more waste every day, which can be communal and industrial. It is logical to use them as a raw material for fuels, thus solving the problem of waste disposal. Another viable option is to produce various fuels from algae oil. Here, too, we can solve several problems at the same time, because we can produce fuel decreasing the atmospheric CO₂, like the algae use carbon dioxide from the atmosphere for their survival and growth, reducing the amount of this component in the atmosphere. Abroad, there are so-called algae farms that have been installed next to large polluting plants or airports to clean the air.

Testing biofuels has been going on for years in both the military and civilian sectors. Aircraft companies, airlines, various agencies, departments, universities, research institutes, fuel companies and, last but not least, users have joined their forces with each other to develop the right biofuels that are less polluting like the today used traditional fuels. It is true that aviation adds about 3% to environmental pollution, but it should also be kept in mind that the number of flights have been increasing year by year, as more and more people have chosen this way of traveling, so it is likely that value will only increase if we do not change our attitude towards our environment.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Anaerob folyamat szócikk. *A világ működése*. <http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/AnaeroFo.htm>
- [2] HVG: Rekordon a légköri szén-dioxid. *HVG online hetilap*, (2017. november 8.) http://hvg.hu/hetilap/2017.45/201745_bonni_klimakonferencia_rekordon_alegkori_szendioxid
- [3] Dr. Gyulai I.: *A biomassza-dilemma*. Budapest: Magyar Természetvédők Szövetsége. 2006. <https://mtvsz.hu/dynamic/biomassza-dilemma2.pdf>
- [4] CO₂ emissions from burning fossil fuels. *Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft honlap*. https://www.bdl.aero/download/1350/bdl_ee2014_eng_s6_2.png
- [5] Chuck, C. J.: *Biofuels for Aviation. Feedstocks, Technology and Implementation*. Academic Press, London, 2016. ISBN 978-0-12-804568-8
- [6] Lane, J.: United Airlines invests \$30M in Fulcrum BioEnergy; inks \$1,5B+ in aviation biofuel contracts. *BiofuelsDigest*, June 30, 2015, <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2015/06/30/united-airlines-invests-30m-in-fulcrum-bioenergy-inks-1-5b-in-aviation-biofuels-contracts/>
- [7] Fulcrum BioEnergy selects Northwest Indiana for second Waste-To-Fuel plant. *Bioenergy International*, December 14, 2018, <https://bioenergyinternational.com/biofuels-oils/fulcrum-bioenergy-selects-northwest-indiana-for-second-waste-to-fuel-plant>
- [8] Sierra Biofuel. *BiofuelDigest*. http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/wp-content/uploads/2013/07/Fulcrum-SierraRenderingCropped_000.jpg
- [9] Martins, G. I., et al.: Potential of tilapia oil and waste in biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 42, February 2015, 234-239., <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114008375>
- [10] Martins, G. I., et al.: Physical and chemical properties of fish oil biodiesel produced in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 42, February 2015, 154-157., <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114008417>
- [11] Sherrard, A.: Project aims to improve investment terms for new Swedish biorefineries. *Bioenergy International*, December 21, 2018, <https://bioenergyinternational.com/biofuels-oils/project-aims-to-improve-investment-terms-for-new-swedish-biorefineries>
- [12] Stakeholders enable sustainable aviation fuel flights from five Swedish airports. *Bioenergy International*, December 19, 2018, <https://bioenergyinternational.com/biofuels-oils/stakeholders-enable-sustainable-aviation-fuel-flights-from-five-swedish-airports>
- [13] Richard Bokström refuelling the first biojet flight, SK1419, an Airbus A320 Neo that departed from Stockholm Arlanda Airport (ARN) to Copenhagen Kastrup Airport (CPH) January 3, 2017 (photo courtesy Victoria Ström). *Bioenergy International*, <https://bioenergyinternational.com/app/uploads/sites/3/2017/01/ARN.jpg>
- [14] Chisti, Y.: Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances*, 25 3 (2007), 294-306, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975007000262>
- [15] Gramling, C.: As Green As It Gets: Algae Biofuels. *EARTH The Science Behind The Headlines*, February 13, 2009., <https://www.earthmagazine.org/article/green-it-gets-algae-biofuels> (letöltve: 2017. 02. 07.)
- [16] Bartholy J., et al.: *Megújuló energiaforrások*. ELTE TTK FFI Meteorológiai Tanszék, (2013), 78. http://ttktamop.elte.hu/sites/ttktamop.elte.hu/files/tananyagok/megujulo_energiaforrasok.pdf
- [17] AYRE, J.: Masdar Institute's SEAS Facility Harvests First Crop Of Salicornia For Aircraft Biofuel. *Clean Technica*, October 31st, 2017, <https://cleantechnica.com/2017/10/31/masdar-institutes-seas-facility-harvests-first-crop-salicornia-aircraft-biofuel/>
- [18] Salicornia. <https://inranzone-9j8kdm1cbk.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2017/02/salicornia-2.jpg>
- [19] Chuck, C. J.: *Biofuels for Aviation. Feedstocks, Technology and Implementation*. Chapter 4, Academic Press, London, 2016. ISBN 978-0-12-804568-8
- [20] Kandaramath HARI, T., Yaakob, Z., Binitha, N. N.: Aviation Biofuel from renewable resources: Routes, opportunities and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42 (2015), 1234-1244. o. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114009204>
- [21] Shah, Y. R., Sen, D. J.: Bioalcohol as green energy – A review. *International Journal of Current Scientific Research*, 1 2 (2011), 57-62. o. http://cogprints.org/7310/1/Bioalcohol_As_Green_Energy_-_A_review.pdf
- [22] The Ethanol powered plane. <https://hubpages.com/autos/Alternative-liquid-fuels-for-cars-and-planes-biodiesel-ethanol-liquid-gas-liquid-coal-hydrogen-biofuels> (letöltve: 2017. 04. 27.)

- [23] Byogy Renewables eljárás modellje. *Byogy Renewables honlapja*. <http://www.byogy.com/technology/index.html>
- [24] Starck, L., Pidol, L., Jeuland, N., Chapus, T., Bogers, P., Bauldreay, J.: Production of Hydroprocessed Esters and Fatty Acids (HEFA) – Optimisation of Process Yield. *Oil & Gas Science and Technology*, 71 10 (2016), <https://ogst.ifpenergiesnouvelles.fr/articles/ogst/abs/2016/01/ogst120241/ogst120241.html>
- [25] Fischer-Tropsch Byogy synthesis. <https://www.cset.iastate.edu/files/2011/06/Screen-Shot-2011-10-21-at-2.08.20-PM-1024x544.png>
- [26] Equipment for the BTL procedure. http://www.biofuelstp.eu/images/Choren_BTL_Production_Process.jpg
- [27] *EnviroVid honlapja*. <http://www.envirovid.eu/hu/>
- [28] HRJ blends. <http://www.gettyimages.com/event/biofuel-testing-at-patuxent-river-naval-air-station-140168892#beakers-containing-a-blend-of-jet-fuel-and-biofuel-are-arranged-for-a-picture-id140081474>
- [29] Embraer celebrates 10th anniversary of ethanol-powered Ipanema. *Embraer vállalat honlapja*, (10/16/2014), <http://www.embraer.com/en-US/ImprensaEventos/Press-releases/noticias/Pages/Embraer-celebra-dez-anos-do-Ipanema-movido-a-etanol.aspx>
- [30] Ipanema EMB 202A. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Embraer_EMB-202A_Ipanema_AN2266414.jpg
- [31] Gregory, M.: Gevo Supplies U.S. Army With ATJ-8 Fuel for the Black Hawk Helicopter. *American Fuels*. December 23, 2013, <http://www.americanfuels.net/2013/12/gevo-supplies-us-army-with-atj-8-fuel.html>
- [32] Sapp, M.: Virgin Australia announces successful results of biojet logistics trials at Brisbane Airport. *Biofuels Digest*, September 11, 2018., <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/09/11/virgin-australia-announces-successful-results-of-biojet-logistics-trials-at-brisbane-airport/>
- [33] Royal Netherlands Air Force operating F-16 Fighting Falcons on 5% biojet blend. *Bioenergy International*, January 16, 2019., <https://bioenergyinternational.com/biofuels-oils/royal-netherlands-air-force-operating-f-16-fighting-falcons-on-5-biojet-blend>
- [34] *Solazyme vállalat honlapja*. <http://solazymeindustrials.com> (letöltve: 2017. 02. 16.)
- [35] Solazyme Fuels First U.S. Commercial Passenger Flight. *AlgaeIndustryMagazine.com*. November 7, 2011., <http://www.algaeindustrymagazine.com/solazyme-fuels-first-u-s-commercial-passenger-flight/>
- [36] United Airlines. https://media.united.com/images/Media%20Database/SDL/company/global-citizens-hip/environment/homepage_video_biofuel-flight_368x207-2x.png
- [37] The Boeing ecoDemonstrator Program. (2015), http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/principles/environment/pdf/Backgrounder_ecoDemonstrator.PDF
- [38] Test flight is first is to use „green diesel” as aviation biofuel. Boeing vállalat honlapja, (December 3, 2014), <http://www.boeing.com/company/about-bca/washington/test-flight-is-first-to-use-green-diesel-as-aviation-biofuel-12-3-2014.page>

BIOMASSZA, MINT A LÉGIJÁRMŰVEK TÜZELŐANYAGAINAK NYERSANYAGA

A biomasszával nap, mint nap találkozhatunk, hiszen körülvesz minket, ételként fogyaszthatjuk, főzhetünk vele, hulladékká válhat. Ugyanakkor nyersanyagként is használhatjuk őket. Olyan tüzelőanyagok állíthatók elő belőle légijárművek számára, amelyek ezeket alkalmazva kevesebb károsanyagot bocsátanak ki, ráadásul egyéb környezetet védő megoldást is nyújtanak. Már utasszállító és mezőgazdasági repülőgépek mellett katonai légijárművek is használnak repülésükhöz olyan tüzelőanyagokat, melyeket állati zsiradékból, növényi olajból vagy szilárd hulladékból, azaz biomasszából állítanak elő. Több fajtájuk is létezik alapanyaguktól és előállítási módjuktól függően, melyek bemutatásra kerülnek a cikkben.

Kulcsszavak: repülés, biomassza, biotüzelőanyag, bioalkohol, HEFA, FAME, SAF

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

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

A GINOP 2.3.2-15-2016-00007 „A légi közlekedés-biztonsághoz kapcsolódó interdiszciplináris tudományos potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszerológati 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/folyoirat/2018_3/2018-3-09-0176-Feher_Krisztina.pdf