



## REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK



**XXVIII. évfolyam  
2016. 2. szám**

# **REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK**

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

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

## IMPRESSZUM

---

### Szerkesztőbizottság elnöke:

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

### Szerkesztőbizottság elnökhelyettese:

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

### Főszerkesztő:

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

### Szerkesztő és webszerkesztő:

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

### Szerkesztőbizottság tagjai és egyben rovatvezetők:

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

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

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

### MEGJELENÉS

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

### Kiadó:

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

HU ISSN 1417-0604 (Nyomtatott)

Borítón található fényképet Dr. Toperczer István készítette

## TARTALOM

---

<b>Bali Tamás</b> A helikopteres műszerrepülő képzés átalakításának összetevői, feltételei	7
<b>Korponai János, Bányainé Tóth Ágota, Illés Béla</b> Az igényváltozások hatása a vásárolt alkatrész készletekre és a költségekre	15
<b>Schuster György, Terpecz Gábor, Tokodi Dániel</b> Szoftver megbízhatóság	33
<b>Szilágyi Győző Attila</b> A légi balesetek fraktáldimenziója	41
<b>Király László, Szukefiel Gergely</b> Villámvédelem a repülés földi és légi objektumaiban	49
<b>Bottyán Zsolt</b> A pilóta nélküli repülőeszközök meteorológiai alkalmazásának lehetőségeiről I. – Az időjárás-felderítés	57
<b>Pokorádi László</b> Karbantartási folyamat szimulációs érzékenység elemzése	71
<b>Bera József, Bera Bálint</b> Helyzetelemzés repülőtér és zajterhelés összefüggéseiről	83
<b>Kiss Leizer Géza Károly</b> A biztonságtechnika tudományának kapcsolatrendszere a hulladékok kezelésével	109
<b>Márton Andrea</b> Katonai együttműködés és terjeszkedés az Északi-sarkon	123
<b>Hadobács Katalin</b> Az időjárás hatása a hajózó személyzet szervezetére a repülőgép kikapultüléssel történő vészelhagyását követően	133
<b>Ványa László</b> A műholdas helymeghatározó rendszerek elektronikai hadviselési kérdései	145
<b>Turcsányi Károly, Szegedi Péter, Tóth József</b> A katonai repülőműszaki tisztai kompetenciák felmérése integrált kutatási módszerrel	153



## TARTALOM

---

<b>Tuba Zoltán, Kardos Péter, Szabó Péter</b> <b>AMDAR adatok lehetséges felhasználása a</b> <b>repülésmeteorológiai előrejelzésben</b>	<b>165</b>
<b>Csutorás Gábor</b> <b>Repülőtéri tűzoltó beavatkozások kockázatelemzése</b>	<b>179</b>

## TARTALOM

---

## TARTALOM

---

## SZERZŐK – AUTHORS

---

BALI Tamás alezredes, Bázisparancsnok helyettes MH 86 Szolnok Helikopter Bázis bali.tamas@hm.gov.hu orcid.org/0000-0001-6098-8602	BALI Tamás Lt. Col., Deputy base commander HDF 86th Szolnok Helicopter Base bali.tamas@hm.gov.hu orcid.org/0000-0001-6098-8602
Dr. BÁNYAINÉ Dr. TÓTH Ágota, PhD egyetemi docens Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézet altagota@uni-miskolc.hu orcid.org/0000-0002-2537-7301	Dr. BÁNYAINÉ Dr. TÓTH Ágota, PhD <i>associate professor</i> University of Miskolc, Institute of Logistics altagota@uni-miskolc.hu orcid.org/0000-0002-2537-7301
BERA Bálint gépészmérnök hallgató Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságttechnikai Mérnöki Kar balintbera@gmail.com orcid.org/0000-0003-4434-8554	BERA Bálint mechanical engineering student Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering balintbera@gmail.com orcid.org/0000-0003-4434-8554
Dr. BERA József, PhD környezetvédelmi szakértő Fonometro Környezettechnikai Bt. bera.jozsef@prosysmod.hu orcid.org/0000-0001-6240-2345	BERA József, PhD environmental expert Fonometro Limited partnership bera.jozsef@prosysmod.hu orcid.org/0000-0001-6240-2345
Dr. BOTTYÁN Zsolt, PhD egyetemi docens Nemzeti Közszolgálati Egyetem Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék bottyan.zsolt@uni-nke.hu orcid.org/0000-0003-0729-2774	BOTTYAN Zsolt, PhD associate professor National University of Public Service Department of Aerospace Controller and Pilot Training bottyan.zsolt@uni-nke.hu orcid.org/0000-0003-0729-2774
CSUTORÁS Gábor, PhD szakértő Magyar Hadtudományi Társaság csutorasdr@gmail.com orcid.org/0000-0002-1536-6238	CSUTORÁS Gábor, PhD Expert Hungarian Association of Military Science csutorasdr@gmail.com orcid.org/0000-0002-1536-6238
HADOBÁCS Katalin sz. hadnagy meteorológus főtitzt MH GEOSZ IESZO Központi Meteorológiai Szolgálat katalin.hadobacs@gmail.com orcid.org/0000-0003-1200-5098	HADOBÁCS Katalin 2nd Lieutenant meteorologist officer HDF GEOS katalin.hadobacs@gmail.com orcid.org/0000-0003-1200-5098
Prof. Dr. ILLÉS Béla, PhD Intézet igazgató, egyetemi tanár Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézet altilles@uni-miskolc.hu orcid.org/0000-0002-6577-0300	Prof. Dr. ILLÉS Béla, PhD head of the institute, university professor University of Miskolc, Institute of Logistics altilles@uni-miskolc.hu orcid.org/0000-0002-6577-0300

## SZERZŐK – AUTHORS

---

<p>KARDOS Péter részlegvezető Hungarocontrol Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt.</p> <p>Repülőtéri Meteorológiai Részleg Peter.Kardos@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0001-8857-4102</p>	<p>KARDOS Péter head of unit Hungarocontrol Hungarian Air Navigation Services Ltd.</p> <p>Aerodrome Meteorological Unit Peter.Kardos@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0001-8857-4102</p>
<p>Dr. KIRÁLY László okl. villamosmérnök, a hadtudomány kandidátusa MHTT alelnök</p> <p>kiraly.laszlo@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-0871-5815</p>	<p>KIRÁLY László MSC electro engineering, candidate of science Vice president of Hungarian Association of Military Science</p> <p>kiraly.laszlo@uni-nke-hu orcid.org/0000-0002-0871-5815</p>
<p>KISS LEIZER Géza Károly (MSc) doktorandusz Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola kissleizer@t-online.hu orcid.org/0000-0001-5651-8843</p>	<p>Géza Károly, KISS LEIZER (MSc) PhD student Óbuda University Doctoral School on Safety and Security Sciences kissleizer@t-online.hu orcid.org/0000-0001-5651-8843</p>
<p>KORPONAI János (MSc) doktorandusz hallgató Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola Anyagáramlási rendszerek, logisztikai informatika</p> <p>janos.korponai@gmail.com orcid.org/0000-0003-3080-810X</p>	<p>KORPONAI János (MSc) PhD student József Hatvany Doctoral School in Information Sciences Material Handling Systems and Information Engineering for Logistics janos.korponai@gmail.com orcid.org/0000-0003-3080-810X</p>
<p>POKORÁDI László (CSc) egyetemi tanár Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0003-2857-1887</p>	<p>POKORÁDI László (CSc) Full professor Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0003-2857-1887</p>
<p>Dr. SCHUSTER György PhD Intézetigazgató, egyetemi docens Óbudai Egyetem Kandó Kálmán villamosmérnöki Kar Műszertechnikai és Automatizálási Intézet</p> <p>schuster.gyorgy@kvk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0002-8573-3670</p>	<p>Dr. SCHUSTER György PhD Associate professor Director of Institution of Instrumentation and Automation Kandó Kálmán Faculty of Electrical Engineering Universitas Budensis schuster.gyorgy@kvk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0002-8573-3670</p>
<p>SZABÓ Péter osztályvezető Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálat Meteorológiai Támogató Osztály peter.szabo@mhtehi.gov.hu orcid.org/0000-0002-9593-5356</p>	<p>SZABÓ Péter head of department Hungarian Defence Forces Geoinformation Service Meteorological Support Department peter.szabo@mhtehi.gov.hu orcid.org/0000-0002-9593-5356</p>

## SZERZŐK – AUTHORS

---

Dr. SZEGEDI Péter, PhD  
egyetemi docens  
Nemzeti Közszerológati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Fedélzeti Rendszerek Tanszék  
szegedi.peter@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-6968-6456

Dr. SZEGEDI Péter, PhD  
Associate Professor  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aircraft Onboard Systems  
szegedi.peter@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-6968-6456

SZILÁGYI Győző Attila (MSc)  
PhD hallgató  
Óbudai Egyetem  
Biztonságtudományi Doktori Iskola  
szilagyi@strategiakutatas.hu  
orcid.org/0000-0002-3294-6760

SZILÁGYI Győző Attila (MSc)  
PhD aspirant  
Óbuda University  
Doctoral School on Security and Safety Science  
szilagyi@strategiakuta  
orcid.org/0000-0002-3294-6760 tas.hu

SZUKFIEL Gergely  
villamosmérnök  
Üzletág igazgató Glob-Prot Kft  
gergely.szukfiel@globprot.hu  
orcid.org/0000-0001-7760-1822

SZUKFIEL Gergely  
BSC electro engineering  
Division director Glob-Prot Ltd  
gergely.szukfiel@globprot.hu  
orcid.org/0000-0001-7760-1822

TERPECZ Gábor (MSc)  
Mérnök tanár  
Óbudai Egyetem  
Kandó Kálmán villamosmérnöki Kar  
Műszertechnikai és Automatizálási Intézet  
terpezcz.gabor@kvk.uni-obuda.hu  
orcid.org/0000-0001-7899-2837

TERPECZ Gábor MSc. EE.  
Engineer Teacher of Institution of Instrumentation  
and Automation  
Kandó Kálmán Faculty of Electrical Engineering  
Universitas Budensis  
terpezcz.gabor@kvk.uni-obuda.hu  
orcid.org/0000-0001-7899-2837

TOKODI Dániel (MSc)  
okl. villamosmérnök  
MÁV Szolgáltató Központ Zrt.  
tokodi.daniel@bgok.hu  
orcid.org/0000-0002-9984-0434

TOKODI Dániel MSc. EE.  
MÁV Service Centre  
  
tokodi.daniel@bgok.hu  
orcid.org/0000-0002-9984-0434

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

TÓTH József (MSc, MBA)  
Associate professor  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aircraft and Engines  
toth.jozsef@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0001-8647-3404

TUBA Zoltán  
doktori hallgató  
Nemzeti Közszerológati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Műszaki Doktori Iskola;  
meteorológus főtiszt  
Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálat  
Meteorológiai Támogató Osztály  
tuba.zoltan@mil.hu; tubazoltan.met@gmail.com  
orcid.org/0000-0002-0345-5292

TUBA Zoltán  
doctoral student  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Doctoral School of Military Engineering;  
senior meteorological officer  
Hungarian Defence Forces Geoinformation Service  
Meteorological Support Department  
tuba.zoltan@mil.hu; tubazoltan.met@gmail.com  
orcid.org/0000-0002-0345-5292

## SZERZŐK – AUTHORS

---

Dr. TURCSÁNYI Károly prof. em. DSc  
egyetemi tanár  
Nemzeti Közszolgálati Egyetem  
turcsanyi.karoly@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-0161-6718

Dr. TURCSÁNYI Károly prof. em. DSc  
Professor  
National University of Public Service  
turcsanyi.karoly@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-0161-6718

Dr. VÁNYA László (PhD)  
egyetemi docens  
Nemzeti Közszolgálati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Üzemeltető Intézet  
Elektronikai Hadviselés Tanszék  
vanya.laszlo@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0001-5472-7190

Dr. VÁNYA László (PhD)  
Associate professor  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Maintenance  
Department of Electronic Warfare  
vanya.laszlo@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0001-5472-7190

Bali Tamás

## A HELIKOPTERES MŰSZERREPÜLŐ KÉPZÉS ÁTALAKÍTÁSÁNAK ÖSSZETEVŐI, FELTÉTELEI

*A helikopter erők a Magyar Honvédség feladatrendszerének széles spektrumában jelen vannak. Fontos kérdés azonban az, hogy azok milyen képességszintet képviselve tudják támogatni az összhaderőnemi műveleteket. A helikopterek harci képessége természetesen több összetevőre épül, melynek egyik részterülete a korlátozott látás melletti repülésekre való alkalmasság. Jelen cikk megírásával célom az, hogy elemezve a helikopteres fegyvernem jelenlegi bonyolult idős repüléseinek végrehajtását szabályzó jogszabályi és kiképzési dokumentációs hátteret, azok módosításával javaslatot fogalmazzak meg műszerrepülő és korlátozott látás melletti repülési képességek fokozására.*

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

### I. BEVEZETÉS

A helikopter erők a Magyar Honvédség feladatrendszerének széles spektrumában jelen vannak. Fontos kérdés azonban az, hogy azok milyen képességszintet képviselve tudják támogatni az összhaderőnemi műveleteket. A helikopterek harci képessége természetesen több összetevőre épül, melynek egyik részterülete a korlátozott látás melletti repülésekre való alkalmasság és az attól elválaszthatatlan műszerrepülő képesség.

A katonai repülés azonban néhány művelet specifikus kivételtől eltekintve önmagában nem vizsgálható, mivel az szoros kölcsönhatásban van az azt körülvevő polgári légiközlekedéssel. Már csak azért sem mehet el a két repülési forma egymás mellett, mert az azokat szabályzó 14/2000 (XI.14.) KöViM rendelet [1] kimondja megkerülhetetlen kapcsolatukat. E szerint, a Budapest FIR<sup>1</sup>-ben történő üzemelés (repülés) során az ICAO<sup>2</sup> ajánlások szerint működő polgári és állami légi járműveknek az e rendeletben foglaltakat kell egységesen értelmezve betartaniuk. Így, mindkét repülési forma, szabályozói kör szinten, „egy töről fakad”. Mivel a különböző rendeltetésű, de egészében honvédelmi célú repülések nem csupán katonai légterekben valósulnak meg, ezért azokra az általános légiforgalom szabályai vonatkoznak.

### II. A KATONAI ÉS POLGÁRI REPÜLÉSEK KAPCSOLATA

Mindenek előtt fontos különbséget tenni a GAT<sup>3</sup> és az OAT<sup>4</sup> szabályok szerinti légiközlekedés között, már csak azért is, hogy beazonosíthatók legyenek azon szabályzók, melyek befolyásolják a katonai repülések végrehajtását. A GAT olyan általános légi forgalmat jelent, mely mind a polgári, mind

<sup>1</sup> FIR – Flight Information Region = a repüléstájékoztató körzet jelölésére használt rövidítés;

<sup>2</sup> ICAO – International Civil Aviation Organisation = Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet. A Szervezet a légiközlekedés biztonságára, hatékonyságára és rendszerességére vonatkozó nemzetközi szabványokat és szabályokat fogad el, továbbá a polgári repülés valamennyi területén az együttműködés közvetítőjeként szolgál a 169 szerződő állam között.

<sup>3</sup> GAT – General Air Traffic = Általános légiforgalom.

<sup>4</sup> OAT – Operational Air Traffic = Műveleti légiforgalom.



pedig az állami légi járművek (a honvédelmi, vámhatósági, rendőrségi és határőrizeti szervek céljára szolgáló légijármű) mozgásának összességére vonatkozik. Ez Budapest FIR<sup>5</sup>-ben az ICAO eljárásainak<sup>6</sup> megfelelően teljesül. Az OAT olyan műveleti légi forgalmat jelent, mely a katonai légügyi hatóság által meghatározott szabályok és eljárások szerint kerülnek végrehajtásra. Mivel a GAT szabályoktól eltérnek, ezért ezek a repülések a katonai ATC<sup>7</sup> egységek irányítása alatt állnak [1].

Mindezekből egyértelműen meghatározható az, hogy a katonai repülésekre mindkét szabályozói kör vonatkozik. Műveleti repüléseik időszakában (például az alaprendeltetési katonai feladatokra történő speciális kiképzések és gyakorlatok idején, az időszakosan korlátozott légterekben teljesülő határvédelmi műveletekkor vagy éppen a katasztrófavédelmi feladatok időszakában) rájuk az OAT, az attól eltérő, a polgári légiközlekedésbe illeszkedő feladataik végrehajtása során pedig a GAT szabályok vonatkoznak.

Az OAT repüléseket részletesen az alábbi három dokumentum szabályozza:

1. az állami repülések céljára kijelölt légterekben végrehajtott repülések szabályairól szóló HM rendeletet [4];
2. a helikoptervezetők gyakorlati kiképzésének támaszául szolgáló HHKSZ-75 Mi-8 Harckiképzési szakutasítás [2];
3. a katonai repülések végrehajtását szabályzó MH Repülőszemlélői szakutasítás [3], illetve.

A GAT területén egy főbb jogszabályt kell kiemelni:

1. a Magyar Köztársaság légterében és repülőterein történő repülések végrehajtásának szabályairól szóló KÖViM rendelet [1].

Természetesen csak akkor valósítható meg az amúgy szükségszerű kétirányú átjárhatóság a polgári és katonai repülési rendszerek között, ha a szabályozók szintjén, legalább a fogalmi körök vonatkozásában megegyeznek.

### III. A FOGALMI ÉS ELJÁRÁSI ELTÉRÉSEK MEGHATÁROZÁSA, A HARMONIZÁCIÓ LEHETŐSÉGEI

A fogalmi harmonizáció kapcsán azonnal szükséges azt a kérdést megválaszolni, hogy vajon a polgári szabályozók fogalomrendszerét kell-e harmonizálni a katonaihoz vagy fordítva.

A rendszerváltást megelőző időszakban, hazánkban a polgári légiforgalom a katonaival szemben háttérben kisebb jelentőséggel bírt. Ennek több oka is volt. A polgári légiközlekedést leginkább az utas és teherszállító repülőgépek nem túl meghatározó forgalma generálta, a magán-célú repülések volumene elhanyagoltnak volt tekinthető. Ezzel szemben, az országvédelmi feladatok nagyon komoly hangsúlyt kaptak úgy a légvédelmi célú-, mint a csapatrepülések tekintetében. A polgári és katonai repülés egymástól elkülönülten, párhuzamosan folyt. E kettősség

---

<sup>5</sup> Budapest FIR - Budapest Repüléstájékoztató Körzet = Magyarország államhatára által körbezárt terület, amelyen belül a légiközlekedés számára FL660 (20 100 m STD) magasságig légiforgalmi szolgáltatást biztosítanak - 26/2007. (III. 1.) GKM-HM-KvVM együttes rendelet

<sup>6</sup> Annex 2- Rules of the Air (Amendment No. 38 (24/11/05)), illetve Doc 7030/4 - Regional Supplementary Procedures (Amendment No. 209 (28/01/05)).

<sup>7</sup> ATC – Air Traffic Control = Légiforgalmi Irányítás.

a repülések irányításának területén is megnyilvánult. A katonai repüléseket a repülőtereken a repülésvezetők, az azon kívüli körzetekben harcálláspontok vadászirányító-megfigyelői irányították. A civil légiforgalmat a polgári légiforgalmi irányítók irányították. A prioritás azonban mindig is a katonai repüléseken volt.

A helyzet mára teljesen megváltozott. A hangsúly áttevődött a polgári repülésre, mivel annak kiterjedése dinamikusan megnőtt, mellyel együtt a katonai repülések nagyságrendileg csökkentek. A folyamatosan növekvő hazai és nemzetközi légiforgalom, a magán és kereskedelmi célú polgári repülések meghatározó váltak Budapest FIR-ben. A folyamatból evidensen következett, hogy a polgári szabályzás egyre részletesebbé, a repülés csaknem minden területét felölelővé vált. Megkerülhetlenné vált a katonai szabályzói fogalomrendszer, illetve repülési eljárások harmonizációja a polgárihoz.

### III.1. Az összetartozó fogalmak

A katonai szabályzók konzekvensen **egyszerű és bonyolult időjárási körülményeket** említenek a különböző repülési gyakorlatok végrehajtási feltételei között. A körülmények fennállása felhőalap és látástávolság értékekre hivatkoznak, melyek azonban változók nappal és éjjel. Ennek megfelelően a nappali egyszerű időjárási körülményről akkor beszélünk, ha a felhőalap legalább 300 m, a látástávolság pedig 3 km, éjjel egyszerűről pedig akkor, ha a felhőalap legalább 400 m, a látástávolság pedig 4 km. Ezeknél alacsonyabb körülmények fennállása esetén bonyolult időjárási viszonyokról kell beszélni.

Az említett fogalmak teljes mértékben hiányoznak a polgári repülésből. Ott **Látási meteorológiai-** (a továbbiakban: VMC<sup>8</sup>) és **Műszeres meteorológiai** (a továbbiakban: IMC<sup>9</sup>) **körülményeket** használnak e területen. Míg a VMC a látástávolság, a felhőzettől való távolság és a felhőalap értékeiben kifejezett, az előírt minimumokkal egyenlő, vagy azoknál jobb időjárási körülményeket jelenti, addig az IMC az előírt minimumoknál rosszabb időjárási körülményt [1]. A minimumok sok összetevőtől függően<sup>10</sup> változók, azonban a szabály az, hogy VMC-ről akkor beszélhetünk, ha abban **Látvarepülési szabályoknak** (a továbbiakban: VFR<sup>11</sup>) megfelelő repülések teljesíthetők. Erről akkor beszélhetünk, ha megfelelő látástávolság adott ahhoz, hogy a pilóta vizuális elkülönítést legyen képes biztosítani az általa vezetett légi jármű, a terep és más repülőeszközök között. IMC körülmények között **Műszer szerinti repülési szabályok** (a továbbiakban: IFR<sup>12</sup>) szerinti repülések folynak.

Az általánosságok mellett azért pontos iránymutatást ad a 14/2000 (XI. 14.) KöViM rendelet a minimumokkal kapcsolatban. A rendelet ellenőrzött<sup>13</sup> és nem ellenőrzött légterekre különböző értékeket határoz meg. Az ellenőrzött légterekben (házánkban 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,

---

<sup>8</sup> VMC – Visual Meteorological Conditions= Látási meteorológiai körülmények.

<sup>9</sup> IMC – Instrument Meteorological Conditions= Műszeres meteorológiai körülmények.

<sup>10</sup> Többek között a légi jármű fedélzeti műszerezettségének korszerűségét, a földi navigációt támogató eszközök képességeit.

<sup>11</sup> VFR – Visual Flight Rules= Látvarepülési szabályok.

<sup>12</sup> IFR – Instrument Flight Rules= Műszer szerinti repülési szabályok.

<sup>13</sup> Az ellenőrzött légtér egy olyan meghatározott kiterjedésű légtér, amelyen belül a repülések részére a légtér osztályba sorolásának megfelelő légiforgalmi irányító szolgálatot biztosítanak.

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 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 [1].

Összegzésként e témában az alábbi megállapítások tehetők:

1. A polgári szabályzás nem csupán fogalmi körében, hanem szellemiségében is eltér a katonaitól. A harmonizáció koncepcionális szinten szükséges!
2. Az egységes értelmezhetőség biztosítása érdekében a katonai „nappal, éjjel egyszerű”, „nappal, éjjel bonyolult” fogalmakat a GAT-ban használt VMC, IMC fogalmakkal kell beazonosítani.
3. Ugyanezen okból helikopteres kiképzést szabályzó utasításba is be kell vezetni a „VFR” és „IFR” fogalmakat.

### III.2. Gyakorló műszer szerinti repülések

A **polgári repülésben** a műszeres fel- és leszállópályáknak saját **műszeres eljárásai** vannak. Ezek az eljárások futópályánként, általában mindkét irányból támogatják a műszeres megközelítéseket és indulásokat. Kialakításukkor több tényezőt vesznek figyelembe: a földi navigációs eszközök rendelkezésre állását, képességeit; a repülőtér környéki lakott települések elhelyezkedését; a körzetben lévő veszélyes és korlátozott légterek helyét; a várható légiforgalom nagyságát. Ezek az eljárások döntően precíziósak, mivel végrehajtásukat egyrészt radarberendezések támogatják, másrészt pedig a pilóták olyan VOR<sup>14</sup> és ILS<sup>15</sup> rendszereket használhatnak, melyek biztosítják a nagy pontosságú léginavigáció vezetését.

E területen a gyakorló műszer szerinti repülések csak akkor hajthatók végre, ha az érintett légijármű kifogástalanul működő kettős kormányberendezéssel van ellátva, és ha az ellenőrző ülésben megfelelő képzettségű, oktató légijármű-vezető foglal helyet, amíg a másik légijármű-vezető a gyakorló műszerrepülést végzi. Az oktató vezetőnek előre és mindkét oldalra megfelelő kilátással kell rendelkeznie, vagy összeköttetésben kell állnia egy olyan illetékes személlyel, aki figyelni tudja az oktató vezető helyéről nem látható szektort [1]. Ez azt jelenti, hogy az oktatónak mindenképpen a fülkében kell ülnie, tehát kizárt a gépszemélyzet szintű műszeres gyakorló repülés.

Gyakorlati megvalósítás tekintetében a polgári repülésben az IFR képzés teljes terjedelme függöny alatt vagy műszerrepülő szemüveg alkalmazásával VMC körülmények között, és szimulátorban teljesíthető.

A **Légierő haderőnem forgószárnyas fegyverneme** vonatkozásában minden egyes repülőtéren egyfajta műszeres eljárást kell követni a távozásokkor, és szintén egy másik fajtát a megközelítések és bejövetelek alkalmával. Ezek **nem precíziós műszeres eljárások**, mivel azokat csupán NDB<sup>16</sup> irányadók támogatják.

Ezek az irányadók körsugárzók, nem biztosítanak sem távolság adatokat, sem pedig siklószög

---

<sup>14</sup> VOR – Very high frequency Omnidirectional Radio range = Ultrarövidhullámon működő körsugárzó rádiójeladó.

<sup>15</sup> ILS – Instrument Landing System = Műszeres leszállító rendszer.

<sup>16</sup> NDB = Non Directional Beacon. Középhullámon működő körsugárzó rádiójeladó.

információkat. Ahhoz, hogy a nem precíziós katonai műszeres eljárások, vagy a végső megközelítéshez történő csatlakozás műszeres módszerei (úgy mint a Számított Elfordulási Szög, a Nagykör és Kiskör eljárások) végrehajthatók legyenek, a földi telepítésű NDB-n és fedélzeti NDB vevőn kívül, csupán barometrikus- és rádió-magasságmérőre, valamint stopperre van szükség. A helikoptervezető az eljárásban előírt magasságon rárepül az irányadóra. A felett – a magasság függvényében különböző kirepülési időkkel – megkezdí az egyenesből történő végső műszeres megközelítést. Mindig egy irányadóra dolgozik (az esetlegesen meglévő második NDB csupán ellenőrzésre szolgál), és mindig, mindenhol egyfajta eljárást használ.

Ezek a katonai műszeres eljárások azért lettek egy irányadóra kidolgozva, mert a műveleti körülmények megkövetelik a helikopterek alkalmazását kitelepült körülmények között, repülőterektől távol. Az IMC viszonyok közötti repülések támogatására kézenfekvő megoldást nyújt a mobil NDB-k használata. Ezeket gyakorlatilag bárhol, gyorsan telepíteni és üzemeltetni lehet. Mivel a katonák értelemszerűen a műveleti alkalmazásra fókuszálnak, ezért ezek az eljárások ideálisak a forgószárnyasok számára.

Mivel a műszerrepülés nem OAT szerint valósul meg, mint inkább GAT-nak megfelelően, ezért ezekre az általános légiforgalom szabályai érvényesek. Az oktatónak itt is mindenképpen a fülkében kell ülnie, kizárva ezzel a gépszemélyzet szintű műszeres gyakoroltatást. Ez nem jó, mivel a nem precíziós műszeres feladatok komplexitása megkívánná a gépszemélyzet együttes kiképzését a fedélzeti feladatelosztás<sup>17</sup> készségszintre történő begyakorlására.

Gyakorlati megvalósítás tekintetében a katonai repülésben az IFR képzés csak részben valósulhat meg függöny alatt vagy műszerrepülő szemüveg alkalmazásával VMC körülmények között. Kihagyhatatlan képzési terület az IMC körülmények melletti IFR képzés még a szimulátorok használata mellett is.

Összegzésként e témában három megállapítás tehető:

1. Mivel a helikopterek részt vesznek a GAT-ban, ezért az el nem hagyható katonai helikopteres nem precíziós műszerrepülési eljárásokat ki kell bővíteni a polgári repülési elvekre épülő precíziós eljárásokkal.
2. Mivel a 14/2000 (XI.14.) KöViM rendelet GAT-ban megtiltja a gépszemélyzet szintű műszerrepülő kiképzést, viszont arról az OAT repülési szabályokat leíró 3/2006 (II.2.) HM rendelet nem tesz említést, ezért az, szigorúan a katonai irányítói körzetekben (MCTR), és időszakosan elkülönített katonai légterekben (TRA<sup>18</sup>-ban) hajtható végre.
3. A honvédség helikoptervezetőinek képzését a polgári műszerrepülő képzési elvek felhasználásával módosítani kell annak érdekében, hogy az hatékonyabbá váljon. Ehhez módosítani kell mind a helikoptervezetők gyakorlati kiképzésének támaszául szolgáló HHKSZ-75 Mi-8 Harckiképzési szakutasítást, mind pedig a katonai repülések végrehajtását szabályzó MH Repülőszemlézői szakutasítást.

---

<sup>17</sup> Ezt a nyugati repülési kultúrkörben CRM-nek (Crew Resource Management-nek) nevezik. A repülési feladatok kapcsán minden egyes gépszemélyzet tagra vonatkozóan meghatározzák a felelőség- és feladatköröket, jelentési kötelezettségeket annak érdekében, hogy a fedélzeti terhelés elosztódjon, az egyenetlen munkaterhelés megszűnjön.

<sup>18</sup> TRA – Temporary Reserved Airspace = Időszakosan korlátozott légtér.

### **III.3. A VFR és IFR minimumok alkalmazása kapcsán felmerülő anomália**

Mint ahogy azt fentebb már kifejtettem, az **IFR precíziós megközelítési eljárások végrehajtási minimumait** több tényező határozza meg, de leginkább a repülést támogató földi navigációs eszközök paraméterei. Figyelembe véve aényt, hogy Szolnok katonai repülőtéren mindkét leszállóirányban két-két NDB irányadó állomás került telepítésre, a precíziós PAR/NDB műszeres eljárás teljesítésének minimuma 20-as pálya<sup>19</sup> esetén 110 m-es felhőalap és 1,2 km-es látástávolság. Ugyanez 02-es pálya esetén: 160 m-es felhőalap és 1,2 km-es látástávolság [5]. Ha a kecskeméti vagy éppen a pápai katonai repülőterek ugyanezen minimumait vizsgáljuk, akkor közel ezekkel megegyező értékeket láthatunk.

Mindebből két fontos dolgot lehet általánosságban megállapítani: 1. Az IFR minimumoknál mindig létezik valamilyen mértékű felhőalap megkötés. 2. A látástávolság értékek sohasem alacsonyabbak 1 km-nél.

Áttérve a **VFR minimumok** témájára a 14/2000 (XI.14.) KöViM rendeletet kell idéznem, mely kimondja, hogy az F és G osztályú (nem ellenőrzött) légterekben, felhőkön kívül, földlátás mellett, 750 m repülési látástávolságig lehet helikoptereket üzemeltetni akkor, ha a repülést olyan sebességgel hajtják végre, amely lehetővé teszi az egyéb forgalom, vagy akadályok időbeni észlelését és az összeütközés elkerülését. Ahogy a budapesti repülőtéri irányító körzeten belül (Budapest CTR), úgy a C és D osztályú ellenőrzött légterek tekintetében, amikor nyilvánvaló, hogy a repülést az érvényes repülési terv szerint VMC körülmények között nem lehet folytatni, akkor a repülést végző VFR légi jármű vezetője az illetékes légiforgalmi irányító egységtől engedélyt kaphat a különleges VFR repülésre (a továbbiakban: SVFR – Special VFR) történő áttérésre. Mivel az SVFR minimumok nincsenek szabályozói szinten részletezve, így a C és D jelű légterekben ugyanazok a megkötések elfogadottak, mint az F és G osztályúakban.

Tehát, a helikopteres repülés IMC viszonyok melletti VFR minimuma, felhőalap megkötés nélkül, 750 m-es látástávolság.

Összegezve, az IMC IFR eljárás minimumok magasabbak, mint az IMC VFR-é!

Mit is jelent ez? Gyakorlatban azt, hogy egy például 100 m-es felhőalap mellett Szolnokon műszerrepülést már nem lehet végrehajtani, azonban helikopterekkel látás alapján végrehajtott repülést még igen. Attól, hogy egy repülőtér nem fogadóképes az időjárási körülmények eljárás minimum alá csökkenése miatt, azért látvarepülési szabályok szerint a repülések még folytathatók. Az IFR repülések már nem folytathatók, de helikopteres speciális VFR repülések még igen.

## **IV. BEFEJEZÉS**

A közelmúltban komoly erőfeszítések történtek a Légierő haderőnemen belül annak érdekében, hogy a katonai műszerrepülő eljárások közeledjenek a polgáriakhoz. Kidolgozásra kerültek a szolnoki Helikopter Bázis repülőtérének műszeres precíziós megközelítési (IFR) eljárásai, megfogalmazódtak azon szövegezők, melyek beillesztve a jelenlegi forgószárnyas harckiképzési utasítás műszerrepülést leíró részeibe, illetve a katonai repüléseket szabályzó repülőszemléltői utasításba a

---

<sup>19</sup> 200°-os leszálló irány.

katonai-polgári harmonizációt szolgálják. Az átalakítás nagyságrendjét tükrözi az, hogy az új típusú műszerrepülési eljárások végrehajthatósága érdekében a harckiképzési utasításban foglalt feladatok végrehajtási sorrendjét a módszertani résszel együtt 37 pontban kell módosítani. Ez a módosítási mennyiség előrevetíti egy teljesen új harckiképzési utasítás kidolgozásának szükségességét. Megjegyzendő, hogy a helyzet nem sokban tér el a katonai repülések végrehajtását szabályzó szakutasítás módosításának vonatkozásában sem, ahol közel 30 módosítást kell tenni.

A helikopterek az alaprendeltetésből fakadó feladatkörük biztosítása érdekében általában OAT szabályoknak megfelelően repülnek, melynek eredményeként a GAT szabályok később kerültek beépítésre mindennapjaikba. A GAT-ra való áttérés szükségszerűsége itt nem volt annyira égető, mint például a teherszállító merevszárnyas-, vagy pedig a harcászati repülőknél.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 14/2000. (XI.14.) KöViM rendelet a Magyar Köztársaság légterében történő repülések végrehajtásának szabályairól. (Magyar Közlöny 2000. évi 111. szám, Kiadva: 2000. november 14.)
- [2] Re/1320 Mi-8 Helikopter Harckiképzési Utasítás (HHKSZ-75 Mi-8). (Kiadó: Honvédelmi Minisztérium, Kiadva: 1981, Hatályba léptetve a 017/1981 [HK 013.] MN Repülőfőnöki intézkedéssel.),
- [3] Re/1713. Szakutasítás a Repülések Végrehajtására (Magyar Honvédség kiadványa, Hatályba léptetve a 8/1992 MH Repülő Szemléltői intézkedéssel),
- [4] [3/2006. (II. 2.) HM rendelet az állami repülések céljára kijelölt légterekben végrehajtott repülések szabályairól (Megjelent: Magyar Közlöny 2006. évi 11. szám, 2006. február 02.),
- [5] Magyarország Katonai Légiforgalmi Tájékoztató Kiadványa /MILAIP/ (Kiadó: Magyar Honvédség Légi Vezetési és Irányítási Központ, Kiadás éve: 2013),
- [6] NATO: AAP-15 NATO Glossary of Abbreviations used in NATO documents and publications. (Kiadó: NATO Standardization Agency, Kiadva: 2010. január 25.).
- [7] 26/2007. (III. 1.) GKM-HM-KvVM együttes rendelet, a magyar légtér légitörvény céljára történő kijelöléséről.

---

### COMPONENTS AND CRITERIONS OF THE CURRENT HELICOPTER INSTRUMENT FLIGHT TRAINING TRANSFORMATION

*Helicopter forces are involved in many components of the system of tasks of the Hungarian Home Defense Forces. It is a vital question though, that what kind of capability level they can represent during the joint operations. Obviously, the capability level of a given helicopter force built on several components, one of which subarea is the VFR flying ability under IMC conditions. Writing this article, my goal is analyzing the current IFR related training and juristic documentation, to formulate proposals on changing them in order to increase helicopter crew's operational capabilities.*

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

---

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

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

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-01-0252\\_Bali\\_Tamas.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-01-0252_Bali_Tamas.pdf)



Király László, Szukfiel Gergely

## VILLÁMVÉDELEM A REPÜLÉS FÖLDI ÉS LÉGI OBJEKTUMAIBAN

*A cikkben a szerzők a repülés földi és légi objektumain a repülésbiztonságot nagymértékben veszélyeztető természeti jelenséget, a villámcsapást teszik vizsgálatuk tárgyává. Ismertetik a villámjelenséget, említést téve annak keletkezésében szerepet játszó meteorológiai jelenségről. Részletesen írják le a villám fizikai paramétereit és azokat az elektromos, mechanikai és hőhatásokat, amelyek a repülésbiztonságot veszélyeztető rombolásokat okozzák. A cikk a védekezési lehetőségek közül a földelés kialakítását és a túlfeszültség levezető eszközöket tárgyalja részletesebben. Leszögezi, hogy a védelmi eszközök csak akkor lehetnek hatásosak, ha azok a tervezéstől az üzemeltetésig előrelátóan megtervezett és karbantartott rendszert alkotnak.*

*Kulcsszavak: repülésbiztonság, villámcsapás, földelés, túlfeszültség levezető*

### A VILLÁMJELENSÉG

A villám egyike az ember által legrégebben megfigyelt és a mai napig sem teljesen feltárt természeti jelenségnek.



1. ábra Villám [1]

A természeti népek a villám fény és kísérő hangjelenségét félték, istenként imádták. Nem véletlen, hogy a fizikában amúgy eléggé jártas ókori görögök a haragvó főistent, Zeust villámokkal a kezében képelték el, és a mennydörgést az ő hangjának tulajdonították.



Az ész századának nevezett XVIII. század fizikusai kezdtek rendszeresen foglalkozni a kvalitatív elektrosztatikai jelenségekkel. A korszak érdekes egyénisége és egyik legeredményesebb kutatója az amerikai Benjamin Franklin (1706–1790) volt, aki a villamos töltések és a csúcshatás tanulmányozása során 1752-ben jutott el a villámhárító felfedezéséhez [2].

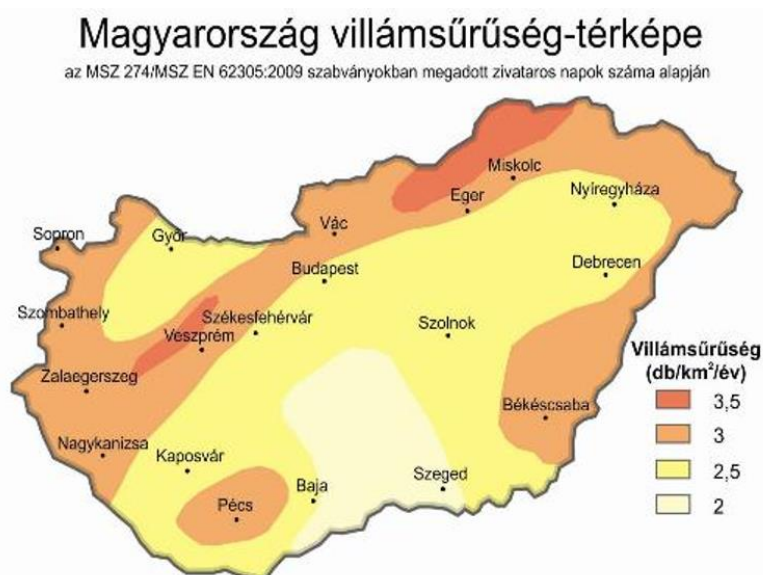
Korszerű fizikai ismereteink szerint a villám a zivatarokat kísérő légköri elektromos jelenség, amely a zivatarfelhők részecskéinek egyenlőtlen eloszlása nyomán létrejövő töltésmegosztás (a felhőn belül kialakuló villamos tér erőssége 100 kV/m nagyságrendű) és az azt követő töltés kiegyenlítődést biztosító kisüléssel jön létre. A villám létrejöhethet felhőn belül, felhő – felhő és felhő – föld között. A villámok nagyobb hányada (kb. 80%) felhőn belül és felhők között keletkezik.

A cikkben a kisebb hányadot képező felhő – föld és felhő – repülő objektum közötti villámokat és az ellenük való védelmet tárgyaljuk, mivel ezek a meghatározóak a repülésbiztonság szempontjából, és ezekről rendelkezünk bővebb empirikus ismeretekkel. Nem kívánunk foglalkozni az ún. felületi és gömbvillámokkal, így a szövegben szereplő villám szó minden esetben ún. vonalas villámot jelent (Dr. Lakotár [3]).

## A VILLÁM

A zivatarokat kísérő légköri elektromos gázkisülés kapcsán szót kell ejtenünk magáról a meteorológiai jelenségről is.

A zivatar hazánkban a meleg évszakokban, a felszálló légáramok hatására kialakuló, záporoszerű csapadékhullással, villámlással, mennydörgéssel együtt járó meteorológiai esemény, amelynek gócpontjában az ún. zivatarcellában alakul ki az a töltésmegosztás, amely a villám forrása. A zivatarok eloszlását és a valószínű zivataros napok számát mutatja a 2. ábra. Ebből az is látható, hogy az 1 km<sup>2</sup>-re jutó villámcsapások száma évente 1–3 között alakul.



2. ábra Villámsűrűség térkép [4]

A villámok detektálása a meteorológiai radarrendszer részét képező SAFIR és LINET hálózatok eszközeivel történik. Az előbbi a villám keltette elektromágneses tér nagyfrekvenciás összetevőit, míg az utóbbi az alacsonyfrekvenciás összetevőket észleli [7].

A jellemzően nem nagy, 1–2 Coulombnyi töltéskiegyenlítődéssel igen rövid idő alatt (mikrosec nagyságrendű) játszódik le, így a kialakuló áramerősség 1000–100 000 A nagyságrendű (tájékoztatásul említjük, hogy az emberi szervezetben néhányszor 10 mA erősségű áramütés már halálos lehet). A villámáram erősségének mérésére a nagy áramok mérésére szolgáló áramváltó (laktatfogó) elvén működő műszer szolgál, ahol az áram nagyságára a vasmag visszamaradó mágnességéből (remanencia) következtetünk [2].

A Magyarországon megfigyelt (SAFÍR program az MVM Rt. és az OMSZ részvételével, 1999-ben) villámcsapások erőssége a 3. ábrán olvasható le.

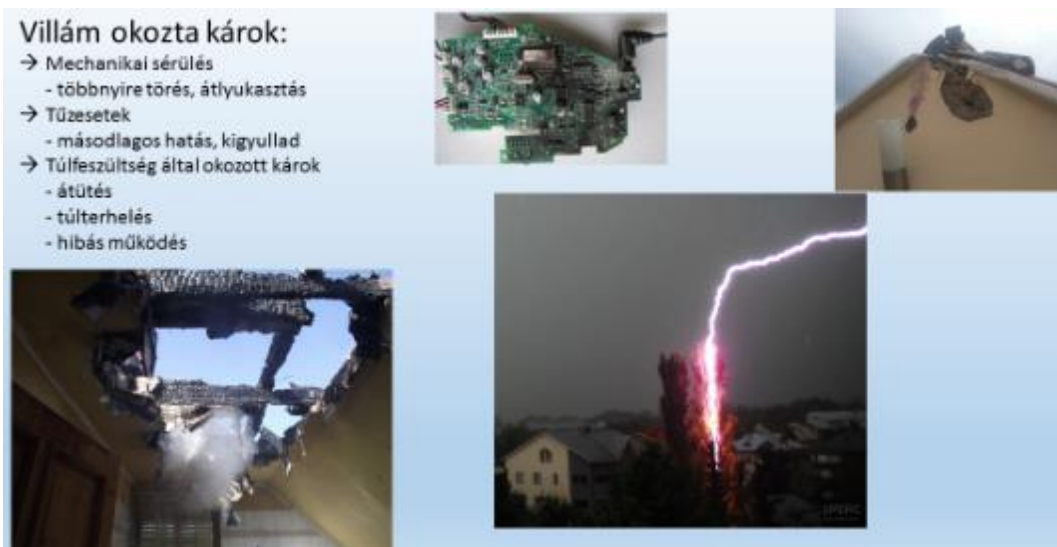


3. ábra Magyarországi villámcsapások mért jellemzői [5]

A villámcsapás fővonalában az ún. csatornában jól vezető ionizált gáz, plazma alakul ki, ami lehetővé teszi, hogy egyazon csatornában több kisülés haladjon át. Ennek eredményeképpen a külső szemlélő a villámcsapás időtartamát néhány microsec-tól akár 1–2 sec hosszúságúnak észleli.

## A VILLÁM ROMBOLÓ HATÁSAI ÉS A FIZIKAI ALAPOK

A villám legrészletesebben tárgyalt hatása az általa okozott túlfeszültség (4. ábra).



4. ábra Villám romboló hatása [1]

Ehhez a jól ismert Ohm (1787–1854) törvényhez kell visszanyúlnunk (jelen cikkben a törvényeknek a középiskolából ismert egyszerű alakját szerepeltetjük, holott a bonyolultabb geometriájú elrendezéseknél – pl. az erőhatás számításához – azok differenciális alakjának használata az indokolt).

Az

$$U = I \cdot R$$

(1)

összefüggésből számítható, hogy a 100 kA nagyságrendű villámáram az 1 ohm nagyságú (földelési) ellenálláson 100 kV feszültséget hoz létre. Ugyanakkor berendezéseink és az azokban használatos szigetelő anyagok roncsolás mentes vizsgálati feszültsége 1 – 10 kV nagyságú.

A mechanikai károsodást okozó erők számítása az elektrodinamikus kölcsönhatást leíró Amperre (1775–1836) törvényre kell hivatkoznunk. Ennek közismert alakja

$$F = \frac{(I_1 \cdot I_2)(l_1 \cdot l_2)}{r^2} \quad (2)$$

A képletből következtethetünk, hogy egy 10 m magas antenna szerkezet közelében lecsapó villám az ébredő erő hatására képes jelentősen deformálni azt. Szerencsénkre ez az erőhatás a párhuzamosnak tekinthető vezetékek távolságával négyzetesen csökken.

A villámcsatornában kialakuló plazma hőmérséklete néhányszor 10 000 K. Ezen a hőmérsékleten a használatos szerkezeti anyagok megolvadnak, elpárolognak és másodlagos hatásként tüzet okoznak.

## A VILLÁMCSPÁSOK ELLENI VÉDEKEZÉS LEHETŐSÉGEI

A villám által gerjesztett elektromágneses tér hatásainak kiküszöbölésére szolgál az ún. Faraday-kalitka. Ez egy fémlemezekkel vagy sűrű fémhálóval körülvett (árnyékolt) térrész, ahová a külső elektromos erőter nem tud behatolni.



5. ábra Faraday kalitka [1]

A korszerű repülőgépek fém teste Faraday (5. ábra) – kalitkát képez, mechanikai szilárdsága azonban nem jelent garanciát a közvetlen villámcsapás ellen. A kereskedelmi és utasforgalmat

lebonyolító nagy gépek pilótái évente beszámolnak egy – egy közvetlen villámcsapásról is. Azonban a tengerek fölött bekövetkezett légi katasztrófák utólagos elemzése nem egy esetben bizonyította, hogy a pilóták a késések behozása, vagy üzemanyag megtakarításra hivatkozva nem tartották be azokat az utasításokat, amelyeket a földi repülésirányítás, vagy a meteorológiai előrejelzésekből következő óvatosság a zivatarzónák elkerülésére adott.

Közvetlen villámcsapáson kívül a fedélzeti eszközöket a távolabbi villámlások okozta induktív úton létrejövő túlfeszültség fenyegeti. Ez ellen a készülékek egyenpotenciálra hozásával (összeföldelésével) és bemenő áramkörök túlfeszültség levezetőikkel való ellátásával lehet védekezni.

Földi objektumaink védelmében (szemben a légi objektumokkal) óriási előnyt jelent a föld jelenléte, ami lehetővé teszi a létesítési (tábori eszközöknél a telepítési) utasításokban/szabványokban előírt földelések elkészítését.

A (földelő) hálózat méretezéséhez Kirchoff (1824–1887) csomóponti törvényéből (1845) indulunk ki, amely szerint a csomópontba befolyó áramok összege egyenlő az onnan elfolyó áramok összegével.

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \tag{3}$$

Ennek a többlevezetős (többpontos) földeléseknél van jelentősége.

A föld villamos tulajdonságait a  $\rho$  fajlagos ellenállás határozza meg. Erre mutat néhány értéket az alábbi táblázat (6. ábra).

Talaj fajta	Fajlagos ellenállás $\rho$ [ $\Omega\text{m}$ ]	
	tartomány	átlag
mocsár	2 – 50	30
agyag	2 – 200	40
iszap és homokos agyag, termőtalaj	20 – 260	100
homok, homokos föld	50 – 3,000	200 (nedves)
tőzeg	> 1,200	200
kavicsos homok (nedves)	50 – 3,000	1,000 (nedves)
köves, sziklás talaj	100 – 8,000	2,000
beton (1 rész cement, 3 rész homok)	50 – 300	150
beton (1 rész cement 5 rész kavicsos homok)	100 – 8,000	400

6. ábra Fajlagos ellenállás különböző talajtípusokra [6]

Ez azonban csak tájékoztató érték lehet, amit nagymértékben befolyásol a talaj nedvességtartalma az adott helyszínen, illetve vannak évszakos változások is. Tovább bonyolítja a helyzetet, hogy a föld másképpen viselkedik a nagyfrekvenciás és nagyáramú impulzusokkal szemben (ilyen a villám), mint az állandó hálózati frekvencián (50 Hz). Ennek részleteibe itt nem megyünk bele, csak felhívjuk a figyelmet, hogy egy szokásos erősáramú elosztóhálózathoz szabályosan megtervezett földelés villámcsapással szemben az elvárttól egészen eltérően viselkedhet [6].

A földelés tervezése során tekintettel kell lenni az objektum (épület, csarnok, antennatorony stb.) geometriájára és annak megfelelően elhelyezni a „villámhárítókat”, amelyek a csúcshatás és az ún. előkisülés révén bizonyos fokig irányíthatóvá és ezzel levezethetővé teszik a villámcsapást. Az ennek során fellépő túlfeszültségektől a berendezéseket lépcsőzött védelemmel lát-



jük el, amit a (7. ábra) mutat. Például az energiaellátás belépési pontján Type I, régi „B” osztályú levezető alkalmazása szükséges, míg az elosztórendszerben Type II, régi „C” osztály és a végberendezéseknél pedig Type III régi „D” osztály. A lépcsős túlfeszültség-védelemnél a megszólalási idők és a levezetési képességek összehangolása rendkívül fontos, mert így érhető el a szükséges védelem.



7. ábra Többlépcsős túlfeszültség-védelem [1]

Természetesen a legjobban megtervezett védelem sem zárja ki az üzemeltetés során (főleg emberi hanyagságból) bekövetkező hibákat, mint amilyenek a földelési ellenállás rendszeres mérésének elmulasztása, a meghibásodott túlfeszültség levezetők eltérő értékűre cserélése stb.

## AZ ESZKÖZÖKRŐL

A túlfeszültség levezető eszközök fejlődése hosszú utat tett meg az egyszerű szikraköztől, a neoncsöves villámvédő patronon keresztül a korszerű félvezetős eszközökig.

Eljutottunk egészen a kifinomult varisztoros sőt az EMI szűrőkkel ellátott túlfeszültség-védelmi eszközökig. Nagyon fontos leszögezni azt, hogy villám és túlfeszültség-védelmi szempontból az összes szereplő (a tervezőtől az üzemeltetőig) együttműködése szükséges ahhoz, hogy a védelem jól működjön, és funkcióját be tudja tölteni! Tökéletes védelem nem létezik, de a tapasztalatok azt mutatják, hogy a megfelelő védelem kialakításával a károk minimalizálhatók.

Rövid áttekintésünk célja volt, hogy ráirányítsuk a figyelmet a repülésbiztonság egy nem elhanyagolható tényezőjére.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Hakel sales presentation 2013 Hradec Kralove
- [2] Simonyi Károly, A fizika kultúrtörténete Gondolat, Budapest, 1986.
- [3] Dr. Lakotár Katalin A légköri elektromosság <http://ttk.nyme.hu/flidi/Documents/Lakot%C3%A1r%20Katalin/L%C3%A9gk%C3%B6rtan/A%20l%C3%A9gk%C3%B6ri%20elektromoss%C3%A1g.pdf> (2016.02.21)
- [4] MSZ EN 62305:2009 szabvány
- [5] Szonda, S., Wantuch, F., 2001: A SAFIR villámfigyelő rendszer által 1999-ben regisztrált adatok. Elektrotechnika, 54-58.
- [6] European Copper Institute: Földelő rendszerek – számítási és tervezési alapok 2003)
- [7] Perlai Katalin Zivatarcella-áthelyeződési vizsgálatok a kombinált módszerrel korrigált, rekonstruált vilámadatbázis segítségével [http://nimbus.elte.hu/tanszek/docs/MSc/2014/PerlaiKatalin\\_2014.pdf](http://nimbus.elte.hu/tanszek/docs/MSc/2014/PerlaiKatalin_2014.pdf) (2016.02.21)

---

## LIGHTNING PROTECTION FOR THE LANDBASE AND FLYING OBJECTS OF AVIATION

*Into this article the authors analyse the lightning as one of the source of the hazard for landbased and flying objects of the aviation. They make known the meteorological phenomenon as the reason of the lightning effect. Given detailed review of the lightning phenomenon's physical parameters, and the effect of the lightning such as electrical, mechanical, and thermal influence, which cause the destruction into the objects of aviation. This article shows in details the surge protection devices and the lightning protection as the possibilities of the protection. Authors make it clear, that the any protection can be effective only the way, if those are correctly designed and scheduled from the design to the maintenance.*

*Keyword: aviation safety; lightning; grounding; surge protection*

---

---

Dr. Király László  
okl. villamosmérnök, a hadtudomány kandidátusa  
MHTT alelnök  
kiraly.laszlo@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0002-0871-5815

---

Dr. László Király  
MSC electro engineering, candidate of science  
Vice president of Hungarian Association of Military Science  
kiraly.laszlo@uni-nke-hu  
orcid.org/0000-0002-0871-5815

---

Szukfiel Gergely  
villamosmérnök  
Üzletág igazgató Glob-Prot Kft  
gergely.szukfiel@globprot.hu  
orcid.org/0000-0001-7760-1822

---

Gergely Szukfiel  
BSC electro engineering  
Division director Glob-Prot Ltd  
gergely.szukfiel@globprot.hu  
orcid.org/0000-0001-7760-1822

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-02-0261-Kiraly\\_Laszlo-Szukfiel\\_Gergely.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-02-0261-Kiraly_Laszlo-Szukfiel_Gergely.pdf)



**Bottyán Zsolt**

## **A PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐESZKÖZÖK METEOROLÓGIAI ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEIRŐL I. AZ IDŐJÁRÁS-FELDERÍTÉS**

*A mai korszerű időjárás előrejelzésekben meglévő pontatlanságok a repülésre veszélyes mikrofizikai folyamatok (pl. turbulencia, jegesedés) előrejelzését jelentősen korlátozhatják. Az ebből fakadó veszélyek - melyek a repülésbiztonságot csökkentik - kiküszöbölése érdekében, célszerűnek mutatkozik olyan pilóta nélküli repülőeszközök (UAS) alkalmazása, melyek megfelelő szenzorrendszerrel felszerelve, adott repülési útvonalakon repülve, valós időben pontos meteorológiai adatokat szolgáltatnak a repülésmeteorológusok számára. Munkánkban bemutatjuk a légi időjárás felderítés hazai előzményeit és ajánlásokat fogalmazunk meg egy korszerű időjárás felderítő UAS eszközre telepítendő szenzorrendszerre vonatkozóan. Végül beszámolunk egy általunk fejlesztett és használt kísérleti időjárás felderítő UAS eszközről és az ezzel elvégzett mérések eredményeiről is.*

**Kulcsszavak:** repülésmeteorológia, meteorológiai támogatás, időjárás felderítés, pilóta nélküli légi jármű rendszer (UAS).

### **BEVEZETÉS**

A repülések meteorológiai támogatásának célja, hogy a repülési feladat végrehajtása során a személyzet és a technika biztonságához - a légköri jelenségek, időjárás folyamatok szempontjából - a lehető legmagasabb szinten járuljon hozzá. A katonai repülésben a fenti cél két fő területre bomlik a repülési feladatok szempontjából:

1. egyrészt, fontos és pontos meteorológiai információ biztosítására a döntéshozó számára, valamint
2. a tevékenységek tervezésének és végrehajtásának elősegítésére és a hatékonyság fokozására [1]

Az általános repülésmeteorológiai támogatás magában foglalja a légköri állapot folyamatos megfigyelését, ennek adott formában és időszakonként történő jelentését, a várható időjárás alakulásáról szóló különböző prognózisok elkészítését, ezek állandó ellenőrzését, valamint az időjárásról történő tájékoztatások végrehajtását, egyaránt. Különleges jelentősége van az előbbiek közül, a repülésmeteorológiai előrejelzéseknek, hiszen a jövőben történő feladatok végrehajtáshoz kapcsolódó döntésekhez ezek szolgáltatják a legfontosabb információkat.

A mai korszerű repülésmeteorológiai támogatás során elkészített előrejelzések egyik fontos alapját a numerikus (számítógépes) prognosztikai módszer alkalmazása jelenti. Napjainkban már a meteorológusok rendelkezésére állnak olyan nagy felbontású, nem-hidrosztatikus regionális modellek, melyek – megfelelő parametizáció és statikus felszíni adatbázisok alkalmazásával – képesek a mezo tartományú időjárás jelenségeket is előre jelezni adott pontossággal [2]. Ugyanakkor, – a számszerű előrejelzések korlátaiból és légkörünk kaotikus viselkedéséből fakadóan – a földrajzi helytől, időjárás szituációtól és az adott modell tulajdonságaitól függően előfordulnak, nem elegendően pontos előrejelzések vagy akár alapvetően rossz prognózisok is. A repülések



támogatásában ezek a pontatlanságok kisebb-nagyobb „biztonsági rést” jelentenek, ezzel együtt számos veszélyt idézhetnek elő, amit az előrejelző – adott szituációban – csak részben képes korrigálni.

A fentiek alapján, a meteorológiai támogatásban az egyik legnagyobb kihívás az, hogy miként kezeljük a számszerű előrejelzések és a valós időjárás közötti – egy bizonyos mértékig mindig – előforduló inkonzisztenciát? Másként fogalmazva, milyen módon tud az előrejelző az atmoszféra valós állapotáról reális képet kapni az adott repülőtér körzetében, hogy összevesse azt a numerikus prognózisokkal? A probléma igen összetett, hiszen a repülésre leginkább veszélyesnek számító időjárási folyamatok pl. zivatarok, köd, alacsony felhőzet, jegesedés, turbulencia stb. kialakulása gyakran időben gyors folyamat és térben is szeszélyes eloszlást produkálhatnak, ráadásul egy olyan méretskálán, amelyen a numerikus prognózisok megbízhatósága nem mindig kielégítő.

A légkör mindenkori állapotának ismerete egyik előfeltétele ennek az előbb említett pontosításnak, de ehhez a meteorológusnak rendelkeznie kell különböző elveken történő, nagy időbeli és térbeli felbontással végzett, megfelelő pontosságú meteorológiai mérésekkel. Sajnos azonban – a repülésmeteorológiai elvárások miatti 3D-s, nagy felbontású (térben és időben egyaránt) valós, mért adatok – csak nagyon korlátozottan állnak rendelkezésre a repülést biztosító meteorológus szakembereknek. Az említett légköri adatok meghatározása, mérése napjainkban leginkább rádiószondákkal, illetve helyhez kötött távérzékelési eszközökkel (sodar, windprofiler, stb.) valósul meg, időben és térben igen alacsony felbontásban.

A fenti probléma egyik lehetséges megoldásaként, a repülésmeteorológiai támogatásban, repülő eszközökkel történő időjárás felderítést alkalmaztak, már évtizedekkel ezelőtt. A katonai repülések esetében, a repülési feladat tervezett megvalósítása során várható időjárási környezet pontosabb ismerete céljából, egy tapasztalt személyzettel végrehajtott felderítő repülést hajtottak végre, melynek során, a személyzet rádióon folyamatosan jelentette a térbeli helyzetét és a tapasztalt időjárási körülményeket. Ez a következőket foglalta magában:

3. a felhőzet mennyiségét, alakját, a felhőalapot és a felhőzet felső határát, a felhőrétegek mennyiségét;
4. a tapasztalt időjárási jelenségeket és azok körzeteit, ahol ezek előfordultak;
5. a tájékozódási pontok láthatóságát fel- és leszálláskor;
6. a levegő hőmérsékletét valamint a szél irányát és sebességét az adott szinten.

Leszállás után pedig szóban is értékelték a megfigyelések eredményét az ügyeletes meteorológus jelenlétében [3]. Mivel abban az időben még nem álltak rendelkezésre megfelelő térbeli és időbeli felbontású mérések és előrejelzések, az időjárás felderítés esszenciális fontosságú volt a repülésbiztonság megfelelő szintű biztosításához. Ugyanakkor látni kell, hogy ez a módja az időjárás felderítésnek rendkívül költséges volt, és csak hozzávetőlegesen pontos adatokat szolgáltatott, hiszen nem erre a célra speciálisan felkészített repülő eszközről volt szó az említett időszakban.

Napjainkra a légi időjárás felderítések gyakorisága – elsősorban gazdasági megfontolásból – jelentősen lecsökkent. Az ebből adódó információhiányt csak részben pótolják a nagyobb felbontású, számszerű előrejelzésekből kinyerhető adatok, ahogy azt korábban már jeleztük.

A fentiek alapján, a repülés biztonságának időjárási szempontból történő növelése érdekében szükségesnek mutatkozik egy olyan viszonylag olcsó eszköz alkalmazása – az általános meteorológiai támogatás részeként – mely képes a repülőtér környezetében valós idejű, pontos, 3D-s adatszolgáltatásra. Ennek megvalósításához – véleményünk szerint – egy olyan UAS repülő eszközre lenne szükség, mely fel van szerelve egy adott specifikáció alapján összeállított meteorológiai szenzorrendszerrel, autonóm robotpilótával és egy olyan földi egységgel, mely képes a mért adatokat közel valós időben (1–2 másodperces késéssel) megjeleníteni és akár fel is dolgozni. A továbbiakban egy ilyen UAS eszközzel kapcsolatos elvárásokat és lehetséges megvalósítási módokat mutatunk be.

### IDŐJÁRÁS FELDERÍTÉS LEHETŐSÉGE UAS ESZKÖZÖKKEL

A korábban említett időjárás felderítő pilóta nélküli repülőeszközök mindkét hagyományos műszaki megvalósítással alkalmasak lehetnek a feladatra, tehát merev- és forgószárnyas változatban, egyaránt. A merevszárnyas eszközök inkább nagyobb távolságú és magasságú – alapvetően előre megtervezett 3D-s repülési útvonalon történő – meteorológiai célú repüléseket képesek végezni, adott repülőtérre történő megközelítéseket és felszállásokat is végezhetnek és akár többször is végig repülhetnek ugyanazt az útvonalat. Eközben a repülési magasság intervalluma a talajtól egészen 3000 méterig is terjedhet. Fontos, hogy az UAS eszköz rendelkezzen autonóm robotpilótával, mely képes az eszközt a már előre megadott útvonalon stabilan vezetni és az is lényeges, hogy a 3D-s útvonal szerkesztése és feltöltése a fedélzetre egyszerűen megvalósítható legyen. Ez azért szükséges, mert az adott időjárási helyzetnek és a támogatott repülési feladatnak a függvényében kell meghatározni az időjárás felderítő UAS eszköz útvonalát. Az időjárás felderítő eszköz helyzetének folyamatos meghatározása nagy pontosságú fedélzeti GPS eszközzel történik. Repülésbiztonság szempontjából fundamentális követelmény, hogy a szóban forgó eszköz rendelkezzen vészhelyzeti protokoll-lal, amely lehetővé teszi egyrészt az azonnali biztonságos leszállást (pl. ejtőernyővel) komoly meghibásodás esetén, amikor lehetetlen a további repülést tovább folytatni, másrészt a kapcsolat elvesztése esetén egy automatikus visszatérést a kiindulási helyre. Az 1. ábrán a SUMO UAS eszközt láthatjuk, melyet norvég kutatók fejlesztettek ki meteorológiai adatgyűjtés céljára. Ezt a berendezést alkalmazták többek között az Izlandon végrehajtott expedíciós mérésükön is [4].



1. ábra A SUMO pilóta nélküli repülő időjárás megfigyelő eszköz légi és földi egysége [4]

A forgószárnyas UAS eszközök elsősorban az alacsonyabb magasságú (inkább 1 km alatti) időjárási profil-mérésekben játszhatnak kiemelkedő szerepet, hiszen képesek egy adott pont felett függőlegesen fel- és leereszkedni, miközben detektálhatják a légköri állapotváltozók pillanatnyi értékeit. Ennek a mérési elvnek nagy előnye, hogy kevésbé zavarják más repülő eszközök mozgását, hiszen horizontálisan nem terjed ki a mozgás egyik irányban sem. Ugyanakkor, a troposféra alsóbb rétegének vertikális állapotának ismerete alapvető fontosságú a nyári (konvektív) és a téli (stabilis) időjárási szituációkban, egyaránt (2. ábra).



2. ábra Meteorológiai célra kialakított oktokofter, határreteg mérési feladatra [5]

Az időjárás felderítő pilóta nélküli repülő eszközöknek a fedélzetükön mindenképpen rendelkezniük kell hőmérséklet, statikus légnyomás és légnedvesség mérésére alkalmas szenzorokkal (alap szenzorok). Ezeknek az érzékelőknek célszerűen gyors méréseket kell tudniuk végrehajtani, hiszen a repülő eszközök horizontális és vertikális sebességéből adódóan, hirtelen változtathatják meg a pozíciójukat. Ezért is szükséges, hogy az érzékelő berendezések képesek legyenek legalább 10 Hz-es frekvenciával elvégezni az adott mérési folyamatot. A fedélzeten szükséges további berendezések (GPS pozíció, IAS esetleg GS) adataiból számíthatóak az adott helyen, a 3D-s szélvektorok. Természetesen van lehetőség a szél menet közben történő közvetlen mérésére is, de ehhez speciális 3D-s szélmérő berendezést (pl. szónikus anemométer) vagy több lyukú Pitot-csővet szükséges még a fedélzetre installálni. Ez utóbbi esetben a repülés közben fellépő turbulencia mérésére is lehetőség adódik. Véleményünk szerint, egy időjárás felderítő UAS eszköz fedélzetén a fentebb említett szenzorcsoport működésével (alap szenzorok) és a legelemibb szélvektor meghatározás alkalmazásával már elegendő információt kapunk a légkör pillanatnyi állapotáról és egy kisebb méretű repülő eszköz terhelése is határok között tartható.

Felmerül a kérdés, hogy mekkora az a mérési pontosság, ami elegendőnek bizonyulhat az említett paraméterek mérése esetén? A hőmérséklet esetében 0,2–0,3 °C-os érték megfelelő, jóllehet a földi eszközök esetében ez az érték 0,1 °C. A statikus nyomás mérésekor törekedni kell a 0,2–0,3 hPa pontosságra, szemben a felszíni légnyomás mérések esetén alkalmazott 0,1 hPa-lal. A relatív nedvesség esetében 5–6%-os mérési pontossággal célszerű számolnunk. A szélvektorok irányának meghatározásakor 10–20 fokok, míg nagyságának (sebességének) becslésekor 1 m/s-os pontosságot kell minimálisan elvárni a rendszertől.

Ahhoz, hogy az időjárás felderítő UAS eszközök hatékonyan alkalmazhatóak legyenek, ezek használatát be kell integrálni a repülőtéren kialakított meteorológiai támogatás munkarendjébe (SOP). Nyilvánvaló, hogy csak akkor lehet ezeket a repülő eszközöket megfelelően alkalmazni, ha a meteorológiai támogatásért felelős személy döntheti el a repülések időpontját, időtartamát és útvonalát. Ehhez azonban szükséges egyfelől az UAS eszköz használatának integrációja a hagyományos repülő eszközök alkalmazási rendszerébe (repülőtér és légtér használat, repülési, megközelítési eljárások, kommunikáció, stb.), másfelől, az adott repülőtér forgalmát irányító személyekkel történő folyamatos koordináció, a magas szintű repülésbiztonság fenntartása érdekében.

Az említett célra alkalmazandó UAS eszközök esetében – figyelembe véve a szükséges fedélzeti szenzorrendszer méreteit és tömegét – olyan merev- vagy forgószárnyas gép jöhet számításba, mely minimálisan képes 1–1,5 órát a levegőben tartózkodni és alkalmas 1–2 kg hasznos tömeg szállítására. A meghajtást illetően elektromos és más üzemanyaggal működő motorok is szóba jöhetnek, de mindkét típusnak vannak előnyei és hátrányai, melyekről ebben a munkában nincs módunk értekezni.

Végül fontosnak tartjuk kiemelni, hogy időjárás felderítés – ugyan ma már sajnálatos módon kevésbé alkalmazott módszer – céljára a legalkalmasabb eszköz mindenképpen egy speciális szenzorrendszerrel felszerelt UAS eszköz, melynek gyakori és flexibilis használata jelentősen növelné a repülés biztonságát hazánkban. Ráadásul – felhasználva az általunk végzett kutatások, mérések eredményeit – akár hazai bázison is ki lehetne fejleszteni egy komplett időjárás felderítő UAS rendszert, mely piacképesé válhatna itthon és külföldön egyaránt.

### HAZAI KÍSÉRLETEK UAS IDŐJÁRÁS-FELDERÍTŐ ESZKÖZ ALKALMAZÁSÁRA



3. ábra A HA-MET-02 repülőmodell, hagyományos rádiószondával felszerelve, repülés előtt [6]

A korábbi hazai repülőgépes meteorológiai mérések áttekintése közben bukkantunk egy 1975-ben, Ferihegyen végrehajtott kísérletsorozatra, melyben egy nagyméretű repülőmodellt szereltek fel egy meteorológiai szondázó berendezéssel, adatgyűjtés céljából (3. ábra).

Sajnálatos módon, a kísérlet eredményeiről – egyelőre legalábbis – nincsen semmilyen információnk, tekintve, hogy a szóban forgó kísérleti repülések 41 évvel ezelőtt zajlottak le. Annyit azonban tudunk, hogy ez a kísérlet tekinthető a pilóta nélküli repülőeszközökkel történt meteorológiai adatgyűjtés első lépésének hazánkban. Másrészt, miután a kezdeményezés – feltehetően – a ferihegyi kollégáktól indult el, alapvetően nyilván repülésmeteorológiai adatgyűjtés volt a cél. Ennek a kísérletnek az is mozgatórugója lehetett – a szerző véleménye szerint – hogy 1975. január 15-én, Ferihegyen leszállás közben lezuhant a Malév HA-MOH lajstromjelű IL-18 típusú menetrend szerint közlekedő repülőgépe, igen rossz időjárási viszonyok közepette. A baleset kivizsgálása során nyilvánvalóvá vált, hogy a meteorológiai szolgálat részére rendelkezésre álló információk időbeli felbontása nem volt elegendő a prognózis pontosabb elkészítéséhez, jóllehet a balesetet elsődlegesen nem ez az adathiány okozta [7]. Az említett kísérleti repülőeszköz fejlesztése és próbarepülései is nagyrészt azért indulhattak meg, hogy ezt az adathiányt pótolják és mintegy időjárás felderítő repülőeszközként alkalmazzák az említett berendezést (4. ábra). Jóllehet a kísérleti stádiumból továbblépés nem történt, a munkában részt vett kollégáknak az ötletért és a megvalósításért csak elismerésünket fejezhetjük ki.



4. ábra Az 1975-ös kísérleti repülőeszköz (repülőmodell) és a fejlesztésben részt vevő szakemberek csoportja [6]

Azóta, hosszú ideig – legalábbis dokumentált módon – nem történt pilóta nélküli repülőeszköz bevonása a meteorológiai kutatásba hazánkban. A technika fejlődésével azonban lehetővé vált ezeknek az eszközöknek az alkalmazása az említett célra, így Magyarországon először (2012-2013 között, mintegy 65 óra nettó repülési idővel), a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 számú „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” című pályázat, „UAV-k komplex meteorológiai támogatási rendszerének kidolgozása” kutatási területének keretében fejlesztett előrejelző rendszer által szolgáltatott időjárási adatok verifikációjához használtunk kollégáimmal ilyen eszközt [8][9][10].

Az alkalmazott pilóta nélküli repülőeszköz a Bonn Hungary Kft, a hazai UAS eszközök fejlesztésében és gyártásában is jelentős szerepet vállaló cég terméke volt. A szóban forgó cég által fejlesztett eszköz, a BXAP15 UAV kódjelű, merevszárnyas sárkánnyal épített, elektromos hajtású pilóta nélküli repülőeszköz (5. ábra).





5 .ábra A meteorológiai mérések céljára alkalmazott BXAP15 UAV pilóta nélküli rendszer . Alégijármű (bal felső panel) és a földi kezelő felület (bal alsó panel) képe, valamint a meteorológiai szenzor rögzítése (jobb oldali panel) [5]

A kutatásba bevont rendszer egy földi és egy repülő egységből áll. Előbbi magában foglalja a kézi vezérléshez szükséges távirányító rendszert. Ez GPS vezérelt, forgatható antenna segítségével kommunikál a repülő egységgel, kétirányú, mikrohullámú adatkapcsolaton keresztül. A vezérlő egység felületén repülési adatok (levegőhöz viszonyított és felszín feletti sebességek, barometrikus és GPS magasság, akkumulátor kapacitás, navigációs adatok, műhorizont) valamint real-time, videó követhető figyelemmel, a repülő egység telemetrikus adatai mellett. Nagyon fontos megjegyeznünk, hogy az eredetileg megadott repülési útvonal, repülés közben is módosítható, ezen a kezelőfelületen keresztül. A repülés útvonala nem más, mint egy jól definiált adatbázis, mely akár 500 darab útvonal pont földrajzi és magassági koordinátáját, valamint a hozzá vezető úton alkalmazni kívánt sebességeket tartalmazza. A repülőgép a célpont megadott sugarú körének érintését követően felveszi a következő pontra vezető irányt és automatikusan kompenzálja a közegáramlás eltérítő hatását. A robot üzemmódban repülve is bármikor lehetőség van kézi beavatkozásra. Szintén a földi egység tárolja még a légi egységről lesugárzott egyéb műszaki jellegű információkat is.



6. ábra. A BXAP15 UAV eszköz a szállítóládában és a hozzá tartozó kiegészítő konténerek [11]

A repülő egység tervezése és legyártása a legkorszerűbb kompozit technológia (üveg- és szén-szál valamint kevlár erősítésű gyanta) és számítógépes tervezés (3D CAD) alkalmazásával történt a cégnél. A fedélzeten alkalmazott vezérlő elektronikus rendszerek konstrukciója során a

megbízhatóság volt az elsődleges szempont. Rendkívül gyorsan össze- és szét szerelhető valamint könnyen szállítható, a hozzá tervezett és gyártott szállítókonténerekben (6. ábra).



7. ábra. Bal oldal: a légi egység elfogása hálóval. Jobb oldal: a légi egység az indítókatapulton [5] [11]

A légi egység indítása történhet katapultálással, csörlő berendezés alkalmazásával, illetve képes saját futóműről is a levegőbe emelkedni, amennyiben a talaj ezt lehetővé teszi. A leszállás ke-rek-re, hasra, vagy elfogó hálóba történhet (7. ábra). Rendkívüli esetben (pl. kommunikáció megszakadása, vagy vészlandolás) a rendszer képes a fedélzeten elhelyezett ejtőernyővel is földet érni. A repülőeszköz alapvető műszaki paramétereit az 1. táblázat tartalmazza.

<b>repülési sebesség</b>	60–100 km/h között
<b>szolgálati csúcsmagasság</b>	mérésekkel igazoltan több, mint 3500 m AMSL
<b>fesztávolság</b>	3,7 m
<b>hossz</b>	1,7 m
<b>legnagyobb felszálló tömeg</b>	14 kg
<b>maximális repülési idő</b>	akár 90 perc
<b>meghajtás</b>	1200W (névleges) teljesítményű elektromos
<b>hasznos terhelés</b>	kb. 4 kg

1. táblázat A BXAP15 UAV légi egységének legfontosabb műszaki adatai.

Forrás: BHE Bonn Hungary Kft., 2013.

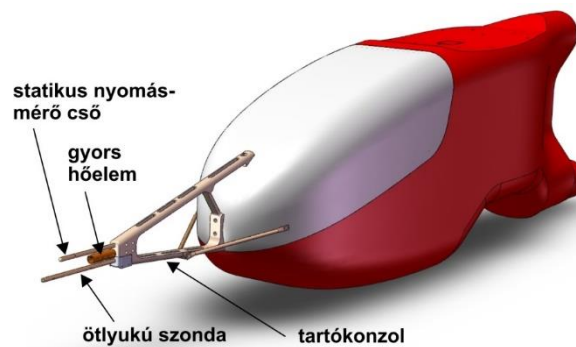
A fentiekben bemutatott légi egység rendkívül alkalmasnak mutatkozott a kis skálájú légköri folyamatok pontos detektálására, amennyiben meteorológiai szenzorokat lehet elhelyezni az eszközön. A meteorológiai előrejelző rendszer fejlesztésével párhuzamosan – a felszíni mikro meteorológiai turbulencia mérések és a nemzetközi repülőgépes megfigyelések tapasztalatai alapján – egy nagy érzékenységű meteorológiai szenzorrendszer kialakítása is zajlott, mely az alap légköri paraméterek kis gyakoriságú („lassú”) megfigyelése mellett magában foglalta a hőmérséklet és nyomási paraméterek nagy gyakoriságú mérését is. A repülések során földi referencia-mérések is zajlottak és a lassú fedélzeti adatokat a földi egységnek rádióan keresztül is lesugározta a rendszer. Erre azért volt szükség, hogy – amennyiben szükséges – be tudjunk avatkozni a repülési útvonal alakításába valamint kapjunk real-time információt a szenzorok megfelelő működéséről (ne repüljünk „vakon” a tesztek során hosszú ideig, feleslegesen).

A meteorológiai alkalmazásokhoz a következő szenzorok kerültek installálásra (8. ábra):

7. Vaisala rádiószonda (légnyomás, hőmérséklet és relatív nedvesség mérésére). A szonda téglatest alakú fehér doboza a repülőeszköz törzsének oldalán, a szárny alatt került installálásra. A szonda rádiójeleit a közelben lévő obszervatórium vevőbe-rendezése vette, melyet az OMSZ kollégái átprogramoztak, hogy a teljes 3D repülési útvonalon legyen képes az adatokat rögzíteni;
8. Vaisala hőmérséklet és nedvesség szenzorok (lassú, 1 Hz-es adatfolyam). A szenzorok a repülőeszköz törzsének oldalán helyezkedtek el egy csőben árnyékolva.
9. fedélzeti légnyomás, hőmérséklet és nedvesség szenzorok (gyors, 10 Hz-es adatfolyam);
10. ötlyukú, Pitot-rendszerű nyomásmérő rendszer (BME saját fejlesztése), amely a turbulencia karakterisztikák meghatározásához szolgáltatott adatokat és a repülő-eszköz orr részén került elhelyezésre (gyors, 10 Hz-es adatfolyam) (9. ábra).



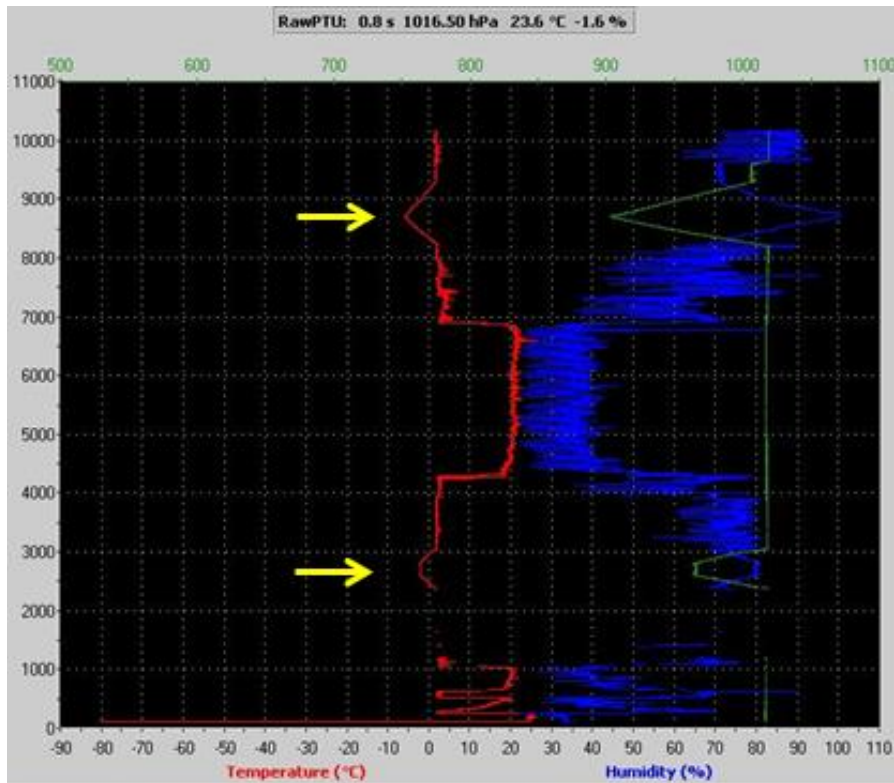
8. ábra Az UAS eszköz teljes szenzorrendszerrel felszerelve, a repülés előtti teszt alatt. A rádiószonda a gép oldalán látható, mint fehér „doboz” [5]



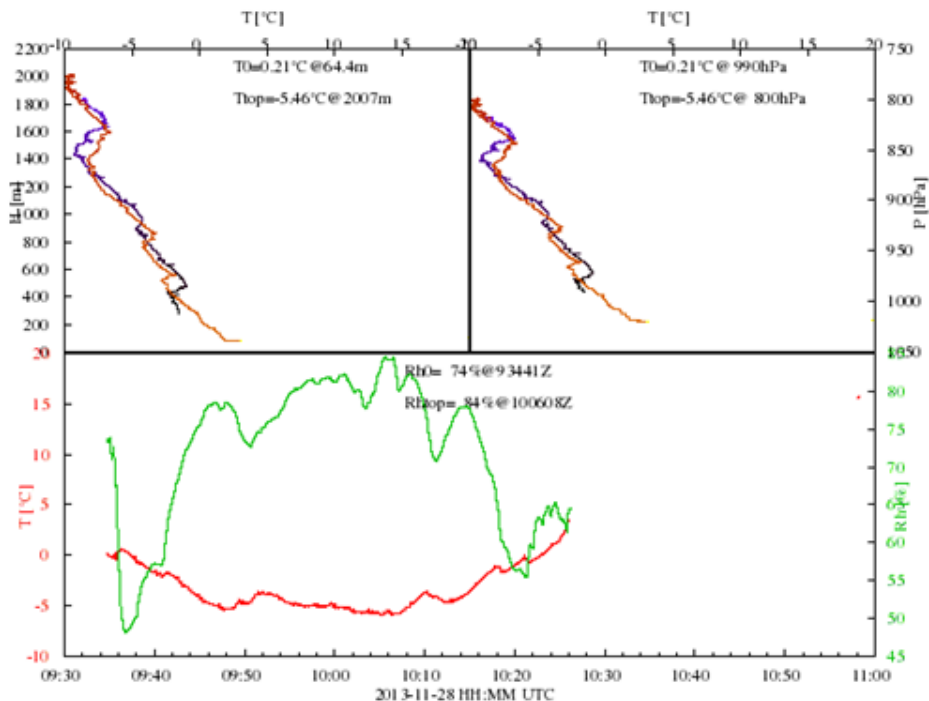
9. ábra. Az orr részre szerelt érzékelők rögzítése a légi egységen [12]

A rádiószondát, mint fedélzeti mérőberendezést a szóban forgó UAS eszköz 2013. november 27-én történt második indítása során alkalmaztuk először, melynek során autonóm robotpilóta által vezérelt UAS eszközön ez volt az első hazai kísérlet alkalmazására (10. ábra).





10. ábra. A OMSZ rádiószonda vevő rendszerének real-time megjelenítő modulja a 2013. november 27-én történt UAS fedélzeti mérések légnyomás, hőmérséklet és relatív nedvesség adataival. (A piros vonal a hőmérsékletet, a kék a relatív nedvességet reprezentálja, a zöld vízszintes skála a légnyomást jelzi, a sárga nyilak a két felszállás alatt mért értékeket mutatják) [13]

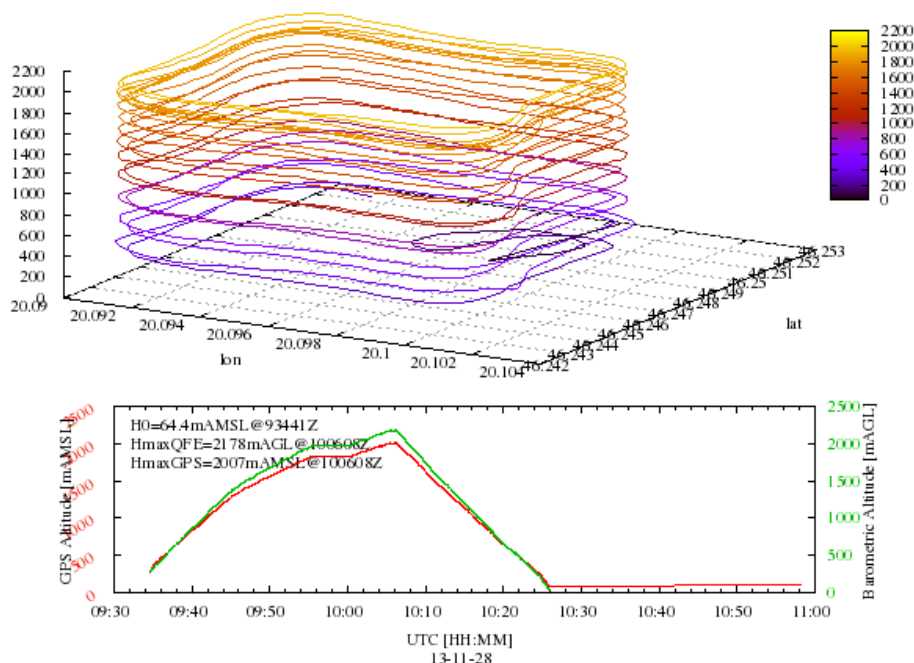


11. ábra. Az alkalmazott UAS eszköz fedélzeti meteorológiai szenzorai (gyors) által szolgáltatott adatok a 2013. november 28-án történt második felszállás során. Bal felső ábra: hőmérséklet a magasság függvényében; Jobb felső ábra: harmatpont a magasság függvényében; Alsó ábra: hőmérséklet (piros vonal) és relatív nedvesség (zöld vonal) időbeli változékonysága a repülés ideje alatt [14]

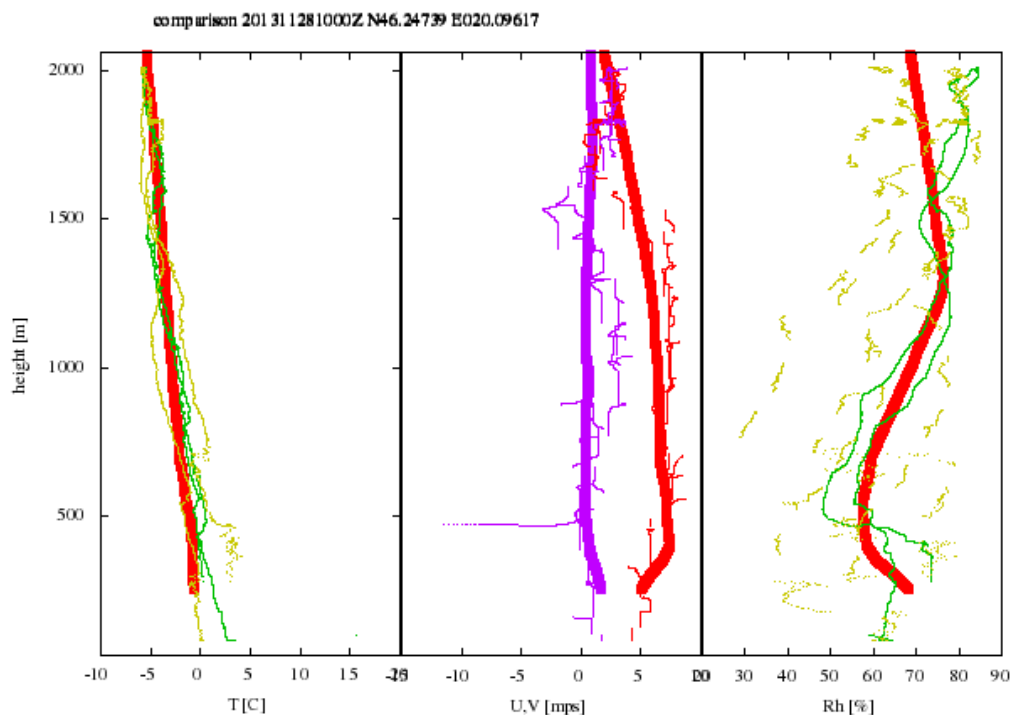
Az UAS eszköz fedélzetén levő légnyomás, hőmérséklet és nedvesség szenzorok is folyamatosan mérték a légköri levegő állapotát. Ezek az adatok a kísérleti repülések során – ahogyan korábban említettük – real-time üzemmódban lesugárzásra kerültek a földi egységre, de a fedélzeti adatrögzítőn is tárolásra kerültek. Az említett adatok mellett a repülőeszközön installált Vaisala (lassú) szenzor adatait is rögzítettük a fedélzeten. A 11. ábrán a fedélzeti meteorológiai (gyors) szenzorrendszer által szolgáltatott meteorológiai adatok láthatóak a 2013. november 28-án történt második felszállásból.

A repülések során a nemzetközi repülőgépes méréseknél alkalmazott pálya-geometriákat jelöltük ki és repültük le, melyek közül a leginkább alkalmazott repülési útvonal a profil mérések és szél számítási algoritmusok szempontjából legkedvezőbb, folyamatosan emelkedő, majd süllyedő négyszög geometria mentén történő repülés volt. Ilyen profil mentén történő repülés volt a 2013. november 28-án végrehajtott utolsó (második) repülés is, melynek 3D-s pályáját és a repülés időben történő magassági értékeit a 12. ábrán láthatjuk.

Az előzetes eredmények közül bemutatjuk a 2013. november 28-án történt egyik felszállás során mért és az általunk fejlesztett meteorológiai támogató rendszer által előre jelzett meteorológiai paraméterek vertikális eloszlásának diagramját (13. ábra). Jól látható, hogy a mért adatok igen jó egyezést mutatnak az általunk prognosztizált hőmérséklet, szél és relatív nedvesség értékekkel, ami azt támasztja alá, hogy az előrejelzések jól írták le az légkör alsó rétegének állapotát az adott helyre és időpontra vonatkozóan.



12. ábra. A 2013. november 28-án másodikként végrehajtott repülés 3D-ös útvonala a földrajzi koordináták függvényében (felső ábra) és a repülési magasság időbeli menete (alsó ábra). A függőleges tengelyeken a GPS és barometrikus magasság méterben látható. A felső ábrán a földrajzi szélesség (lat) és a földrajzi hosszúság (lon) található fokban. Az alsó ábrán a vízszintes tengelyen a világidő került ábrázolásra (UTC) óra:perc egységekben [14]



13. ábra. A 2013.november 28-án történt egyik felszállásból származó meteorológiai adatok vertikális profiljai: balra: hőmérséklet, középen: szélkomponensek, jobbra: relatív nedvesség. A zöld adatok a rádiószondából, a sárga adatok az UAS eszköz fedélzeti szenzoraiból származnak. A vastag vonalak az általunk készített WRF numerikus előrejelzés eredményeit reprezentálják. A függőleges tengelyen a magasság méterben, a vízszintes tengelyeken pedig a hőmérséklet [T] °C-ban, a szél u és v komponensei [U,V] m/s-ban, valamint a relatív nedvesség [Rh] %-ban került ábrázolásra [14]

## ÖSSZEFOGLALÁS

A mai korszerű repülésmeteorológiai támogatás részeként fontosnak tartjuk a légi időjárás felderítés módszertanának újragondolását és megvalósítását, egyaránt. A jelenlegi numerikus időjárás előrejelzések természetszerű és adott időjárási helyzethez kötődő pontatlanságaiból fakadóan, szükségesnek mutatkozik különböző pilóta nélküli repülőeszközök meteorológiai felderítésre történő alkalmazása. Mind a merev- és forgószárnyas megvalósításnak megvannak az előnyei bizonyos mérések végrehajtásakor.

Munkánkban bemutattunk egy erre a célra összeállított műszerekkel felszerelt merevszárnyas UAS időjárás felderítő rendszert, melynek kísérleti repülésének eredményei azt mutatták, hogy alkalmas lehet a szóban forgó célok elérésére. További feladatként jelentkezik ennek a rendszernek a további műszaki fejlesztése és az alkalmazási lehetőségeinek módszertani kimunkálása, egyaránt.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] KÉZIKÖNYV A METEOROLÓGIAI TÁMOGATÁS VÉGREHAJTÁSÁRÓL. A Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálatának kiadványa., Budapest, 2014.
- [2] BOTTYÁN ZSOLT: A repülésre veszélyes mezo-skálájú meteorológiai jelenségek modellezésének aspektusai - numerikus prognosztikai megközelítés. Repüléstudományi Közlemények Különszám, Szolnok, 2009/2 (e-dok.) url: [http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2009\\_cikkek/Bottyán\\_Zsolt\\_1.pdf](http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2009_cikkek/Bottyán_Zsolt_1.pdf)(2016.03.11)
- [3] Utasítás a repülés végrehajtására URV-71. A Honvédelmi Minisztérium Kiadása. Budapest, 1973.
- [4] S. MAYER, A. SANDVIK, M., O. JONASSEN, J. REUDER: Atmospheric profiling with the UAS SUMO: a new perspective for the evaluation of fine-scale atmospheric models. Meteorology and Atmospheric Physics, (2012) 116 pp.15–26. DOI 10.1007/s00703-010-0063-2.
- [5] B. WRENGER et al.: Multicopter Based Ultra Low Latitude vertical profile flights in the Eastern Ebro basin (Catalan): Method intercomparison. 2011. (e-dok) url: [http://workshop.cost-uas.net/fileadmin/user\\_upload/infos/Meetings/Meeting\\_Cyprus\\_20110328/presentations/workshop/Wrenger.pdf](http://workshop.cost-uas.net/fileadmin/user_upload/infos/Meetings/Meeting_Cyprus_20110328/presentations/workshop/Wrenger.pdf) (2013.03.11)
- [6] Gyöngyösi András Zénó személyes közlése. 2013.
- [7] BOTTYÁN ZSOLT: Kísérlet egy repülőgép-katasztrófa meteorológiai viszonyainak rekonstrukciójára - a Malév HA-MOH repülőgépének balesete. Repüléstudományi közlemények 20:3 p. 12 2008. (e-dok) url:[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2008\\_3/2008\\_3\\_Bottyán\\_Zsolt.html](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2008_3/2008_3_Bottyán_Zsolt.html) (2016.03.11)
- [8] BOTTYÁN ZSOLT et al.: Measuring and Modeling of Hazardous Weather Phenomena to Aviation Using the Hungarian Unmanned Meteorological Aircraft System (HUMAS). IDŐJÁRÁS / QUARTERLY JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE 119:(3) pp. 307-335. (2015)
- [9] BOTTYÁN ZSOLT et al.:Development of a Complex Meteorological Support System for UAVs. WORLD ACADEMY OF SCIENCE ENGINEERING AND TECHNOLOGY 7:(4) pp. 646-651. (2013)
- [10] BOTTYÁN ZSOLT: A pilóta nélküli repülő eszközök alkalmazásának meteorológiai aspektusai. In: Békési Bertold, Bottyán Zsolt, Dunai Pál, Halászné dr Tóth Alexandra, Makkay Imre, Palik Mátyás, Restás Ágoston, Wühl Tibor, Palik Mátyás (szerk.) Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek. 320 p. Budapest, Nemzeti Közszerkeleti Egyetem, 2013. pp. 193-217. ISBN:9789630869232.
- [11] KAZI KÁROLY: Magyar fejlesztésű, teljesen automatizált UAV rendszer. Repüléstudományi Közlemények Különszám. 20:3 pp. 999 – 1013. 2008. (e-dok) url: [http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012\\_cikkek/82\\_Kazi\\_Karoly.pdf](http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012_cikkek/82_Kazi_Karoly.pdf)
- [12] url:<http://meteor24.elte.hu/wrf/index.html> (A hozzáféréshez felhasználónév-jelszó szükséges)
- [13] Országos Meteorológiai Szolgálat, 2013.
- [14] url: [http://meteor24.elte.hu/~zeno/test\\_flights/20131128/flt\\_2/](http://meteor24.elte.hu/~zeno/test_flights/20131128/flt_2/)(A hozzáféréshez felhasználónév-jelszó szükséges)

---

### **ON THE METEOROLOGICAL APPLYING OF UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS I. – THE WEATHER RECONNAISSANCE**

*The numerical weather forecastings contain some mistakes which may generate serious problems in the forecasting of microphysical processes such as turbulence and icing. In order to decrease the dangers of the mentioned problems it seems to be a good decision to apply unmanned aircraft systems which are equipped with an adequate meteorological sensor system. These UASs are able to produce exact real-time meteorological information during their flight for the operational forecasters. In our work we show the earlier meteorological reconnaissance experiments were made by UASs in Hungary. On the other hand we also present a recommendation about a complex meteorological sensor system which can be applied onboard an meteorological UAS. Finally we present our results are based on the experimental measurements were made by our Hungarian meteorological UAS, too.*

**Keywords:** aviation meteorology, meteorological support, weather reconnaissance, unmanned aircraft system (UAS)

---

---

Dr. BOTTYÁN Zsolt, PhD  
egyetemi docens  
Nemzeti Közszolgálati Egyetem  
Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék  
bottyán.zsolt@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0003-0729-2774

---

Dr. BOTTYAN Zsolt, PhD  
associate professor  
National University of Public Service  
Department of Aerospace Controller and Pilot Training  
bottyán.zsolt@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0003-0729-2774

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-03-0331-Bottyán\\_Zsolt.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-03-0331-Bottyán_Zsolt.pdf)

Pokorádi László

## KARBANTARTÁSI FOLYAMAT SZIMULÁCIÓS ÉRZÉKENYSÉG ELEMZÉSE

*Technikai rendszerek üzemeltetése egy, a berendezésekre, azok üzemeltetését, karbantartását, előkészítését és javításukat végző személyekre és eszközökre, illetve annak irányítására szolgáló utasításokra épülő sztochasztikus folyamat. Matematikai szempontból az üzemeltetés egy diszkrét állapotterű, utóhatásmentes sztochasztikus folyamat, így azt Markov-lánccal lehet matematikailag leírni. Az átmeneti valószínűségi mátrix felállítása után, mátrix-algebrai eszközök segítségével tudjuk a vizsgált folyamatot rendszerszemléletű megközelítéssel elemezni. A tanulmány célja bemutatni az úgynevezett beállt karbantartás folyamatok sztochasztikus modelljének felhasználásának történő érzékenységelemzésének lehetőségeit egy esettanulmányon keresztül.*

**Kulcsszavak:** üzemeltetés; rendelkezésre állás; sztochasztikus modell; Markov-folyamat; érzékenységelemzés

### 1. BEVEZETÉS

A műszaki gyakorlat egyik fő területe a különböző technikai berendezések, rendszerek és létesítmények üzemeltetése, karbantartása. Az üzemeltetés tágabb értelemben a technikai eszközök használatának, különböző szintű kiszolgálásának és javításának összetett folyamata. Egy technikai eszköz üzemeltetése az eszközzel, vagy annak valamely rendszerével, berendezésével a gyártás és a kiselejtezés között törtétek összessége. Ez a valós, technikai folyamat matematikai szempontból sztochasztikus (véletlen) folyamatnak tekinthető.

Az olyan sztochasztikus folyamatot, amelynek jövőbeli alakulását a múltbeli alakulása csak a jelen állapoton keresztül befolyásolja, azaz amely utóhatásmentes, Markov folyamatnak nevezük [4]. Másképpen megfogalmazva: amikor az adott véletlen folyamat jövőbeni lefolyását csak a jelen állapot határozza meg [11].

Az üzemeltetési folyamatok rendszerszemléletű vizsgálata esetén megállapítható, hogy az egyes, jól definiált állapotokból való távozások (például meghibásodások) függetlenek az előzőekben törtétektől. Ezen tulajdonság alapján a technikai eszközök üzemeltetési folyamata Markov folyamatnak tekinthető és így matematikailag úgynevezett Markov-lánccal modellezhető [10].

Egy üzemeltetési rendszerről vagy annak valamely belső folyamatáról, illetve azok irányításának hatékonyságáról bizonyos jellemzők ismeretében dönthetünk. Ilyen jellemző lehet például az egységnyi üzemidőre eső karbantartási, javítási költség, kiszolgálási munkaigény, vagy az eszköz rendelkezésre állásának mértéke. Ezen jellemzők meghatározása az adott üzemeltetési folyamat rendszerszemléletű esetén, annak folytonos idejű, diszkrét állapotterű markovi modelljeinek segítségével történhet [6]. Erre láthatunk különböző példákat Békési és szerzőtársai [1], [2] és [3] publikációiban.

Az üzemeltetési folyamatok valószínűségi modellezéséhez szükséges matematikai ismeretek, többek közt, Bharucha-Reid [4], Karlin és Taylor [5], Wentzel és Ovcsarov [11], valamint Pokorádi [7] könyveiben olvashatóak.

Az üzemeltetési folyamat sztochasztikus matematikai modellje felhasználható a vizsgált üzemeltetési rendszer szimulációs érzékenységvizsgálatának elvégzésére. Ezen elemzés lényege, hogy a független változók értékeinek megváltoztatásával szimuláljuk az üzemeltetési körülmények, technológiák vagy az üzemeltetett technikai rendszer konstrukciójának megváltozását, pontosabban azok hatását az üzemeltetési állapotváltásokra. Ekkor a felállított matematikai modell felhasználásával meghatározható, hogy miként fognak változni a függő változók, azaz a vizsgált rendszer kimenő jellemzői. Így az elemzés megmutatja a rendszer (a névleges értékhez viszonyított) relatív érzékenységét a különféle modellezett paraméter-eltérésre, vagy eltérésekre.

Jelen tanulmány az üzemeltetési folyamatok, rendszerek érzékenységvizsgálatának szimulációs módszerének mutatja be egy esettanulmányon keresztül. A Szerző célja egy olyan korszerű elemzési eljárás kidolgozása a gyakorló karbantartási szakemberek számára, mellyel meg tudják határozni, hogy a konstrukció vagy a javítási, karbantartási technológiai változtatással lehet eredményesen növelni a karbantartás, üzemeltetés hatékonyságát, illetve gazdaságosságát.

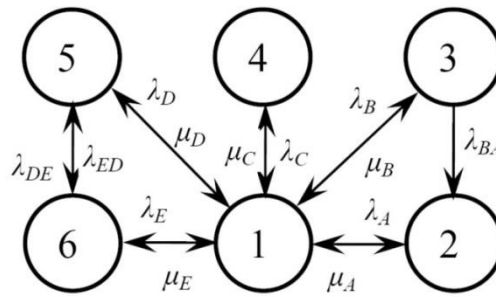
A dolgozat az alábbi fejezetekből áll: A 2. fejezet a beállt üzemeltetési folyamatok sztochasztikus modelljének felállítását mutatja be röviden. A 3. fejezetben a szimulációs érzékenységelemzés módszere ismerhető meg egy vizsgált üzemeltetési folyamat példáján keresztül. A 4. fejezet a szimulációs érzékenységelemzés eredményeit, valamint az eredményekből levonható következtetéseket írja le. Végezetül a Szerző összegzi a tanulmányt.

## 2. KARBANTARTÁSI FOLYAMAT SZTOCHASZTIKUS MODELLEZÉSE

Az úgynevezett beállt üzemeltetési, karbantartási folyamatokat stacioner Markov folyamattal tudjuk matematikailag modellezni [7]. Beállt üzemeltetési folyamaton olyan folyamatot értünk, ahol a különféle állapotváltási – főleg a meghibásodási – valószínűségek időben nem (vagy csak elhanyagolható mértékben) változnak. Ilyen üzemeltetési folyamatot tapasztalhatunk a bejáratási és a kiöregedési szakaszok között, ha már nem lép fel jelentős változás az üzemeltetési körülményekben [9]. A kidolgozott vizsgálati eljárást egy mintapélda megoldásán keresztül szemléltetjük.

A karbantartási folyamat stacioner valószínűségi modelljének felállítását a gráf modell felrajzolásával kezdjük. A folyamatot súlyozott élű, irányított gráffal tudjuk szemléltetni, ahol az élek súlyát az állapotváltási valószínűség sűrűségek (meghibásodási, illetve javítási ráták) adják meg [8]. A folyamatot az 1. ábrán látható súlyozott élű, irányított gráffal szemléltetjük.

Egy speciális rendszer egyik berendezésének üzemeltetése során négy eltérő fő típusú – adott részegységekhez köthető – meghibásodást tapasztaltak (**A**; **B**; **D**; **E**), melyek a leállások körülbelül 94 %-t okozzák. A többi, nem szignifikáns mértékű meghibásodások javítását a **C** típusú meghibásodás javításaként kezeljük. A **B** típusú hiba javítása közben gyakran feltárták a szerelők, hogy az **A** típusú hiba fellépése is hamarosan bekövetkezhet. Hasonló (de „oda-vissza”) jelenségeket tapasztaltak a **D** és az **E** típusú meghibásodások javítása során is. Ekkor, megelőzési céllal, a másik típusú hibát kiváltó részegység javítását is elvégezték a karbantartók. A üzemeltetési adatok statisztikai elemzése kimutatta, hogy a meghibásodások bekövetkezési gyakoriságai exponenciális jellegű eloszlásokkal bírnak és a gyártósor működési idejétől függetlenek. A meghibásodások és a javításaik statisztikai főbb adatait az 1. táblázat tartalmazza.



1. ábra A folyamat gráf modellje

- 1 – rendeltetésszerű használat; 2 – A típusú meghibásodás javítása;
- 3 – B típusú meghibásodás javítása; 4 – C típusú meghibásodás javítása;
- 5 – D típusú meghibásodás javítása; 6 – E típusú meghibásodás javítása

Az adatok elemzése alapján kijelenthető a folyamatról, hogy annak úgynevezett sztochasztikus modellje felállítható, és azzal elemezhető. A gráf modell szerint a Kolmogorov-féle differenciál-egyenletrendszer – mely az állapotokban való tartózkodás valószínűségeinek időbeni változását írja le – az alábbi módon adható meg:

$$\begin{aligned}
 \frac{dP_1}{d\tau} &= m_{11}P_1 + m_{12}P_2 + m_{13}P_3 + m_{14}P_4 + m_{15}P_5 + m_{16}P_6 \\
 \frac{dP_2}{d\tau} &= m_{21}P_1 + m_{22}P_2 + m_{23}P_3 \\
 \frac{dP_3}{d\tau} &= m_{31}P_1 + m_{33}P_3 \\
 \frac{dP_4}{d\tau} &= m_{41}P_1 + m_{44}P_4 \\
 \frac{dP_5}{d\tau} &= m_{51}P_1 + m_{55}P_5 + m_{56}P_6 \\
 \frac{dP_6}{d\tau} &= m_{61}P_1 + m_{65}P_5 + m_{66}P_6
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

ahol:  $m_{ij}$  az állapotváltási intenzitások, melynek értékeit a 2. táblázat tartalmazza.

Meghibásodás	A	B	C	D	E
Meghibásodások közti átlagidő MTTF [óra]	1316,3	892,8	1339,4	1410,1	1396,4
Meghibásodási ráta $\lambda$ [óra <sup>-1</sup> ]	$7,597 \cdot 10^{-4}$	$1,1201 \cdot 10^{-3}$	$7,466 \cdot 10^{-4}$	$7,0917 \cdot 10^{-4}$	$7,1613 \cdot 10^{-4}$
Javítási átlagidő MTTR [óra]	7,08	9,63	2,14	8,21	7,62
Javítási ráta $\mu$ [óra <sup>-1</sup> ]	0,14124	0,10384	0,46729	0,1218	0,13123
Átl. javítási költség $rc_i$ [€]	150,2	115,4	98,7	210,8	352,4
Átlagos munkaigény $rw_i$ [munkaóra]	14,16	14,45	5,35	24,63	17,5
$\lambda_{ij}$ [óra <sup>-1</sup> ]	–	0,427	–	0,613	0,524

1. táblázat Statisztikai elemzés főbb adatai



$m_{11} = -(\lambda_A + \lambda_B + \lambda_C + \lambda_D + \lambda_E)$	$m_{12} = \mu_A$
$m_{13} = \mu_B$	$m_{14} = \mu_C$
$m_{15} = \mu_D$	$m_{16} = \mu_E$
$m_{21} = \lambda_A$	$m_{22} = -\mu_A$
$m_{23} = \lambda_{BA}$	$m_{31} = \lambda_B$
$m_{33} = -(\mu_B + \lambda_{BA})$	$m_{41} = \lambda_C$
$m_{44} = -\mu_C$	$m_{51} = \lambda_D$
$m_{55} = -(\mu_D + \lambda_{DE})$	$m_{56} = \lambda_{ED}$
$m_{61} = \lambda_E$	$m_{65} = \lambda_{DE}$
$m_{66} = -(\mu_E + \lambda_{ED})$	

2. táblázat Állapotváltási sűrűségek

Mivel az általunk vizsgált folyamatot beálltnak, azaz időben változatlanoknak tekintjük, így az állapotokban való tartózkodási valószínűségek időszerinti deriváltjainak zérusnak kell lenniük, azaz:

$$\frac{dP_1}{d\tau} = \frac{dP_2}{d\tau} = \frac{dP_3}{d\tau} = \frac{dP_4}{d\tau} = \frac{dP_5}{d\tau} = \frac{dP_6}{d\tau} = 0 \quad . \quad (2)$$

Ekkor az (1) egyenlet mátrixalakban is felírható:

$$\mathbf{0} = \mathbf{M}\mathbf{p} \quad , \quad (3)$$

ahol:

$\mathbf{0}$  – null vektor:

$$\mathbf{0}^T = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \quad ;$$

$\mathbf{M}$  – az (1) lineáris egyenletrendszer együtthatómátrixa:

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & 0 & 0 & 0 \\ m_{31} & 0 & m_{33} & 0 & 0 & 0 \\ m_{41} & 0 & 0 & m_{44} & 0 & 0 \\ m_{51} & 0 & 0 & 0 & m_{55} & m_{56} \\ m_{61} & 0 & 0 & 0 & m_{65} & m_{66} \end{bmatrix} \quad , \quad (4)$$

$\mathbf{p}$  – az állapotokban való tartózkodások valószínűségvektora:

$$\mathbf{p}^T = [P_1 \ P_2 \ P_3 \ P_4 \ P_5 \ P_6] \quad . \quad (5)$$

A megoldás további feltétele az is, hogy

$$\sum_{i=1}^6 P_i(\tau) = 1 \quad , \quad (6)$$

amely azt fejezi ki, hogy az üzemeltetés tárgya csak a fenti hat állapot (melyek esetünkben a

teljes eseményteret alkotják) valamelyikében tartózkodhat.

Az egyenletrendszer megoldásakor problémaként jelentkezett, hogy a numerikus algoritmusok könnyen a  $\mathbf{p} = \mathbf{0}$  triviális megoldást adják (vagy adhatják) meg. Mivel a Szerző kutatási célja egy könnyen algoritmizálható vizsgálati eljárás kidolgozása volt, ezért a fenti eljárást módosította – lásd a [6] és [7] irodalmak. Az  $N$ -ismeretlenes (esetünkben hat-ismeretlenes) egyenletrendszert  $N+1$ -ismeretlenesre alakította át. Az állapotokban tartózkodások valószínűségeinek vektora  $N+1$ -edik elemének a teljes eseménytér bekövetkezésének valószínűségét – a (6) egyenletet – tekintve. Így a (3) egyenlet az alábbi alakura módosult:

$$\begin{bmatrix} & & & 1 \\ & \mathbf{M} & & \vdots \\ & & & 1 \\ 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1 \\ \vdots \\ P_N \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} . \quad (7)$$

Ez a lineáris egyenletrendszer már bármely ismert numerikus módszerrel kapott eredménye a (3) egyenlet triviálistól eltérő megoldása lesz.

A fenti egyenletrendszer 1. táblázat értékeinek felhasználásával történő megoldása az alábbi állapotokban való tartózkodási valószínűségeket jelenti:

$$\begin{aligned} P_1 &= 9,7399 \cdot 10^{-1}; & P_2 &= 1,1452 \cdot 10^{-2}; \\ P_3 &= 2,0551 \cdot 10^{-3}; & P_4 &= 1,5562 \cdot 10^{-3}; \\ P_5 &= 5,1048 \cdot 10^{-3}; & P_6 &= 5,8403 \cdot 10^{-3}. \end{aligned}$$

A fenti eredmény alapján elsősorban ki tudjuk jelenteni, hogy a berendezés esetén 97,4%-os készenlétet tudunk biztosítani a jelenlegi karbantartási rendszerrel. Mivel ismertek a javítási költségek, illetve a javítási munkaigények, így prognosztizálhatjuk, egy adott  $T$  vizsgálati idő alatti  $RC_\Sigma$  javítási költséget, illetve  $WE_\Sigma$  munkaigényt. Ez az alábbi összefüggések segítségével oldható meg:

$$RC_\Sigma = T \sum_{i=2}^6 \frac{rc_i P_i}{\tau_i} , \quad (8)$$

illetve

$$WE_\Sigma = T \sum_{i=2}^6 \frac{we_i P_i}{\tau_i} , \quad (9)$$

ahol:

$rc_i$  –  $i$ -edik javítás költsége;

$we_i$  –  $i$ -edik javítás munkaigénye.

Példánk esetén 10 000 órával számolva a javítási költség: 7405,1 Euro, illetve a munkaigény: 586,05 munkaóra.

### 3. SZIMULÁCIÓS ÉRZÉKENYSÉGELEMZÉS

Az előző fejezetben felállított sztochasztikus matematikai modell felhasználható a vizsgált üzemeltetési rendszer szimulációs érzékenységvizsgálatának elvégzésére. A felállított matematikai modell felhasználásával, a (7)–(9) egyenletek megoldásával, meghatározható, hogy miként fognak változni a vizsgált üzemeltetési rendszer kimenő jellemzői.

Egy általános,  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$   $f : \mathfrak{R}^n \rightarrow \mathfrak{R}$  alakú függvény  $i$ -edik független változó szerinti érzékenységi együtthatóját analitikusan a

$$K_{x_i} = K_i = \frac{\partial f(x_1; x_2; \dots x_n)}{\partial x_i} \frac{x_i}{f(x_1; x_2; \dots x_n)} = \frac{\partial y}{\partial x_i} \frac{x_i}{y} \quad (10)$$

differenciálhányadossal határozhatjuk meg. A modell sajátosságait figyelembe véve az üzemeltetési folyamat érzékenység vizsgálatát a (10) egyenlet felhasználásával nem tudjuk elvégezni. Ezért a (10) differenciálhányadosokat

$$K_{x_i} = K_i = \frac{\Delta y}{\Delta x_i} = \frac{y(x_{i0} + \Delta x_i) - y_0}{y_0} \quad (11)$$

differencia hányadosokká módosítjuk, ahol a 0 indexek a névleges értékeket jelölik. Az előző fejezetben kiindulásként felvett és meghatározott értékeket névleges értéként kezelve a független változókat 1%-al módosítjuk, majd a kapott eredmények alapján – a (11) egyenlet felhasználásával – határozzuk meg az üzemeltetési rendszer adott független változó szembeni relatív érzékenységét.

Vizsgálatunk során a független változók a különböző a meghibásodási és javítási átlagidők. Független változók pedig az állapotban tartózkodási valószínűségek, a várható javítási költség, valamint munkaigény.

Elsőként a meghibásodásig eltelt átlagidőket módosítottuk, növeltük, így szimulálva, hogy az adott meghibásodást okozó technikai rendszer elem megbízhatóságának növelését. A szimulációkkal kapott eredmények összehasonlításával meghatározhatjuk, mely elem vagy részegység megbízhatóságának javításával érhetjük el a teljes rendszer megbízhatóságának, rendelkezésre állásának legnagyobb mértékű növelését, a javítási költségének, illetve munkaigényének csökkentését. A meghibásodásig eltelt átlagidők 1%-os csökkentésének hatását – %-ban kifejezve – a teljes rendszer rendelkezésre állásának változásait szemlélteti a 2. ábra. A 3. és 4. ábrák pedig a javítási költség, valamint a javítási munkaigény érzékenységét ábrázolja.

A következő elemzés során 1%-al csökkentettük a javítási átlagidőket, így szimulálva azt, hogy – például a javítási technológia korszerűsítésével, vagy jobb munkaszervezéssel – azok hatékonyabbá válását. A kapott eredmények alapján meg tudjuk mondani, mely karbantartási, javítási technológia korszerűsítése eredményezi leghatásosabban a rendelkezésre állás javulását, a javítási költség, vagy munkaigény csökkenését. Az 5. ábrán szemléltethetjük az üzemeltetett rendszer üzemképességi valószínűségének javítási idővel szembeni érzékenységét. A 6. és 7. ábrák grafikonjai pedig a javítási költség, illetve munkaigény relatív változásait mutatja meg, a javítási idők 1%-os csökkenése esetén.

A grafikonok jól szemléltetik a vízszintes tengelyen elhelyezett, adott függő változó (kimenő rendszerjellemező) vizsgált független változóval szembeni érzékenységének mértéke (%-ban kifejezve), valamint előjele, azaz, hogy az a jellemző csökkenni vagy növekedni fog a szimulált esetben.

## 4. KÖVETKEZTETÉSEK

Az előző fejezetekben bemutatott modellalkotási munka, majd a modell alkalmazásával elvégzett szimulációs elemzések eredményei alapján szakmai következtetéseket tudunk levonni, melyek két fő – a vizsgált rendszerrel és folyamattal, illetve a kidolgozott módszerrel kapcsolatos – csoportra oszthatóak.

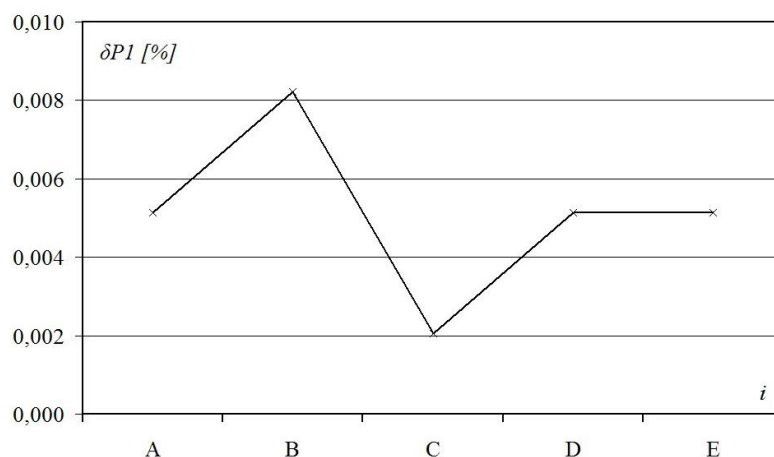
A konklúziók levonásához, a 2–7. ábrák diagramjain túl, célszerű ábrázolni a különböző javítási állapotban való tartózkodások valószínűségeinek a kiválasztott meghibásodási MTTF paraméterrel (8. ábra), illetve MTTR javítási paraméterrel (9. ábra) szembeni érzékenységét. Más szóval, a 8. ábra azt mutatja meg oszlopdigrammok formájában, hogy ha, valamelyik típusú meghibásodásig eltelt átlagidő 1%-al növekszik, hány százalékkal változnak a meghibásodási állapotokban való tartózkodások valószínűségei. A 9. ábra lényegében ugyanezt szemlélteti, de a javítások átlagidejének 1%-os csökkenése esetén.

### 4.1. A vizsgált rendszerrel kapcsolatos következtetések

Az elvégzett elemzések alapján az alábbi következtetések vonhatóak le a vizsgált rendszerrel kapcsolatban:

*Fontos felhívni arra a figyelmet, hogy az ábrázolt paraméterek abszolút értékeit kell vizsgálnunk az érzékenység mértékének megállapításakor. Ezt követően célszerű meghatároznunk a változás matematikai, majd a szakmai előjelét. Az ábrákon a  $\delta$  az adott paraméter relatív változását jelenti %-ban kifejezve.*

1.1. A rendszer rendelkezésre állása a **B** típusú meghibásodásig eltelt átlagidőre a legérzékenyebb (2. ábra).

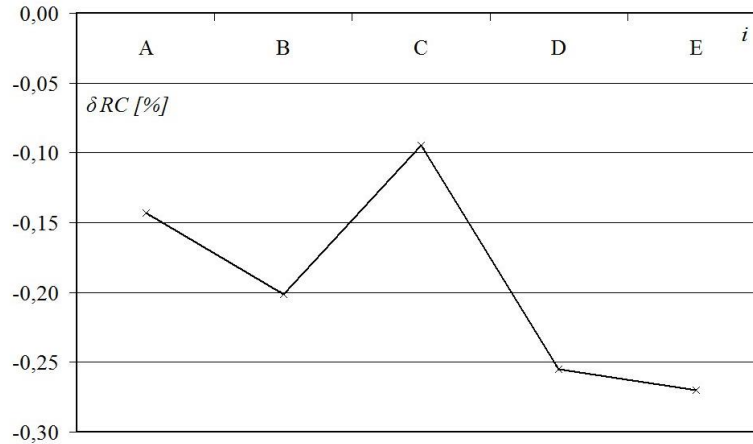


2. ábra Rendelkezésre állás érzékenységdiagramja az MTTF-ek függvényében

*Az is megállapítható, hogy a MTTF-ek növekedése mindegyik szimulált esetben a rendszer üzemképességének növelését, javítását okozza.*

1.2. A rendszer javítási költsége az **E** típusú meghibásodásig eltelt átlagidőre a legérzékenyebb (3. ábra).

Jelen esetben *MTTF*-ek növekedése mindegyik szimulált esetben a rendszer javítási költségének csökkenését okozza, ami – szakmai szempontból – pozitívnak mondható.

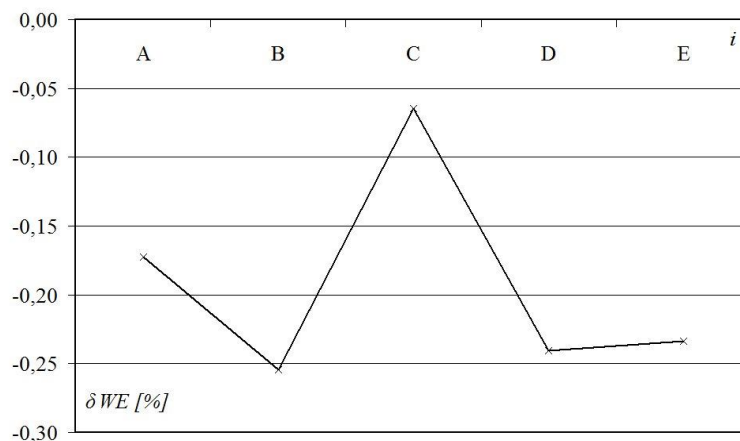


3. ábra Javítási költség érzékenységdiagramja az *MTTF*-ek függvényében

1.3. A rendszer javítási munkaigénye a **B** típusú meghibásodásig eltelt átlagidőre a legérzékenyebb (4. ábra).

Ebben az esetben is kimondható, hogy *MTTF*-ek növekedése mindegyik szimulált esetben a rendszer javítási munkaigényének csökkenését okozza, ami – üzemeltetési szempontból – pozitív. Továbbá az is megállapítható, hogy a **D** és az **E** meghibásodásokig eltelt átlagidők növekedése, növelése is jelentős mértékű rendszerszintű rendelkezésre-állás növekedés eredményezhet.

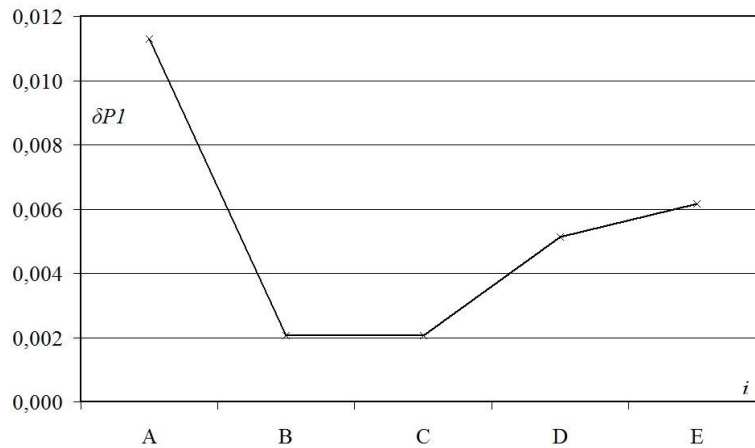
Az 1.1–1.3. következtetések azt jelentik, hogy ha a részegységek megbízhatóságának (*MTTF*) – például konstrukciós változtatással történő – javításával tervezzük növelni a rendszer megbízhatóságát, rendelkezésre állását, vagy csökkenteni javítási költségét, illetve javítási munkaigényét, akkor a legjobb eredményt az adott típusú hibát okozó részegység konstrukciós vizsgálatával célszerű kezdeni.



4. ábra Javítási munkaigény érzékenységi diagramja az *MTTF*-ek függvényében

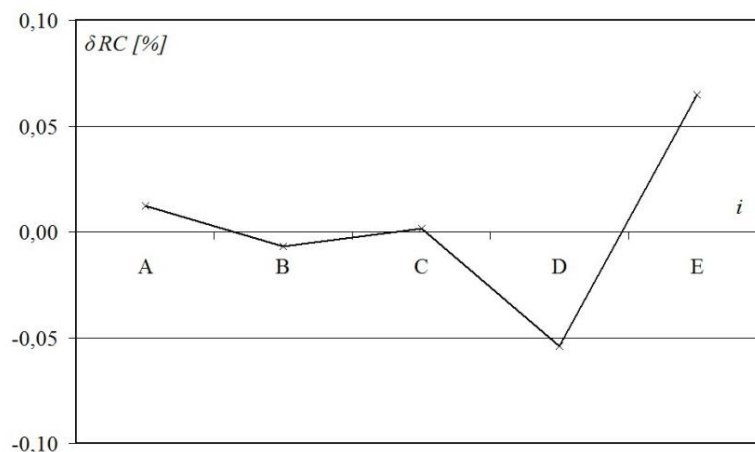
1.4. A rendszer rendelkezésre állása az **A** típusú meghibásodás javítási átlagidejére a legérzékenyebb (5. ábra).

Ez szakmai szempontból ez úgy értelmezhető, hogy az **A** meghibásodás javítási idejének – például a javítási technológia korszerűsítésével történő – csökkentése okozza a rendszer rendelkezésre állásának legnagyobb mértékű növekedését. Továbbá az is megállapítható az 5. ábrából, hogy a **MTTR**-ek csökkenése mindegyik szimulált esetben a teljes rendszer üzemképességének növelését, javítását okozza.



5. ábra Rendelkezésre állás érzékenységdiagramja az **MTTR**-ek függvényében

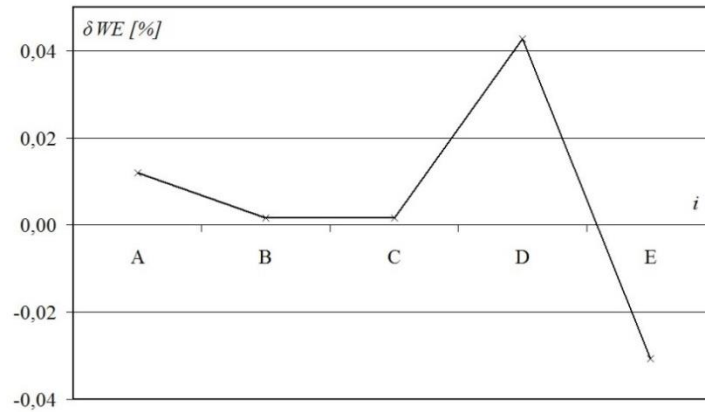
- 1.5. A rendszer javítási költsége az **E** típusú meghibásodás javítási átlagidejére a legérzékenyebb, de „negatív irányban” (6. ábra).



6. ábra Javítási költség érzékenységdiagramja az **MTTR**-ek függvényében

- 1.6. A rendszer javítási munkaigénye a **D** típusú meghibásodás javítási átlagidejére a legérzékenyebb, de „negatív irányban” (7. ábra).

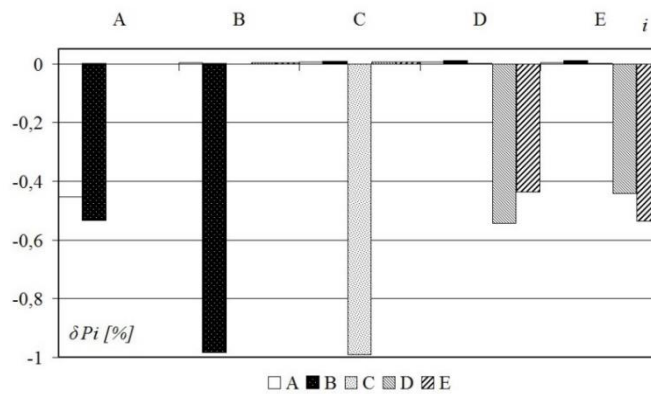
Ez a két paradox következtetés annak folyománya, hogy bármely, a rendszer megbízhatóságát növelő lépés megváltoztatja a különböző meghibásodások javításának arányát. A **D** és az **E** típusú meghibásodások során nagy valószínűséggel szükségessé válik a másik részegység meghibásodás megelőző javítása is. Mint az a 8. és 9. ábrákon látható, a **D** és az **E** meghibásodások bekövetkezései és javításuk jelentős kereszthatást gyakorolnak egymásra. A két meghibásodás javítási költsége és munkaigénye jelentős mértékű – lásd 1. táblázat. Ráadásul „fordított”. A **D** meghibásodás igényli a leghosszabb javítási időt és a nagyobb munkaigényt, míg az **E** típusú hibához köthető a legnagyobb javítási költség.



7. ábra Javítási munkaidegény érzékenységi diagramja az MTTR-ek függvényében

1.7. A javítási költség számottevő csökkentését csak a **D** típusú meghibásodás átlagidejének csökkentésével tudjuk elérni (8. ábra).

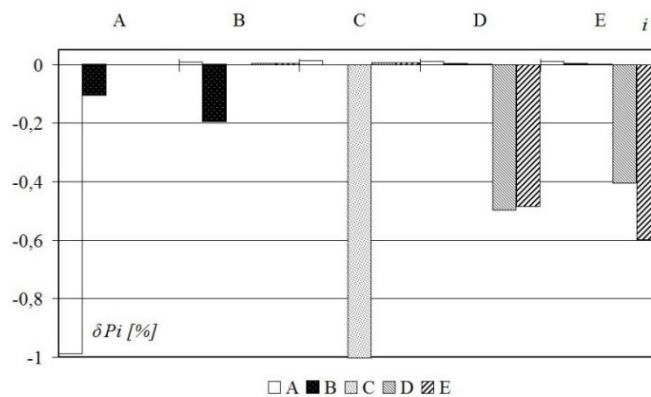
*Ennél az elemzésnél azt tapasztalhatjuk, hogy az A és az E meghibásodások javítási átlagidejének csökkenése – ha kis mértékben is –, de a teljes javítási költség növekedését okozza, míg a C típusú javítás nincs hatással a rendszer javítási költségére.*



8. ábra Az állapotokban való tartózkodások érzékenység diagramja az MTTF-ek függvényében

1.8. A javítási munkaidegény csökkentését csak az **E** típusú meghibásodás átlagidejének csökkentésével tudjuk elérni (9. ábra).

*Ebben az esetben a többi meghibásodás javítási idejének csökkenése minimális mértékben növeli a teljes javítási munkaidőt.*



9. ábra Az állapotokban való tartózkodások érzékenység diagramja az MTTR-ek függvényében

## 4.2. A kidolgozott módszerrel kapcsolatos következtetések

Az elvégzett modellalkotás és elemzések, valamint a fentiekben levont konklúziók alapján az alábbi következtetések vonhatóak le a kidolgozott módszerrel kapcsolatban:

2.1. Helyes döntésnek bizonyult a modellalkotás során, hogy a nem szignifikáns mértékű meghibásodásokat egy (C) üzemeltetési állapotnak tekintettük.

*A 2 – 7. ábrák grafikonjain látható, a C típusú meghibásodással szemben bírnak a legkisebb érzékenységgel a rendszer kimenő paraméterei. Ezzel egy időben a 8. és 9. ábrák oszlopdiagramjai egyértelműen szemléltetik, hogy a C meghibásodás MTTF és MTTR paramétereinek változása gyakorlatilag nincsenek hatással a többi javítási állapotban való tartózkodások valószínűségeire.*

2.2. A kidolgozott eljárás alkalmas a beállt üzemeltetési folyamatok szimulációs érzékenységvizsgálatának elvégzésére.

*A szimulációs vizsgálat eredményei rámutatnak arra, hogy a rendszerben komplex jellegű egymásra-hatások, kölcsönös függőségek találhatóak. Könnyen lehetséges, hogy ezek kapcsolatok egy „lineáris elemzéssel”, egyszerű szemrevételezéssel rejtve maradnak, és így nem megfelelő döntések születnek.*

2.3. A bemutatott eljárás továbbfejleszthető.

*Például a termelési nyereség ismeretében nem csak a rendelkezésre állás, hanem a várható bevétel változása, érzékenysége is meghatározható. Ebben az esetben egy üzemeltetési költség-bevétel érzékenységelemzés is elvégezhető. Jelen tanulmányban, az adatok hiánya miatt ettől eltekintettünk.*

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány bemutatta a beállt üzemeltetési folyamatok sztochasztikus szimulációs érzékenységelemzésének módszerét. A javasolt elemzési eljárás alkalmas a karbantartási rendszer hatékonyságának növeléséhez szükséges döntések támogatására. Továbbá felhasználható a technikai rendszer konstrukciójának az üzemeltetése szempontjából történő javítási feladatainak meghatározására.

A rövid elméleti leíráson túl, egy minta példán keresztül, az eljárás gyakorlati alkalmazási lehetőségét is szemléltettük és leírtuk a szimulációs elemzés eredményeiből levonható szakmai következtetéseket.

A Szerző célja az üzemeltetési, karbantartási menedzsment döntéshozatalát támogató további matematikai modellezésen alapuló rendszerelemzési eljárások kidolgozása.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BÉKÉSI BERTOLD, ZSIGMOND GYULA: An applicable method of analysis of the failures of aircraft systems. Proceedings of the 11th International Conference: Transport Means 2007. Kaunas, Technologija, 2007. pp. 226-229.
- [2] BÉKÉSI BERTOLD, NOVÁK MÁTYÁS, KÁRPÁTI ATTILA, ZSIGMOND GYULA: Investigation of the Reliability of UAVs. Proceedings of the 16th International Conference: Transport Means 2012. Kaunas, Technologija, 2012. pp. 101-103.
- [3] BÉKÉSI BERTOLD, NOVÁK MÁTYÁS, KÁRPÁTI ATTILA, ZSIGMOND GYULA: Egyszerűsített



- UAV irányító rendszer megbízhatósági vizsgálata. Repüléstudományi Közlemények 2013/2, pp. 224-231.
- [4] BHARUCHA-REID A.T.: Elements of the Theory of Markov Processes and Their Applications, McGraw-Hill, New York, 1960.
- [5] KARLIN S., TAYLOR H.M.: Sztochasztikus folyamatok, Gondolat, Budapest, 1985.
- [6] POKORÁDI LÁSZLÓ: AvailabilityAssessmentBasedonStochasticMaintenanceProcessModeling”, Debreceni Műszaki Közlemények 2013/1, pp 37-46. (e-dok.) url: [http://www.eng.unideb.hu/userdir/dmk/docs/20131/13\\_1\\_04.pdf](http://www.eng.unideb.hu/userdir/dmk/docs/20131/13_1_04.pdf) (2015.12.20)
- [7] POKORÁDI LÁSZLÓ: Rendszerek és folyamatok modellezése, Campus Kiadó, Debrecen, 2008.
- [8] POKORÁDI LÁSZLÓ: Üzemeltetési folyamat gráfmodellezése, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2014/2, pp. pp. 224-231. (e-dok.) url: [http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2014\\_cikkek/2014-2-19-0114\\_Pokoradi\\_Laszlo.pdf](http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2014_cikkek/2014-2-19-0114_Pokoradi_Laszlo.pdf) (2015.12.20)
- [9] POKORÁDI LÁSZLÓ: Markovian Modeling Wartime Operation of Military Aircraft, "International Aerospace Congress 1997", Sydney, Australia, Volume 2, p. 537–549.
- [10] ROHÁCS JÓZSEF, SIMON ISTVÁN: Repülőgépek üzemeltetési zsebkönyve. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1989.
- [11] WENTZEL E., OVCHAROV L.: Applied Problems in Probability Theory, Mir Publisher, Moscow, 1986.
- 

### **SIMULATION-BASED SENSITIVITY ANALYSIS OF MAINTENANCE PROCESS**

*The operation of a technical system is a stochastic process based upon the equipment, its maintenance, its preparation, and also the personnel carrying out repair, and the regulations for the whole process. From the mathematical point of view, maintenance of manufacturing equipment is a discrete state space stochastic process without after-effects, so it can be modeled as a Markov-chain. After determination of probability densities of changes of operational states and setting up the transition probability matrix, a matrix-algebraic method can be used for investigating these processes with systems approach analysis. This paper is aimed to discuss the possibilities of the use of simulation-based sensitivity analysis of maintenance systems and processes. The proposed method can help decision making in maintenance management.*

**Keywords:** maintenance; availability; stochastic modeling; Markov-process sensitivity analysis

---

---

POKORÁDI László (CSc)  
egyetemi tanár  
Óbudai Egyetem  
Bánki Donát Gépész és Biztonságttechnikai Mérnöki  
Kar  
[pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu](mailto:pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu)  
[orcid.org/0000-0003-2857-1887](http://orcid.org/0000-0003-2857-1887)

---

POKORÁDI László (CSc)  
Full professor  
Óbuda University  
Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety  
Engineering  
[pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu](mailto:pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu)  
[orcid.org/0000-0003-2857-1887](http://orcid.org/0000-0003-2857-1887)

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-04-0256-Pokoradi\\_Laszlo.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-04-0256-Pokoradi_Laszlo.pdf)

Bera József, Bera Bálint

## HELYZETELEMZÉS REPÜLŐTÉR ÉS ZAJTERHELÉS ÖSSZEFÜGGÉSEIRŐL

*A környezetvédelmi elemzések az aktuális feladat függvényében kitérnek a vizsgálatba vont környezeti helyzet feltárására, az ok-okozati összefüggések és a környezeti igénybevételben bekövetkező változások megismerése azonban rendszerint a háttérbe szorul. Nincs ez másképp a légi közlekedés és a repülőtér üzemeltetés vonatkozásában sem. A légi forgalomból eredő környezetterhelést a legtöbb ember a zajterheléssel hozza összefüggésbe, az elfogadható környezeti állapotot a zajhatáson keresztül ítéli meg. Ennek következménye, hogy a kíméletes környezet-használtnál egyéni és társadalmi szinten egyaránt a zajterhelés kerül középpontba. Ez kérdések sorát veti fel, mivel a környezethasználó és az érintett környezet alanyai között szinte folyamatos a zaj miatti konfliktus. A környezeti párbeszédkonfliktus kezelése megkívánja a tényleges, repüléssel összefüggő zajhelyzet és légi forgalom vizsgálatát, ebben a vonatkozásban elvégzett méréseink eredményeiről számolunk be az alábbiakban.*

**Kulcsszavak:** repülőtér, légi közlekedés, környezeti zaj, kíméletes környezethasználat.

### 1. BEVEZETÉS

Se szeri se száma azoknak a frappáns mondatoknak, melyek a környezetvédelem jelentőségére hívják fel valamilyen formában a figyelmet. A legtöbb ember egyet is ért ezekkel a mondatokkal, majd változatlan módon használja, sok esetben terheli környezetét élete során. A „klímaváltozás, mint legsürgetőbb fenyegetés” – „az ember eleve a természet része” – „minden gramm családi ékszerre jut egy tonna hulladék” – „lassan sikerül magunk körül mindent tönkretenni” – „ezt a bolygót nem a szüleinktől örököltük” – „a Föld nem az emberé, ő csak egy parányi része” és az ehhez hasonló szlogenek ma már olyan emberek mondatai, akik mesterségüket és életüket tekintve mással foglalkoznak, nem a környezet védelmével.

Írók, költők, filmszínészek és politikusok mutatnak rá időről-időre a környezetvédelemre, miközben a kritikával illetett környezethasználat más emberekhez hasonlóan részükről sem változik meg jelentős mértékben. Modern korunk vívmányait veszik igénybe ők is, természetes számukra az összkomfortos élettér, a mindig és mindenhol rendelkezésre álló energia, valamint az utazás lehetősége. Elfáradtál vagy nyugalomra vágysz a munka után? Vagy csak egy díjat kell átvenned a világ egy távoli pontján? Esetleg szórakozni, nyaralni vagy síelni szeretnél? A kiválasztott úti cél megközelítésében ma már nincs akadály.

Rendelkezésre állnak mindazon közlekedési eszközök, melyek bárkit eljuttatnak a világ bármely pontjára, de szűkebb környezetében is több lehetőség közül választva, valamilyen járművel utazás mellett dönt a legtöbb ember. Ezek a lehetőségek a közlekedési rendszerek rendelkezésre állásával vannak összefüggésben, mely rendszerek részeként kell említeni a légiközlekedést is. A repülés az emberi élet meghatározó elemévé nőtte ki magát, a megnövekedett utazási távolság és a lerövidült utazási idő a civilizációs társadalom szerves részeként jelenik meg. Kijelenthetjük, hogy repülés nélkül sérülnének a társadalmi folyamatok, több szempontból is összeomláshoz vezetne a légi közlekedés hiánya.

A légi közlekedés ugyanakkor nemcsak rendelkezésre áll, a folyamatos technikai fejlődés egyik mozgatórugójaként is tekinthetünk rá. Eközben az emberi élet összetettségét tekintve sok esetben nem a környezethasználat miatt kerül a figyelem középpontjába, hanem a környezetbiztonság szempontjából kap vezető szerepet egy-egy kitűzött utazási vagy szállítványozási, esetenként biztonsági és mentési feladat végrehajtásában. Környezetbiztonság oldaláról megközelítve mind a repüléssel és a légi közlekedés létesítményeivel, mind a rendelkezésre állással kapcsolatban látni kell, hogy más közlekedési ágazatokhoz hasonlóan a repülés funkciója is kiegészült több, a környezetvédelmet is érintő tényezővel.

Ezek egyrészt azok a jellemzők, melyek más közlekedési rendszerekhez képest a környezeti hatékonyság szempontjából kedvezőbbek, másrészt a 21. századra megjelent a kiépítettség és a meglévő létesítmények fenntartásának szükségessége, ami a használat esetleges visszaszorításából keletkező környezeti károkkal van összefüggésben. Globálisan és egy-egy régió szintjén is megjelenő új környezetvédelmi szempont, hogy kedvezőbb a meglévő közlekedési rendszerek kíméletes környezethasználat melletti fenntartása, mint az esetleges felhagyás és a tevékenység korlátozása. Hiszen egy közlekedési lehetőség, például a repülés visszaszorításával az utazási és szállítási igény még nem változik, csak kényszerűen átterelődik egy másik közlekedési mód felé, ahol nincs megfelelő kapacitás.

Mit kezdünk tehát a napjainkra kialakult környezeti problémával, miközben rendelkezésre állnak azok a létesítmények, melyek az emberiség növekvő utazási és szállítási igényeit szolgálják nap, mint nap? A kérdés megválaszolása a repülőterek üzemeltetésére és a légi közlekedésre is kiterjed, ami olyan kutatások elvégzését igényli, melyek a tényleges környezeti állapotot tárják fel a környezethasználat és a környezeti állapottényezők változásainak együttes értékelésével.

## 2. KÖRNYEZET ÉS REPÜLÉS KAPCSOLATA

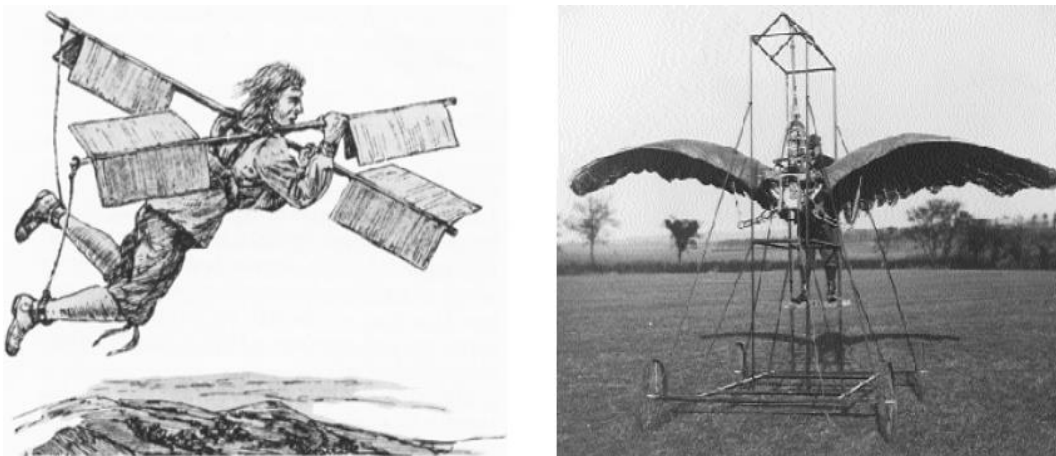
Mindaddig, amíg a levegőben maradás megvalósítása volt a kitűzött cél, nem számított a környezetvédelem. Nem is lehetett megfogalmazni környezetvédelmi szempontokat, amikor a repülés még gyerekcipőben járt, az úgynevezett hőskor nem képviselt olyan változásokat, melyek kihatottak volna a környezetre. Hosszú volt az út, mire a mai légiközlekedési eszközök és a repülés létesítményei kialakultak. Később eljött az idő, amikor egyértelművé vált, hogy a technikai fejlettség környezetvédelem nélkül ellenszenvet vált ki a környezetben, a repüléssel szemben is kialakult egyfajta ellenállás azok részéről, akik repülőtér vagy leszállóhely közelében élnek. Mindez már olyan konfliktushelyzet kialakulásához vezetett, amit csak kétoldalú szabályozással, illetve a *kompromisszum feltétel* érvényesítésével [1] lehet kezelhetővé tenni. A környezet és repülés kapcsolatát célszerű abból az irányból vizsgálni, hogy azok mikor és milyen jellemzők mellett jelentek meg az ember történelmében.

### 2.1. A repülés, mint környezeti hatás

Az ember először a madarakhoz hasonlóan szeretett volna a repülni, de ehhez nem rendelkezett a szükséges adottságokkal. Ezért jelenítette meg azokat a repülő isteneket, akik állatok hátán, vagy szárnyak segítségével repkedtek. Mivel a légi utazás gondolata – megfigyelések alapján – a madarakhoz kapcsolódott, az ember számára a madarak jelentették a példát a levegőbe emelkedéshez, az első kísérletezők is a madarak röptét utánozták, jellemzően sikertelenül. Ezt az

utat követte az ókor embere is, a repülés klasszikus megvalósításakor a görög Daidalosz és Ikarosz történetét említjük. Ők fogságból való szabadulásukhoz szárnyakat készítettek, melyben a tollakat viasszal és mézzel rögzítették egymáshoz. Útközben azonban Ikarosz túl közel repült a Naphoz, miáltal a viasz megolvadt és a tollak kilazultak a szárnyakból, majd Ikarosz a tengerbe zuhant.

A középkorból is maradt ránk olyan írás, ami arról tanúskodik, hogy mesterséges repülő szerkezet építését fontolgatták az akkori gondolkodók. Ezek a szerkezetek az ember által megszerkesztett szárnyak voltak, melyek csapdosták a levegőt. Ezek a kísérletek sem hoztak sok sikert a repülési vágyalom megvalósításában, amit III. Nagy Iván orosz cár és moszkvai nagyfejedelem (1440–1505) úgy értékelt egy bátor, de sikertelen repülési kísérlet után, miszerint „az ember nem madár, hogy szárnya legyen, ha mégis készít magának fából szárnyakat, a természet ellen cselekszik”. Csapkodó szárnyas kísérletek láthatók az *1. ábrán*.



1. ábra Csapkodó szárnyas repülési kísérletek [2]

Annak ellenére, hogy a csapkodó szárnyú szerkezetek alkalmatlannak bizonyultak a repülésre és az ember légi úton való szállítására, az akkori gondolkodók nem ingottak meg. Ezt igazolja Sir George Cayley (1773–1857) munkássága, aki úttörő szerephez jutott a siklórepülőgép felépítésével és a repülési stabilitás igazolásával. A siklórepülőgépek fejlesztésének azonban jelentős akadálya volt a meghajtáshoz szükséges erőforrás hiánya. Az erőforrás a kezdetekben a gőzgépen alapult, az első szabadalom 1842-ben született meg, amikor William Samuel Henson angol mérnök (1812–1888) bemutatta az első gőzmeghajtású repülőgépet.

Nagy előrelépés a 19. század végén és a 20. század elején következett be, amikor Franciaország vált a repülőgép fejlesztés központjává. De említést kell tenni Alekszandr Fjodorovics Mozsajszkij orosz tengerésztiszt, ellentengernagy (1825–1890) találmányáról is. Mozsajszkij bizonyítottan 1882. július 20-án mutatta be néhány tíz méteres repülésre alkalmas motoros repülőszerkezetét. A repülőgépet egy 10 lóerős gőzgép hozta mozgásba és a levegőbe emelkedést követően 20–30 méteres repülési távolságot tett meg.

A hivatalos iratok alapján a történelem első nyilvános motoros meghajtású repülését Wilbur Wright (1867–1912) és Orville Wright (1871–1948) hajtotta végre 1903. december 17-én az amerikai Kitty Hawkban, amit az első nyilvános repülésként tart számon a történelem. Orville 39 métert repült 12 másodperc alatt, Wilbur 279 métert repült 59 másodperc alatt.

A Flyer I elnevezéssel említett repülőgépük 340 kg volt és egy 12 lóerős, 77 kg tömegű motor hajtotta. Munkásságuk egyik jelentősége, hogy a repülőgép irányíthatóságára is hangsúlyt helyeztek, ami tartós repülést tett lehetővé. Sikereiket mutatja, hogy a világ legképzettebb vitorlázó pilótái voltak, illetve ők már repülőteret alakítottak ki Dayton közelében. A repülőgépük a 2. ábrán látható.



2. ábra Wilbur és Orville Wright repülőgépe [3]

A motoros repülés ettől fogva fokozatosan tért hódított az egész világon, a motorgyártás és a sárkányfejlesztés megélénkült, a minőségi jellemzők évről-évre javultak. Már a kezdeti fejlődési tendenciát is jól szemlélteti, hogy Igor Ivanovics Szikorszkij (1889-1972) Oroszországban, tíz esztendővel az első repülőgép felszállása után, 1913-ban megépítette az első többmotoros repülőgépet. Az ő nevéhez fűződik az első többmotoros utasszállító repülőgép 1914-es megépítése is, illetve az első sorozatban gyártott helikopter, a Sikorsky R-4, 1942-ben. Megkezdődött tehát a repülés folyamatos fejlődése, amiből a magyarok sem maradhattak ki.

Magyarországon az első, repülőgéppel levegőbe emelkedő ember a Budapestre látogató Louis Blériot (1872–1936) francia konstruktőr és pilóta volt 1909. október 14-én. Ezt hamar követte egy másik, már magyar kötődésű esemény. Adorján János (1882–1964) gépészmérnök 1910. január 10-én felszállt az első minden szerkezeti elemét tekintve magyar tervezésű Libelle nevű repülőgéppel. A repülőgép kéthengeres és 18,4 kW-os motorját Dedics Ferenc tervezte és készítette. A legjelentősebb magyar géptervező-aviatikus Zsélyi Aladár (1883–1914) gépészmérnök volt, aki Magyarországon elsőként készített aerodinamikai és szilárdságtani számítások alapján repülőgépet. A Zsélyi I. nevű repülőgépével 1910. március 15-én emelkedett a levegőbe. Ezt megelőző fontos esemény volt Bartha Miksa (1853–1930) és Madzsar József (1876–1940) szabadalma a stabil és kormányozható emelő (helikopter) forgószárny kialakításáról.



3. ábra Első sikeres helikopteres repülések egyike [3]

Az első magyar vizsgázott pilóta Petróczy István százados (1874–1957) volt, aki 1910. szeptember 28-án nyerte el a címet. Később a Bécs melletti Fischamen-ben repülőkísérleti állomást hozott létre, ahova az Osztrák-Magyar Monarchia egyetemeiről és tervezőirodáiból gyűjtötte össze a legjobb szakembereket. Ebben az intézetben kapta feladatul Petróczy István, Kármán Tódor (1881–1963) és Zurovecz Vilmos a helikopter kifejlesztését, ugyanitt az emelőlégsavar megtervezését és kivitelezését Asbóth Oszkára (1891–1960) bízták. Az első sikeres helikopteres repülések egyike a 3. ábrán látható.

A feltalálók példáját százával követték a kísérletező emberek, akik különféle szerkezeteket építettek a levegőbe való felemelkedéshez. Az első, majd a második világháború katonai repülése lendületet adott a légi közlekedésnek és a repülőeszközök felhasználásának, a különféle harci és szállító repülőgépek számos tapasztalattal bővítették a fejlesztők ismerettárát. A második nagy világegés után ismét fejlődésnek indult a polgári repülés, melyben az Amerikai Egyesült Államok járt az élen. A Lockheed, a Boeing és a Douglas repülőgépei például a piac elismert járművei lettek. Világszerte egyre több repülőgép épült, a szállítási teljesítmény, a repülési magasság és sebesség folyamatosan növekedett, megjelentek a korszerű sugárhajtóművek az egyre fejlettebb légsaváros gépek mellett.

A merevszárnyú repülőgépek mellett egyre több szerepet kapott a forgószárnyas légi jármű is, a helikopteres repülés számos helyen a környezetbiztonság és a speciális szállítási feladatok eszköze lett. A technikai fejlődés a 21. századra elért odáig, hogy a légi járművek fejlesztése mellett a repülőterek kialakítása és folyamatos korszerűsítése is központi helyet kapott a fejlesztésekben. A motoros repülés jelentette a nagy áttörést abban a folyamatban, ami a korszerű repülő megjelenéséig tartott, kifejlesztés helyett ma már a korszerűsítésükről és modern repülésről beszélhetünk. Az ember önmaga nem képes a levegőbe emelkedni, ezért kényszerű, de eredményes megoldás számára a repülőszerkezetek és a motoros meghajtás alkalmazása. Az álom megvalósítása azonban ezen a ponton a környezettel és a természetes folyamatokkal is kapcsolatba került.

### 2.2. A környezet, mint hatásviselő

Amikor a természet még csak az élelem és az életfeltételek forrását jelentette, az ember kismértékben volt hatással környezetére, ember és környezete passzív egyensúlyban volt, azaz stabil állapotban. A gyűjtögetés, a halászat, a vadászat és a lakóhely kialakítása kezdetben nem járt a környezeti levegő, a vizek és a földtani közeg olyan szennyezésével, hogy természetidegen anyagok vagy hulladékok keletkezzenek, az ember tevékenysége nem okozott zavaró hanghatásokat. Kezdetekben például a hang informatív tartalma kiemelt jelentőséggel bírt, ekkor a zaj, mint kellemetlen hanghatás jelentését az ember még nem ismerte. Később ember és környezete viszonyát a civilizált társadalmak megváltoztatták azáltal, hogy az ember mindinkább képessé vált az őt körülvevő anyagok, tárgyak és a természeti erőforrások átalakítására. Hol kapott a maihoz hasonló szerepet a közlekedés az ember-környezet rendszer passzív egyensúlyának megváltozásában?

A természet adta lehetőségek kiaknázása az ember számára minden korban – az ókortól kezdődően egészen napjainkig – erdőirtással, mocsarak lecsapolásával, folyóvizek elterelésével járt, idővel az emberek rájöttek az öntözés hasznára és lehetőségeire, később már utakat is építettek közlekedési célzattal. Kezdetben azonban csak a közvetlen érintettség fordította az emberek figyelmét arra a lokális környezetre, ami körülvette őket, illetve ahonnan az őket érő hatások



származtak. Figyelmük ugyanakkor egyre inkább kiterjedt minden hatásra, ami az életminőséget befolyásolta, így a kellemetlen hanghatások ellen is védekeztek.

Jelenlegi ismereteink alapján kijelenthetjük, hogy

- a környezetbe való beavatkozás örök emberi cselekvéssé vált, ami megteremtette a modern környezetvédelem alapjait.

Jelentősebb és környezettudatos magatartáshoz a mezőgazdasági termelés, a bányászat, a kohászat, a nagyobb településeken keletkező szennyvíz- és hulladékmennyiség kezelési igénye, valamint a közlekedés fejlődése vezetett. A környezeti hatások elleni védekezéshez a technikai fejlődés számos találmányt adott, ami a biztonságot és a kényelmet jelentette sokak számára, a betegségek és járványok elleni védekezésben segített, de több felfedezés a rombolás és a pusztítás eszközeit is megteremtette. A háborúk jelentős környezetszennyezést okoztak, a megváltozott és szennyezett környezet helyreállításáról is gondoskodni kellett.

Az emberiség történetének jelentős állomása volt a gőzgép feltalálása, ettől az időponttól és az ipari forradalomtól – 1769 és 1850 között Nagy-Britanniában, majd Európa fejlett országaiban és Észak-Amerika egyes régióiban zajlott le – kezdve gyorsan mélyült a szakadék ember és környezete viszonyában. Az ipari forradalommal azonosított változások elválaszthatatlanok a modern környezetvédelem kialakulásától. A 4. ábrán az ipari forradalom pillanatképeit szemléltetjük.



4. ábra Pillanatképek az ipari forradalomból [3]

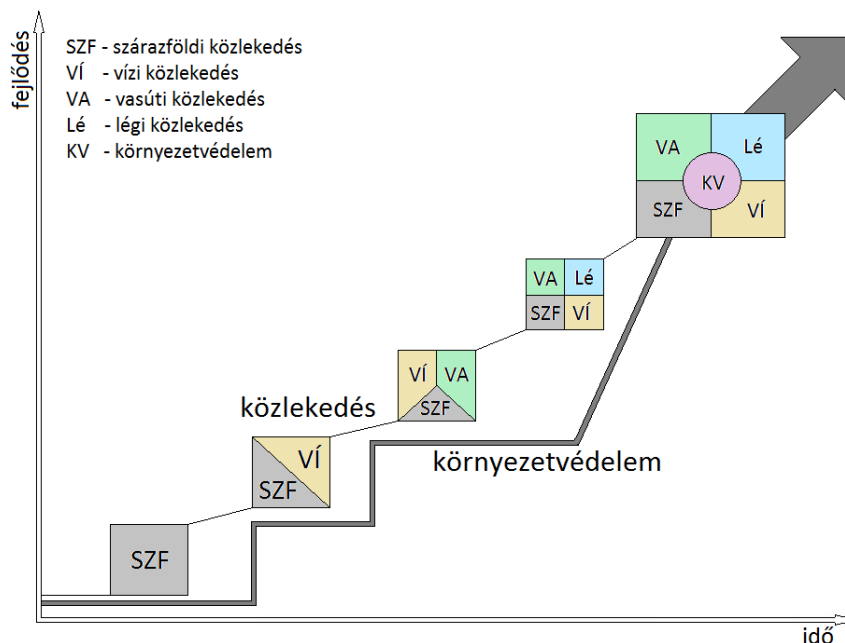
A modern környezetszennyezés a széntüzelésű gőzgép feltalálásával, valamint a textilüzemek gépesítésével elkezdődött, ezután gyorsan bekövetkezett a gőzhajtású hajók és a gőzvasút használata, ami további lendületet adott a fejlődési, valamint a környezetszennyezési folyamatnak. Ezzel együtt az emberek számára kitárult a világ, egyre nagyobb távolságokat tettek meg, az utazási szokások is jelentősen átalakultak. Az 1871 és 1914 közötti időszak a technológiai érettség kora volt, amikor a vegyészet, az acél- és olajipar, valamint az elektromosság találmányai az emberi jóléthez szükséges áruk és termékek tömeges előállítását is lehetővé tették. De ezzel együtt a tömeges szállítás igénye is megfogalmazódott, egyre nagyobb mennyiségben és egyre nagyobb távolságokra kellett szállítani.

A 21. századra a kibocsátások mellett a rendelkezésre álló energiahordozók felhasználása lett a környezetvédelmi gondok egyik oka, hiszen a Föld évmilliók alatt képződött energiatartalékait nagyon rövid idő alatt használjuk el. Másik ok, hogy az energiahordozók felhasználása azok





fejezet) és a környezetvédelem (lásd 2.2. fejezet) kialakulásának folyamatát tekintve, a 21. században elengedhetetlen a kettő közös modernizációja, ami a jelenlegi szemléletmód korszerűsítésével lehetséges. Új szemléletmód alapja ugyanakkor a környezetvédelmi probléma olyan megközelítése, ami az emberi tevékenységeket és az emberi elme által létrehozott műszaki találmányok használatát helyezi középpontba, majd ehhez kapcsolja a környezetvédelmi érdekek találmányait. Mindez a modern környezetvédelem nélkül elképzelhetetlen, a folyamatot a közlekedés – ezen belül a légi közlekedés – oldaláról megközelítve a 6. ábrán foglalunk össze.



6. ábra Modern környezetvédelem és modern közlekedés fejlődési folyamata [saját szerkesztés]

A 6. ábra alapján érzékelhető, hogy a különböző közlekedési módozatok fokozatosan kerültek be a folyamatba a technológia fejlettségének megfelelően. A repülés kiteljesedést adott a fejlődésben, egyben a modern közlekedés kialakulását is elősegítette. A környezetvédelem fejlődésére szintén jellemző a fokozatos fejlődés, az ember valamilyen módon mindig kapcsolatban állt a környezetével, és a meglévő ismeretei birtokában adott válaszokat a környezeti hatásokkal kapcsolatos kérdésekre. A modern környezetvédelem már valamennyi hatást felöleli az anyagi és az energia jelegű szennyezésekre kiterjedően.

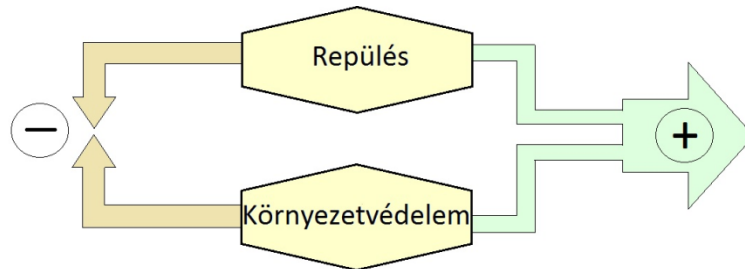
Mi az 1769 és 1850 között Nagy-Britanniában, majd Európa fejlett országaiban és Észak-Amerika egyes régióiban lezajlott ipari forradalomhoz kötjük azt a kiugrást, ami világ olyan változásaihoz vezetett, ami a környezetvédelemre is meghatározóan hatott. A technikai fejlettség ekkortól adott olyan lehetőségeket és eszközöket az emberiségnek, melyek a környezethasználatot minőségében és mennyiségében jelentősen megváltoztatta. Látható, hogy a repülés és a környezetvédelem gyors fejlődési szakasza párhuzamosan zajlott le, napjainkban pedig a két folyamat több ponton is összefonódik. A 21. században nincs repülés környezetvédelem nélkül és nincs környezetvédelem repülés nélkül.

A kapcsolatokat természetesen a környezeti hatások jellemzői határozzák meg, megítélésük is erre való figyelemmel történik. Ebben a megítélésben szükségszerű követelmény a környezeti hatással érintett személyek és környezeti elemek reakciója. Sajnálatos tény, hogy a folyamatban

jelenleg még háttérbe szorul a természetes vagy eredeti környezeti helyzet megváltozása, a változás mértéke és a változás jellemzőinek összevetése. Mivel a környezetvédelmi fejlődési tendencia kihat a légi közlekedésre is, felmerül a kérdés, hogy merre tovább, hogyan alakul a környezetvédelmi jövőkép a repülés és a repülőtér üzemeltetés számára? A kérdésre a modern környezetvédelem alapján felállított *FTF* összefüggéssel adunk választ:

$$\text{felismerés (F) + tudatosság (T) = fejlettség (F)} \quad (1)$$

Az (1) szerinti *FTF* összefüggésben az (F) felismerés meghatározza a jövőbeni környezetvédelmi cselekvési irányokat is. Nem elég tehát a környezetvédelmi szándék – annak ellenére, hogy szintén a modern környezetvédelem meghatározó eleme –, a környezeti hatások azonosítása és megismerése még sokáig elsődleges marad. A cselekvési irány meghatározása a *környezetvédelmi polaritás* (ellentettség) alapján történhet, amit a 7. ábra szerinti kapcsolati hálóval azonosítunk. A környezetvédelmi polaritás természetesen a repülésre, illetve a repülőtér üzemeltetési folyamatokra is kiterjeszthető.



7. ábra Környezetvédelmi polaritás a közlekedés vonatkozásában [saját szerkesztés]

A "környezetvédelmi polaritás" kifejezés a fizikai eredetű polaritás fogalomra épül, amit abban az értelemben használunk, hogy két szembenálló mozzanat a közöttük fennálló összefüggések miatt egymásra irányul. A meghatározott irányulás mindkét pólus alkotóeleme, korrelációban és feszültségi egységben állnak egymással.

A környezetvédelem szintén az ellentétes cselekvések összhangjára épül, hiszen a környezetbe való anyag és energia kibocsátás szükséges velejárója a légi közlekedésnek, ami a környezet védelmére irányuló cselekvéssorozatot generál. Feszültség keletkezik a két ellentétes folyamatban, a polaritás egyfajta feszültségi egységet képez a két irány között. A környezetvédelmi polaritás tehát a továbbiakban meghatározza, hogy egy légi jármű üzemeltetésével vagy egy légi közlekedési létesítmény működtetésével kapcsolatos tevékenység fenntartható legyen a szabályozó vagy korlátozó intézkedések mellett.

A környezetvédelmi polaritás függ azoktól a tényezőktől, melyek a légi közlekedés környezeti hatásait, azok mértékét és jellemzőit befolyásolják. Jelentőséget tulajdonítunk azoknak a jellemzőknek, melyek a hatás kezelése folytán kevésbé jelennek meg, mint környezeti probléma, a légi üzemeltetési folyamatokba beépíthetők. Vannak azonban olyan kibocsátási formák, melyeknél a sztochasztikus jellemzők nagy száma miatt a környezeti probléma kezelése nehéz. Ezek a sztochasztikus jellemzők a kibocsátás és a környezet oldalán is azonosíthatók, ebbe a körbe tartozik a környezeti zaj és zajterhelés is.

### 3. KÖRNYEZETI ZAJ ÉS A LÉGI KÖZLEKEDÉS

Repülőtér működésével összefüggésben fellépő zajterhelés kezeléséhez – tekintettel a meglévő repülőterekre is – a légi forgalom szabályozása elsődleges eszközként jelenik meg. A szabályozás alapját adja a rendelkezésre álló jogszabályi környezet, ami a jogszabályokban hivatkozott műszaki előírásokkal egészül ki. A szabályozás jellegzetessége, hogy az általános környezeti zaj- és rezgésvonatkozású jogszabályok a légi közlekedésre kevésbé írnak elő kötelezettségeket, ezek a repülőterek zajgátló védőövezet kijelölésének szabályainál jelennek meg.

#### 3.1. Környezeti zaj általános szabályai

Zaj és rezgés ellen védendő környezetben és építmények környezetében a környezeti zajt és rezgést okozó üzemi, építési, szabadidős, valamint közlekedési zaj- vagy rezgésforrások üzemeltetésének, értékelésének és minősítésének zaj és rezgés vonatkozású keretszabályait a környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól szóló 284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet tartalmazza.

A 284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet meghatározza a következőket:

- a közlekedési zaj- vagy rezgésforrások körét;
- a környezeti zaj- vagy rezgésforrás üzemeltetőjét;
- szabályokat és kötelezettségeket a különböző környezeti zaj- és rezgésforrások létesítésével és működtetésével kapcsolatban;
- a veszélyes mértékű környezeti zaj és rezgés fogalmát.

Amellett, hogy a 284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet tartalmazza a környezeti zaj és rezgés elleni védelem általános szabályait, a repülőterek üzemeltetésére, a légi közlekedésre és a légi jármű forgalomra a fogalmi meghatározásokon túl további előírást vagy kötelezettséget nem állapít meg.

A zaj és rezgés ellen védendő területek, illetve építmények és épületek figyelembevételével előírt zaj- és rezgésterhelési határértékek a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról szóló 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendeletben található.

A 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet tartalmazza a következőket:

- a megítélési szint (L<sub>AM</sub>) fogalma;
- a megítélési szintben kifejezett határértékek;
- a jelentős zajterhelési határérték túllépés meghatározása;
- zajterhelési határértékek teljesülésének helye és szabályai.

A közlekedéstől származó zaj terhelési határértékeit zajtól védendő területeken a 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet 3. mellékletben foglaltak alapján – repülőtértől, valamint a nem nyilvános fel- és leszállóhelyektől származó zajra – az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Az 1. táblázat „A” oszlopába tartoznak az olyan repülőterek, vagy nem nyilvános fel- és leszállóhelyek, ahol 5,7 tonna maximális felszálló tömegnél kisebb légszaváros repülőgépek, illetve 2,73 tonna maximális felszálló tömegnél kisebb helikopterek közlekednek. Az 1. táblázat „B” oszlopába tartoznak az olyan repülőterek, vagy nem nyilvános fel- és leszállóhelyek, ahol 5,7 tonna maximális felszálló tömegű vagy annál nagyobb légszaváros repülőgépek, 2,73 tonna

maximális felszálló tömegű vagy annál nagyobb helikopterek, valamint sugárhajtású légi járművek közlekednek.

Sor- szám	Zajtól védendő terület	Határérték ( $L_{TH}$ ) az $L_{AM,kö}$ megítélési szintre [dB]			
		A oszlop repülőtértől, illetve a nem nyilvános fel- és leszállóhelyektől származó zajra		B oszlop repülőtértől, illetve a nem nyilvános fel- és leszállóhelytől származó zajra	
		Nappal (06-22 h)	Éjjel (22-06 h)	Nappal (06-22 h)	Éjjel (22-06 h)
1.	Üdülőterület, különleges területek közül az egészségügyi terület	55	45	60	50
2.	Lakóterület (kisvárosias, kertvárosias, falusias, telepszerű beépítésű) az oktatási létesítmények területei, és a temetők, a zöldterület	60	50	65	55
3.	Lakóterület (nagyvárosias beépítésű), a vegyes terület	65	55	65	55
4.	Gazdasági terület	65	55	65	55

1. táblázat Zajterhelési határértékek [5]

A megítélési szint értelmezése a stratégiai zajtérképek, valamint az intézkedési tervek készítésének részletes szabályairól szóló 25/2004. (XII. 20.) Kvm rendelet 3. számú melléklet 1.1. pontja és 5. számú melléklet 1.1. pontja szerint történik. Az  $L_{AM,kö}$  megítélési szint meghatározására irányadó, a hivatkozott 25/2004. (XII. 20.) Kvm rendelet szerinti módszer azonban a légi közlekedési zajra nem terjed ki.

A követelményértékek ellenőrzésére és az érintett területek adottságai szerinti alkalmazására vonatkozó előírásokat a zajkibocsátási határértékek megállapításának, valamint a zaj- és rezgés kibocsátás ellenőrzésének módjáról szóló 93/2007. (XII. 18.) Kvm rendelet tartalmazza. Repülőtér és a légi közlekedés vonatkozásában a 93/2007. (XII. 18.) Kvm rendelet 4. § (4) bekezdés szerint „A légi közlekedési zaj mérését az MSZ 13-183-3:1992 számú, illetve az MSZ 13-183-4:1992 számú szabvány alapján vagy azzal egyenértékű eredményt adó mérési módszerrel kell elvégezni.”

A légi közlekedéstől származó zajterhelés mért értékeinek dokumentálására külön jogszabályi – például a 25/2004. (XII. 20.) Kvm rendelet szerinti – hivatkozás nincs. Fentiek alapján a 93/2007. (XII. 18.) Kvm rendelet, ami zajkibocsátási határértékek megállapításának, valamint a zaj- és rezgés kibocsátás ellenőrzésének módjáról szól, csak a repülési zaj mérési módszerére fogalmaz meg előírást. Lényeges, hogy a vizsgálati előírások a határértékek ellenőrzése tekintetében összhangban vannak a határérték rendelettel, illetve a mérési követelmények vonatkozásában a kettőt együtt alkalmazzuk. Ezek közül kiemeljük a megítélési idő problémáját – például a nappali 16 óra és az éjszakai 8 óra megítélési idő –, ami a zaj megítélésben számos konfliktust eredményez.

### 3.2. Környezeti zaj kezelése a repülés vonatkozásában

Repülés vonatkozásában az általános érvényű zajszabályozás első áttekintésre hiányosnak tűnhet. Ezért hangsúlyozni kell, hogy a zaj elleni védelem szabályai elsősorban a követelményértékek vonatkozásában érvényesülnek előírva az alábbiakat:

- zajterhelési határértékek;
- határértékek meghatározási módja.

További, a repülési zaj, illetve repülőterek vonatkozásában az üzemeltetés és a légi forgalom szabályozására irányadó előírás külön jogszabályokban található (ezek jelen tanulmány megírásának idején hatályban vannak) [6] [7].

#### 3.2.1. Zajgátló védőövezetek kijelölése

Repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének szabályairól szól a 176/1997. (X. 11.) Korm. rendelet. A rendelet hatálya a légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. törvény 37. §-ában meghatározott minden olyan repülőterre kiterjed, amelyet motoros repülőgépek és helikopterek rendszeresen használnak.

A 176/1997. (X. 11.) Korm. rendelet 2. § (1) bekezdése értelmében zajgátló védőövezet a repülőtér környezetének az a része, amelyen a repülőtér üzemeltetéséből számított mértékadó zajterhelés meghaladja a közlekedésből származó környezeti zajnak külön jogszabályban – ez jelenleg a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról szóló 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet – meghatározott zajterhelési határértékeit. Nem tartozik a zajgátló védőövezetbe a repülőtér telekhatárán belül lévő terület. A zajgátló védőövezetnek az a része, amelyen a környezeti zaj szempontjából védendő objektumok vagy védett természeti területek találhatóak, fokozottan zajos területnek, illetve övezetnek minősül, így kiemelt figyelmet érdemel.

A zajgátló védőövezet önmagában a légi jármű működtetéstől és a repülőtér üzemeltetéstől, illetőleg a légi forgalomtól származó zaj elleni védelmet nem jelent, tehát a zaj ellen nem véd, és nem gátolja a zaj terjedését. Ezért a fogalmi meghatározás félreértést okozhat. A zaj elleni védelmet a zajgátló védőövezet kijelöléséhez kapcsolódó követelményértékek előírása, valamint a légi forgalomra vonatkozóan előírt és a repülőtér üzemeltetőjére háruló zajcsökkentési feladatok jelentik. Ezért a szabályozást tekintve a 176/1997. (X. 11.) Korm. rendelet szerinti zajgátló védőövezet kijelölésén keresztül nyílik lehetőség olyan intézkedésekre és beavatkozásokra, melyek a repülőtér működésétől származó légi közlekedési zaj szabályozását, kezelését és a zajterhelés csökkentését eredményezhetik.

#### 3.2.2. Zajgátló védőövezetek kijelölésének műszaki szabályai

Természetesen a zajgátló védőövezetek kijelöléséhez rögzíteni kellett azokat a műszaki szabályokat is, melyek alkalmazása mellett egyértelművé válnak a zajgátló védőövezet kijelölésének feltételei és paraméterei. A repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének részletes műszaki szabályairól szól a 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendelet.

A 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendelet tartalmában kiterjed a

- a zajgátló védőterület kiszámítására;
- a repülőtér környezetkímélő üzemeltetésére.

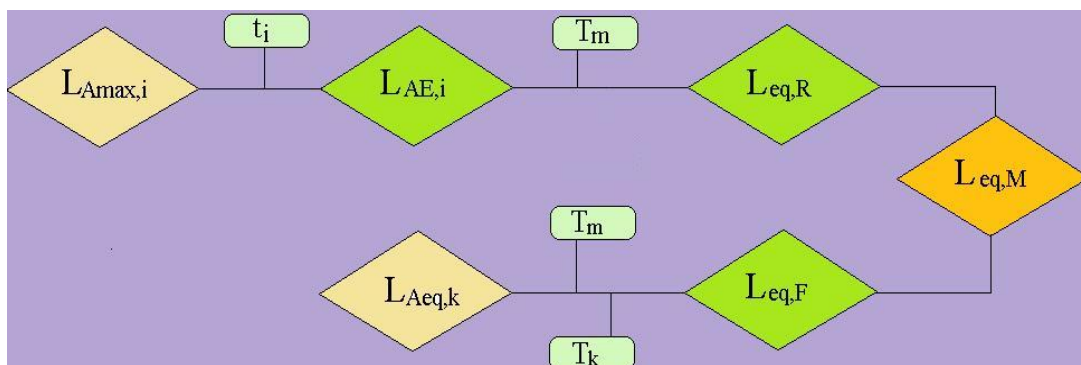
A jogszabályi előírásokat tekintve a zajgátló védőövezetek kijelölésének műszaki szabályait jelentős részben alkotják azok az intézkedések és korlátozások, melyek a környezeti zajterhelés csökkentését hivatottak elősegíteni és biztosítani. Magyarországon a repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének részletes műszaki szabályai 1997-ben kerültek megállapításra. A 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendeletben a jogalkotó a német AzB zajszámitási módszer 1971-es első változatának adaptációjával rögzítette a magyar zajszámitási eljárást. Ezáltal a 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendeletben rögzített magyar számitási eljárás a német számitási módszerrel megegyező módon a számitási eljárásból, valamint a számitási eljáráshoz tartozó adatbázisból és repülőgépek akusztikai osztálya szerinti besorolásból áll [8].

A számitási eljárás lényege, hogy a kijelölt terhelési pontokban fellépő mértékadó zajterhelést két összetevőből határozza meg, melyek a következők:

- levegőben végzett gépmozgásokra vonatkozó egyenértékű zajterhelés;
- földön végzett műveletekből származó egyenértékű zajterhelés.

A számitási eljárás alkalmazásánál kiemelt szempont, hogy a levegőben végzett gépmozgásoktól származó zajterhelés, és a földön végzett műveletektől származó zajterhelés értékei egyaránt ismertek legyenek, ezáltal a számitási eljárás megkülönböztető lehatárolással veszi figyelembe a repülőtér üzemeltetéséből jelentkező, eltérő jellegű zajhatásokat. A földön végzett műveletekből származó egyenértékű zajterhelés meghatározása helyszíni műszeres mérésekkel tapasztalati úton megoldott, az ilyen típusú zajmérések elvégzésének nincs technikai, műszaki és műszerezettségi akadálya.

A levegőben végzett gépmozgásoktól származó zaj meghatározása azonban a mai napig rendezetlen, számos kérdést vet fel. E tekintetben elsőként tisztázni kell egy lényegi kérdést, miszerint a korábban már említett és a 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendeletben rögzített számitási eljárás célja a zajgátló védőövezethez szükséges zajterhelés meghatározása, és nem a repülési eseményektől származó, zajeseményszintek meghatározási módszere. Repülőtér zajgátló védőövezetének számitása két lépcsőben történik, elsőként a zajeseményszint érték, másodikként az abból levezetett zajterhelés érték meghatározására kerül sor. A számitási eljárás folyamatát a 8. ábrán szemléltetjük.



8. ábra Zajgátló védőövezet számitásának metodikája a jelenlegi szabályozás szerint [saját szerkesztés]

A 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendelet szerinti műszaki szabályozás első fázisban tehát a számitási eljárás rögzíti. A számitási eljárás bemenő adatai részben tényleges adatok,



mint a forgalom, a műveletszám, a hatásidő és a megítélési idő. Más bemenő adat, mint a zajeseményszint és az A-hangnyomásszint számításával vagy méréssel meghatározott tényező, melyek számítására nem tér ki a 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendelet szerinti műszaki szabályozás. A 8. ábrán szerepeltett tényezők magyarázatát a 2. táblázatban foglaltuk össze.

Tényező	Magyarázat
$L_{Amax,i}$	vizsgálati ponton az i-edik zajeseményhez tartozó, számításával meghatározandó A-hangnyomásszint [dBA]
$t_i$ , vagy $\Pi_i$	a vizsgált ponton az i-edik zajeseményhez tartozó átrepülési idő [dBA]
$L_{AE,i}$	vizsgálati ponton az i-edik zajeseményhez tartozó zajeseményszint [dBA]
$T_m$	megítélési idő [s], melyre nézve a mértékadó műveletszám vonatkozik, nappal 16 óra és az éjszaka 8 óra
$L_{eq,R}$	levegőben végzett gépmozgásokra vonatkozó egyenértékű zajterhelés, ami: $L_{eq,R} = 10 \cdot \lg \left( \frac{T_0}{T_m} \cdot \sum_i 10^{0,1 \cdot L_{AE,i}} \right)$ [dB]
$L_{Aeq,k}$	a k-adik földi művelet típusnak a $T_k$ időtartamra vonatkoztatott egyenértékű A-hangnyomásszintje a vizsgálati ponton [dB]
$T_m$	megítélési idő [s], ami azonos a nappali 6.00-22.00 óra közötti 16 óra és az éjszakai 22.00-06.00 óra közötti 8 óra idővel
$T_k$	k-adik típusú, földön végzett műveletből származó zajesemények összegzett hatás ideje a teljes $T_m$ megítélési idő alatt [s]
$L_{eq,F}$	földön végzett műveletekből származó egyenértékű zajterhelés, ami $L_{eq,F} = 10 \cdot \lg \left( \frac{1}{T_m} \cdot \sum_k T_k \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,k}} \right)$ [dB]
$L_{eq,M}$	mértékadó zajterhelés a repülőtér környezetének valamely pontján, ami $L_{eq,M} = 10 \cdot \lg (10^{0,1 \cdot L_{eq,R}} + 10^{0,1 \cdot L_{eq,F}})$ [dB]

2. táblázat Mértékadó zajterhelés meghatározása zajgátló védőövezet számításánál [7]

A 8. ábrán szemléltetett folyamat első és legtöbb bizonytalansággal rendelkező tényezője az  $L_{Amax,i}$  érték. A jelenlegi szabályozás az  $L_{Amax,i}$  érték számításával történő meghatározását írja elő a számítási folyamat során. Ehhez a műszaki előírás tartalmaz egy zaj adatbázist és a repülőgépek akusztikai osztálya szerinti besorolást, ami a számítások elvégzését alapozza meg.

Számos kritika éri azonban a jelenleg érvényben lévő zaj adatbázist, hiszen az adatok rögzítését követően elmaradt azok felülvizsgálata, illetve a ma használatos légi járművek zajkibocsátási adatain alapuló korszerűsítés. Ezért a repülési zaj kezelésében sürgető feladat a napjainkban használt légi járművek és az üzemeltetett repülőterek jellemzőin alapuló korszerű zaj adatbázis kialakítása, ami műszeres mérések elvégzését igényli. Ez hosszadalmas – és költséges – feladat, amire a jelenlegi tervezők és gyártók, illetve repülőtér üzemeltetők nem szívesen vállalkoznak, ilyen irányú kutatás is csak magánfinanszírozásban történik.



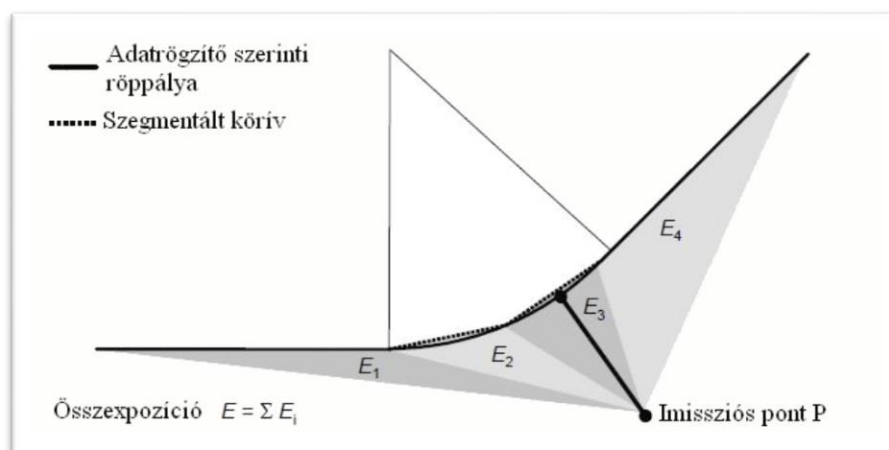
### 3.2.3. Zajsámítás szemléltetése

A repülőtér környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének részletes műszaki szabályairól szóló 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendelet az 1971-ben megalkotott első AzB módszert alkalmazza. Ezt a légi jármű üzemeltetésben bekövetkezett fejlesztések nyomán 1971 óta többször módosították, a frissítés eredményeként alkották meg az AzB-75, AzB-84, AzB-95, AzB-96, illetve az AzB-99, valamint az AzB 2008-as számítási módszert.

A jelenlegi magyar műszaki szabályozásnak van egy nagy hátránya, a zajterjedésre vonatkozóan ugyanis nem tartalmaz tényleges számítási metodikát. Repülési zaj vonatkozásában jelenleg ugyanis nincs olyan jogszabály vagy műszaki előírás, ami egységes számítási eljárást rögzítene a zajkibocsátás és a vizsgált területen észlelhető zajterhelés közötti összefüggésekkel a terjedési feltételek figyelembevételével. Ilyen irányú műszaki előírás hiányában joggal merül fel a kérdés, hogy a szabadban történő hangterjedésre figyelemmel hogyan határozzuk meg a repülési műveletektől származó zajterhelést, illetve a repülési zajeseményekkel összefüggő  $L_{Amax,i}$  értékeket?

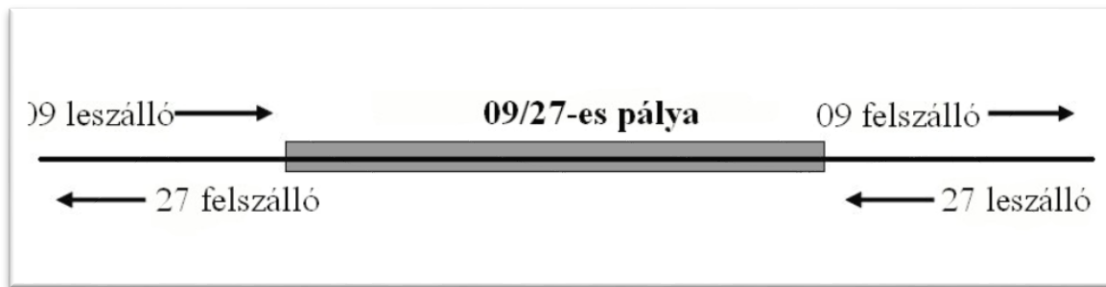
Fenti kérdésre választ keresve – műszeres zajmérések elvégzése mellett – elemeztük a Német Szövetségi Környezetvédelmi Hatóság „AzB átdolgozása” munkacsoportja által elfogadott utasítást a zajgátló védőövezetek meghatározásához, ami az AzB számítási módszert alkalmazza. Eddigi eredményeink alapján rövid áttekintést adunk – teljesség igénye nélkül – az AzB számítási módszerről, mellyel jelen tanulmányunkban a további kutatási munka egyik, a műszeres mérések mellett kijelölt irányát kívánjuk megvilágítani.

A vizsgált számítási eljárás a zajgátló védőövezetek számításához egy szegmentáló eljárást alkalmaz, mely a repülőgép háromdimenziós repülési pályájának lineáris komponensekre való felosztására épül. Minden komponens a repülőgépet egy  $E_i$  összetevővel az  $E$  hangexpozícióhoz közelíti a  $P$  imissziós pontban. A szegmentáló eljárást sematikus formában, kétdimenziós esetre a 9. ábra mutatja be.



9. ábra A szegmentáló elv bemutatása egy körív formájú röppályaszegmens két lineáris részkomponensre való felosztásán keresztül [9]

Ideális esetben egy futópálya kettő üzemeltetési irányban használható. A mindenkori üzemeltetési irányok használati arányának szórását kiegészítő taggal veszi figyelembe a számítási eljárás, ami az úgynevezett szigma-vezérlés. Ha mindkét pályairányban fel- és leszállások is lehetségesek, akkor egy pályához maximum négy pályafüggő üzemeltetési irány rendelhető hozzá. A gyakorlatban a pályafüggő üzemeltetési irányok száma az alkalmazási koncepciók és az üzemeltetési megkötések miatt ennél kisebb. Ahogy a 10. ábrán példaként feltüntetésre került, a 09/27-es futópálya keleti (90°) és nyugati (270°) irányban is használható fel- és leszállásokra. Következésképpen négy pályafüggő üzemeltetési irány adódik: felszálló 09, leszálló 09, felszálló 27 és leszálló 27.



10. ábra Példa pályafüggő üzemeltetési irányokra [9]

A repülési manőverek felosztása a különböző pályafüggő üzemeltetési irányokra a lehetséges üzemeltetési megkötések mellett a mindenkori széliránytól is függ, ami a pályairányok változását eredményezi. A zajkontúroknak egy prognosztizált vonatkoztatási évre való meghatározását a pályairány változás úgy befolyásolja, hogy a zajterhelés érték évenkénti ingadozásokat mutat annak ellenére, hogy egy prognosztizált évre a pályahasználat szórásának többéves átlagát vesszük alapul. Ezért, az éjszakai és nappali kiértékelési idők alatt bekövetkező pályairány változások többéves szórásának statisztikai kiértékelése alapján, minden imissziós pontra kiegészítő tagok ( $K_{\sigma,Leq,Nap}$  és  $K_{\sigma,Leq,Éj}$  az egyenértékű zajszintre és  $K_{\sigma,NAT}$  a határfrekvenciára) kerülnek megállapításra.

Ehhez először a nappali és éjszakai pályairányokra vonatkozó repülési műveletek tízéves eloszlásából kijelölésre kerül egy időtartam. Ebből a folyó év (mindenkori naptári év) 12 hónapjára meghatározásra kerülnek a használati arányok. Az  $\alpha_{i,j,T_r}$  műveleti arány az „i” pályairányra a „j” évben az alábbi összefüggésből adódik:

$$\alpha_{i,j,T_r} = \frac{N_{i,j,T_r}}{N_{j,T_r}}, \text{ ahol } \sum_{i=1}^{BB} \alpha_{i,j,T_r} = 1 \quad (2)$$

ahol:

- $\alpha_{i,j,T_r}$  az i-edik pályairány használati iránya a j-edik évben a  $T_r$  kiértékelési idő alatt;
- $N_{i,j,T_r}$  az i-edik pályairányon a j-edik évben a  $T_r$  kiértékelési idő alatt a repülési műveletek száma;
- $N_{j,T_r}$  a j-edik évben a  $T_r$  kiértékelési idő alatt az összes repülési művelet száma;
- $BB$  a pályafüggő üzemeltetési irányok száma.

Látható, hogy a számítási eljárásban hangsúlyt kap a pályafüggő üzemeltetés, ami a környezeti zajterhelés csökkentésének egyik eleme, hiszen egy-egy irány kiemelése vagy a használat csökkentése szoros összefüggésben van a repülőtér környezeti jellemzőivel, illetve a repülőtér környezetvédelmi rendszerének rendszerkörnyezeti viszonyaival. A (2) összefüggés szerinti számítást napi bontásban rögzített mátrix adatok segítik. Az éjszakai periódusra a folyamat a nap-pali időszakra irányadó összefüggésnek megfelelően zajlik.

A számítás szabványosított repülőgép csoportokból indul ki, amiket minden esetben legalább egy szélsőérték rendszerez, felszállás (F) és leszállás (L) szerint, így alakulnak ki a repülőgép-osztályok. Egy repülőgép osztály szabványos akusztikai és üzemeltetési sajátosságokat tartalmaz felszállás, illetve leszállás esetére.

A repülőgép-osztályok számára az adatokat – amennyire lehetséges – repülőtér tulajdonságoktól függetlenül állapítják meg. Repülőgép osztályok mértékegységére és az adatok számára mutat példát a 3. táblázat.

Mértékegység	Jel	Adatszám
Oktávsvint a viszonyítási távolsághoz $s = s_{O_n}$	$O_n$	(1)
Iránytényező	$R_n\{a_1, a_2, a_3\}$	(2)
(Repülés)akusztikai vonatkoztatási pont	$P_F$	(3)
Korrekciósint	$Z(\sigma')$	(4)
Repülési sebesség	$V(\sigma')$	(5)
Repülési magasság a viszonyítási sík felett	$H(\sigma')$	(6)
Forrásmagasság	$h_0$	(7)
Normálettérés	$Q_\sigma$	(8)
Késleltetési szakasz a leszállásnál	$S_v$	(9)

3. táblázat Repülőgép osztályok mértékegysége és az adatok száma [9]

Az egyes repülőgép osztályok zajspektrumait az  $O_n$  oktávsvint által, az  $S_{O_n}$  vonatkoztatási távolságon írjuk le. Az „n” index a közepes oktávfrekvenciát jelöli. Az  $R_n$  iránytényező a repülőgépek zajkibocsátásának kétdimenziós iránykarakterisztikáját írja le egyszerűsített módon. Az iránytényező egész számokból álló számhármast a  $\{a_1; a_2; a_3\}$  formátumban. Ezek a számok a kisugárzási szög koszinuszának Taylor-sorba fejtéséből adódó koefficienseit jelentik. A (repülés)akusztikai vonatkoztatási pont a  $\sigma'$  pályakoordináta-rendszer középpontja. A  $P_F$  felszállásoknál a starthely, leszállásoknál a pályaküszöb vagy leszállóhely, helikopteres műveleteknél a helikopter fel- és leszállóhely.

A számításnál természetesen a repülési magasság és a repülési sebesség is hangsúlyt kap. Ezeknél a tényezőknél azonban egyéb feltételekre is célszerű figyelmet fordítani. A manővereknél ugyanis szinte lehetetlen mindig azonos magasság és sebesség paraméterekkel repülni, a környezet és a légi jármű jellemzői mellett ezeket az értékeket a repülőgép vezetője személyes tulajdonságain keresztül önmaga is befolyásolja.

Így a fizikai paraméterek mellett olyan, emberi tulajdonságokból eredő hatások is megjelennek, melyek további bizonytalanságot okoznak a számítás bemenő adataként figyelembe vett  $L_{Amax,i}$

értékekben. Ezeknek a bizonytalanságoknak a kezelése a számítás további bonyolításához vezet, illetve felveti a szélső értékek, azaz legrosszabb zajterhelés értékek alkalmazásának kérdését.

### 3.3. Repülési zaj megítélésének ellentmondásai

Mindaddig, amíg egy repülőtér környezetében zajra érzékeny terület lesz, az ott élők és a légi közlekedés közötti ellentét fennáll. Az ellentét önmagában hordozza a konfliktushelyzet kialakulását, ami a zaj észlelési oldalon történő megítélésétől is függ. Ez a megítélés sok esetben rosszabb képet fest a műszeres mérési adatok és a határértékek összevetésével kapott értékelésnél. Más esetekben nem vezet tényleges zajprobléma kialakulásához, ehelyett elvárásként fogalmazódik meg. Mit tehet a repülőtér üzemeltetője a zajterhelés csökkentése, ezáltal a konfliktushelyzetek elkerülése érdekében?

Repülőtereknél külön figyelmet érdemelnek a zajcsökkentő üzemeltetési eljárások, például a meredekebb emelkedés, kisebb hajtómű-teljesítmény, a megfelelő szárnymechanizáció-kitérítés, vagy a szárnymechanizáció késleltetett működtetése leszálláskor. Ezek ugyanakkor összefüggésbe hozhatók a repülésbiztonsággal, hiszen a repülési módoszatokba való beavatkozást jelentik, a zajcsökkentett repülés megvalósítását célozzák meg.

Ahogy korábban bemutattuk, a zajterhelés számításánál egyebek mellett a mértékadó műveletszám, az átrepülési idő és a megítélési idő is szerepet kap. Tény, hogy pont azoknál az eljárásoknál, melyeknél a repülési zaj kezelése a cél, a figyelembe vett zajterhelés érték átlagolt zajadat, illetve a műveletekkel összefüggő tényleges zajeseményszint értékek hosszú idejű, nappal 16 óra, éjjel 8 óra megítélési időre vonatkoznak. A műveletszámok alakulása prognosztizált adat, tíz év és legnagyobb zajterhelést eredményező hat hónap figyelembevételével meghatározott adat [6]. Állandó probléma, hogy az észlelési oldalon lévők nem fogadják el a repülőtér üzemeltetője által közölt forgalmi adatokat, ami leginkább az átrepülések ismétlődésével és ebből eredő zavarással függ össze. A műveletszám kapcsolódik a megítélési időhöz, mivel hosszabb időtartamban a zajesemények száma kevésbé befolyásolja a 2. táblázatban látható összefüggésekkel számolt zajterhelés értéket.

Tény, hogy a műveletszám és a megítélési idő zajterhelés vonatkozású végeredményt befolyásoló hatása vitathatatlan. E kettő tényező közül a megítélési idő jogszabályban meghatározott érték. Átgondolásánál a *secundumban* kifejezett mértékegységtől célszerűen el lehet rugaszkodni, nem a mértékegységen van a hangsúly, tulajdonképpen érdektelen, hogy *secundumban* (s) vagy órában (h) fejezzük ki a megítélési időt. Ez tehát nem is lehet kérdés. A mértékegység megváltoztatása ugyanis nem lehetséges – időtartam kifejezése a cél –, de az időtartam hosszát meghatározó módszer megváltoztatható. Valójában nem a mértékegység lesz a lényeges, hanem azok a részletek, melyek tartalmukban jelenleg hat hónapra vonatkoznak, illetve nappal 57600 s és éjjel 28800 s időtartamokat jelentenek. Érdemes a megítélési idő meghatározási módjára helyezni a hangsúlyt és további vizsgálat tárgyává tenni.

Bármilyen megközelítésben is vizsgáljuk repülőterek környezetében a megítélési zajterhelést, a zajprobléma minden esetben azokra a zajeseményszint értékekre vezethető vissza, melyek ténylegesen kimutathatók egy-egy területen, és a repülési művelettel összefüggésben zavaró, vagy kellemetlen hanghatást okoznak az észlelő számára. Zavarás szempontjából egy idő után

már érdektelenné válik a napi műveletszám, elveszti jelentőségét a napközben vagy éjjel kialakuló „zajszünet”. Előtérbe kerülnek a művelethez köthető zajszint értékek, ezzel együtt egyre nagyobb figyelmet kap az  $L_{Amax,i}$  A-hangnyomásszint érték. Ezért érdemes a számítási módszerek elemzése mellett a műszeres zajmérésekkel nyert adatok áttekintése is.

## **4. ZAJ ÉRTÉKEK ÁTTEKINTÉSE REPÜLŐTÉR KÖRNYEZETÉBEN**

A repülési zaj megítélésében feltárt ellentmondás részben a zajeseményszint értékekkel, valamint a számítások egyik bemenő adatával, az  $L_{Amax,i}$  A-hangnyomásszint értékekkel kapcsolatos bizonytalansághoz kötődik. Ezért a korábbiakhoz képest nagyobb figyelmet szenteltünk a zajesemények elemzésére. Célkitűzésünk volt olyan adatok előállítása, melyek a légi forgalom nagysága, aránya és eloszlása mellett a tényleges környezetvédelmi problémára, azaz a környezeti zajhelyzetre adnak információt. Pontos képet a környezeti zajhelyzetről akkor kapunk, ha a valóságos helyzet leírása műszeres zajmérések eredményein alapul. Ezt a gondolatot folytatva, repülőtér környezetében észlelhető A-hangnyomásszintek megismerése céljából helyszíni műszeres zajméréseket végeztünk a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér mellett. A közölt mérési eredmények a repülési művelethez tartozó, egyedi zajesemények zajszint adatai. Jelen tanulmányban szerepeltetett adatsorok összeállításánál támaszkodtunk a témában megjelent Tudományos Diákköri Dolgozatra is [10].

### **4.1. Mérésekkel kapcsolatos előzmények**

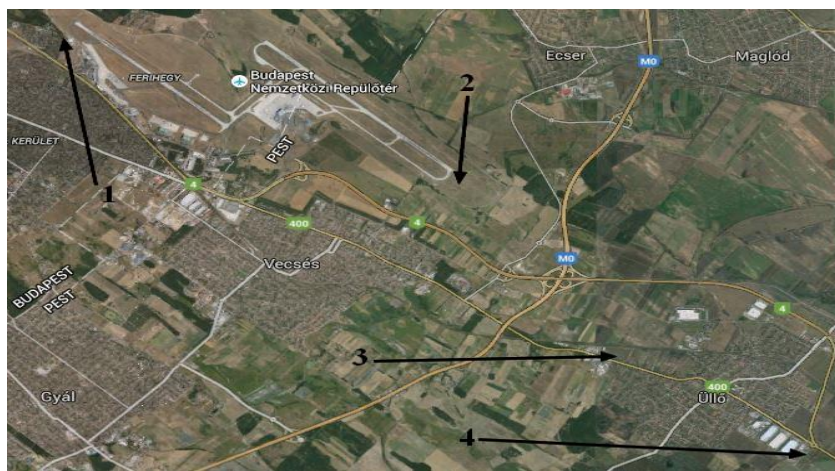
Az észlelt zajszintek elemzése mellett számos olyan tényező van, aminek a figyelembevétele közelebb viszi a mérési eredmények alapján levont következtetéseket a valóságos helyzethez. Ilyen tényező a repülési magasság, a repülési sebesség, a manőver jellege (leszállás, felszállás, átrepülés) vagy az időjárási körülmények. Előbbiek a repülési zaj sajátosságai, utóbbi viszont minden zajesemény esetében befolyásoló hatással bír.

A repülési magasság elsődleges szerepet kap a repülési zaj megítélése szempontjából. Értelemszerűen minél közelebb van a zajforrás a terhelési ponthoz, annál jobban érvényesül a hatása. Ez a légkör csillapító hatásától, valamint a zajforrás és a terhelési pont közötti tér – beépítettség, növényzet – jellegétől függően jelentős mértékben is változhat. A repülőgép sebessége több módon is befolyásoló hatással bír a zajszintekre. Fizikai törvényszerűségekből tudjuk, hogy egy repülőgép légellenállása a repülőgép és a légmozgás egymáshoz viszonyított sebességének négyzetével egyenesen arányos. A légellenállás növekedésével pedig a géptest zaja is magasabb lesz.

Másodlagos tényezőként megjelenik a hajtómű-teljesítmény növekedése, ami további zajszint-növekedést von magával. A repülési manőver jellege az előbb felsorolt két tényező változása miatt fontos. Felszállás során a repülőgép hajtóművei maximális teljesítményen üzemelnek, a legmagasabb zajszintek ezért ebben a repülési stádiumban mérhetők. Ehhez hozzájárulnak a külső helyzetben lévő futóművek és a fékszárnyak rezgései, amik a géptest zaját (aerodinamikai zaj) növelik. Ez a jelenség leszállás során szintén megjelenik, és mivel ekkor a hajtóművek teljesítménye jóval alacsonyabb, hatása a zajterhelésre is ennek megfelelően alakul. Megfelelő siklópálya és alacsony leszálló sebesség esetén a zajkibocsátás csökken [9].

Az átrepülés a polgári légi forgalom zajának vizsgálata során kevésbé fontos, mivel a repülőgépek a lehető leghamarabb utazómagasságra emelkednek (8000–12 000 méter), ahol már elhanyagolható hatásuk van a földfelszínen mérhető zajszintre. A fel- és leszállások zajának vizsgálatakor ennek ellenére a manővert jellegében átrepülésnek vehetjük, amennyiben kellően rövid intervallum erejéig vizsgáljuk a pillanatnyi zajszinteket.

A műszeres zajméréseket a repülőtértől dél-keletre leszállóirányban, a siklópálya alatt kijelölt mérési pontokban, valamint a repülőtér egyes futópálya Budapest felőli pályavég mellett a telekhatáron kijelölt mérési pontban végeztük el. A mérés helyszíne minden esetben szabad tér, beépítetlen terület. A háttérterhelést a közutak és a távoli vasút forgalma határozta meg, üzemi zaj nem volt kimutatható. A mérési pontokat úgy jelöltük ki, hogy az átrepülési magasság arányosan növekedjen. A siklópálya és a mérési pontok közötti távolságokat a mérési eredményekkel együtt közöljük. A mérési pontok helyzetét a 11. ábrán szemléltetjük.



11. ábra Zajmérési pontok helyzete [forrástérkép: Google Earth]

A mérési pontok helyzete a 11. ábra alapján:

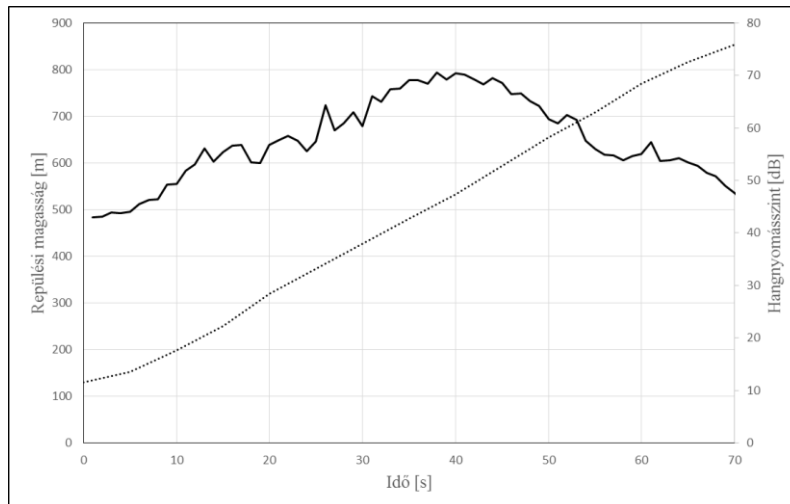
1. Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér, egyes futópálya Budapest felőli pályavég, Csap utca mentén.
2. Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér, kettes futópálya, Vecsés-Monor felőli pályavég.
3. Üllő külterületén a Gyáli(1.)-csatornától 300 méterre.
4. Üllő, Ilona út településhatár felőli végén (zsákutca).

Az elvégzett vizsgálat keretében a zajeseményekhez tartozó  $L_{Aeq}$  egyenértékű hangnyomásszinteket és az  $L_{Amax,i}$  hangnyomásszinteket mértük másodpercenkénti mintavételezéssel. A zaj adatok mellett rögzítettük az átrepülések adatait. A mérési eredményeket meghatározó egyik jellemző a mérési idő, azaz a zajesemény  $t_1$  és  $t_2$  időpontok közötti időtartama. A  $t_1$  a zajesemény kezdetének időpontja, amikor az átrepülés során mért  $L_A$  hangnyomásszint az alapszajból határozottan kiemelkedik. A  $t_2$  a zajesemény végének időpontja, amikor az átrepülés során mért  $L_A$  hangnyomásszint az alapszajban elvész. A mérési eredmények alapján látható volt, hogy a  $t_1-t_2$  időtartam a zajesemények függvényében jelentősen változik, a méréseknél több esetben is jelentős eltérések adódtak a hatásidőt tekintve.

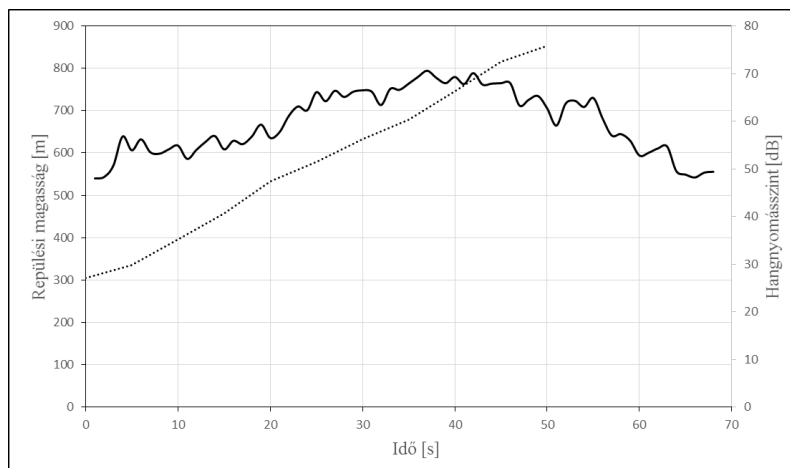
A mérések helyszínéül szolgáló Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér forgalmának túlnyomó részét két repülőgéptípus adja, az *Airbus A320* és a *Boeing B-737* (pontosabban ezek különféle típusváltozatai).

#### 4.2. Repülési zaj mérési eredményei

Az első mérési pont esetében felszálló repülőgépektől származó A-hangnyomásszinteket rögzítettünk. A mérések ideje alatt a légi járművek 150-300 méterről hozzávetőlegesen 900 méteres magasságig emelkedtek. A mérési eredményeket a 12. és 13. ábrákon szemléltetjük, az adatok összefoglalását a 4. táblázat tartalmazza.



12. ábra Airbus A320 típusú repülőgép felszállás közbeni mért hangnyomásszint értékei a repülési magasság értékekkel [10]



13. ábra Boeing B-737 típusú repülőgép felszállás közbeni mért hangnyomásszint értékei a repülési magasság értékekkel [10]

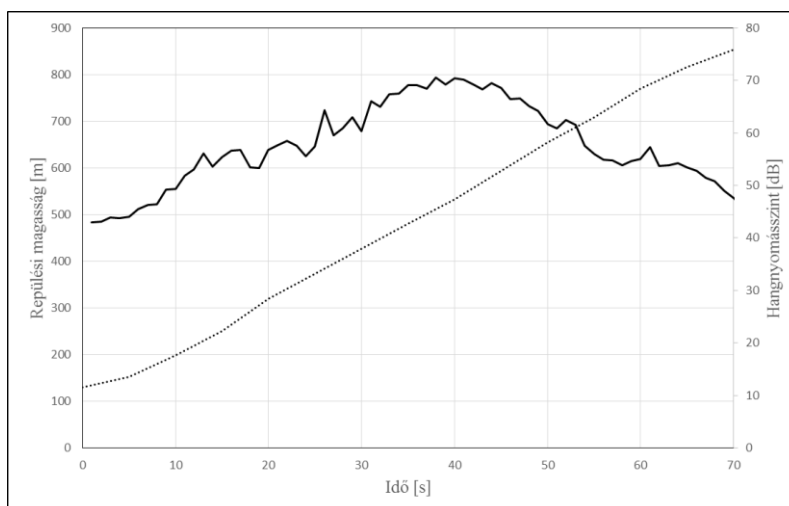
Mért jellemző	A320	B-737
$L_{Amax}$	70,4 dB	70,6 dB
$L_{Amin}$	42,8 dB	42,5 dB
$L_{Aeq}$	62,3 dB	62,7 dB

4. táblázat Mérési adatok összefoglalása első mérési pontra [10]

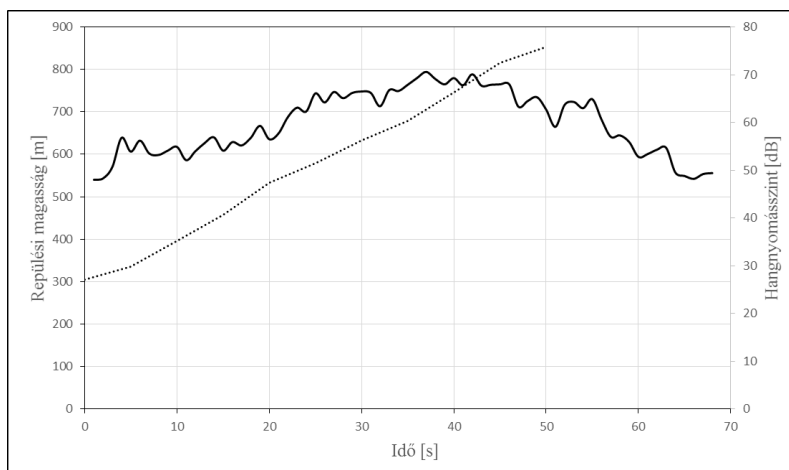
A második mérési pont esetében a repülőgépek leszállás közbeni zajkibocsátását mértük. A mérések ideje alatt a légi járművek 500 méterről hozzávetőlegesen 100 méteres magassáig süllyedtek. A mérési adatok összefoglalását az 5. táblázat tartalmazza, a 14. és 15. ábrákon szemléltetjük a mérési eredményeket.

Mért jellemző	A320	B-737
$L_{Amax}$	79,5 dB	77,2 dB
$L_{Amin}$	73,5 dB	43,1 dB
$L_{Aeq}$	67,3 dB	67,5 dB

5. táblázat Mérési adatok összefoglalása a második mérési pontra [10]



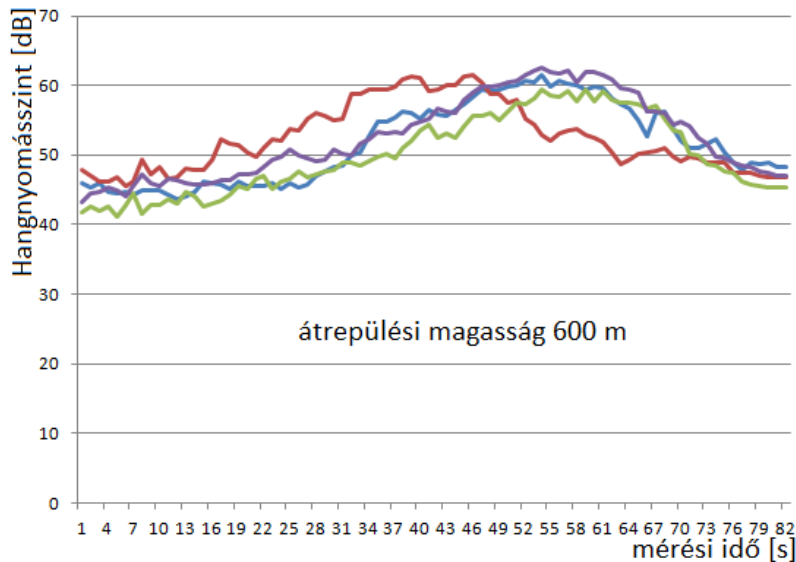
14. ábra Airbus A320 típusú repülőgép felszállás közbeni mért hangnyomásszint értékei a repülési magasság értékekkel [10]



15. ábra Boeing B-737 típusú repülőgép felszállás közbeni mért hangnyomásszint értékei a repülési magasság értékekkel [10]

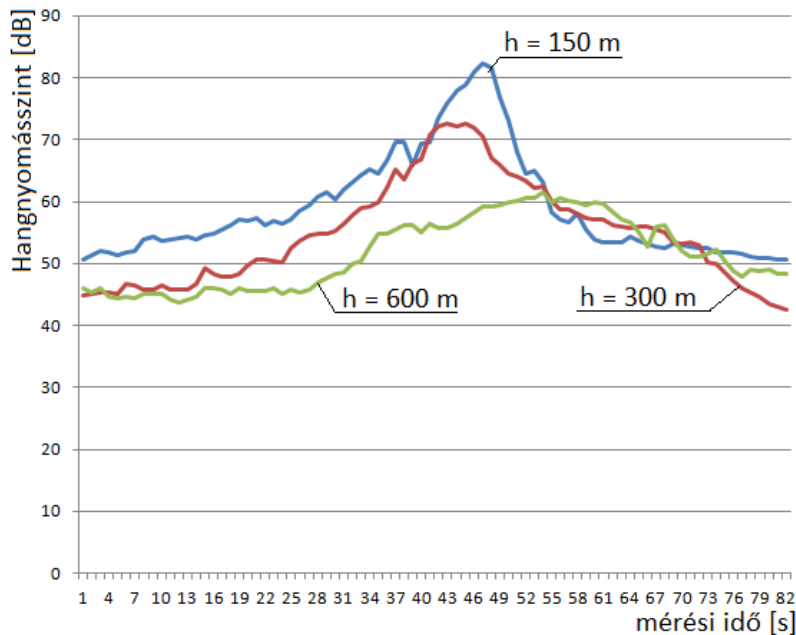
Azonos mérési helyszínen és változatlan mérési körülmények mellett eltérő zajszint-idő függvényt kapunk, amit a környezet hangterjedésre gyakorolt hatása mellett a légi jármű tulajdonságai, a manőver és a repülési művelet jellemzői határoznak meg. Ezért minden átrepüléshez különböző zajszintek tartoznak, ebből következően minden zajeseménynél más-más a zavaró hatás folyamata is. Mindezt harmadik mérési pontban észlelt hangnyomásszint értékek alapján szemléltetjük, amit a 16. ábrán mutatunk be.





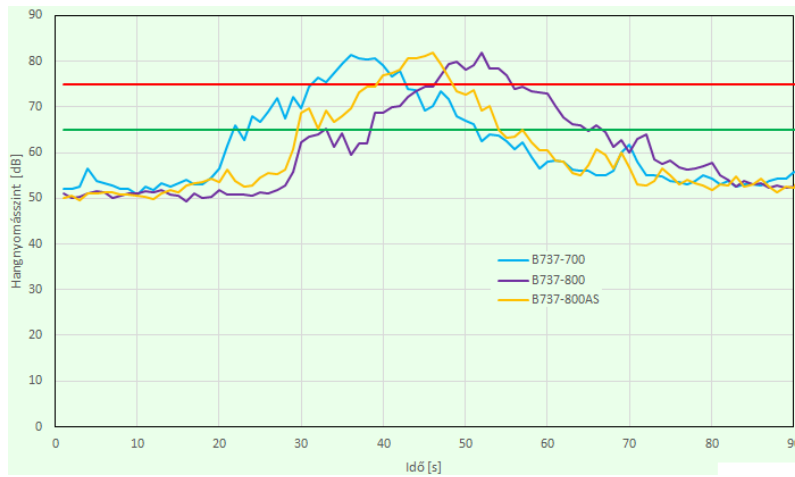
16. ábra Hangnyomásszint értékek négy átrepülés alapján a harmadik mérési pontban [saját mérés]

A zavarás jobb kiértékeléséhez vezet a legnagyobb zajszint értékek elemzése a repülési magasság alapján, ami kiterjedhet azok időtartamára és számára is. Az eltérő átrepülési magasságokhoz tartozó jellemző zajszintek összevetése a 17. ábrán látható.

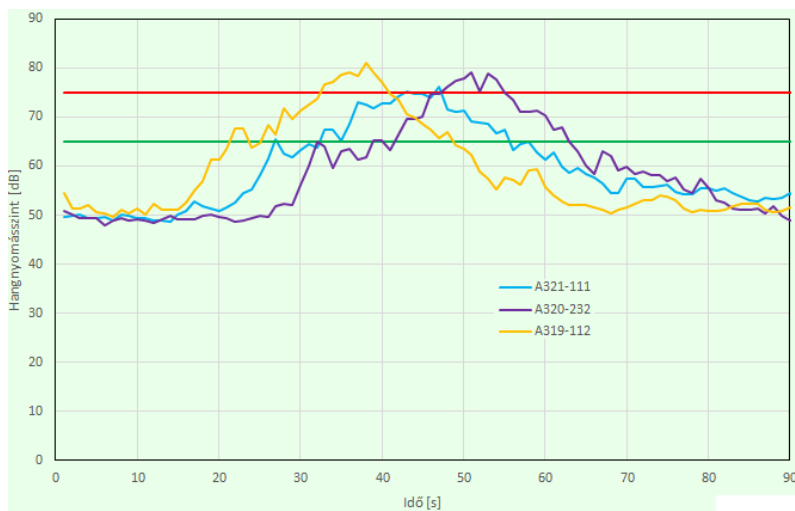


17. ábra Eltérő átrepülési magasságokhoz tartozó hangnyomásszint értékek [saját mérés]

A mért zajszint értékek alapján látható volt az egymást követő repülési manőverektől származó hangnyomásszint értékek különbözősége azonos géptípusok esetén is. A mérési eredményeket a 18. és 19. ábrákon szemléltetjük.

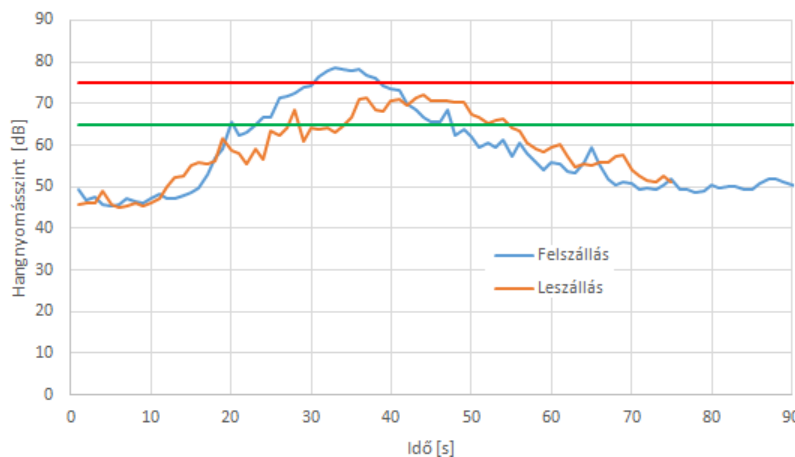


18. ábra Boeing típusú repülőgépek átrepülési hangnyomásszint értékei (h = 150 m) [saját mérés]



19. ábra Airbus típusú repülőgépek átrepülési hangnyomásszint értékei (h = 150 m) [saját mérés]

Természetesen a leszálló és a felszálló irányokban is kimutatható a műveleti zajok közötti különbség, amit a 20. ábrán szemléltetünk Airbus A320 repülőgép típus esetében.



20. ábra Airbus A320 típusú repülőgép felszállás és leszállás műveleti zaja 350 m-es magasságon [saját mérés]

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A modern környezetszennyezés egyik meghatározó problémája a környezeti zaj és a zaj elleni védelem. Általánosságban elmondható, hogy mindenkit érint kisebb-nagyobb mértékben, zajjal terhelt környezetben élünk. A modern környezetszennyezés azonban környezetbiztonsági kérdéseket is felvet, amikor a szennyezés csökkentésére, illetve zajhatások esetén az elfogadható zajhelyzet kialakítására fogalmazzunk meg igényt. Mivel a légi közlekedés vonatkozásában is összetett folyamatról beszélünk, a zajcsökkentési célzatú beavatkozásokkal is óvatosan kell bánni. A repülés komplex környezethasználati folyamatot jelent, ami a repülésbiztonság kérdéskörét is érinti, különös tekintettel a repülési kockázatokra.

Mivel a repülésbiztonságnak érintettnek kell lennie a környezetvédelmi beavatkozásokkal kapcsolatban, a zaj elleni védelemnek is tekintettel kell lennie erre a követelményre. Ráadásul nem lehet cél a légi közlekedés visszafojtása, mivel társadalmi és globális értelemben sem állunk azon a ponton, hogy egy közlekedési ágazat esetleges környezetvédelmi előnyeit figyelmen kívül hagyjuk. Ebből következően a jövőben előrelépést a környezetvédelem és a repülésbiztonság együttese adhat, célszerűen vizsgálni kell a környezetbiztonság és a zaj elleni védelem összefüggéseit. Környezetvédelmi szempontból ez röviden úgy foglалható össze, hogy a nagyobb rossz elkerülése érdekében a kisebbet válasszuk.

Ennek érdekében vizsgáltuk a légi közlekedéssel összefüggő jelenlegi zajhelyzetet, a repülés, mint rendszer és a zajjal terhelt környezet, mint rendszerkörnyezet kapcsolatát. Sajnálatos módon ez a kapcsolat gyakran a lakossági zavarásban és abból fakadó tiltakozásban nyilvánul meg. Megjegyezzük, hogy a lakossági észrevételek többsége ma már úgy foglалható össze, miszerint kérdéseket keresünk meglévő válaszokra.

De mi a kihívás abban, ha valami elsőre sikerül? Miért ne adhatnánk a környezethasználó számára lehetőséget azzal, hogy a működés engedélyezése mellett fogalmazzuk meg az eredményes vagy előzetesen hatásosnak ítélt zajcsökkentési intézkedéseket? Ha elsőre nem teljesül a célkitűzés, akkor tovább kell dolgozni és módosítani a környezethasználati tevékenységen, tovább haladni a kijelölt úton. Ehhez a környezetvédelem oldalán is korszerűsítésre van szükség, amire zajmérési adatokat hoztunk fel példaként.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Bera József, Pokorádi László: Légiközlekedés környezetbiztonsági fogalomrendszere, Repüléstudományi Közlemények, XXVI. évfolyam 2014. 2. szám (e-dok.) [http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2014\\_cikkek/2014-2-23-0127\\_Bera\\_J-Pokoradi\\_L.pdf](http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2014_cikkek/2014-2-23-0127_Bera_J-Pokoradi_L.pdf)
- [2] BERA József, POKORÁDI László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Debrecen, Campus Kiadó, 2010, 192 p.
- [3] BERA József, POKORÁDI László: Közlekedés a környezetvédelmi rendszerhatáron innen és túl, Közlekedéstudományi Konferencia 2016, Győr, Széchenyi István Egyetem, 2016, pp. 116-143.
- [4] BERA József: Légi közlekedés környezetbiztonsági kapcsolatrendszerének modellezése a helikopterzaj tükrében, doktori (PhD) értekezés, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori iskola, Budapest, 2015, 119 p.
- [5] 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról
- [6] 176/1997. (X. 11.) Korm. rendelet a repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének szabályairól
- [7] 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendelet a repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének részletes műszaki szabályairól

- [8] BERA József, POKORÁDI László: Légi forgalom környezetbiztonsági modelljének zajszempontú elemzése, Repüléstudományi Közlemények, XXVII. évfolyam, 2015. 3. szám (e-dok.) [http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015\\_3/2015-3-05-0236\\_Bera\\_J-Pokoradi\\_L.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015_3/2015-3-05-0236_Bera_J-Pokoradi_L.pdf)
- [9] Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen. Arbeitsgruppe „Novellierung der AzB“, Umweltbundesamt, 2007.
- [10] BERA Bálint: Repülési zaj hatásának elemzése a zajforrás és a környezeti alapállapot jellemzőinek összevetésével, Tudományos Diákköri Dolgozat, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, 2015, pp. 26.
- 

### **SITUATION ASSESSMENT REGARDING THE CONNECTION BETWEEN AIRPORT AND NOISE LOAD**

*As a function of the actual task, the environment protection analyses cover the exploration of the environmental situation studied; however, recognition of the cause-effect relations and the changes in environment use usually fade into the background. This also applies in respect of the aviation and airport operation. Most of the people establish relation between air traffic environmental load and noise load; they assess the acceptable environmental conditions as a function of noise impact. As a consequence, when discussing gentle use of the environment, both the level of the individual and of the society, noise load shall represent the focus. This raises series of question, since there is an almost constant conflict due to noise between the user of the environment and the subjects of the environment affected. Managing the environmental dialogue conflict to study the actual, aviation related noise situation and air traffic. Hereby we shall report the result of our studies conducted in this matter.*

**Keywords:** airport, air traffic, environmental noise, gentle use of the environment

---

---

BERA Bálint  
gépészmérnök hallgató  
Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonság-  
technikai Mérnöki Kar  
balintbera@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-4434-8554

---

Dr. BERA József, PhD  
környezetvédelmi szakértő  
Fonometro Környezettechnikai Bt.  
bera.jozsef@prosysmod.hu  
orcid.org/0000-0001-6240-2345

---

---

BERA Bálint  
mechanical engineering student  
Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mecha-  
nical and Safety Engineering  
balintbera@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-4434-8554

---

BERA József, PhD  
environmental expert  
Fonometro Limited partnership  
bera.jozsef@prosysmod.hu  
orcid.org/0000-0001-6240-2345

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-05-0302-Bera\\_J-Bera\\_B.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-05-0302-Bera_J-Bera_B.pdf)

Kiss Leizer Géza Károly

## A BIZTONSÁGTECHNIKA TUDOMÁNYÁNAK KAPCSOLATRENDSZERE A HULLADÉKOK KEZELÉSÉVEL

*Jelen publikációban bemutatjuk a biztonságtechnika tudományának kapcsolatrendszerét a hulladékok kezelésének lehetőségeivel. Meghatározzuk az alapfogalmakat, vizsgáljuk a légiközlekedéshez, légi szállításhoz kapcsolódó hulladékkezelési biztonságtechnika főbb kérdéseit. Különös figyelmet fordítunk a baleseti és katasztrófa helyzetekben keletkező hulladékok és azok kezelésének biztonságtechnikai kérdéseire, a hatóságok által előírt legújabb légi közlekedési szakmai ajánlások, utasítások, valamint a hazai és nemzetközi hulladékgazdálkodási politika figyelembevételével. Néhány megtörtént eset segítségével bemutatjuk a balesetek és katasztrófák során követendő biztonságos hulladékkezeléssel kapcsolatos alapvető eljárásokat.*

**Kulcsszavak:** biztonságtechnika, légiközlekedés, baleset, katasztrófa, biztonságos hulladékkezelés

### BEVEZETÉS

A biztonságtechnikai kutatásokat folytató szakemberek egyre több bizonytalansági tényezőt tárnak fel. Jelen korunkban megfigyelhető biztonságot befolyásoló tényezők mára más formában jelentkeznek, eltolódnak, új hangsúlyt kapnak. Előtérbe kerülnek a biztonság korábbi másodlagos szempontjai, melyek szabadon gerjesztődnek, a könnyen átjárható határok miatt nemzetközivé válnak.

Korunkat globalizációs trendek uralják, a fejlődési perspektívák divergenciái, a területi integritás, az erkölcsi szabadosság, a szeparatizmus, a nacionalizmus, a sovinizmus és még sok egyéb nemcsak elbizonytalanítja, hanem jószerint lehetetlenné teszi az emberi társadalmak töretlen, környezetbiztonságnak is eleget tevő hosszú távú fejlődését. Sajnálatos az is, hogy a nemzeti médiák révén a semmilyen erkölcsi korláttal nem rendelkező, sokszor gátlástalan negatívumok a társadalmak tagjaihoz bármilyen mélységben eljuthatnak. A világhálón pedig teljesen szabadon áramolhatnak azok az információk, melyek birtokában bárki bombát, fegyvert gyárthat, az azokhoz szükséges anyagokat be, illetve megszerezheti.

A biztonsági kihívások univerzálódnak, a bel- és külbiztonság sem választható már el egymástól. Az egészen kis csoportoktól a legnagyobb és legerősebb nemzetekig, az érdekérvényesítési törekvések legmeghatározóbb tényezőjévé az erődemonstráció, a vég nélküli fegyverkezés válik. Mindezek és az élethez szükséges források apadása miatt a mai geostratégiai, biztonságpolitikai jellemzők a kölcsönös függőség, bizonytalanság, az egymásra utaltság és sérülékenység. Ezek akár a megzavart környezet bizonyítékai is lehetnek.

**A katasztrófális változásokat jósló előzményeket már évtizedekkel ezelőtt feltárták:**

A mai napig igaz a **II. Vatikáni Zsinat (1962–65)** megállapítása, miszerint „az emberiség még sohasem volt ennyire bővében javaknak, energiaforrásoknak, és gazdasági hatalomnak, ám a Föld lakóinak óriási hányada még mindig éhezik, és nélkülözések közt gyötrődik. Ellentétet idéznek elő a nyomasztó népesedési, gazdasági és társadalmi viszonyok, a fajok, a különböző

társadalmi csoportok, a bőségben élő és a szegény nélkülöző népek, vagy az egymást követő nemzedékek közt felmerülő konfliktusok” [4].

A *Római Klub első elnöke* Aurelio Peccei szavai szintén teljesen helytállóak napjainkra. „A népesség fékevesztetten szaporodik, a népek között szakadások támadtak, nem érvényesült a társadalmi igazság elve, rengetegen éheznek vagy rosszul tápláltak, nagy a szegénység, sok a munkanélküli, az emberek megőrülnek az anyagi növekedésért, miközben fulladoznak az inflációban” [3].

De ha figyelemmel kísérjük a *Worldwatch Institute jelentéseket (2006-2015)*, ezek is arról szólnak, hogy olyan világban élünk, ahol a munkakorú népesség 30%-a nem kap munkát, ahol 600 millió ember nem jut egészséges ivóvízhez, ahol 1 milliárd felnőtt nem tud írni-olvasni, ahol 900 millió ember rendszeresen éheznek, ahol 100 millió hajléktalan él, ahol évente 3 millió gyermek hal meg a védőoltások hiánya miatt és ahol évente 9 millió ember és óránként 300 gyermek hal éhen. Ugyanakkor a globális katonai ráfordítások, az 1046 Mrd dollár 2%-ának megfelelő összeg, évi 20 milliárd dollár elég lenne, hogy a világon mindenki alapfokú oktatásban, egészségügyi szolgáltatásban, biztonságos ivóvízben és megfelelő táplálékban részesüljön [19].

Az USA Védelmi Minisztériumának adatai szerint az amerikai hadsereg 37 millió tonna kőolajnak megfelelő üzemanyagot használ fel évente, vagyis kb. annyit, mint amennyit az egész USA tömegközlekedése 15 év alatt fogyaszt el [18].

A világszerte érzékelhető visszalépés, stagnálás, majd hirtelen előrelendülés kiszámíthatatlan folyamatai befolyásolják a környezet és társadalom jóllétét, ezekhez kapcsolódó biztonságérzetét. Szükségét érezzük, hogy a biztonság technikai alapú megközelítésével hívjuk fel a figyelmet fentiekben felsoroltakból következő, az egyre nagyobb tömegekben megjelenő, nem megfelelően kezelt hulladékok hatásai által jelentett veszélyekre.

A cikk célja, hogy a hulladékkezelésben alkalmazott biztonságtechnikai megoldásokkal megelőzhessük a katasztrófák során a hulladékok okozta rendkívül súlyos környezeti ártalmakat. A katasztrófák mindig az emberiség életének részét képezték, ezek súlya, gyakorisága, mérete, globálisan jelentkező romboló hatása annyira megnövekedett, hogy a katasztrófák elleni védelem napjainkban elsődlegessé, rendkívül fontossá vált. A fékevesztett fogyasztás vágya helyett ökológiailag megfelelő, méltányos és felelős, hosszú távon fenntartható szabályozott keretek között kellene élnünk. Az ebből következő óriási károk, melyeknek nemcsak gazdasági, hanem a társadalmi hatásai is jelentősek, felvetik a megelőzés lehetőségeinek kutatását, a biztonságos hulladékkezelés kérdését, annak szükségességét.

A tanulmány az alábbi fejezetekből áll: a bevezetés utáni 2. fejezet a biztonságtechnika tudományának alapfogalmait, területeit és kapcsolatrendszerét ismerteti. A 3. fejezet a légiközlekedéshez, légi szállításhoz kapcsolódó hulladékkezelési biztonságtechnikát mutatja be. A 4. fejezet a baleseti és katasztrófa helyzetekben keletkező hulladékok kezelésének biztonságtechnikai kérdéseit tárgyalja. Végezetül a Szerző összegzi tanulmányát.

## A BIZTONSÁGTECHNIKA TUDOMÁNYÁNAK ALAPFOGALMAI, TERÜLETEI ÉS KAPCSOLATRENDSZERE

A biztonságtechnika megértéséhez először is saját definícióinkban szükséges meghatározni a biztonság, biztonságstudomány, környezetbiztonság fogalmait.

**Biztonság:** Az ember testi-lelki veszélyérzetének hiánya, az ezek elleni veszély elhárítása, az ideális életminőség megléte.

**Biztonságtudomány:** Az ember és vívmányai védelméért, fenntartásáért létrehozott komplex ismeretrendszer, melynek feladata a biztonság megteremtése, fenntartása, garanciája és mindezek gyakorlata.

**Környezetbiztonság:** Az ember környezeti veszélyérzetének hiánya, az ezek elleni veszély elhárítása, az ideális környezetminőség megléte.

A Magyar Biztonságtudományi Társaság meghatározásában a globális biztonságstudomány természet- és technikatudomány is, de mindenekfelett etikus embertudomány.

A biztonsági szint elérésének garanciája veszélyek „a priori” kezelése, a gazdasági döntésekkel szembeni elsőbbség, vagyis emberi, technikai, gazdasági garanciák, ezek fogják jelenteni a teljes körű biztonságot a környezet szintjein. Az **alap biztonságstudomány** négy összetevő csoportra bontható:

- biztonsági természettudomány;
- biztonsági társadalomtudomány;
- biztonsági rendszerszervezési tudomány;
- biztonsági egészségügyi tudomány [7].

Az **alap biztonságstudomány** a négy csoportjával egyetemben alkotja a biztonsági kutatás elméleti bázisát. Meghatározza a biztonság alaptörvényeit és bemutatja a biztonság mibenlétét.

A **biztonságtechnikai tudomány** a következő összetevő csoportokra bontható fel:

- biztonságtechnikai természettudomány;
- egészségvédelmi technikai tudomány;
- biztonsági társadalomtechnikai tudomány;
- biztonsági informatika;
- biztonsági kibernetika;
- biztonsági operációkutatás;
- biztonsági ergonómia;
- biztonsági pszichológia;
- biztonsági fiziológia [7].

A **biztonságtechnika** azon technikai, technológia módszerek és eljárások összessége, melyek feladata valakinek a létét, vagy valaminek a rendeltetészerű működését biztosítani [6].

Biztonságtechnikának nevezzük a műszaki tudományok azon területét, amelynek feladata a különféle objektumok és rendszerek biztonságának növelése, az embert érő káros hatások és a vagyoni kár kockázatának csökkentése, igénybe véve ehhez műszaki, szervezési, egészségügyi, gazdasági intézkedéseket és eszközöket. Kicsit más értelemben biztonságtechnika a műszaki és

természettudományoknak a munkabalesetek és más hirtelen fellépő egészségkárosodások megelőzésére létrejövő követelmény-, eszköz- és intézményrendszer [8].

A műszaki tudományok alkalmazásával, felhasználásával érhetjük el az itt megfogalmazottakat, de az alkalmazás során figyelembe kell venni a mindig jelentősen szerepet játszó emberi tényezőt, mely megmutatkozhat, súlyos károkat okozhat a hanyagságból, gondatlanságból eredő balesetek, légi katasztrófák során.

A biztonságtechnika megfelelő alkalmazásával védhetővé válik az egyén, az objektum, a szállítmány, a vagyon, az egészség, az információ, vagyis általánosságban az ember és a létezésével, életvitelével kapcsolatos minden tevékenység. Emiatt a biztonságtechnika az élet minden területén alkalmazható a rendszerek biztonságosabbá tételére. A fejlesztések alapja az emberi hibákból származtatható adatok összegyűjtése, teljes körű feldolgozása, a következtetések tudományos alapossággal történő levonása.

A biztonság komplexitásának alapja az emberi megbízhatóság, figyelembe véve azt, hogy minden rendszerben a leggyengébb pont az ember.

**A biztonság komplexitásának összetevői, egyben a biztonságtechnika tudományának területei:**

- környezetbiztonság;
- műszaki biztonság;
- tűzbiztonság;
- munkabiztonság;
- személy és vagyonbiztonság,
- katasztrófavédelem;
- egészségvédelem;
- objektum, terület, szállítmányvédelem;
- közbiztonság;
- információbiztonság.

Technikai értelemben a biztonság egy objektum (vállalat, intézmény, bank, üzem, munkahely, termelőeszköz, lakás) olyan állapotát jelenti, hogy rendellenes működése, meghibásodása esetén az emberekre és más objektumokra veszélyes következmények nem lépnek fel, nem keletkezik baleset vagy nagyobb anyagi kár, esetleg katasztrófa. A biztonságra egyaránt veszélyt jelenthetnek a vagyon és a személyek elleni támadások (betörések, rablás), a munkahelyi balesetek és ártalmak, a veszélyes anyagok, a tűz-és robbanásveszély, az ipari és természeti katasztrófák. [7].

A biztonságtechnika rendkívül sokoldalúan alkalmazható, területei és kapcsolatrendszere szervesen integrálódik más tudományokhoz.

Az információbiztonság területén például a könyvtári infokommunikáció biztonsága a könyvtárak infokommunikációs rendszerét, illetve annak rendeltetészerű működését veszélyeztető cselekmények, események és a velük szemben támasztott intézkedések együttthatása. A biztonságot közvetlenül két tényező befolyásolja. Az egyik a veszélyeztetés, melynek növekedése csökkenti a biztonság szintjét, a másik az alkalmazott védelem, melynek bővítése pedig növeli azt [3].

A Munkahelyi Egészségvédelmi és Biztonság Irányítási Rendszer (MEBIR MSZ EN



ISO:28001:2008 szabvány OHSAS 18001) a munkavállalók munkavédelmi- és munkaegészségügyi kockázatait elemzi és értékeli. Feladata az élet és az egészség biztonságának segítése, a vállalkozások közép- és hosszú távú fejlődésének biztosítása.

**A Munkahelyi Egészségvédelmi és Biztonság Irányítási Rendszer elemei:**

- veszélyazonosítás, kockázatértékelés a kockázat kézben tartásának meghatározása;
- a veszélyek azonosítása;
- a veszélyeztetettek azonosítása;
- a kockázatok minőségi, illetőleg mennyiségi értékelése;
- a teendők meghatározása és a szükséges intézkedések megtétele;
- az eredményesség ellenőrzése és az értékelés rendszeres felülvizsgálata;
- a kockázatértékelés és a teendők, valamint a felülvizsgálat írásba foglalása;
- jogszabályi és egyéb követelmények;
- erőforrások, feladatok, felelősségi kor, számon kérhetőség és hatáskör;
- felkészültség, képzés és tudatosság;
- kommunikáció, részvétel és konzultáció;
- a dokumentumok kezelése;
- a működés szabályozása;
- felkészültség és reagálás vészhelyzetekre;
- ellenőrzés;
- a teljesítmény mérése es figyelemmel kísérése;
- a megfelelés kiértékelése;
- az események kivizsgálása, nem megfelelés, helyesbítő tevékenység és megelőző tevékenység.

## LÉGIKÖZLEKÉDÉSHEZ, LÉGI SZÁLLÍTÁSHOZ KAPCSOLÓDÓ HULLADÉKKEZELÉSI BIZTONSÁGTECHNIKA

A légi közlekedést vizsgálva a hulladékkezelési biztonságtechnikának inkább a baleseti és katasztrófa helyzetekben lehet jelentős szerepe, mivel a repülőtereken a hulladékkezelés jól szabályozott és nagyrészt azokra is koncentrálódik. Azonban egészen más a helyzet balesetek, katasztrófák során. A repülés, légi közlekedés folyamatait kutatva megállapítható, hogy hulladékok a normál üzemeltetés, valamint a repülőesemények során keletkeznek. A légi közlekedés és szállítás során a repülőgép fedélzetére felvitt, annak működéséhez szükséges és szállított anyagok a balesetek, katasztrófák során válhatnak hulladékká.

A légi úton szállított veszélyes anyagok többsége gyúlékony folyadék (festék, parfüm, aromaolaj, alkoholtartalmú gyógyszer), és hajtógázzal működő háztartási szer. A szállított rovarirtó szerek, valamint a biológiai folyadékminták és szövetek (naponta történik ilyen szállítás) lehetnek a veszély forrásai. Rendszeres a robbanóanyag szállítás – a sportlőszerektől a légvédelmi rakétáig – gyakori a szárazjég, cseppfolyós nitrogén, gyufa, illetve gallium szállítmány is. A szállított nukleáris anyag mennyisége és gyakorisága szintén szélsőséges: rendszeres a kis mennyiségű, de napi több tételben történő (irídium, jód, szén és kén) izotópszállítás. A nagyobb aktivitású, vagy nagyobb tömegű nukleáris anyagszállítás ritkább, de előfordult már mintegy 20 kilogrammos, 10%-nál dúsabb U<sup>235</sup> szállítás is [20].

A veszélyes áru légi szállításával kapcsolatos katasztrófavédelmi hatósági ellenőrzésről és a bírság kivetésének szabályairól szóló 313/2014. (XII. 12.) Korm. rendeletben szisztematikusan keresve a biztonság szót, az kétszer fordul elő.

1./ A nemzetközi polgári repülésről Chicagóban, 1944. évi december hó 7. napján aláírt Egyezmény 18. Függelékének részletszabályait tartalmazó dokumentum, a „Veszélyes Anyagok **Biztonságos** Légi Szállításának Technológiai Utasítása” (ICAO) [11][12].

2./ Egyéb, az 1–16. sorokban nem szereplő, az I. kockázati kategóriába tartozó előírások betartásának olyan elmulasztása, amely halál, súlyos személyi sérülés vagy jelentős környezetkárosodás okozásának nagyfokú kockázatával jár, vagy a repülés **biztonságát** veszélyezteti.

A biztonságos hulladékkezelés és a törvényi szabályozás kapcsolatát vizsgálva, nagyon sok a jogi bizonytalanság, a részleteiben szabályozatlan és hiányzó hulladékkezelési biztonságtechnikai előírás. A Veszélyes Áruk Nemzetközi Szállításáról szóló Európai Megállapodások (ADR, RID, ADN, IATA) Genfi aláírása óta a környezetvédelem, a hulladékgazdálkodás-kezelés jelentős változásokon ment keresztül [5]. Ezt jogharmonizálják a belföldi alkalmazásukra kiadott, jelenleg hatályos a légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. törvény és az egyes közlekedéssel összefüggő törvények módosításáról rendelkező 2015. évi CLXX. törvény, valamint a kapcsolódó Nemzeti Fejlesztési Minisztériumi rendeletek, melyek rendelkezéseit kétévenként igazítják a tudományos, ill. technológiai fejlődéshez. Azonban a legújabb kutatási eredmények alkalmazhatóságának érdekében a törvényi szabályozást felülvizsgálni, megújítani, aktualizálni, egyértelművé kell tenni, hiszen a mindennapi gyakorlatban a hulladékkezeléssel kapcsolatos hiányzó biztonságtechnikai előírások súlyos problémákat, gazdasági, társadalmi, környezeti károkat okoznak, gyengítik a hulladékbiztonsággal kapcsolatos érzéseinket.

## BALESETI ÉS KATASZTRÓFA HELYZETEKBE KELETKEZŐ HULLADÉKOK KEZELÉSÉNEK BIZTONSÁGTECHNIKAI KÉRDÉSEI

A légi úton szállított többnyire veszélyes áruk a balesetek, katasztrófák során veszélyes hulladékká válnak, de más egyéb hulladékok is keletkezhetnek a repülés során. Szerves, mérgező szilárd anyagok, radioaktív anyagok (izotópok), lítium, étermi ételek csomagolóanyagai, a fedélzetre illegálisan felvitt tárgyak, italos üvegek, palackok, kisgyermek pelenkái, akkumulátorok, motoralkatrészek, ajándéktárgyak, bükkfa, háziállatok, szinte minden, a hétköznapi életvitel során használt anyag. A Concorde katasztrófáját egy előtte felszálló repülőgépről leváló fémdarab, tulajdonképpen hulladék okozta. A repülőgép lezuhanása után sok elégetlen szénhidrogén és egyéb vegyes hulladék keletkezett.

Belátható, hogy a repülési biztonságot jelentősen veszélyeztetik a szállított áruk, a repülőgépekről leváló alkatrészdarabok, a környezetbiztonságot pedig a keletkező hulladékok.



1.ábra A párizsi repülőtérrel való felszálláskor kigyulladt Concorde repülőgép és hulladécai [1]

Ugyanakkor nem feledkezhetünk meg a repülésbiztonságot meghatározó emberi tényezőről sem. Az emberi tényező szerepe egyre erősödik, bármely balesetet, katasztrófát vizsgálva kijelenthető, hogy az esetek 95 %-ában jelen van.



2.ábra A lezuhant Cessna 152 típusú repülőgép roncsa [15]

A 2016 februárban repülési terv szerint Gödöllőről Győrbe tartó Cessna 152 típusú repülőgépnek Tatabánya térségében leszakadt a farokrésze, darabok törtek le a szárnyakból és a törzs is jelentősen roncsolódott. A helyszínen talált nyomok alapján a szakemberek azt valószínűsítették, hogy a gép mintegy 25 fokos szögben süllyedve érte el a fák tetejét, ezután a megállásig megközelítőleg 50 méter hosszan ütközött a fáknak, majd lezuhant.

A kép alapján látható, hogy nem volt nagy tűz, a gépből sok fémdarab és még a kerék is megmaradt, ebből következtethető, hogy a fáknak ütközés következtében főleg a szárnyak (üzemanyag tartályok) törése, sérülése miatt a kisrepülőgép tüzelőanyaga, a benzin jelentős része még a lezuhanás előtt elfolyt, beszivárgott a talajba. A repülőgépek ritkán gyulladnak ki a levegőben és a becsapódáskor. A tűz keletkezéséig mindig eltelik valamennyi idő, ami elég ahhoz hogy az üzemanyag egy része elfolyjon, a környezetbe kerüljön.



2010. júliusában Óbudán a Taliga u-i telek felett átesett és arra lezuhant Cessna 172-es kisgép esetében a lángok az orral történt becsapódás után percekkel később csaptak fel. A közelben kerékpározó gyerekek (az egyiknek az apja videózta őket a gépből) mentek oda segítő szándékkal. Az ajtót kinyitni nem tudták, a 3 tagú személyzetből akkor még az egyik élt, derült ki a boncolási jegyzőkönyvből, hiszen korom volt a tüdejében. Ebben az esetben a szárnyak az üzemanyagtartályokkal épen maradtak, de a sérült benzinezetékéből a forró motorra ömlött a benzin. A repülőgép ezután teljesen lángba borult, a bennrekedt 3 személy megégett és a zuhanást túlélő is meghalt. Érdekes momentum, hogy a 15 perces repülési terv ellenére (amihez 30 l üzemanyag elég lett volna) tele tankkal, 174 l benzinnel indultak...



3. ábra Óbudán átesett és lezuhant Cessna 172-es kisgép roncsa [14]

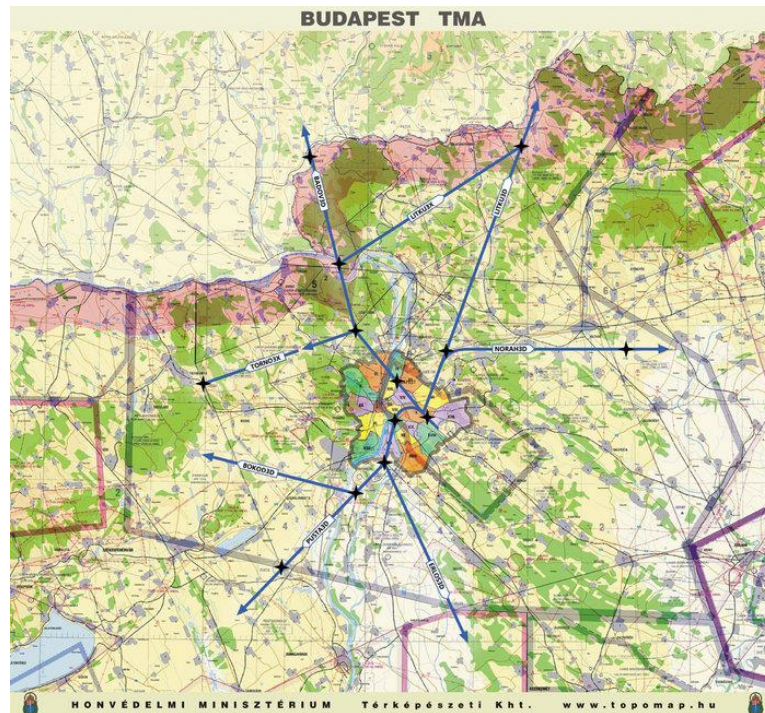
1 liter benzin 1 millió liter vizet szennyezhet el, a sérülések miatt kifolyó üzemanyag a talaj felszínéről a talajvízbe jutva jelentős környezetszennyezést okozhat. A kisrepülőgépek a tököli repülőtérről felszállva érintik a Fővárosi Vízművek Szigetújfalu – Szigetbecse között elhelyezkedő csápos kutakra épülő 1,2 M m<sup>3</sup>/nap kapacitású Duna parti szűrésű vízbázisát. E gépeket felszállás előtt általában teletankolják, így akár 250 l benzint is vihetnek magukkal.

Az új légiforgalomszervezési koncepció (Hungarian Free Route, HUFRA) alapján Magyarország légterében a ki- és belépőpontok között a lehető legrövidebb egyeneseken közlekedhetnek a repülőgépek. Szakértők szerint ezzel a megoldással a hazánk felett átrepülő járatok útvonala egy év alatt összesen csaknem 1,5 millió kilométerrel csökkenhet, így a légitársaságok mintegy 3 millió dollár értékű üzemanyagot takaríthatnak meg. A HUFRA alkalmazásával a repülőgépek a lehető legrövidebb, vagyis szükségtelen töréspontok beiktatása nélküli úton tehetik meg a magyar légterbe belépő és az onnan kilépő pontjaik közötti távolságot. A légitársaságok így a lehető leggazdaságosabb és legkörnyezetkímélőbb módon tervezhetik meg és bonyolíthatják le repüléseiket hazánk légterében [17].

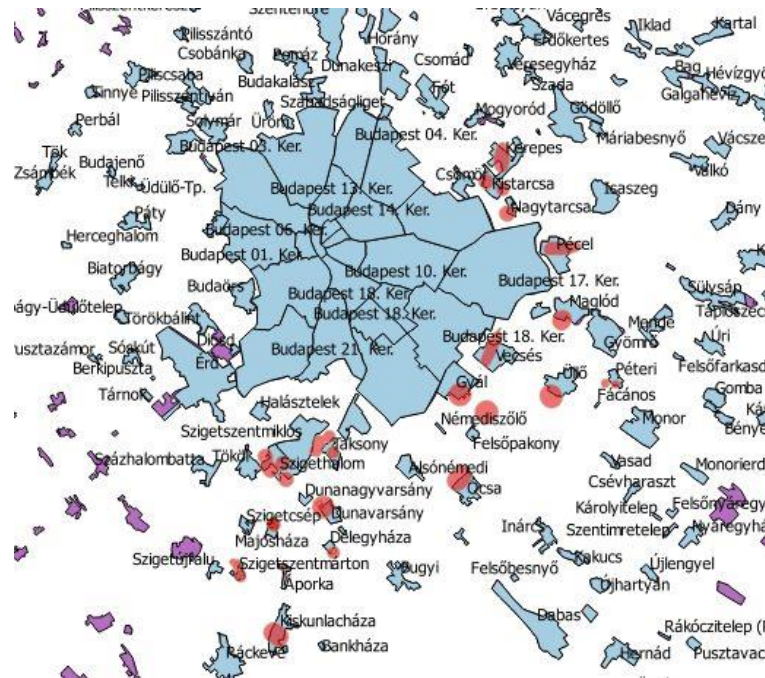
A Budapest Liszt Ferenc nemzetközi repülőtér és hazánk légterének szabályozása ellenére az óriási forgalomművekmény miatt Pest Megye vízbázisai mégis veszélyeztetettek lehetnek egy légibaleset, katasztrófa során. A mai modern nagy utasszállító gépek akár 80 000 l kerozint is

vihetnek az üzemanyag tartályaikban.

A vízbázisokat, a hidrogeológiai érzékeny területeket és a felettük húzódó megszüntetett légifolyosókat mutatom be az alábbi térképeken.

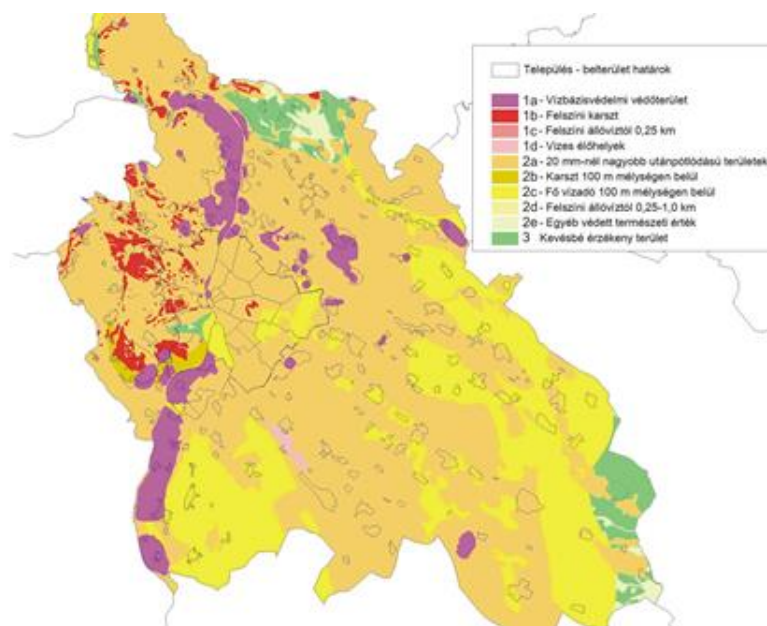


3. ábra A Budapest Liszt Ferenc nemzetközi repülőtérrel kiinduló megszüntetett légifolyosók [9]



4. ábra Vízbázisok a felszabadított légtérben közlekedő repülőgépek hatósugarában [15]





5. ábra Felszíni vizek állapota szempontjából érzékeny területek Pest Megyében [16]

A Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérrel fel és leszálló gépek útvonala szigorúan szabályozott, de az ország felett szabaddá váló légtér felveti azokat a problémákat, hogy egy légibaleset, katasztrófa esetén most már bármely vízbázis, hidrogeológiailag érzékeny terület szenvedhet szénhidrogén szennyezést. Ezért kiemelt jelentősége van a megelőzésnek, az ilyen eseményekre való felkészülésnek. Elsődleges feladat a katasztrófa és egyéb védelmi szervek felkészültségének fokozása, a megfelelő havária és hulladékkezelési tervek, technikai eszközök megléte, azok folyamatos fejlesztése.

A bekövetkezett szennyezések felszámolásának és rehabilitációjának eszköze a kárelhárítás és kármentesítés folyamata. Az alkalmazás folyamatait az 1995. évi LIII.évi törvény a környezet védelmének általános szabályairól és végrehajtása tárgyában megjelent 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszín alatti vizek védelméről, valamint a 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól, a BM-OKF utasításai, szabályzatai határozzák meg.

A Vegyipari Riasztási Központok (VERIK) működése során évente 30–40 megkeresés érkezik a központokhoz, a Nemzeti Központ szerepét betöltő MOL-FER tűzoltósághoz. A VERIK rendszer I–III fokozataival hatékonyan egészíti ki a nemzeti katasztrófa-megelőzés és elhárítás rendszerét.

Hazánk ivóvízellátását a felszíni és a felszín alatti vizek biztosítják, ezek minőségének folyamatos javítása és megőrzése a veszélyes szennyező anyagokkal, főleg a szénhidrogén vegyületekkel szemben a környezetvédelem, környezetbiztonság fontos feladata.

A szennyeződést okozó kőolajszármazékok a benzin, gáz és fűtőolaj, kerozin, kenő- és hirtáulika olajok, zsírtalanító- konzerváló-, és oldószerek eltávolításának leghatékonyabb környezetkímélő kármentesítési technológiái a biológiai módszereket alkalmazó eljárások. A légikatasztrófákban, balesetekben, de a helytelen üzemelési technológiák közben is elfolyó, elszivárgó szénhidrogénekkal szemben kiemelkedő fontosságú, az elérhető legjobb technikákat alkalmazó, hatékony kármentesítési eljárások bevezetése. Ezek során a három legfontosabb

tényezőre szeretnénk felhívni a figyelmet, az időfaktort figyelembe vevő terjedési folyamatok hatékony meggátlására, a környezetbe kijutott veszélyes anyagok (melyek már veszélyes hulladékok) szakszerű ártalmatlanítására és a mentesítés szabályozott folyamatára.

**A veszélyes anyagok (hulladékok) terjedésének hatékony meggátlása:**

- sérülések helyére, befogadók belépési pontjaira speciális vetter párnák helyezése;
- kiömlött szilárd anyagok összegyűjtése, zárható fémtartályba helyezése, veszélyes hulladékként kezelése;
- tárolás során a veszélyes hulladék kihullásának, elfolyásának, a környezetszennyezés lehetőségének elkerülése;
- kiömlött veszélyes anyagok szétterülésének megakadályozása, haladéktalan összegyűjtése, veszélyes hulladéktároló fémhordókba helyezése;
- cseppfolyós halmazállapotú anyagok szétfolyásának megakadályozása, tartályba gyűjtése;
- anyagok párolgásának megakadályozása;
- rendszerből kikerült gázok, gőzök lecsapatása.

**A veszélyes anyagok (hulladékok) szakszerű ártalmatlanítása:**

- a nem összegyűjthető, fel nem szedhető anyagok helyszíni közömbösítése;
- a talajba beivódott anyagok veszélytelen koncentrációra hígítása, neutralizálása;
- a szennyezett talajrétegek eltávolítása, deponálása, a szennyezés terjedésének megakadályozása;
- a kijelölt gyűjtőhelyre szállított veszélyes hulladékok megfelelő eljárásban, objektumban történő újrahasznosíthatóvá alakítása, vagy fizikai, kémiai, biológiai ártalmatlanítása.

Az elmúlt évtizedekhez viszonyítva fokozottabb igény merül fel (méltán) az egyén és a környezet védelmére, ezért a környezetbe került veszélyes anyagok –maradósságuk függvényében– ártalmatlanításáról, eltávolításáról gondoskodni kell, mely tevékenységet mentesítésnek (dekontaminálás) nevezünk. A sugárzó anyagok eltávolítását sugár-mentesítésnek (deaktiválás), a fertőző anyagokét pedig fertőtlenítésnek (dezinfekció) nevezzük. Ez a művelet nem egyszeri végrehajtást igényel, hanem a kárelhárítás folyamán szükség szerint rendszeresen el kell végezni, és meg kell ismételni. A mentesítést türelmesen, a szükséges mentesítési idők (párolgási-, oldódási- és reakcióidők) megtartása mellett lehet csak eredményesen végezni. A szennyezett, mentesítésre váró eszközöket és felszereléseket a készenlét és az egyéni védelem folyamatos biztosítása érdekében azonnal pótolni kell, ami egy nagyobb káreset esetén nem megfelelő raktárkészlet miatt a legtöbb területen nem lehetséges. A mentesítés és feltételeinek megteremtése ismételten tervezést igényel, melyet a megkezdése után folyamatosan koordinálni kell a helyes műveleti sorrendek és technológiák alkalmazása érdekében [9].

**A mentesítés szabályozott folyamata:**

- mentesítési feladatok és sorrendjük meghatározása;
- mentesítési módszerek és eszközök megválasztása;
- mentesítendő személyek, járművek, eszközök és környezet definiálása;
- mentesíteni kívánt anyag kiválasztása, paramétereinek meghatározása;
- szennyezett területek, anyagok, eszközök mentesítése tiszta, vagy detergens tartalmú

vízzel;

- szennyezett területek és detergens tartalmú vízzel nem mentesíthető tárgyak kezelése más módszerekkel (főzés, gőzölés, klórozás, oxidálás, savazás, lúgozás, oldószeres, egyéb kezelés);
- visszamaradó, szennyezett mentesítő anyagok kezelése;
- mentesítés hatékonyságának, eredményének ellenőrzése műszeres mérésekkel;
- mentesítés értékelése adatgyűjtés, feldolgozás, következtetések tudományos igényű levonása, gazdasági számítások, elemzések alapján.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Cikkünkben bemutattuk a biztonságtechnika tudományának kapcsolatrendszerét a hulladékok kezelésével. Saját definíció alapján határoztuk meg az alapfogalmakat, vizsgáltuk a légiközlekedéshez, légi szállításhoz kapcsolódó hulladékkezelési biztonságtechnika főbb kérdéseit. Megvizsgáltuk a légi úton szállított veszélyes anyagok mibenlétét is. Elemeztük a baleseti és katasztrófa helyzetekben keletkező hulladékok és azok kezelésének biztonságtechnikai megközelítéseit. Javasoltuk a legújabb kutatási eredmények alkalmazhatóságának érdekében a törvényi szabályozás felülvizsgálatát, megújítását, egyértelművé tételét és aktualizálásának szükségességét. Megtörtént esetek segítségével rámutattunk a balesetek és katasztrófák során követendő biztonságos hulladékkezelés érdekében a terjedési folyamatok hatékony meggátlására, a környezetbe kijutott veszélyes anyagok (veszélyes hulladékok) szakszerű ártalmatlanítására és a mentesítés szabályozott folyamatára, hogy a környezetbe került sok esetben veszélyes tulajdonságú hulladékok megfelelő biztonságos kezelése, ártalmatlanítása mielőbb megtörténhessen.



### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Air France – Concorde Paris, France, (online) url: <http://www.1001crash.com/index-page-description-accident-concorde-1g-1-crash-164.html> (2016. 03. 03.)
- [2] AURELIO PECCEI: Kezünkben a jövő. A Római Klub elnöke világproblémákról Gondolat 1984. pp.185.
- [3] BEREK LÁSZLÓ - RAJNAI ZOLTÁN: A könyvtári infokommunikáció biztonsága Hadmérnök X. Évfolyam 2. szám - 2015. június pp. 200.
- [4] CONGAR, YVES: Le Concile de Vatican II. Paris, 1984. – Kránitz Mihály (szerk.): A II. Vatikáni Zsinat dokumentumai negyven év távlatából, 1962-2002. Bp. 2002. pp. 89.
- [5] Dangerous Goods Regulations IATA (online) url: [http://www.backcountryaccess.com/wp-content/uploads/2013/02/IATA\\_2013\\_EN.pdf](http://www.backcountryaccess.com/wp-content/uploads/2013/02/IATA_2013_EN.pdf) (2016. 03. 03.)
- [6] Dr. BEREK LAJOS: Biztonságtechnika, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Bp. 2014. 49 p. (online) url: <http://real.mtak.hu/19709/1/biztonsagtechnika.original.pdf> (2016. 01.25.)
- [7] Dr. KISS SÁNDOR: Biztonságtechnika alapjai ZMNE jegyzet, 2003., pp. 6.
- [8] Dr. KÓSA CSABA: A munkavédelem alapjai. Bánki Biztonságtechnikai és Ergonómiai Füzetek I. BDMF, Budapest, 1994., pp. 22.
- [9] dr. univ. SZOBOSZLAY SÁNDOR: Katonai tevékenységek során a talajba és a talajvízbe kerülő szénhidrogén szennyezések kármentesítésének környezetbiztonsági követelményei, PhD értekezés (online) url: [http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2003/szoboszlay\\_sandor.pdf](http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2003/szoboszlay_sandor.pdf) (2016. 01.27.)
- [10] Honvédelmi Minisztérium Térképészeti Kht. (online) url: <http://www.hmzrinyi.hu/> (2016. 03.04.)
- [11] ICAO Műszaki Utasítások: a Nemzetközi Polgári Repülésről szóló Chicagói Egyezmény (Chicago 1944) 18. Függelékét kiegészítő, a Veszélyes Áruk Légi Szállításának Biztonságát Szolgáló Műszaki Utasítások, amelyet a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (ICAO, Montreal) ad ki (Magyarországon kihirdette a 2009. évi LXXXVIII. törvény)
- [12] ICAO: International Civil Aviation Organization (ICAO, 999 University Street, Montreal, Quebec H3C 5H7, Canada)
- [13] Lezuhant egy repülő Óbudán, három halott, (online) url: [http://nol.hu/mozaik/lezuhan\\_egy\\_cessna\\_obudan-727211](http://nol.hu/mozaik/lezuhan_egy_cessna_obudan-727211)(2016. 03.05.)
- [14] Megtalálták az eltűnt kisrepülőt, egy ember meghalt (online) url: <http://www.jetfly.hu/egyeb-repulos-hirek/megtalaltak-az-eltunt-kisrepulot-egy-ember-meghalt> (2016. 03.05.)
- [15] Országos Vízügyi Főigazgatóság Központi Vízirajzi Adattár, (online) url: <http://www.ovf.hu/hu/kozponti-vizrajzi-adattar> (2016. 03.04.)
- [16] Pest Megyei Környezetvédelmi Program 2014-2020, pp. 58. (online) url: [http://www.pest-megye.hu/images/2015/Teruletfejlesztési\\_dokumentumok/Kornyezetvedelmi\\_program\\_2014-2020/Pest\\_Megyei\\_Kornyezetvedelmi\\_Program\\_2014-2020.pdf](http://www.pest-megye.hu/images/2015/Teruletfejlesztési_dokumentumok/Kornyezetvedelmi_program_2014-2020/Pest_Megyei_Kornyezetvedelmi_Program_2014-2020.pdf) (2016. 03.04.)
- [17] Sajtóközlemény Hungarian Free Route 2015.02.05., pp. 1. (online) url: <http://www.hungarocontrol.hu/download/22010a0d9b5786defc8c80aa2315796b.pdf> (2016. 03.03.)
- [18] SIEDEL, V.W.: The impact of military preparedness and militarism on health and the environment. In: The environmental consequences of war. Edited by Jay E. Austin and Carl E. Bruch, Cambridge University Press, Cambridge, New York, p. 426-443
- [19] State of the World Reports, (online) url: <http://www.worldwatch.org/bookstore/state-of-the-world> (2016. 03.04.)
- [20] TÖRÖK BÁLINT ZOLTÁN nyá. tű, alezredes: Veszélyes anyagok közúti szállítási balesetei során tűzoltóság beavatkozásának taktikai és technikai fejlesztési lehetőségei, PhD értekezés (online) url: [http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2009/torok\\_balint\\_zoltan.pdf](http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2009/torok_balint_zoltan.pdf) (2016. 03.03.)

**THE CONNECTION SYSTEM OF THE SCIENCE OF THE SAFETY TECHNOLOGY WITH THE  
TREATMENT OF THE WASTES**

*We present the connection system of the science of the safety technology with the opportunities of the treatment of the wastes in a present publication. We define the fundamental concepts; we examine the more capital questions of the waste management safety technology being attached to the air transport, air transport. We translate special attention the accident one and catastrophe wastes arising in situations and they onto the safety technology questions of his treatment, the newest air transport vocational recommendations prescribed by the authorities, instructions, and the domestic and international waste management politics into attention his purchase. Some occurred we present it with the safe waste treatment to be observed in the course of the accidents and catastrophes with the help of a case related fundamental procedures.*

**Keywords:** *safety technology, air transport, accident, catastrophe, safe waste treatment*

---

KISS LEIZER Géza Károly (MSc)  
doktorandusz  
Óbudai Egyetem  
Biztonságtudományi Doktori Iskola  
kissleizer@t-online.hu  
orcid.org/0000-0001-5651-8843

Géza Károly, KISS LEIZER (MSc)  
PhD student  
Óbuda University  
Doctoral School on Safety and Security Sciences  
kissleizer@t-online.hu  
orcid.org/0000-0001-5651-8843

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-06-0303-Kiss\\_Leizer\\_Geza.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-06-0303-Kiss_Leizer_Geza.pdf)

Márton Andrea

## KATONAI EGYÜTTMŰKÖDÉS ÉS TERJESZKEDÉS AZ ÉSZAKI-SARKON

*Folytatva a kutatásaimat az Északi-sark régióról egy olyan résztémát emeltem ki, amelyről a gazdasági érdekek és a földgáz, valamint a kőolaj tartalékok kiaknázása miatt nagyon kevés szó esik. Ebben a tanulmányban két önállóan is elemezhető témából emeltem ki két részt az egyik a régió parti őrségeinek együttműködése, a másik pedig az orosz katonai terjeszkedés a régióban. Felmerül a kérdés: hogyan kapcsolódnak ezek kérdéskörök egymáshoz? A klasszikus válasz az, hogy minden mindennel összefügg, azonban, ha elemezzük a régiós országok kiadott stratégiáit, akkor a válasz már nem ennyire egyszerű. A nemzeti szuverenitás védelme és a gazdasági érdekek megvalósítása szükségessé teszi a katonai erő valamilyen fokú megjelenését az Arktisz régiójában.*

**Kulcsszavak:** Parti őrség, Arktisz, Oroszország, Kanada, Norvégia, Dánia

Az elmúlt két évtizedben tudományos vita alakult ki az Északi-sark jövőjével kapcsolatban. Különböző tudományos műhelyek és a kormányok mellett és/vagy hozzájuk kapcsolódó agytrösztök jelentettek meg számos forgatókönyvet a témáról.<sup>1</sup> Azonban a viták és tudományos megközelítések mellett kevés szó esett az Északi-sark régiójának remilitarizálásáról. Felmerül a kérdés: Európa perifériáján zajló katonai tevékenység miért nem került az érdeklődés középpontjába? Erre a kérdésre több rövid válasz is született. Az egyik, hogy a régió éghajlati viszonyai között kizárólag speciális tevékenységeket lehet folytatni, a másik, hogy az 1990-es években az átalakuló és egyre inkább csökkenő katonai költségvetések nem a régióban zajló katonai tevékenységeket állították a középpontba.

Ugyanakkor, ha visszatekintünk, a hidegháború időszakára azt láthatjuk, hogy az említett korszak alatt a szembennálló nagyhatalmak a Szovjetunió és az Egyesült Államok jelentős haditengerészeti erőket állomásoztatott a régióban. A korai előrejelző rendszerek figyelték a nukleáris töltetekkel felszerelt tengeralattjárók mozgását. Norvégia NATO tagállamként az egyetlen skandináv ország volt a térségben, amely határos volt a Szovjetunióval és szárazföldi, valamint tengeri területein tartott hadgyakorlatok közben meg lehetett figyelni az ellenfelet. Az 1990-es években bekövetkezett geopolitikai változások miatt a térség egyre több kihívással néz szembe. Ennek elsődleges oka a Szovjetunió megszűnése és Oroszországi Föderáció<sup>2</sup> megszületése. Az orosz érdekek érvényesítése újra indíthatja a nagyhatalmi vetélkedést. Másodszor a kőolaj és földgáz tartalékok kiaknázása és a megújuló energiaforrásokért folytatott verseny, harmadszor pedig a megnyíló szállítási útvonalak használata, a halfajokban gazdag északi-tengeri vizek halászati jogaiért folytatott verseny és nem utolsósorban a globális felmelegedés eredményeként az őshonos népek között kialakuló konfliktusok és mindezek együttes hatásai.<sup>3</sup> Katona

<sup>1</sup> Lásd: Arctic Climate Impact Assessment: Executive Summary (2005), <http://amap.no/acia/> (2011.06.02); Åtland, K: Security Implications of Climate Change in the Arctic <http://rapporter.ffi.no/rapporter/2010/01097.pdf> 2011.10.02.

<sup>2</sup>Oroszországi Föderáció és az Oroszország kifejezést ebben a tanulmányban azonos jelentéstartalommal használok. A szerző megjegyzése.

<sup>3</sup> Salmela L.(eds): The Arctic from Military Viewpoint – A summary of Jacob Børrensen's presentation at the Suomenlinna Seminarin Salmela (ed.): The Thirteenth Suomenlinna Seminar [http://www.puolustusvoimat.fi/wcm/22d11300462860ce9e58fe0e17b6f8b5/StratL2\\_46w.pdf?MOD=AJPERES](http://www.puolustusvoimat.fi/wcm/22d11300462860ce9e58fe0e17b6f8b5/StratL2_46w.pdf?MOD=AJPERES) 2010.08.04.

stratégiai szempontból rendkívül fontos az Arktisz térsége. A hidegháború időszaka alatt számos hadi-tengerészeti bázis létesült a régióban. Ezek közül a legnagyobb, amely ma is teljes kapacitással működik az Északi Flotta bázisa a Kóla-félszigeten. A flotta jelenlegi erőcsoportosítása nagyobb, mint a régió összes országának a térségben állomásoztatott erőcsoportosítása. Az Északi Flotta alárendeltségébe tartozik Oroszország legnagyobb stratégiai tengeralattjáró egysége.<sup>4</sup> A flotta tengeralattjárói változatos feladatokat hajtottak és hajtanak végre ma is az Arktisz jégsapkája alatt. A hidegháború ideje alatt a szembenálló nagyhatalmak között rendszeresek voltak a légi és a tenger alatti konfrontációk, azonban stratégiai érdekeik miatt a régióban nem történt háborús konfliktus.

Korábbi tanulmányomban írtam, hogy az Arktiszon a konfliktusok részben a természeti erőforrások birtoklásáért, részben pedig a hajózási útvonalak miatt törhetnek ki.<sup>5</sup> A mai geopolitikai helyzetben el kell fogadnunk azt az alapvető tény, hogy a régió államai törekednek az együttműködésre a regionális szervezeteken belül, ugyanakkor állami érdekeik védelme érdekében elkezdtek szép lassan felfegyverezni a régióban állomásozó haderejüket.

Az elmúlt évtizedben a regionális hatalomként megjelenő Oroszországi Föderáció került az érdeklődés középpontjába egyrészt a megfogalmazott és meghirdetett katonai doktrínák prioritásai, másrészt pedig az ukrainai és szíriai válság kapcsán. Ugyanakkor még Oroszország kapcsán is kevés szó esett az itthoni és a nemzetközi médiában egyaránt az Északi-sark régióban állomásoztatott Északi Flottáról, illetve a már korábban meghirdetett haditechnikai modernizálási programról vagy a régióban történő bázisfejlesztésekről. Tény azonban, hogy nemcsak az orosz fejlesztésekről nem beszéltünk, hanem azokról a nyugat-európai államokról, amelyek szintén valamilyen okból haderőt állomásoztatnak a régióban. Továbbá nem beszéltünk a különböző országok közötti katonai együttműködésekéről sem. Ebben a tanulmányban folytatva korábbi kutatásaimat néhány kiemeléssel szeretném bemutatni a téma fontosságát.

### OROSZORSZÁG KATONAI TERJESZKEDÉSE

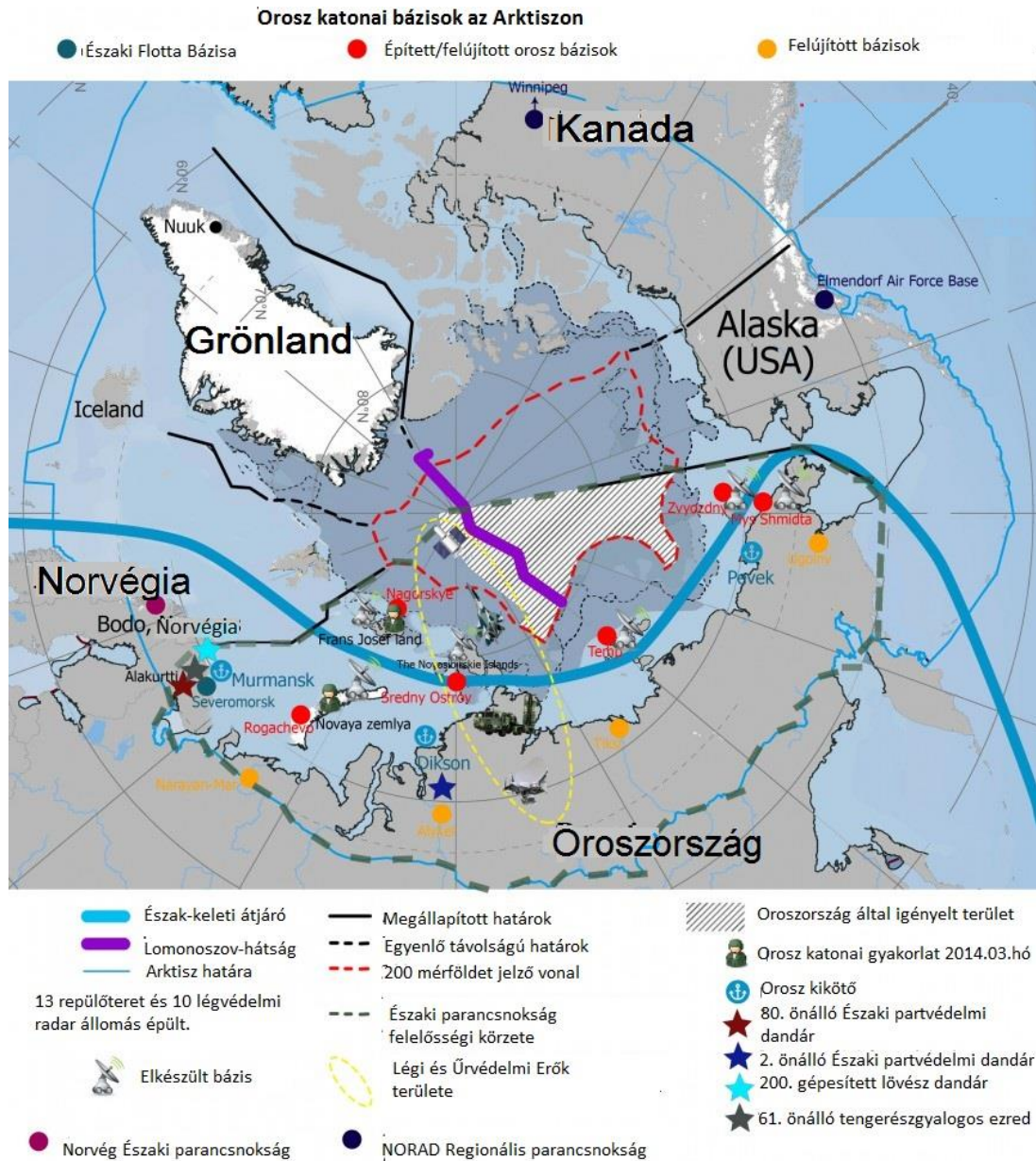
A hidegháború befejeződésével a biztonság- és védelempolitikai gondolkodásból kikerült az Északi-sark régió, azonban az orosz stratégiai gondolkodás sosem értékelte le a régiót. Mivel az ország gazdasági és társadalmi helyzete a 2000-es évek elején fokozatosan javult így újra nagyobb figyelmet kapott az Arktisz. A változó stratégiai környezet és a nem sarkvidéki országok megjelenése a régióban ismét bebizonyították, hogy Oroszországnak meg kell erősítenie szuverenitását a területen. A Nyugat aggodalmát fejezte ki, hogy Oroszország rendkívül agresszív politikát folytat az Északi-sarkon. A nyugati elemző központok azt állítják, hogy Moszkva a sarkvidéki államok közötti együttműködést saját érdekeinek és nemzetbiztonsági céljainak megvalósítására használja fel. Oroszország az elmúlt évtizedekben megtanulta kihasználni a nemzetközi szervezetek és a jog előnyeit.

Az ország számára stratégiai fontosságú az Északi-sark régió az ott található természeti erőforrások miatt, valamint a nemzetbiztonsági jelenlét miatt. A tengeri telepítésű nukleáris bázisok kétharmada a régióban található.

---

<sup>4</sup> Kálló L.-Deák A: Az Északi-sark - A versenyfutás kezdete Felderítő Szemle, X. évfolyam 1-2. szám 43-64. oldal

<sup>5</sup> Márton A: Az Északi-sark a skandináv államok szemszögéből nézve Repüléstudományi Közlemények 2012. 2. szám. 273-284 oldal [http://www.repulestudomany.hu/index\\_rtk.html](http://www.repulestudomany.hu/index_rtk.html) 2016.03.28.



1. ábra Oroszország katonai bázisai az Északi-sarkon<sup>6</sup>

2014-ben létrehozták az Arktiszi Stratégia Parancsnokságot az Északi Flotta bázisán, majd megerősítették a Nyugat-, Közép-, Kelet katonai körzetek bázisait az Északi-sarkkörön túl. 2014 októberében jelentette be Mihail Mizintsev altábornagy, hogy Oroszország bővíti kapacitásait az Északi-sark régióban, ami 10 repülőteret és 13 légvédelmi radar állomást létesítését fogja jelenteni Novoribirskie-szigetén, a Ferenc József-földön, Novaja Zemlján és más kiemelt területeken.<sup>7</sup> 2015. decemberében jelentette be Sergej Souigu védelemi miniszter, hogy ezek közül már négy bázis elkészült.<sup>8</sup>

<sup>6</sup> Russian Military Map: The Joint Strategic Command „North” <https://southfront.org/the-joint-strategic-command-north/> 2016.03.27.

<sup>7</sup> Russia Today: Russia army beefs up Arctic presence over Western Threat <https://www.rt.com/news/200419-russia-military-bases-arctic/> 2016.03.02.

<sup>8</sup> Russia beyond the headlines: Russia completes 4 military bases in the Arctic [http://rbth.com/defence/2015/12/11/russia-completes-construction-of-4-military-bases-in-arctic\\_550009](http://rbth.com/defence/2015/12/11/russia-completes-construction-of-4-military-bases-in-arctic_550009) 2016.03.02.

Stratégiaileg Oroszország fenyegetve érzi magát a NATO expanziójától, ugyanakkor tisztában van vele, hogy az Északi-sarkon egyetlen NATO tagállam sem teremtene háborús helyzetet. Ugyanakkor számos a hidegháború időszakára emlékeztető incidens zajlott le kezdve a halászhajók átkutatásától és kiutasításától a különleges gazdasági övezetektől, a vízi átjárók használatáig. Itt kell megjegyeznünk, hogy a két nagy vízi átkelő nemzetközi jogi státuszáról megegyezik Kanada és Oroszország véleménye.

Ahogy említettem az erőforrások és a szuverenitás fenntartása miatt a terület az ország számára stratégiai jelentőségű. Azonban jelenleg mindegyik parti állam számos katonai eszközt telepített a régióba. A katonai stratégiák már számolnak olyan forgatókönyvvel, amely a NATO bevetését tervezi a régióban. Azonban azt tudni kell, hogy a NATO tagállamok jelentős része az elmúlt ötven évben háborúban nem vett részt kizárólag békefenntartó misszióban, ugyanakkor az Egyesült Államok sem vett részt olyan fegyveres konfliktusban, amelyben hozzá hasonló kapacitásokkal és képességekkel rendelkező ország állt vele szemben. A két nagyhatalom között ezért és a stratégiai erőforrások birtoklásáért alacsony a valószínűsége a fegyveres konfliktusnak. Ugyanakkor az állami szuverenitás fenntartásáért és a tengeri határok, illetve a vízi utak biztosításáért már nem elképzelhetetlen hosszú távon egy esetleges fegyveres összetűzés Európa perifériáján.

### ARKTISZ ÉS A GEOPOLITIKA

Az elmúlt évtizedben mindegyik régiós ország bemutatta az Északi-sark stratégiáját, melyet az Északi-sark Tanács elfogadott. A stratégiákat tanulmányozva megállapítható, hogy valamennyi ország egyetért a környezeti biztonság és az éghajlatváltozás következményeinek csökkentésének fontosságáról. A stratégiákat általában kihangsúlyozzák az energetikával, a halászattal összefüggő kérdéskör kiemelkedő szerepét, valamint a hajózás és egyéb gazdasági tevékenységek szerepét az egyes országok gazdaságában. A stratégiák a fennálló status quo fenntartását és a regionális együttműködés szerepét is megjelenítik. Az arktiszi államok Északi-sark stratégiái általában térnek ki az egyes államok haderőivel kapcsolatos kérdéskörökre. Látnunk kell azonban, hogy az Északi-sark régióban zajló dinamikus változások és a különböző országok eltérő nemzetbiztonsági és gazdasági érdekei szükségessé teszik az adott haderők és bázisok fejlesztését, illetve a díszlokációk változtatását. Ugyanakkor a kisebb országok számára kiemelkedően fontos a katonai együttműködés, hiszen számukra költségmegtakarítást jelenthet és a status quo fenntartását jelenti.

Bár a szuverén államok nemzeti érdekei eltérnek, mégis fontos számukra az együttműködések kialakítása. A téma egy nagyobb önálló elemzésnek a tárgya, azonban itt terjedelmi okok miatt csak egy-két részletet emeltem ki.

#### **Védelmi együttműködés a parti őrsegek között**

A védelmi együttműködések lehetősége legtöbb nyugati országban rendszeresen politikai napirendre kerül. A védelmi együttműködés a válasz, a csökkenő katonai költségvetésekre és a katonai képességekre. Az európai államok visszavágták a védelmi kiadásaikat, noha az Egyesült Államok a NATO tagállamoktól a katonai költségvetések növelését kérte. Ezekre a vitákra válaszul születtek meg különböző védelmi koncepciók és a kisebb országok közötti védelmi együttműködési klaszterek. Felmerül a kérdés, hogy az Északi-sark régióban milyen jelentősége van ezeknek a fogalmi kereteknek. A válasz a felértékelődő régió új típusú kihívásaiban keresendő. Az Arktiszon folyamatosan növekedett a tengeri aktivitás és ezzel párhuzamosan



megindult a gazdasági fejlődés. Az északi-sarki hatalmas tengeri területeken kell a parti államoknak biztosítani az állami szuverenitást, szükség esetén a tengeri mentési feladatokat ellátni, valamint a környezeti károkat felszámolni. Mindezeknek a tengeren végzett tevékenységeknek az eredményeként a parti államok kénytelenek foglalkozni az ezzel kapcsolatos megemelkedett kockázatokkal. A kockázatok kezelése azonban új vitákat is generált a haditengerészet és a parti őrség struktúrájáról és feladatairól. Továbbá, fellángoltak a viták hagyományos katonai struktúrák fenntartása és a védelmi együttműködések hatékonyságáról. A tanulmánynak ebben a részében NATO tagállamok (Kanada, Norvégia, Dánia) parti őrségeit, illetve a köztük kialakított együttműködések fogom bemutatni. Azért választottam ezeket az országokat, mert szövetséges államok és ez megkönnyíti az eltérő struktúrák ellenére is a jövőbeli együttműködést.

Az elmúlt években a védelmi együttműködésekről számos tanulmány és könyv született, a szakirodalom a hagyományos állami és a fegyveres erőkre vonatkozó együttműködések már feldolgozta.<sup>9</sup> A parti őrségekre vonatkozó együttműködések azonban nem kaptak ekkora figyelmet. Ennek egyik oka a különböző működési feltételekben keresendők, a másik, hogy a gazdasági előnyök és érdekek eltérőek, így a feladataik a tengeri kutatás-mentéstől a katasztrófa elhárításon át a rendészeti feladatokig terjednek.

A védelmi együttműködés azt is jelenti, hogy az adott ország lemond bizonyos kapacitásairól és egy másik állam specializálódott egységét veszi igénybe, ami kiegészíti a hiányokat és egyben megteremti a kölcsönös függőséget is. Erre az esetre a legjobb példa a belga-holland haditengerészeti együttműködés, ahol mind a két ország lemondott néhány képességről és ezzel egyidejűleg megteremtették a közös műveletek alapját képező szervezeteket és parancsnoki struktúrákat. A szerepspecializáció fő hátránya, hogy képességvesztést okoz a kooperációban részt vevő országok mindegyikénél és ezzel is függőséget hoz létre, ahol a nemzeti szuverenitás is sérül.<sup>10</sup> Ugyanakkor a szerepspecializáció részben enyhíti a költségvetési kiadásokat azoknál a funkcióknál, amelyek nem kellenek rendszeresen. A védelmi együttműködés egy másik formája az összevonás, amikor államok egy csoportja közös prioritások alapján létrehoz egy védelmi kapacitást.<sup>11</sup> Ez a kooperáció kevésbé hoz létre függőséget, azonban ez is megkövetel egy folyamatos, közösen fenntartott egységet és parancsnoki struktúrákat. A védelmi együttműködéseknel a méretgazdaságosság, a költséghatékonyság és a képesség vesztes között kell megtalálni az optimális egyensúlyt. Fontos kiemelni, hogy az elkötelezettség és a nemzeti szuverenitás részben feladása vagy elvesztése a részt vevő államok számára milyen belpolitikai viszonyokat teremt. Itt kell megjegyezni azt is, hogy a védelmi együttműködésekben részt vevő államok akkor lehetnek igazán sikeresek, ha földrajzilag közel vannak egymáshoz, hasonló nagyságú védelmi iparral és hozzákapcsolódó politikákkal rendelkeznek.<sup>12</sup>

---

<sup>9</sup> Lásd: Forsberg, T: The rise of Nordic defence cooperation: a return to regionalism? *International Affairs*, 2013 89, 1161–1181 oldal. Mayer, S: Embedded politics, growing informalization? How NATO and the EU transform provision of external security. *Contemporary Security policy* 2011. 32 (2), 308–333 oldal.

<sup>10</sup> Diesen S: Towards an affordable European defence and security policy? The case for extensive European force integration. In: M. Petersson and J.H. Matlary (eds): *NATO's European Allies: military capability and political will*. Palgrave Macmillan 2013, 57–70. oldal

<sup>11</sup> Lásd példaként C-17 Nehéz Légiszállító Ezred,

<sup>12</sup> Lásd példaként a skandináv államok katonai együttműködését a NORDEFECO-t. A szerző megjegyzése.

## Változó tengeri környezet

Az elmúlt évtizedekben, az Északi-sark régióban a fizikai környezet részben az éghajlatváltozás, részben pedig a megerősödő gazdasági tevékenységek hatásainak következtében jelentős változásokon ment/megy keresztül. A visszahúzódó jégtakaró és az ezzel párhuzamosan megnyíló hajózási útvonalak, a halászati idény eltolódása, valamint az kőolaj és földgáz kitermelés és a hozzákapcsolódó infrastruktúrák használata megköveteli a régió parti országaitól a tartós jelenlétet és a képességet a tengeren. A megélénkülő hajózás egyrészt a parti vizeken másrészt a régió egymástól messze fekvő területei között szükségessé teszi a kooperációt a régió országai között. Az Arktiszi hajózásról szóló jelentések egyértelműen alátámasztják, hogy a norvég, kanadai és a dániai vizeken erősödött meg a hajóforgalom. A dán vizeken a 2000-es évek eleje óta, norvégiai vizeken mintegy 80%-kal nőtt a tengeri forgalom és a Svalbard-szigeteken ezen belül is megduplázódott.<sup>13</sup> A dániai vizeken, amely ebben az esetben Grönland körüli vizeket jelenti, jelentősen megnőtt a kereskedelmi hajóforgalom, ami körülbelül 200 hajó növekedést jelent évente. A Kanadai Parti Őrség (CCG) szerint<sup>14</sup> a Kanada északi-sarki területein 300-350 hajót jelent. A számok ebben a formában nem túl beszédesek, azonban ha a konkrét növekedést nézzük a 2008-2015 között, akkor az körülbelül 300-400%-osnak felel meg. Nem a konkrét számokon van a hangsúly, hanem a tevékenységeken, továbbá azon, hogy azok milyen ütemben fejlődnek. Ezzel párhuzamosan az Északi-sark régió parti államainak megnőtt a felelőssége és a parti őrségek feladatai is változatosak.

Típusa	Tengeri feladatok
<b>Jogi/Védelem</b>	Rendőrségi feladatok (anti-terrorizmus, kalózkodás)
<b>Jogi</b>	Határellenőrzés
<b>Jogi/ Környezetvédelmi</b>	Halászati ellenőrzés
<b>Védelem</b>	Állami szuverenitás védelme
<b>Biztonsági</b>	Kutatás és mentés, Segítő átjárás és navigáció,
<b>Biztonsági/Környezetvédelmi</b>	olajszennyezés, és egyéb környezeti károk elhárítása

1. táblázat A parti őrségek feladatai<sup>15</sup>

Bár a táblázat általánosságban mutatja be a parti őrségek feladatát, az egyes államok nemzeti érdekeiknek megfelelő feladatkört és szervezeti formát alakítottak ki.

## Norvégia

A norvég Északi-sark stratégia megjelenésével egy időben a norvég kormány stratégiai dokumentumot fogadott el a norvég fegyveres erőkről. Mindezt azért, mert az elmúlt évtizedben a biztonsági kihívások nem a szuverenitás fenntartásával kapcsolatosan jelentkeztek, hanem az éghajlatváltozás hatásaival és az ország tengeri erőforrásainak megőrzésével kapcsolatosan jelentkeztek. A fegyveres erő stratégiája megállapítja, hogy képesnek kell lennie az ország tengeri területeinek, és az ott található energia-ipari létesítmények védelmére, valamint biztosítani kell a hajózás szabadságát is. A dokumentum azt is kimondja, hogy szükséges az együttműködés a többi skandináv állammal, ugyanakkor

<sup>13</sup> Norwegian Government: Nordkloden. In: Norwegian Foreign Ministry, ed. Nordområde statusrapport 2014. Oslo: Norwegian Foreign Ministry, 1–37. oldal

<sup>14</sup> Office of the Auditor General of Canada: Report of the commissioner of the environment and sustainable development: marine navigation in the Canadian Arctic. Edited by Office of the Auditor General of Canada. Ottawa: Office of the Auditor General of Canada, 2014

<sup>15</sup> Østhagen A.: Coastguard in peril: Study of Arctic defence collaboration <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/14702436.2015.1035949> 2016.03.27.



az ország számára a kollektív biztonsági rendszerben tartják megvalósíthatónak a fenti célokat. A norvég fegyveres erő átalakítása és fejlesztése a tengeri határok védelme szempontjából rendkívül fontos. Ezért az északi országrészben található parancsnokságot Bødøya helyezték. A védelmi szervezet átalakításának legnagyobb nyertese a „Home Guard”, vagyis egy 45 000 fős Nemzeti Gárda típusú egység, amely hozzájárul a reguláris erők műveleteihez, főként tengeri határok ellenőrzése, és különböző rendőri feladatok ellátása révén. Az átalakítás másik nyertese a haditengerészet felügyelete alatt működő Parti Őrség, amely a kizárólagos gazdasági övezetben járőr és rendőri feladatokat lát el. A Norvég Királyi Haditengerészet jövőbeni fejlesztési tervei igazodnak ahhoz a lehetőséghez, hogy a part menti államok 300 tengeri mérföldre terjeszthetik ki gazdasági övezetük határát. Ez a haditengerészeti tervezők szerint szükségessé teszi, olyan korszerű hajók beszerzését, amelyek képesek 30 napig ellátni fegyverrel, lőszerrel és egyéb készletekkel a csapatokat.

## Dánia

Dánia szintén különleges helyzetbe van a Feröer-szigetek és Grönland okán a térségben. A dán északi stratégia kimondja<sup>16</sup>, hogy a régió geostratégiai felértékelődéséből következően egyre több kihívás hárul a fegyveres erőre. Az egyik ilyen kihívás a megnyíló hajózási útvonalak biztosítása, míg a másik Grönland védelme, hiszen jelentős a távolság a szárazföldi Dánia és a sziget között. A dán fegyveres erők a korábbi Grönlandon és Feröer-szigeteken települő parancsnokságokat egy új Arktisz Parancsnokság alá vonták össze. Ez annak is köszönhető, hogy szükséges a régió helyzetének átértékelődéséből származó kihívásokra gyors és korszerű válaszokat adni, ráadásul a halászati területek védelme érdekében a különleges éghajlati viszonyok közötti feladatok ellátásához szükséges a jégtörő kapacitás fejlesztése.

## Kanada

A Kanadai Parti Őrség a két skandináv állam hasonló szervezeteitől eltérően egy civil szervezet a Halászati és Tengerészeti Minisztérium felügyelete alatt. Nem tartozik a fegyveres erőhöz, mandátumát a minisztériumtól, illetve a Kanadai Hajózási törvény rendelkezései alapján látja el. A törvény számos olyan speciális feladatot is adott, többek között a Szablya-sziget védelmét és ellenőrzését, továbbá a csatornák ellenőrzését, a jégtörő kapacitás fenntartását és a jégzajlással kapcsolatos feladatok ellátását.

	Kanadai Parti Őrség	Norvég Parti Őrség	Dán Parti Őrség
<b>Katonai/civil</b>	Tengerészeti és halászati Minisztérium	Haderő	Haderő
	Civil	Katonai	Katonai
	Speciális Műveleti Ügynökség	Önálló egysége a haditengerészetben belül	haditengerészet 1. ezrede
<b>Törvényi korlátozás</b>	nem	igen	nem
<b>Jégtörő kapacitás</b>	igen	korlátozott	korlátozott

2 táblázat A parti őrségek szervezete<sup>17</sup>

<sup>16</sup> Danish Government Report: Kingdom of Denmark strategy for the Arctic 2011-2020. Copenhagen, 2011, [http://www.ambwarszawa.um.dk/NR/rdonlyres/BA694C18-97B0-49C8-A36B-1C6F193D73AF/0/100295\\_Arktis\\_Rapport\\_UK\\_210x270\\_Final\\_Web.pdf](http://www.ambwarszawa.um.dk/NR/rdonlyres/BA694C18-97B0-49C8-A36B-1C6F193D73AF/0/100295_Arktis_Rapport_UK_210x270_Final_Web.pdf) 2012.01.05.

<sup>17</sup> Østhagen A.: Coastguard in peril: Study of Arctic defence collaboration <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/14702436.2015.1035949> 2016.03.27.

Mint látható a három ország parti őrségei mind feladatban, mind szervezeti struktúrában jelentősen eltérnek egymástól, mégis sikerült a megváltozott stratégiai körülmények között kialakítani a kooperációt.

Az vizsgált három ország parti őrségeinek szervezeti egységei és feladatai is igen változatosak, azonban megállapítható, hogy egyszerre elégítenek ki civil és katonai igényeket. Minden ország saját nemzeti igényeinek és lehetőségének megfelelően állította fel az intézményrendszert. Mindezek ellenére a változó geopolitikai és geostratégiai környezetben a megváltozó biztonsági kihívások szükségszerűen indukálják a szervezetek és az intézményrendszer átalakítását.

Általában elmondható, hogy a védelmi együttműködések kialakítása három fő okra vezet vissza:

- ➔ a növekvő biztonsági fenyegetések;
- ➔ a költségvetés csökkenése;

és a biztonság és bizalomerősítő intézkedések kezdeményezése;

Ezzel kapcsolatban Forsberg írja egyik tanulmányában<sup>18</sup>: a legerősebb indok a védelmi együttműködés kialakítására az állam biztonságát veszélyeztető növekvő számú fenyegetés. Azonban a három Arktiszi parti állam biztonságát csak akkor éri fenyegetés, amennyiben kitágítjuk a klasszikus definíció jelentéstartalmát. Az Északi-sark régióban jelenleg az éghajlatváltozás hatásai, valamint a hiányos nemzetközi szabályozásból és a természeti erőforrásokért megindult verseny jelent potenciális veszélyforrást. Az új típusú biztonsági kihívások megjelenése és ezzel együtt a puha biztonsági kihívások motiválják a parti őrségek közötti együttműködés kialakítását. Mivel a régióban a gazdasági tevékenységek (halászat, hajózás, szén-hidrogének kitermelése) indukálják a problémákat, így a partmenti államoknak kell a megfelelő ellenőrzési és támogató funkciókat létrehozni. Ugyanakkor a tengeri területek nagysága és a katonai költségvetések korábbi években történt visszavágása, valamint a szükséges beruházások megtérülési ideje miatt az államok nem szívesen hoznak létre új infrastruktúrákat. A három említett ország mindegyike NATO tagállam és hozzáférnek a szövetség erőforrásaihoz, mégis az Arktisz régióban inkább kölcsönös megállapodásokat hoztak létre és a regionális szervezeteken keresztül tartják fenn az együttműködést. A NATO kihagyása az együttműködésből részben politikai, részben gazdasági okokra vezethető vissza.

2009-ben Norvégia és Dánia a többi skandináv országgal együtt megállapodást<sup>19</sup> kötött, melynek alapvető része az Arktisz régióban megvalósításra kerülő együttműködés, a tengeri kutatómentő szolgáltatások fejlesztése. A skandináv államok között meglévő bilaterális és multilaterális szerződések és a regionális szervezetek lehetővé teszik a folyamatos együttműködést. Ugyanakkor Norvégia számára kiemelkedően fontos az Oroszországgal történő együttműködés a Barents-tengeren. Ebből kifolyólag és a gazdasági érdekeinek védelme érdekében sem köt olyan megállapodást, amely a jelenlegi kiegyensúlyozott viszonyt megkérdőjelezheti.

Kanada a saját északi-sarki területeinek és a Dániával meglévő közös határszakasz, illetve a halászat ellenőrzése miatt kéri fel a dán parti őrséget az együttműködésre. Itt kell megjegyezni,

---

<sup>18</sup> Forsberg T.: The rise of Nordic defence cooperation: a return to regionalism? *International affairs*, 2013. 89 (5), 1161–1181.

<sup>19</sup> Stoltenberg report: Nordic cooperation on foreign and security policy <https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/UD/Vedlegg/nordicreport.pdf> 2016.02.28.

hogyan az állami szuverenitással kapcsolatos kérdéskörrel nincs szó, mert a tengeri területeken ezt a haditengerészet egységei látják el. Azonban hatásköri viták is megjelentek az egyes feladatok ellátásánál, illetve az átalakuló haditengerészetek néhány feladatot átadnának, és néhányat pedig átvonnának a parti őrségektől.

Kanada ugyanakkor speciális helyzetben van a két skandináv államhoz viszonyítva, hiszen rendelkezik jégtörő kapacitással, ugyanakkor ez a kapacitás fokozatosan előregszik és cserére szorul. A Kanadai Királyi Haditengerészetnek pedig egyre több feladatot jelent az Északi-sark régióban található kanadai szigetvilág ellenőrzése. A két szervezet is fokozatosan bővítette az együttműködést. 2010-ben Kanada és Dánia egyetértési nyilatkozatot írt alá a biztonsági és védelmi kérdésekről. Ennek köszönhetően az együttműködés gyors fejlődésnek indult a két ország között. Norvégia továbbfejlesztette a kooperációt Izlanddal és a Barents-tengeren kialakította Oroszországgal is. A jelenlegi együttműködések kétoldalú és multilaterális szerződéseken és egyezményeken alapulnak és általában közös gyakorlatokat és információcserét jelentenek. A vizsgált parti őrségek és az Arktisz régió fejlődését tekintve egyelőre nem alakult ki olyan mértékű együttműködés, amely vizsgált államok részleges szuverenitás feladásához vezetne, vagy a haditengerészeti képességeik egy részének elvesztésével járna. Azonban ezekben az államokban is van költségvetési nyomás, amely a védelmi együttműködések fejlesztése felé tereli őket. Ebből a rövid áttekintésből is látható, hogy az Északi-sark régióban a parti őrségek szerepe és feladatai átalakuláson mennek keresztül.

Ebben a tanulmányban néhány szempont kiemelésével mutattam be az Északi-sark régió katonai együttműködését és a legnagyobb régiós ország terjeszkedését. Úgy gondolom, hogy Oroszország kapcsán nemcsak az Európa periferiáján elhelyezkedő térséget kell fokozottabban figyelnünk, hanem mindazokat a kihívásokat és gyengeségeket, melyek a régióban bekövetkező változásokat generálják.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **ARCTIC CLIMATE IMPACT ASSESSMENT:** Executive Summary (2005), <http://amap.no/acia/>
- [2] **ÁTLAND, K:** Security Implications of Climate Change in the Arctic
- [3] <http://rapporter.ffi.no/rapporter/2010/01097.pdf>
- [4] **DANISH GOVERNMENT REPORT:** Kingdom of Denmark strategy for the Arctic 2011-2020. Copenhagen, 2011, [http://www.ambwarszawa.um.dk/NR/rdonlyres/BA694C18-97B0-49C8-A36B-1C6F193D73AF/0/100295\\_Arktis\\_Rapport\\_UK\\_210x270\\_Final\\_Web.pdf](http://www.ambwarszawa.um.dk/NR/rdonlyres/BA694C18-97B0-49C8-A36B-1C6F193D73AF/0/100295_Arktis_Rapport_UK_210x270_Final_Web.pdf)
- [5] **DIESEN S:** Towards an affordable European defence and security policy? The case for extensive European force integration. In: M. Petersson and J.H. Matlary (eds): NATO's European Allies: military capability and political will. Palgrave Macmillan 2013, 57–70. oldal
- [6] **FORSBERG T.:** The rise of Nordic defence cooperation: a return to regionalism? *International affairs*, 2013. 89 (5), 1161–1181.
- [7] **KÁLLÓ L.-DEÁK A:** Az Északi-sark - A versenyfutás kezdete *Felderítő Szemle*, X. évfolyam 1-2. szám 43-64. oldal
- [8] **MAYER, S:** Embedded politics, growing informalization? How NATO and the EU transform provision of external security. *Contemporary Security policy* 2011. 32 2, 308–333 oldal.
- [9] **MÁRTON A:** Az Északi-sark a skandináv államok szemszögéből nézve *Repüléstudományi Közlemények* 2012. 2 szám. 273-284 oldal [http://www.repulestudomany.hu/index\\_rtk.html](http://www.repulestudomany.hu/index_rtk.html)
- [10] **NORWEGIAN GOVERNMENT:** Nordkloden. In: Norwegian Foreign Ministry, ed. Nordområdene statusrapport 2014. Oslo: Norwegian Foreign Ministry, 1–37. oldal

- [11] **OFFICE OF THE AUDITOR GENERAL OF CANADA:** Report of the commissioner of the environment and sustainable development: marine navigation in the Canadian Arctic. Edited by Office of the Auditor General of Canada. Ottawa: Office of the Auditor General of Canada, 2014
- [12] **ØSTHAGEN A.:** Coastguard in peril: Study of Arctic defence collaboration <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/14702436.2015.1035949>
- [13] **RUSSIA BEYOND THE HEADLINES:** Russia completes 4 military bases in the Arctic [http://rbth.com/defence/2015/12/11/russia-completes-construction-of-4-military-bases-in-arctic\\_550009](http://rbth.com/defence/2015/12/11/russia-completes-construction-of-4-military-bases-in-arctic_550009)
- [14] **RUSSIAN MILITARY MAP:** The Joint Strategic Command „North” <https://southfront.org/the-joint-strategic-command-north/>
- [15] **RUSSIA TODAY:** Russia army beefs up Arctic presence over Western Threat <https://www.rt.com/news/200419-russia-military-bases-arctic/>
- [16] **SALMELA L.(EDS):** The Arctic from Military Viewpoint – A summary of Jacob Børrensen’s presentation at the Suomenlinna Seminarin Salmela (ed.): The Thirteenth Suomenlinna Seminar [http://www.puolustusvoimat.fi/wcm/22d11300462860ce9e58fe0e17b6f8b5/StratL2\\_46w.pdf?MOD=AJPERES](http://www.puolustusvoimat.fi/wcm/22d11300462860ce9e58fe0e17b6f8b5/StratL2_46w.pdf?MOD=AJPERES)
- [17] **STOLTENBERG REPORT:** Nordic cooperation on foreign and security policy <https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/UD/Vedlegg/nordicreport.pdf>

---

### MILITARY COOPERATION AND EXPANSION IN THE ARCTIC

*I want to continue my research concerning in the Arctic I picked out parts of theme, which due to the exploitation of the economic interests and the natural gas and petroleum reserves very little is said. In this study, two independently analysed themes picked out: one of the two parts of the coast guards of the region's cooperation, the other Russian military expansion in the region. The question arises: how these issues together? The classic answer is that everything is connected, however, if we analyse the strategies of the countries in the region issued, then the answer is not so simple. The protection of national sovereignty and the realization of the economic interests requires some degree of appearance of military force in the Arctic region.*

**Keywords:** Coast Guard, Arctic, Russia, Canada, Norway, Denmark

---

Dr. MÁRTON Andrea PhD  
Nemzeti Közszolgálati Egyetem  
andrimarton@gmail.com  
orcid.org/0000-0002-4216-4797

MÁRTON Andrea PhD  
National University of Public Service  
andrimarton@gmail.com  
orcid.org/0000-0002-4216-4797

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-07-0336\\_Marton\\_Andrea.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-07-0336_Marton_Andrea.pdf)

Hadobács Katalin

## AZ IDŐJÁRÁS HATÁSA A HAJÓZÓ SZEMÉLYZET SZERVEZETÉRE A REPÜLŐGÉP KATAPULTULÉSSSEL TÖRTÉNŐ VÉSZELHAGYÁSÁT KÖVETŐEN

*A modern katonai repülőgépek nélkülözhetetlen tartozékai közé tartozik a katapultülés. Enélkül a hajózó személyzetnek a nagy repülési sebességeken esélye sem lenne a biztonságos vésselhagyásra. Vészhelyzet esetén a hajózót a lehető leggyorsabban és legbiztonságosabban kirepíti a repülőgépből, megfelelő távolságba és magasságra juttatja az ejtőernyő használatához, amellyel épségben visszatérhet a földfelszínre. A vésselhagyás összetett, bonyolult folyamata azonban nem ér véget a földetéréssel. Számos esetben a hajózóknak hazájuktól távol, a megszokottól eltérő környezetben kell a mentőalakulatok megérkezését megvárni. Az adott régió időjárási viszonyai jelentősen befolyásolják a repülő személyzet túlélési esélyeit, ezért mind a repülőgépen tartózkodóknak, mind a feladat tervezéséért felelős személyeknek ismernie kell az egyes meteorológiai paraméterek szervezetre gyakorolt hatását, hogy egy-egy repülés végrehajtása során a megfelelő személyi védőeszközök legyenek biztosítva. A pilótáknak pedig mind fizikailag, mind pszichésen fel kell készülniük a szélsőséges körülményekhez való minél jobb alkalmazkodásra.*

**Kulcsszavak:** repülőgépek vésselhagyása, katapultálás, meteorológiai jellemzők hatása az emberi szervezetre

### BEVEZTÉS

Már a repülés kezdetekor egyértelmű volt, hogy az ember számára számos kockázatot hordoz az, hogy a levegőbe emelkedik. Ennek veszélyei akaratunktól függetlenül vannak jelen, és folyamatosan átalakulnak. A repülés fejlődésével egyidejűleg felmerült az igény a biztonsági szint növelésére is [1]. A katonai repülőeszközök, alaprendeltetésükből fakadóan gyakran kerülnek ellenséges tűzhatás alá, mely során komoly harci sérüléseket szenvedve irányíthatatlanná válhatnak. A hajózó személyzet biztonságát sok esetben a fedélzeten elhelyezett ún. egyéni vészmentő berendezések megléte, azok egyszerű, megbízható alkalmazhatósága szolgálja [2], mellyel a sérült repülőeszközt elhagyhatják ejtőernyővel, vagy segédenergia felhasználásával az üléssel együtt. Jelenleg a legegyszerűbb és legbiztonságosabb vésselhagyási metódus a katapultálás. Azonban ahhoz, hogy a pilótának valóban legyen esélye a biztonságos földet érésre, elengedhetetlen, hogy időben felismerje azt az időpontot, amikor már biztosan nincs lehetősége a gép megmentésére, és meg kell hoznia a vésselhagyásra vonatkozó döntést. Azért, hogy a megfelelő pillanatban a katapultálásra vonatkozó elhatározás megszülessen, a pilótának szükséges pontosan ismernie a katapultrendszer működését elméleti szinten, illetve szükséges rendelkeznie megfelelő tapasztalattal, melyet alkalmazásának begyakorlásával tud megszerezni [3].

Emellett legyen tisztában azzal is, hogy a katapultálást követően, a földet érésig, illetve azután mire számíthat, milyen nehézségekkel fogja szembetalálni magát.

A repülőeszközt nagy magasságban elhagyó pilótának számos veszéllyel (stressz tényezővel) kell számolnia. Mindenekelőtt az emelkedő ülés rakéta hajtóműve okozta extrém gyorsulása ( $a_y$ ), a fülkét elhagyva a nagy torló nyomás okozta lassulás ( $a_x$ ), mely hatására nagy túlterhelés (0,1 másodpercre akár  $n_y = 18$  is!) éri a testét [4]. Emellett a katapultálás kezdeti pillanatától kezdve egészen a

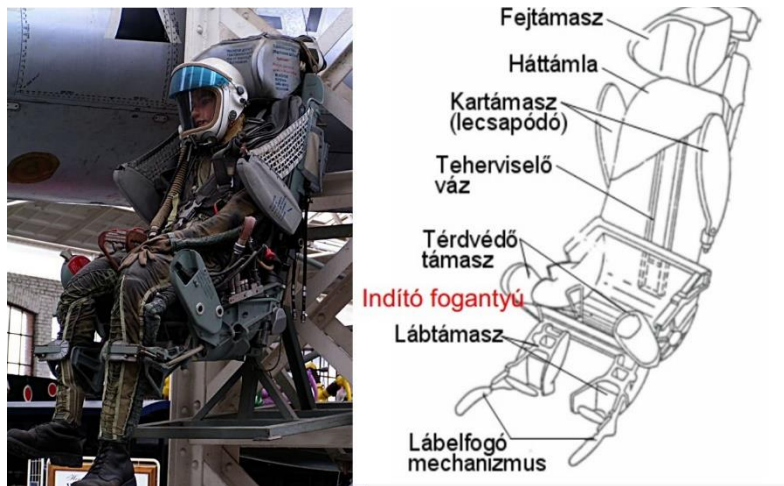
földet érést követően a mentőegységek megérkezéséig az időjárás hatásait sem szabad elfelejteni, mivel hosszabb távon jelentősen megviselhetik a hajózó személyzetet pszichésen és fizikailag is. Ezért, e cikkben a katapultálás folyamatának rövid ismertetését követően, be kívánom mutatni azon meteorológiai paramétereket illetve hatásukat, melyek jelentős mértékben csökkenthetik a túlélési esélyeket, amennyiben nem ismerik fel a szervezet által közvetített vészjeleket.

### A KATAPULTÁLÁS FOLYAMATA

A nagysebességű repülés megjelenésével az addig alkalmazott különböző típusú mentőejtőernyők önmagukban kevésnek bizonyultak, mivel a gépelhagyás lehetetlen volt a pilóták fizikai képességének korlátai miatt. Általában ki sem tudták nyitni a pilótafülke tetejét. Amennyiben mégis sikerül elhagyni a gépet, nagy valószínűséggel annak sebessége és bonyolult térbeli mozgása miatt valamely eleméhez csapódnának, így súlyos sérüléseket szenvedhettek [5]. Az ejtőernyő alkalmazhatóságának további korlátai közé sorolható annak kinyílásához szükséges idő és magasság [6]. Földközeli repülés esetén a mentőernyő alkalmazása ismételtelen nem lehetséges a belobbanáshoz szükséges minimális magasság hiánya miatt. Az említett okokból új technológia kifejlesztésére volt szükség, ami az ejtőernyő biztonságos alkalmazásának alapfeltételeit biztosítani tudja. Ez volt a katapultálás, mely lehetővé teszi a gyors eltávolodást a repülőgéptől, biztosítja a megfelelő magasságot az ernyő belobbanásához, így a biztonságos földet érést garantálja [7]. Általában katonai repülőgépekbe, kivételes esetben harcihelikopterbe építik be (Ka-50/52). Azonban napjainkban egyre inkább felmerül az igény egy civil használatra is alkalmas mentő rendszerek (pl. utasokkal együtt kivethető mentőkapszulák) kifejlesztésére.

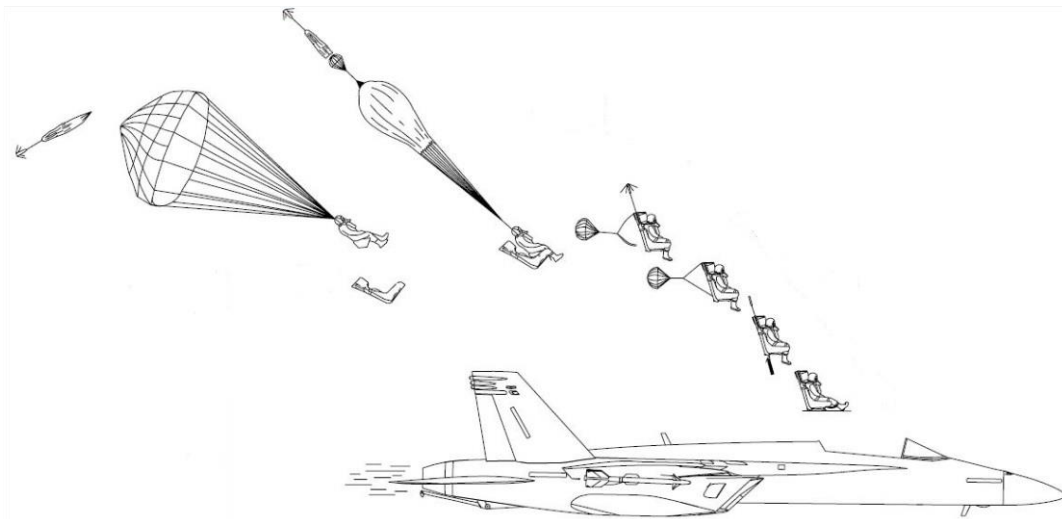
A katapultálás folyamata abban a pillanatban kezdődik, amikor a pilóta vészelhagyásra vonatkozó döntése meghozatalát követően, katapultáláshoz szükséges testhelyzetet felvéve, rendszert az ülés karfáján, vagy a lábai között elhelyezkedő működtető karral beindítja a folyamatot. Ettől kezdve a korszerű üléseken a vészelhagyás további fázisai teljesen automatikusan, a pilóta további beavatkozása nélkül történik, a következő sorrendben [8] (2. ábra):

1. Fülketető esetleg csak üvegezés eltávolítása piropatronok, vagy pneumatika segítségével.
2. Az ülés vezetősínben a piropatronok segítségével megindul felfelé.
3. Az ülés emelkedése közben a lecsapódó kartámaszok, a merevbeépítésű térdtámaszok megakadályozzák a végtagok tehetetlenségi elmozdulás következtében létrejövő ütközéses és/vagy csonkolásos sérülést a fülke, vagy a sárkány szerkezeti elemeitől. Ezzel egyidejűleg, a lábelfogó-mechanizmus is hasonló okból vonja be a lábtámaszra az alsó lábszárat a kormány-pedalokról (1. ábra).
4. A fülke elhagyásával azonos időben kinyílik az első számú stabilizáló ernyő, mely elősegíti az ülés vízszintes helyzetbe fordulását (csökkenti a torlónyomás következtében bekövetkező lassulás mértékét).
5. Megfelelő idő elteltével az 1. számú stabilizáló ernyő leválik az ülésről, majd kinyílik a második, az előzőnél nagyobb felületű fékező, (vagy 2.számú stabilizáló) ernyő, mely az ülés vízszintes repülési sebességét hivatott 0 m/s-ra csökkenteni.
6. Az ülés lefékeződése után kinyílnak a repülőgép vezetőt az üléssel összekötő zárok, hevederek, és leválik az ülés és a 2. számú stabilizáló ernyő is. Utóbbi a repülési magasságtól függően azonnal is nyit(hat)ja a főernyőt is.



1. ábra Katapultülés sematikus ábrája [8]

7. Kinyíló főernyő segítségével a pilóta földet ér (az indítástól a főernyő belobbanásáig eltelt idő 1,8–2,6 s). Eközben az ülés szabadeséssel érkezik a felszínre.



2. ábra: A katapultálás folyamata [9]

Természetesen napjainkban már az egyre korszerűbb katapult rendszerek lehetőséget biztosítanak a repülőtér guruló útjain, felszállópályáján haladó, vagy akár álló repülőeszközből történő katapultálásra is [8][10].

A repülőgépek vészelhagyása gyakran szélsőséges körülmények között történik, ezért szükségessé vált az ülésbe beépíthető különböző alrendszerek, felszerelések kifejlesztése, melyek növelik a pilóta sérülésmentes földet érésének lehetőségét, illetve az új környezethez való átmeneti alkalmazkodás képességét is. Ilyen például vészjeleket sugárzó rádióadó, a minimális létfeltételeket biztosító tárgyak, nagy magasságból ejtőernyővel, vagy szabadeséssel süllyedve az oxigén biztosítására szolgáló sűrített oxigént tartalmazó palack, vagy oxigént fejlesztő berendezés. Emellett a speciális protektoros anyagú hajózó ruházatát is ellátják a túlterhelés és a nagy repülési magasság kedvezőtlen hatásaitól védő eszközökön kívül (2.a. ábra), a földet érésig, illetve azt követően a túlélést segítő kiegészítő eszközökkel (pl. iránytű, lőfegyver, tőr stb.) (2.b. ábra) [8][11].





3. ábra Katonai repülőgévezetők védőruházatai [8]

A fülke elhagyásától a földet érésig gyakorlatilag automatizált, viszonylag rövid ideig tartó a folyamatról van szó, mely során a végrehajtó személyzet folyamatos kölcsönhatásban van az őt körülvevő környezettel, melynek részét képezi az időjárás is [12]. Mivel a pilóták rendelkeznek speciális védőfelszerelésekkel, így a levegőben töltött idő alatt a szervezetükre kevés befolyást gyakorolnak az egyes meteorológiai paraméterek. Azonban a földet érést követően már elengedhetetlen az időjárás elemek lehetséges negatív hatásainak ismerete.

## AZ IDŐJÁRÁS HATÁSA A HAJÓZÓ SZEMÉLYZETRE A KATAPULTÁLÁST KÖVETŐ FÖLDETÉRÉS UTÁN

A repülőeszköz vézelhagyását követő sérülésmentes földet érés után a hajózó személyzetnek a mentőegységek megérkezéséig sokszor a megszokott környezettől szignifikánsan eltérő meteorológiai viszonyok között kell hosszabb-rövidebb ideig tartózkodni. Ennek hatására megindul az emberi szervezet alkalmazkodási folyamata. Abban az esetben, ha az életfolyamatok



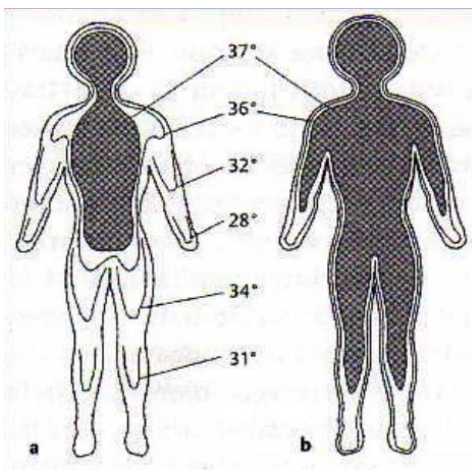
gyors átállása szükséges, – mint a legtöbb katonai műveletnél – az alkalmazkodást az idegrendszer végzi [13].

Amikor az időjárásról beszélünk számos meteorológiai paraméter összességét értjük alatta, mint például hőmérséklet, csapadék, szél, relatív páratartalom stb. Ezek közül a legtöbb elem az emberi szervezet számára általában nem jelent önmagában közvetlen veszélyt, legfeljebb kellemetlen, de elviselhető érzetet okoz a felszínre érkezést követően. Ide tartozik a csapadék, relatív páratartalom, szél. Természetesen jelen esetben nem számolunk az extrém eseményekkel, mint például nagy szemű jégeső, esetleg heves zivatar, erős, orkán erejű szél, melyek súlyos, akár halálos sérüléseket is okozhatnak a földfelszínre érkezett hajózó személyzetnek.

Az emberi szervezet számára közvetlenül is veszélyt jelentő hatások közé sorolható a környezeti hőmérséklet. Extrém esetekben (zord hideg, nagyon meleg) ez, az életfunkciók működését oly mértékben befolyásolhatja, hogy már az alkalmazkodás is lehetetlen, így a túlélés esélye minimálisra csökken [14]. A továbbiakban alapvetően a hőmérséklet szervezetre gyakorolt hatásait kívánom részletesebben bemutatni.

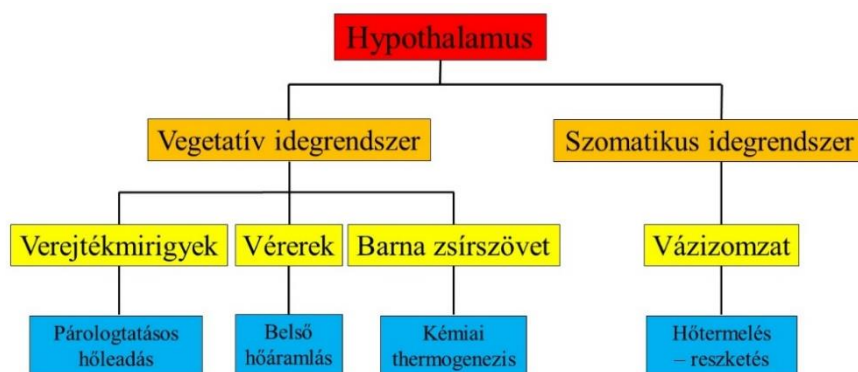
### A környezeti hőmérséklet hatása a hajózó állomány szervezetére

Az ember állandó testhőmérsékletű (homioterm) élőlény, szervezetének optimális működése csak bizonyos hőmérsékleti határok között lehetséges [15]. Különbséget kell tenni az ún. maghőmérséklet, illetve az ún. köpenyhőmérséklet között, előbbi a test belsejében lévő szervek, utóbbi a test felszínének a hőmérséklete. Elsősorban a belső szerveknek, agynak van szüksége állandó hőmérsékletre, ami átlagosan  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ez egy ún. kell-érték. Amennyiben ez nem áll fenn, akár életveszélyről is bekövetkezhet. A köpenyhőmérséklet már nagyobb ingadozást mutat, mivel ezt szignifikánsan befolyásolhatja a környezet illetve a ruházat is. Az átlagos bőrhőmérséklet körülbelül  $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ , de még a  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  is kellemesnek tekinthető (4. ábra) [13][16].



4. ábra Az emberi test izotermái (a):  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérséklet esetén, (b):  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérséklet esetén (szürke régió:  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os maghőmérsékletű terület) [16]

A szervezet hőt termel a benne lejátszódó oxidációs folyamatok révén, ezért a testhőmérséklet csak akkor maradhat állandó, ha a hőtermelés és a hőleadás egyensúlyban van. A hőszabályozás feladata, tehát a maghőmérséklet „kell-értéken” tartása. Központja a hipotalamusz, melyben termoreceptorok (hőmérsékletérzékelők) találhatóak, amik folyamatosan figyelik a maghőmérséklet változását (5. ábra) [17].



5. ábra: A hőháztartás idegi szabályozása [17]

Azt a külső hőmérsékleti intervallumot, ahol az állandó testhőmérséklet fenntartása minimális energiát igényel termoneutrális (komfort) zónának nevezik. Abban az esetben, ha a környezet hőmérséklete e zónán kívül alakul, akkor az emberi szervezetet reakcióra kényszeríti, és bekövetkezik az ún. termikus stressz.

### Magas hőmérséklet hatása az emberi szervezetre

Ha a környezet hőmérséklete a neutrális zóna fölé emelkedik, fokozódik a szervezet hőtermelése, így a konstans maghőmérséklet fenntartása a szervezet számára akár extrém módon is megterhelő lehet. A bőrben található hőérzékelő receptorok már minimális hőmérsékletváltozásra is előidézik az erek tágulását. A verejtékmirigyek aktivizálódnak, és megindul az ún. izzadás. Önmagában a bőrfelszínre kiválasztott verejték nem hűtő hatású, csak abban az esetben, ha elpárolog, ugyanis a párolgáshoz energia szükséges, melyet a testünk hője biztosít. A magas hőmérséklet miatt kialakult erősebb folyadékvesztés hatására a szervezet növelni kezdi a keringés sebességét, amivel egyidejűleg egyenes arányban nő a szervezet hőtermelése is, így fokozódik az izzadás [18]. Tartósan magas hőmérséklet esetén a verejtékmirigyek kimerülhetnek, és megkezdődik a vízfelvonás folyamata, az erekből, majd a vérplazmából. Ezért először megkezdődik a szövetek kiszáradása, majd a vér besűrűsödése. Tehát a verejtékezés hatására a keringésünk egyensúlya könnyen felborulhat, melynek első jelei a pilóták rossz közérzete, majd szédülés, fejfájás és fülzúgás. Ezt követően homályossá válik a látás és hányinger is fellép, majd a kiszáradás és keringési zavarok súlyosságától függően eszméletvesztés, akár a halál állapota is beállhat [14].

### Alacsony hőmérséklet hatása az emberi szervezetre

A hideg időjárás az emberi szervezetet legerősebben igénybevevő meteorológiai események egyike. Annak ellenére a testünk a hőmérséklet csökkenésével szemben toleránsabb, ugyanis a hypotermiás állapothoz a testhőmérséklet 8 °C-os csökkenése szükséges, míg a hypertermia már a maghőmérséklet 4 °C-os emelkedésével bekövetkezik.

A hideg a hajózó személyzetre két módon is veszélyt jelenthet, lokális (fagyás) illetve szisztémás (fokozatos kihűlés) hypotermia formájában [13].

A kihűlés a pilótákat elsősorban a földet érés után fenyegeti, ha hosszú ideig, alacsony hőmérsékletű környezetben kell tartózkodniuk. Míg fagyással a felszerelésüktől függően, akár már a katapultálást követően a levegőben is számolni lehet. A lokális hypotermia általában a végtagokat és a kiálló testrészeket (pl. orr, fül) érinti. Legtöbbször a fagyás szövet-károsodással jár.

A sejtek között a száraz hidegben jégkristályok képződnek, melyek roncsolják, akár teljesen szét is zúzzák azokat. Mindemellett keringési zavarok is felléphetnek, mivel a vörösvértestek csomókba tömörülnek [19]. A szövetkárosodás mértéke alapján, ahogy az égés esetében a fagyásnál is több fokozatot lehet megkülönböztetni [20]:

- *elsőfokú fagyás*: égő, szúró érzés a fagyott testrészen, mely idővel csökken. Felismerése: szederjes, később akár ödémás bőr;
- *másodfokú fagyás*: bővérűség, vizenyős területek, majd 12 óra múlva megindul a hólyagképződés;
- *harmadfokú fagyás*: a bőr teljes vastagságában sérül, megindul a szövetelhalás. A fagyott területek szélén hólyagok keletkeznek. Lüktető, nyilalló fájdalom;
- *negyedfokú fagyás*: Az összes szövetréteget érinti. Az izomszövet és a csont is elhal. Megindul az üszkösödés, és a végtagot, testrészt amputálni kell.

A fagyást követően a végtagok fokozottan érzékennyé válnak az újabb hideghatásra. Ha a fagyási fokozatok bekövetkezésének időtartamát nézzük, egyértelmű, hogy a levegőben, az ernyőjével süllyedő hajózó esetében, legfeljebb az elsőfokú fagyás bekövetkezésével lehet számolni, mivel a katapultáló pilóta viszonylag gyorsan földet ér.

Abban az esetben viszont, ha a felszínen is hideg időjárási körülmények között kell megvárni a mentőegységeket, fennáll a fagyással érintette testfelület növekedésének veszélye, valamint kihűlés is fenyegeti a szervezetet.

Hideg környezetben az erek összehúzódnak, így bőr ereiben lecsökken a véráramlás, mérséklődik a vérellátás, így a köpenyhőmérséklet is csökken. tehát a hőleadás is kisebb lesz. A vázizom rostjai megfeszülnek, a szőrzet is megemelkedik, így növelve a testet körülvevő szigetelő felület vastagságát. Ez a védekezési mechanizmus első foka. A hőmérséklet további csökkenésével a szervezet fokozza a hőtermelést, mely akarunktól függetlenül játszódik le borzongás, remegés formájában. Fontos tudni, hogy elsőként a rágóizmokban kezdődik a remegés, majd fokozatosan a hőtermelés fokozásának szükségessége érdekében terjed át a felső végtagokra, törzsre és az alsó végtagokra [17]. A didergés maximális mértéke 34-35 °C-os testhőnél következik be. A testtartás fokozatosan egyre görnyedtebb lesz, a hőleadási felület csökkentése érdekében, valamint a pulzus és a légzésszám megemelkedik. Kialakul egy új egyensúlyi állapot. Amennyiben e reakciók során termelt hő nem elegendő a maghőmérséklet megtartásához vagy a hatás tartós, és a hőszabályozás kimerül, akkor a testhőmérséklet rohamosan lecsökken (30 °C), a didergés megszűnik, bágyadság, álmoság jelentkezik. A vérellátás tovább romlik, csökken a mozgáskoordináció, mentális zavar, hallucináció léphet fel. Ekkor a pulzus és légzésszám már ritkul, a vérnyomás is csökkenni kezd. Ezért a tartósan hidegben tartózkodó személy fokozatosan eljut az eszméletlenség állapotába. Ha a testhőmérséklet eléri a 27-20 °C-ot elkezdődik a vércukorszint csökkenése, a pupillák kitágulnak, és végül megbénul a keringési rendszer vagy kamrafibrilláció lép föl, és beáll a halál [21].

Egy-egy feladat végrehajtása során előfordulhat, hogy a repülőeszközt vízfelszín fölött kell elhagyni a személyzetnek. Abban az esetben, ha a földet érés hideg vízbe történik, akkor a szisztémás hypotermia illetve a fagyás folyamata gyorsabban játszódik le, mivel a hővesztés a vízben minimum 25-ször nagyobb, mint a levegőben, ami az áramlással tovább növelhető [19]. Ezért nagyon

hideg vízben a közhiedelemmel ellentétben kerülendő a mozgás, mivel ha a pilóta úszni kezd, gyorsan kimerül, ezért már a hőtermelésre sem marad energiája, valamint az áramlás révén fokozódik a hűtőhatás. Mivel a pilóta védőfelszerelésének részét képező mentőmellény fenntartja a víz felszínén, ezért a kihülés lassítása érdekében érdemes felvenni az 6. ábrán látható pozíciót [22].



6. ábra Hőleadás csökkentő testhelyzet (HELP Position: Heat Escape Lessening Position) [22]

Számtalanszor előfordul, hogy az ember sokkal hűvösebbnek érzi a levegőt, mint amilyen valójában. Ezt sok tényező összessége eredményezi, mint például a levegő relatív páratartalma, a szél sebessége. Ezért a meteorológus szakemberek ún. bioklimatológiai indexeket alkottak az időjárás jellemzésére. A katonai felhasználók számára általában a wind-chill index (WCI), illetve az abból származtatott wind-chill hőmérséklet a leghasznosabb, mely a szél hűtő hatásának jellemzésére szolgál [23]. Hideg időben a test körül egy a környezetnél melegebb levegőréteg alakul ki, mely megvéd minket a hidegtől. Azonban a szél ezt a védőréteget megbontja, majd megszünteti. Így a testhőmérsékletünk lecsökken. A wind chill hőmérsékleti intervallumok országoként, és felhasználói körtől is függően különbözhetnek. A 1. táblázat egy példa a wind chill hőmérsékletekre, és azok kategorizálására.

		Air Temperature (Celsius)																
		0	-1	-2	-3	-4	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55	-60
Wind Speed (km/hr)	6	-2	-3	-4	-5	-7	-8	-14	-19	-25	-31	-37	-42	-48	-54	-60	-65	-71
	8	-3	-4	-5	-6	-7	-9	-14	-20	-26	-32	-38	-44	-50	-56	-61	-67	-73
	10	-3	-5	-6	-7	-8	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63	-69	-75
	15	-4	-6	-7	-8	-9	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66	-72	-78
	20	-5	-7	-8	-9	-10	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62	-68	-75	-81
	25	-6	-7	-8	-10	-11	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64	-70	-77	-83
	30	-6	-8	-9	-10	-12	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72	-78	-85
	35	-7	-8	-10	-11	-12	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73	-80	-86
	40	-7	-9	-10	-11	-13	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74	-81	-88
	45	-8	-9	-10	-12	-13	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75	-82	-89
	50	-8	-10	-11	-12	-14	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-69	-76	-83	-90
	55	-8	-10	-11	-13	-14	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77	-84	-91
	60	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78	-85	-92
	65	-9	-10	-12	-13	-15	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79	-86	-93
	70	-9	-11	-12	-14	-15	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-80	-87	-94
	75	-10	-11	-12	-14	-15	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80	-87	-94
80	-10	-11	-13	-14	-15	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81	-88	-95	
85	-10	-11	-13	-14	-16	-17	-24	-31	-39	-46	-53	-60	-67	-74	-81	-89	-96	
90	-10	-12	-13	-15	-16	-17	-25	-32	-39	-46	-53	-61	-68	-75	-82	-89	-96	
95	-10	-12	-13	-15	-16	-18	-25	-32	-39	-47	-54	-61	-68	-75	-83	-90	-97	
100	-11	-12	-14	-15	-16	-18	-25	-32	-40	-47	-54	-61	-69	-76	-83	-90	-98	
105	-11	-12	-14	-15	-17	-18	-25	-33	-40	-47	-55	-62	-69	-76	-84	-91	-98	
110	-11	-12	-14	-15	-17	-18	-26	-33	-40	-48	-55	-62	-70	-77	-84	-91	-99	

1. táblázat Hőérzet kalkulátor (WIND CHILL HŐMÉRSÉKLET)

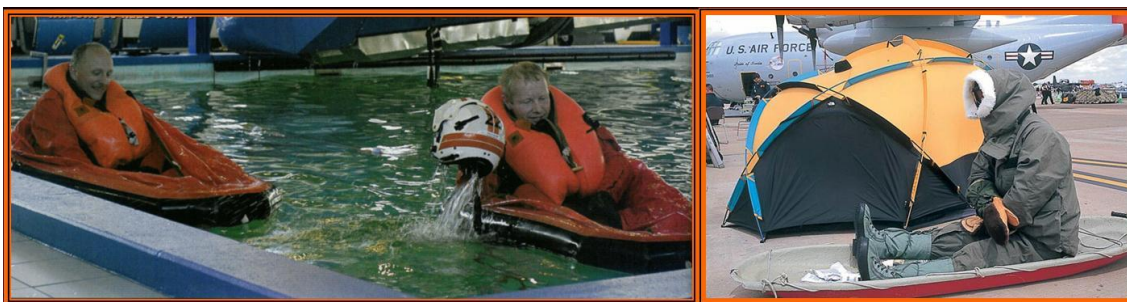
[Air temperature (Celsius); Környezeti hőmérséklet (°C); Wind Speed (km/hr): szélesebesség (km/h); Low: alacsony; Moderate: nagyon hideg; Cold: metsző hideg; Extreme: extrém hideg; Very extreme: dermesztő hideg) [24]

Látható, hogy az időjárás minden esetben hatást gyakorol a katapultálás során, illetve azt követően a hajózó személyzetre. Előfordulhat, hogy a pilóták olyan körülmények közé kerülnek,

melyek a szervezetük tűrőképességének a határait feszegetik, egyes esetekben akár életveszélyes állapotokat idézhetnek elő.

Ennek elkerülésére a repülési feladatok tervezése során figyelembe kell venni a végrehajtás helyszínének illetve a repülés során érintett területek éghajlatát, időjárásának pillanatnyi alakulását. Ezen információk tükrében a parancsnok meg tudja határozni a szükséges felszerelést, illetve a megfelelő öltözetet, mely védelmet nyújt, illetve valamilyen szinten növelheti a túlélési esélyeket egy esetleges katapultálást követően. (3. és 7. ábra)

Rendszerint a katonai repülőgépek vészelhagyó rendszere tartalmazza (a 6. ábrán látható mentőmellényt lényegesen meghaladóan, az ernyő mellé és/vagy a ruházatba beépítve) a klimatikus és földrajzi viszonyoknak megfelelő járulékos védőfelszereléseket is (7.a. ábra) (pl. vízcérzékkelő hatására automatikusan felfúvódó gumicsónakot, hozzá összeszerelhető horgászbotot mű csalival, tengervíz sótalanítót, cápariasztót, jelző rakétát, automatikus vészjeladót stb.) Természetesen sarkvidéki körülmények között tevékenykedő hajózó-személyzet számára – praktikus megfontolásból – a földet érés utáni túlélést biztosító védő-felszerelés is lényegesen különbözik (7.b. ábra)



a.

b.

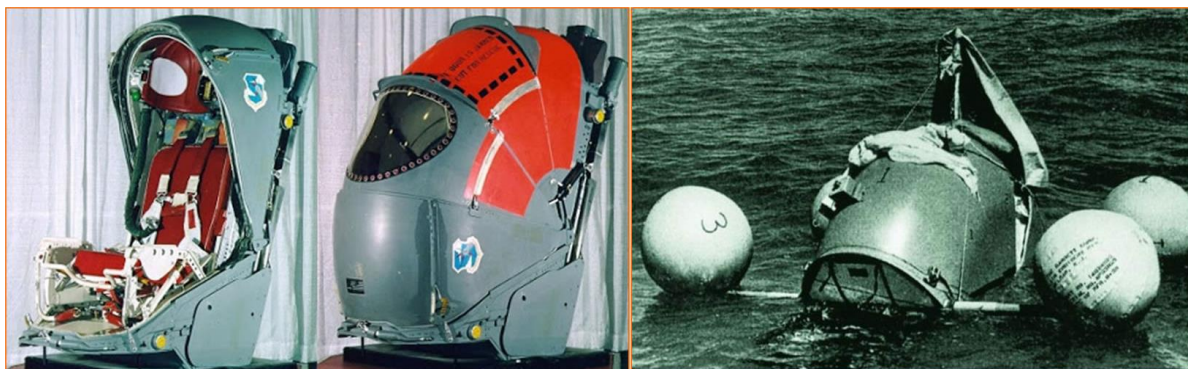
7. ábra Mentő gumicsónak és sarkvidéki védőfelszerelés [8]

### **A katapultált hajózó személyzet hosszantartó védelmét biztosító speciális eszközök extrém környezeti, időjárási viszonyok között**

Földünk tetszőleges pontján, bármikor bevethető, légiutántöltéssel akár 6–40 órát is levegőben tartózkodó – rendszerint stratégiai bombázó – repülőgépeket (vész)elhagyó, személyzet megtalálása és kimentése akár napokat is igénybe vehet. Számukra szélsőséges időjárási viszonyok között (különösen hideg tengerekben) az előzőekben bemutatott, – a klimatikus hatások elleni – védelemre szolgáló felszerelések rendszerint nem elégségesek az élet és egészség megővására. Ezért erre is speciális rendszereket fejlesztettek ki.

Kifejezetten a B-58-as bombázó repülőgép számára létrehozott védőtokok (8. ábra) üléseiben helyet foglaló hajózók, annak nyitott helyzetében zavartalanul végezheték munkájukat repülés közben (8.a ábra). Veszélyhelyzetben a tokot hermetikusan, vagy anélkül lezárva is irányíthaták a légijárművet (8.b ábra) (Igény esetén akár többszöri újranyitásra is lehetőség volt.) A kivetést követően a kapszula zárt, úszóképes, belül száraz, számos ilyenkor szükséges eszközzel látták el (8.c. ábra), lényegesen hosszabb ideig, kedvezőbb mikroklímát, és így túlélési esélyt biztosított a benntartózkodónak, mint az előzőekben bemutatott bármelyik más eszköz.





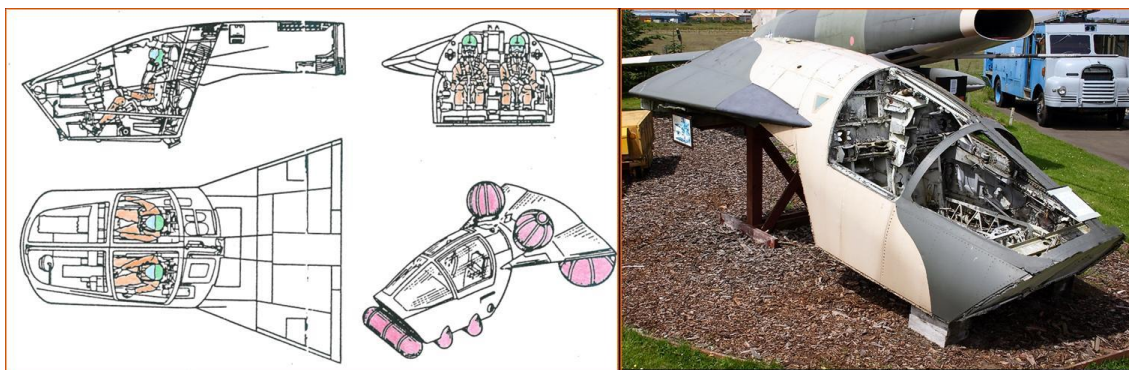
a.

b.

c.

8. ábra Katapultálható, úszóképes védőtok [8]

Hasonló tulajdonságokkal bír a jelenleg is használatos katapultálható fülke (B-1, F-111), melyben vészelhagyáskor mindkét hajózó együttesen foglal helyet (9. ábra). A leváló fülke-egységet  $F_p \approx 180$  kN tolóerejű, szilárd hajtóanyagú rakéta emeli - a repülési magasságtól és sebességtől függően - az indítási ponthoz képest  $H = 60-110$  m magasságra. A stabilizáló ernyő működésbe lépése után 0,6 s-mal leáll a rakétahajtómű és megkezdődik a 21,4 m átmérőjű főernyő nyitása. A kupola 2,5 s alatt lobban be és 9–9,5 m/s sebességű süllyedést tesz lehetővé. A főernyő nyitása után 3 s-mal megkezdődik a fülkére erősített gumipárnák felfúvódása. Ezek a földfelszínre érkezéskor az ütközési energia elnyelését, vízre szálláskor, az úszóképeség és stabilitást biztosítják.



9. ábra Katapultálható fülke [8]

A fülke törzsről történő leválasztási programja víz alatt is megindítható, illetve 4,5 m-es vízmélységet elérve automatikusan beindul. (Ekkor az ernyőnyitás blokkolódik.)

## ÖSSZEZÉS

A nagysebességű repülőeszközök katapultüléssel történő sikeres vészelhagyása csak az első fázisa annak az összetett és veszélyekkel teli folyamatnak, mely a mentőernyővel való földet érésen át, a hajózó személyzet kimentéséig, a bázisra, vagy adott esetben kórházba való szállításáig tart. Megállapítható, hogy az egyik legnehezebb mozzanat a katapultálásra vonatkozó döntés megfelelő időben történő meghozatala. Repülés közbeni vészelhagyás egyetlen pilóta által sem kívánt esemény, így a döntést is a végső pillanatig húzzák, amikor már teljesen bizonyosak, hogy a repülőeszközzel nem lehetséges a biztonságos földet érés. A katapultálás folyamatának megindítása után már automatikusan játszódik le a folyamat a pilóta további beavatkozása nem szükséges.

Többnyire hajózók számára nem ismeretlen hatásokat, körülményeket kell elviselni, mivel nyugodt környezetben, mozzanatonként van lehetőségük azokat megismerni, begyakorolni. Azonban a vészelhagyás folyamata nem fejeződik be a földet érés pillanatában.

Egy-egy repülési feladat során előfordulhat, hogy akár a mérsékeltövi klímától eltérő éghajlatú terület fölött kell végrehajtani, a katapultálást, így a hajózó személyzetre nemcsak a földet vagy vizet érésig, de utána is a megszokottól eltérő, akár extrém terhelés is hárulhat. Ezért elengedhetetlen, hogy a repülő személyzet speciális felkészítést kapjon mind fizikai, mind pszichikai értelemben, az extrém viszonyok között való túlélés érdekében. Ennek során el kell sajátítani olyan praktikákat, melyek hozzájárulhatnak a szervezet optimális (rosszabb esetben a még ki-elégítő) működésének fenntartásához a szélsőséges időjárási viszonyok között is.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Szaniszló Zsolt: Az orosz katapultülések kifejlesztési folyamatának biztonságtechnikai szempontok szerinti vizsgálata I. Hadmérnök, VIII, 3, 2013, pp. 5-21.
- [2] Hennel Sándor, Ozsváth Sándor: Légijárművek mentőberendezései és azok jövőbeni fejlesztési irányai. Katonai logisztika, 2013/1, pp. 216-234.
- [3] Szaniszló Zsolt: Mi történhetett 1968. március 27-én Moszkva mellett? Miért nem katapultált a MÍG-15 UTI személyzete? A világ első űrhajósa most lenne 80 éves... . Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 24, 2, 2014, pp. 331-350.
- [4] Hennel Sándor, Megyeri Miklós: Repülőgép sárkányszerkezete és rendszerismeret III. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987
- [5] V. Zsukov: Katapultálás hangsebesség feletti repülés közben. Újdonságok a haditechnikában. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1960.
- [6] JETfly: Ejtőernyő típusok, (e-doc), url: <http://www.jetfly.hu/regi-jetfly/34-ejtoernyo-tipusok> (2015.11.05.)
- [7] Óvári Gyula: Autorotálni, katapultálni vagy lezuhanni? Haditechnika 1992/4, pp. 3-24.
- [8] Óvári Gyula: Merev és forgószárnyas repülőgépek szerkezetana III. A sárkány rendszerei. 1989 KGYRMF Szolnok (lényegesen átdolgozott elektronikus változat ZMNE/BMGE 2010)
- [9] Varga Ferenc: Repülésbiztonság. Előadás anyaga, NKE, Budapest, 2015.
- [10] The Ejection Site (e-doc), url: <http://www.ejection-site.com/> (2015.11.20.)
- [11] Wikipedia The Free Encyclopedia: Survival kit (e-doc), url: [https://en.wikipedia.org/wiki/Survival\\_kit](https://en.wikipedia.org/wiki/Survival_kit) (2015.12.04.)
- [12] Szakutasítás az ejtőernyős kiképzés végrehajtására. Magyar Honvédség Kiadványa, 2003.
- [13] Bálint Péter: Orvosi élettan I. kötet. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 1972.
- [14] Detre Zoltán: A megszokottól eltérő környezet hatása az emberi szervezetre, különös tekintettel a hőmérséklet változásaira. Biztonságtechnika, 2014/1, pp. 209-227.
- [15] Gulyás Ágnes: Humán bioklimatológiai értékelések különböző léptékű megközelítésben. PhD értekezés, SZTE-TTIK, Szeged, 2009.
- [16] Schuh A.: Bioklima, Corvin Kiadó, 2007.
- [17] Hauser B.: A hőszabályozás és zavarai, SE AITK
- [18] Szeghő Péter: A páratartalom hatásai szervezetünkre, 2015 url: [http://www.webbeteg.hu/cikkek/leg-zoszervi\\_betegseg/1579/a-paratartalom-hatasai-szervezetunkre](http://www.webbeteg.hu/cikkek/leg-zoszervi_betegseg/1579/a-paratartalom-hatasai-szervezetunkre) (2015.12.03.)
- [19] Mazányi Ferenc: A fokozatos kihűlés – A fagyás. 2012. url: <http://www.vital.hu/themes/sick/frozen1.htm> (2015.12.11.)
- [20] Marsi Zoltán: Fagyás, OMSZ, Bp., 2016 url: <http://elsosegely.hu/cikk.273.fagyas>
- [21] Guzsvány Anna: Összefüggés az időjárás, a halálozás és az élve születés között Komárom megyében. Szakdolgozat, ELTE-TTK, Budapest, 2011.
- [22] BoatSafe.com: Boat Safe this Spring or Fall – Avoid Hyperthermia (e-doc), url: <http://www.boat-safe.com/nauticalknowhow/hypothermia.htm#>
- [23] National Weather Service: NWS Windchill Chart, (e-doc), url: <http://www.nws.noaa.gov/om/winter/windchill.shtml>

[24] Magas-Tatra.info: Mikor van szezonja a magashegyi túráknak? (e-doc), url: <http://www.magas-tatra.info/2013/02/mikor-van-szezonja-magashegyi-turaknak.html>

---

### *PHYSICAL EFFECTS OF WEATHER ON A FLIGHT CREW, FOLLOWING EMERGENCY EVACUATION OF THE AIRCRAFT VIA THE EJECTION SEAT*

Ejection seats are an essential component of modern military aircraft. Without them, the flight crew would not have any chance of safely evacuating the aircraft in case of an emergency occurring at high speed. Ejection seats are designed to propel the personnel from the aircraft as rapidly and safely as possible in an emergency, taking them to a distance and altitude where they are able to use their parachutes for a safe landing. The complex process of evacuation does not end with the landing, however. In many cases, the flight crew must await the arrival of rescue teams far from home, in an unfamiliar environment. The local weather conditions have a significant effect on the flight crew's chance of survival. Therefore, both the personnel operating the aircraft and those responsible for planning the mission must be familiar with the physical effects of various meteorological parameters, to ensure that appropriate personal protective equipment is provided on every flight. In addition, the pilots must be physically and psychologically prepared to adapt to extreme environments, to the maximum extent possible.

**Keywords:** *emergency evacuation of aircraft, ejection, physical effects of meteorological parameters*

---

---

HADOBÁCS Katalin sz. hadnagy  
meteorológus főosztály  
MH GEOSZ IESZO Központi Meteorológiai Szolgálat  
katalin.hadobacs@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-1200-5098

---

HADOBÁCS Katalin 2nd Lieutenant  
meteorologist officer  
HDF GEOS  
katalin.hadobacs@gmail.com  
orcid.org/0000-0003-1200-5098

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-08-0292\\_Hadobacs\\_Katalin.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-08-0292_Hadobacs_Katalin.pdf)



Ványa László

## A MŰHOLDAS HELYMEGHATÁROZÓ RENDSZEREK ELEKTRONIKAI HADVISELÉSI KÉRDÉSEI

*A globális műholdas helymeghatározó rendszerek mind járműbe épített, mind kézi hordozható vevőkészülékei ki vannak téve az elektronikai zavarásnak (a műholdas jelek teljesítményben való elnyomásának) és a spoofing technikának (amikor a vevőkészülék helytelen pozíciót számít ki a zavarás miatt). Jelen írás célja, hogy áttekintse az elektronikai hadviselés három fő területét a globális helymeghatározó rendszerek szempontjából. A cikk bemutat néhány eljárást a műholdas helymeghatározó rendszerek elleni fenyegetésre, majd néhány eszközt és eljárást a támadásuk detektálására és védelmükre.*

**Kulcsszavak:** Műholdas navigációs rendszerek, zavarás, spoofing, elektronikai hadviselés, GPS szimulátor

### BEVEZETÉS

Az elektronikai hadviselés célpontjai között mindig is jelentős helyet foglaltak el a navigációs célú berendezések. A fizikai pusztítás mellett speciálisan erre a célra épített zavaró berendezések alkalmazásával lehetővé vált a szofisztikált zavarás létrehozása, amely működése nem nyilvánvaló azonnal, hiszen nem az a cél, hogy látványosan megszűnjön a szolgáltatás, hanem az, hogy hihetően megtévessze a kezelőt, meghamisítsa a mérési adatokat, megghiúsítsa a feladat végrehajtását, vagy olyan mértékű pontatlanságot vigyen bele, amely jelentősen csökkenti az elvárt eredményt.

Ilyen speciálisan erre a célra kifejlesztett berendezés volt a TACAN harcászati légi navigációs rendszer ellen épített R-388 típusú orosz gyártmányú zavaró állomás (NATO kód: STOVE PIPE), amelyről egy korábbi cikkben részletesen esett szó [1]. Ugyancsak ebben az írásban található néhány olyan zavaró berendezés, amely a napjainkban rendkívül széles körben elterjedt globális műholdas helymeghatározó rendszereket (Global Positioning Systems - GPS) vagy más használatos elnevezéssel, a GNSS – Global Navigation Satellite Systems – globális műholdas navigációs rendszereket képesek zavarni, a jelfeldolgozásban őket akadályozni, így megghiúsítani a rájuk épülő szolgáltatásokat.

Jelen írás az elektronikai hadviselés hagyományos hármas felosztása szerint tárgyalja a műholdas helymeghatározó (navigációs) rendszerek kérdését. Külön megvizsgáljuk az elektronikai megfigyelés (Electronic Surveillance – ES), az elektronikai támadás (Electronic Attack – EA) és az elektronikai védelem (Electronic Defence – ED)<sup>1</sup> releváns vonatkozásait a teljesség igénye nélkül, néhány példán keresztül.

<sup>1</sup> A felosztás megnevezései az érvényben lévő Magyar Honvédség Összhaderőnemi Elektronikai Hadviselési Doktrína 2. kiadás szerinti felosztásnak felelnek meg. [2]

## A MŰHOLDAS NAVIGÁCIÓS RENDSZEREK ÉS AZ ELEKTRONIKAI MEGFIGYELÉS

Talán furcsának tűnhetne, ha azt mondanánk, hogy mivel a globális műholdas navigációs rendszerek nemzetközileg szabványosított, pontosan ismert és védett frekvenciákon dolgoznak, nincs mit megfigyelni rajtuk. Ez a kijelentés első közelítésben, például az ellátottsági mérések, a szolgáltatás folytonossági vizsgálatok kivételével helytálló is lenne. Az elektronikai megfigyelésnek esetükben azonban más lesz a célja. Mégpedig az, hogy a rendszereket érő interferenciákat, szándékos zavartatásokat észleljük több okból is.

Az egyik oldalról a hagyományos polgári zavarkivizsgálási, zavarelhárítási tevékenységek során az egyes nemzetek erre hivatott szervezetei<sup>2</sup> hivatalból kell, hogy keressék az ilyen zavarforrásokat és tegyék meg a szükséges lépéseket a zavartatás megszüntetése érdekében. A másik oldal a katonai, nemzetbiztonsági, esetleg terror elhárítási célú zavarforrás felkutatás, amely a katonai műveletek során, vagy még békeidőszakban kutatja a zavarok forrásait, hiszen a repülésbiztonság, a navigációs eszközökre épülő rendkívül sokféle szolgáltatás üzemének a fenntartása biztonsági probléma. Az [1] írásban példaként bemutatott olcsón beszerezhető eszközök és a katonai kivitelű zavaró berendezések a szolgáltatások leállítását képesek elérni, ezt a hatást a kezelők közvetlenül észlelik is, okát azonban saját eszközeikkel nem tudják megállapítani.

Az ilyen „nyers erővel”, működő eszközök detektálására, majd a pozícióik bemérésére speciális eszközök szükségesek. Ezeket interferencia detektoroknak nevezik. Az 1. képen egy Spirent<sup>3</sup> gyártmányú eszköz látható.



1. kép Spirent GSS100D GPS/GNSS interferencia detektor [3]

Működése során folyamatosan monitorozza a GPS/GNSS rendszerek frekvenciasávjait. Idegen, zavaró jelek megjelenésekor azokat rögzíti, osztályozza és lehetővé teszi, hogy későbbi vizsgálatok során azokat labor körülmények között újra elő lehessen állítani további elemzésre. Az eszközzel rendelkező jogosult felhasználók számára e-mail formában üzenetet küld zavarforrások észleléséről és a korábbi mérési eredményeket központi adatbázisban tárolva, hozzáférést biztosít

---

<sup>2</sup> Magyarországon a Nemzeti Média és Hírközlési Hatóság - NMHH

<sup>3</sup> A Spirent cég az Egyesült Királyságban található

számukra. Az elemzés során meg tudja különböztetni az „egyszerű” zavarokat a megtévesztő célú, ún. spoofing módszerrel üzemelő zavaró berendezések jeleitől, amely során a vevőkészülékek olyan valóságnak tűnő jeleket dolgoznak fel, amelyek a kezelő számára észrevétlenül a pozícióadatokat hamisítják meg. Ezt a „spoofing detektor” üzemnek nevezik, amely csak szándékos zavarási folyamatban, speciális eljárás alkalmazásával jöhet létre [3].

A spoofing módszer lényege, hogy a valódi műholdak jeleinek megfelelő, de más pozícióadatokat eredményező jeleket sugároznak a vevőkészülékeknek, így amennyiben azok ráállnak ezen jelek feldolgozására, akkor a hamis helyadatok miatt az eredeti útvonaltervhez igyekeznek módosítani pl. a repülési irányt és letérnek az eredeti feladatról. Ha pl. a programozott leszállás helyszínét „eltolják”, akkor a leszállás a hamis adatok alapján akár a szembenálló félnek kedvező helyen is megvalósulhat. 2011. december 4-én egy RQ-170 Sentinel típusú amerikai UAV-t minden valószínűség szerint ezzel a módszerrel térített el és szállított le Irán [4][5].

Az elfojtó zavarok és a spoofing mellett van egy harmadik eljárás is, amelyet „meaconing”-nak neveznek. Ennek az a lényege, hogy a valódi műholdjeleket rögzítik, majd bizonyos idő elteltével újra kisugározzák, ezzel hamisítva meg a méréseket.

Kiemelten fontos tehát a spoofing és a meaconing detektálása, hiszen a műholdas helymeghatározó rendszer mellett más navigációs eszközt is kell a fedélzeten alkalmazni, így már az is jelentős információ, ha a megtévesztés jeleinek eredményeképpen a folyamatból a műholdas helymeghatározó eszközt kizárják és másra térnek át.

Az elektronikai megfigyelés, más szóval – felderítés körébe sorolható a működő zavaró berendezések felkutatása, helyzetük meghatározása, hogy utána ki lehessen iktatni őket. A Stanford University szerzői kollektívája a GPS World folyóiratban publikált írásában egy ilyen speciálisan GNSS zavaró berendezések felkutatására tervezett eszközt mutatott be [6]. (2. kép)



2. kép. GPS zavaró berendezést kereső oktokofter [6]

A fejlesztési program neve: JAGER - Jammer Acquisition with GPS Exploration & Reconnaissance. A cél, egy repülőtér nagyságú területen működő zavarforrás mintegy 30 m-es pontossággal, 15 percen belüli megtalálása. A hordozó eszköz egy 11 kg maximális össztömegű, 1,2

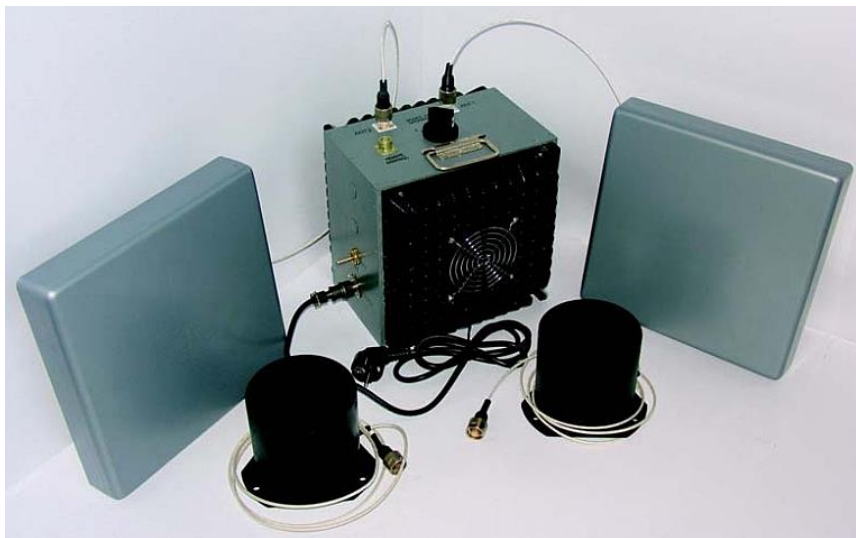
m átmérőjű oktokofter<sup>4</sup>, amely legnagyobb sebessége eléri a 20 m/s (72 km/h) sebességet és a repülési ideje mintegy 30 min. A feladat megoldására mintegy 5 kg tömegű hasznos teher hordozására van mód.

Mivel az eszköz rendeltetése szerint a műholdas navigációs rendszert zavaró berendezés felkutatására szolgál, a tipikus alkalmazási környezetben a műholdas navigációs rendszer tehát nem használható, ezért egy speciális fedélzeti APNT (Alternative Position, Navigation and Timing – alternatív helyzet, navigáció és idő) eszköz került kifejlesztésre.

A zavaró eszköz helymeghatározására egy irányított antennával végzett maximumkeresési eljárás szolgál, amely lényege egyszerűen az, hogy a repülés során a GPS frekvenciasávjában észlelt kisugárzás jelszintje alapján az autopilot rendszer a nagyobb jelszint irányába való fordulásra ad utasítást.

## A MŰHOLDAS NAVIGÁCIÓS RENDSZEREK ÉS AZ ELEKTRONIKAI TÁMADÁS

A szakirodalmi forrásokban a műholdas navigációs berendezések zavarásáról esik a legtöbb szó. A mintegy 20 000 km távolság miatt a vehető jelteljesítmény igen alacsony, ezért a földi (UAV fedélzeti) zavaró eszközök már viszonylag kis teljesítmény, néhány W mellett is hatékony, nagy hatótávolságú zavarjeleket produkálnak. A jelek kódolásának javításával, a zavarhatékonyt sikerült is csökkenteniük a fejlesztőknek, de még így is igen sérülékenyek a vevőkészülékek, különösen azok a polgári eszközök, amelyek nem rendelkeznek speciális védelmi algoritmusokkal. Példaképpen a 3. képen látható egy orosz gyártmányú, nagyteljesítményű, mobil eszközbe építhető zavaró berendezés.



3. kép A orosz Aviakonversiya GNSS zavaró berendezése [7]

Ezeket az eszközöket alkalmazták például a 2003-as iraki hadműveletekben az ún. intelligens bombák (US JDAMS) és más GPS-t alkalmazó rendszerek ellen. A nagyteljesítményű változat

---

<sup>4</sup> Nyolc légszaváros, helyből felszállni képes repülő eszköz.

20 W teljesítmény mellett mintegy 150 km, a kisteljesítményű változat 2–3 W teljesítménnyel mintegy 50 km zavarási zónát biztosít. A védelmi eljárások, mint a CRPA antenna, vagy az aktív nullázásos technikák hatékonyan csökkentik a zavarás hatótávolságát [7].

Rendszeresnek mondható a Dél-koreai – amerikai gyakorlatok, repülések navigációs eszközeinek zavarása Észak-Koreából, ahogy erről a világsajtó is rendszeresen beszámol [8].

Anélkül, hogy további ilyen „brute force” zavaróeszközöket sorolnánk, a továbbiakban egy talán továbbgondolásra alkalmas lehetőségről esson szó. A LabSat cég által épített GPS szimulátor (4. kép) lehetséges alkalmazásain lenne érdemes elgondolkodni.



4. kép A LabSat GPS Simulator készüléke [9]

A készülék eredetileg a GPS, GLONASS, BEIDOU és GALILEO rendszerek jeleinek elektronikus rögzítésére, tárolására és később valós, navigációs rádiófrekvenciás jelek formájában való lejátszására készült. A navigációs jelek felvételekor lehetőség van videofelvételek rögzítésére, amelyek később visszajátszhatók, és a haladás sebességének függvényében adja a műholdak navigációs jeleit is. Ezeket a szolgáltatásokat járműfejlesztőknek, jármű navigációs szoftverek készítőinek dolgozták ki, mert sokkal költséghatékonyabban és kényelmesebben megoldható a program írása laboratóriumi körülmények között, mint az úton haladó gépkocsiban.

Érdemes lenne részletesebb vizsgálat alá vetni az ilyen képességű, szolgáltatású berendezéseket, mert egyrészt ezekre építve új működési elvű elektronikai hadviselési berendezések fejleszthetők, másrészt a lehetőségek feltérképezése közelebb vihet a hasonló működési elvű berendezések elleni védelemhez, ami jelentősen csökkenthetné a védelem folyamatos lemaradását a támadó technikákhoz képest.

## A MŰHOLDAS NAVIGÁCIÓS RENDSZEREK ÉS AZ ELEKTRONIKAI VÉDELEM

Az elektronikai megfigyeléssel foglalkozó részben már érintettük, hogy a saját navigációs eszközök védelme érdekében lehetséges a zavarok műszeres észlelése és akár a kezelők figyelemfelhívása, akár a működtető programokba való rutinok beépítése, amikor is ezekre a zavarokra való reakcióképpen megváltoztatják pl. a működtető programok algoritmusait.

A továbbiakban először olyan eszközökről lesz szó, amelyeket pl. harcjárművekre lehet telepíteni és valamilyen speciális megoldással támogatják a zavarás elleni védekezést. A NovAtel cég GAJT® 710ML<sup>5</sup> típusjelű antennája bármely járműre utólag is felszerelhető [10]. (5. kép) Főbb jellemzői:

<sup>5</sup> GAJT – GPS Anti Jam Technology ® NovAtel védett márkaneve



1. 7 antenna elemmel 6 független nullirányt hozhat létre;
2. a GPS L1, L2 frekvenciákon egyidőben működik;
3. M-kód előkészített;
4. egyszerű telepíthetőség;
5. bármely GPS vevőhöz vagy jármű navigációs eszközhöz kompatibilis;
6. méretei: átmérő – 290 mm, magasság – 120 mm, tömeg – 7,5 kg.



5. kép NovAtel GAJT® 710ML antennarendszere [10]

Működésének lényege az, hogy az antennaelemek jeleit a fázisvezérelt rácsantennákhoz hasonlóan komplex erősítőtagokon keresztül vezetjük a jelösszegzőre, amivel egyrészt az antenna karakterisztikája változtatható, másrészt ezt kihasználva, az iránykarakterisztika egyes irányába minimumhelyek, nullahelyek hozhatók létre. Ez teszi lehetővé, hogy a zavaró jelforrásokat kiszűrjék. A zavarászűrés mértéke eléri a 40 dB-t.

Természetes, hogy a kézi hordozható navigációs vevőkészülékek, vagy akár a kisméretű automatizált járművek esetén ilyen megoldások nem alkalmazhatók. A katonai célú és a P/Y kódot is alkalmazó vevőkészülékek a polgári eszközöknél védettebbek, ugyanakkor a spoofing, vagy akár a meaconing ellen így sem biztosítható a teljes védelem. Más megoldásokat kell tehát keresni.

A Vulnerability Assessment Team, Los Alamos National Laboratory által publikált [11] módszerek egyfajta statisztikai megfigyelésen alapulnak, amelyek lényege az, hogy a vevőkészülékek a tipikusan alacsony teljesítményű – mintegy  $-160$  dBW jelszintű jelekhez képest a zavaró berendezéskéntől jelentősen nagyobb jeleket vesznek. Már ez önmagában is figyelmeztethet a zavarásra. Ha a valós műholdjeleket egymással összevetjük, azt tapasztalhatjuk, hogy a vett jelszintek eltérőek, amíg a hamis jelek forrásától származó „műholdjelek” pontosan azonos szintűek.

Bonyolultabb, de nem megoldhatatlan az az eljárás sem, hogy a műholdak konstellációjának szabályossága alapján a pillanatnyi vett műhold azonosítókat összevetik az elvárt azonosítókkal és a zavarás során megváltozó, megjelenő „idegen” műholdak jelenléte riaszthatja a kezelőket.

A műhold szimulátorok további gyengesége, hogy az egyes hamis „műholdak” közötti időparaméterek felismerhetően eltérnek a valódi időzítési adatoktól, így megkülönböztethetővé válnak a spoofing adó jelei.

További kiegészítő módszer lehet az, hogy az adott jármű haladását regisztráló más rendszer adataival folyamatosan összevetésre kerülnek a GPS által szolgáltatott adatok és amennyiben egyszer csak jelentős eltérés, kiugró különbség jelentkezik az előre kalkulált és a GPS-től kapott adatok között, akkor az ismét riasztást válthat ki.

## BEFEJEZÉS

A műholdas helymeghatározó rendszerekre épülő infrastruktúrák folyamatosan bővülnek, a képességeikre alapozott szolgáltatások egyre szélesebb körbe, egyre olcsóbb eszközökbe kerülnek beépítésre. Ez a ma már alapvetően megbízhatónak minősülő technikai vívmány azonban mind a rossz szándékú szolgáltatás megszakításos támadásoknak, mind a hamisításoknak ki van téve és ezek technikai megvalósítása sem igényel jelentős erőforrásokat. Ezért fontos annak ismerete, hogy milyen módszerek, eljárások és eszközök milyen problémák előidézésére alkalmasak, illetve, hogy milyen lehetőségek vannak azok jelzésére, hatásuk csökkentésére vagy akár megszüntetésére.

Véleményem szerint néhány éven belül a forgalomba kerülő GNSS eszközök alapszolgáltatása lesz a zavartatás indikálása, a kezelők figyelmének felhívása a jelek hamisításának észlelésére, a műholdak konstellációjában észlelt eltérések kijelzése. A beépített algoritmusok és tesztek jóval szofisztikáltabb értesítéseket fognak adni, mint a mai: „*A műholdak vétele megszűnt!*” üzenet. „*Újratervezés!*”

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] VÁNYA LÁSZLÓ: Navigációs berendezések zavarása és megtévesztése. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, XXVII. évf. 2015. 2. szám, pp. 7-16. (online)  
url: [http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015\\_2/2015-2-01-0189-Vanya\\_Laszlo.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015_2/2015-2-01-0189-Vanya_Laszlo.pdf)
- [2] Magyar Honvédség Összhaderőnemi Elektronikai Hadviselési Doktrína 2. kiadás. A Magyar Honvédség kiadványa 2014.
- [3] Detecting and Protecting Against GPS Cyberthreats. (online) url: <http://www.spirent.com/Assets/WP/WP-Detecting-Protecting-Against-GPS-Cyberthreats> (2016.03.11.)
- [4] VÁNYA LÁSZLÓ: Kérdések és válaszok a szupertitkos RQ-170 iráni kézre kerüléséről. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 24:(2) pp. 634-641. (2012) (online) url: [http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012\\_cikkek/52\\_Vanya\\_Laszlo.pdf](http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012_cikkek/52_Vanya_Laszlo.pdf) (2016.03.11.)
- [5] WIKIPEDIA THE FREE ENCYCLOPEDIA: Iran–U.S. RQ-170 incident. (online), url: [https://en.wikipedia.org/wiki/Iran%E2%80%93U.S.\\_RQ-170\\_incident](https://en.wikipedia.org/wiki/Iran%E2%80%93U.S._RQ-170_incident) (2016.03.11.)
- [6] JAMES SPICER, ADRIEN PERKINS, LOUIS DRESSEL, MARK JAMES, YU-HSUAN CHEN, SHERMAN LO, DAVID S. DE LORENZO, PER ENGE: Jammer hunting with UAV. (online):  
<http://gpsworld.com/jammer-hunting-with-a-uav/> (2016.03.11.)
- [7] DR. CARLO KOPP: Air Defence System Defensive Aids. Technical Report APA-TR-2009-0604. (online)  
url: <http://www.ausairpower.net/APA-SAM-DefAids.html#mozTocId158380> (2016.03.11.)
- [8] GPS World staff: Massive GPS Jamming Attack by North Korea. (online) url: <http://gpsworld.com/massive-gps-jamming-attack-by-north-korea/> (2016.03.11.)
- [9] LABSAT 3 GPS SIMULATOR (online) url: <http://www.labsat.co.uk/index.php/en/products/labsat-3>
- [10] GAJT® 710ML (online) url: <http://www.novatel.com/products/gnss-antennas/gajt-anti-jam-antennas/gajt/> (2016.03.15.)



[11] JON S. WARNER, ROGER G. JOHNSTON: GPS Spoofing Countermeasures. (online) url: <http://permalink.lanl.gov/object/tr?what=info:lanl-repo/lareport/LA-UR-03-6163> (2016.03.11.)

---

***ELECTRONIC WARFARE ASPECTS OF SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS***

*The Global Navigation Satellite Systems – GNSS vehicle mounted and handheld receivers are vulnerable to jamming (overpowering GNSS signals) and spoofing (making GNSS receivers to calculate false position). The main aim of this article to overview three parts of electronic warfare in terms of global satellite navigation systems. This article outlines some methods of the threats to GNSS and presents some methods and devices for detection of jamming and defence GNSS systems.*

**Keywords:** *GNSS, jamming, spoofing, electronic warfare, GPS simulator*

---

---

Dr. VÁNYA László (PhD)  
egyetemi docens  
Nemzeti Közszerológati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Üzemeltető Intézet  
Elektronikai Hadviselés Tanszék  
vanya.laszlo@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0001-5472-7190

---

Dr. VÁNYA László (PhD)  
Associate professor  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Maintenance  
Department of Electronic Warfare  
vanya.laszlo@uni-nke.hu  
orcid.org/0000-0001-5472-7190

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-09-0308\\_Vanya\\_Laszlo.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-09-0308_Vanya_Laszlo.pdf)

Turcsányi Károly, Szegedi Péter, Tóth József

## A KATONAI REPÜLŐMŰSZAKI TISZTI KOMPETENCIÁK FELMÉRÉSE INTEGRÁLT KUTATÁSI MÓDSZERREL

*A katonai repülőműszaki feladatokat ellátó szervezetek működésének, és az elvárt minőségű feladat végrehajtásnak alapfeltétele a megfelelő számú, jól képzett tiszt, műszaki szakember. A megfelelő minőségű munkavégzésük érdekében, a felsőfokú képzésüket a képzési és kimeneti követelményekben rögzített elvárások szerint végzik. Az elvárt tudással rendelkező tiszt utánpótlás érdekében fontos ismerni, hogy milyen kompetenciákkal rendelkező műszaki szakemberekre van szükség a Magyar Honvédségben. A tervezési/előrejelzési és aktuális megrendelői tendenciákat elemző vizsgálatok által olyan információk nyerhetők, amelyek hozzájárulhatnak az oktatási és képzési portfólió, valamint a szakokon végzett diplomások felkészültsége és a munkaerő-piaci elvárások összehangolásához. Egy ilyen kutatás folyamata, és előzetes eredményeinek bemutatása olvasható a cikkben.*

**Kulcsszavak:** kompetencia; kvantitatív, kvalitatív kutatás; tartalomelemzés; repülőműszaki tiszt

### BEVEZETÉS

A katonai repülőműszaki szervezetek számára is felértékelődni látszik a humán erőforrás, ami az egyik legfontosabb és egyben legnehezebben pótolható befektetéssé vált napjainkra. A szervezet fennmaradásának szükséges, de nem elégséges a tehetséges, kiképzett dolgozók alkalmazása, megtartása. Az egészséges korfa biztosítása garantálhatja a közép és hosszú távú működőképességet, amelyhez a fiatal megfelelő kompetenciákkal rendelkező állomány kiválasztása, felkészítése (oktatása, kiképzése), fejlesztése elengedhetetlen. A szükséges tudáselemekkel rendelkező fiatal repülőműszaki tisztekbe investált tőke, energia megtérüléshez szükséges a légi járművek földi üzemeltetésében dolgozók elkötelezettségének, szakmai ismereteinek megteremtésére, képességeik kialakítására, továbbfejlesztésére is hangsúlyt fektetni.

A katonai-repülőműszaki kultúránk fennmaradásának, fejlődésének érdekében szükség van a megszerzett tudás, tapasztalat, példa (szubjektív szellemi értékek) ismeretére is, mert nélkülük nem volna eszközünk arra, hogy a tanulságokat és a tapasztalatokat az egyik generációtól a másikkal örökítsük.

Ha megismerjük és tudatosítjuk a szervezet működéséhez, a katonai repülőtechnika üzembentartásához szükséges, szakmai és egyéb ismereteket (tulajdonságokat, képességeket stb.), akkor ezek birtokában olyan képzési, továbbképzési stratégiát alakíthatunk ki, amely mind a megrendelő, mind a célcsoport körében pozitív képet képes kialakítani.

Fontos, hogy a kialakított (kompetencia alapú) képzés „tudatos” legyen, így a megvalósításához szükséges a közép-, illetve hosszú távú stratégia (folyamatosan monitorozott, pontosított) feltételezi, hogy a képzési célok megalapozottak.

A kellő pontosság és megalapozottság az évek/évtizedek alatt kialakult katonai-repülőműszaki-szakmai tudással rendelkező aktív és nyugállományba lévő repülőműszaki végzettségű kollégákban megvan. Ezen értékek pontos felmérése, megismertetése a szervezet elemi érdeke és

biztos alapot nyújthat az eljövendő repülőműszaki tisztek képzéséhez szükséges kompetenciák meghatározásához.

A szakmai tudás meghatározásának egyik igen hatékony módszere a társadalomtudományi kutatásokban, és kiemelten a marketingkutatásban alkalmazott félig strukturált interjúk módszere. Ez lehetővé teszi az explicit tudáselemek feltérképezése mellett az implicit (tacit) tudás feltérképezését is, vagyis olyan információk megszerzését, melyek nem, vagy nehezen kvantifikálhatók.

A kvalitatív információszerzés azonban sajátosságai miatt kiegészítésre szorul. Az alkalmazott kvalitatív kutatás ennek megfelelően egyrészt lehetőséget nyújt új információk megszerzésére, kiegészítve a kvalitatív kutatást, másrészt javítja az eredmények megbízhatóságát, és érvényességét.

Megítélésünk szerint a két módszer integrált alkalmazása biztosítja a repülő műszaki tiszti kompetenciák elvárt pontossággal történő meghatározását.

## A SZERVEZETI TUDÁS ÉS A KOMPETENCIÁK

A szervezet által elvárt kompetenciákhoz rendelt szakmai, tárgyi ismeretek (explicit tudás), a problémamegoldó képességek és a tapasztalathoz szerzett intuíciók, sejtések és érzések (implicit vagy tacit tudás) megtartása, fejlesztése alapvető szervezeti érdek.

Az elméleti háttér a formalizált tudás (definíciók, modellek, alkalmazási példák, elvi megoldások, alapkutatásokból származó ismeretek). A gyakorlati szakemberek az elméleti alapismeretekre építkeznek a gyakorlatban használt tapasztalataikból, abból a szakismeretből (know-how), amelyeket az évek alatt munkájuk során gyűjtenek, fejlesztenek, alakítanak.

Az elméleti és gyakorlati felkészítést igénylő organizációk vegyes, akár nemzetközi környezetben való üzemeltetése megfelelően sokoldalúvá képzett, megoldáskereső beállítottsággal egyaránt rendelkező, gyakorlott szakember-gárda segítségével valósulhat meg, amely eredményessége az üzemeltetett/üzembentartott eszközök és eszközrendszerek képességei, valamint a felhasználási körülmények (pl. intézményi szabályok és más korlátok) által is erősen behatárolt.

A repülőtechnikát üzemeltető szervezeti tudás tudatos és célirányos menedzselésének egyik legfontosabb jellemzője a naprakészség, ami bizonyos agilitást és rugalmasságot is megkövetel a résztvevőktől.

Az eredményességet segítő személyiségjellemzők (elemzőképesség, kreativitás, intuitivitás, kapcsolatépítő készségek, gyakorlatiasság stb.) megléte természetesen segít az egyént és a szervezetet a mindennapi feladatellátáshoz szükséges tudás megszerzésében, annak átadásában és alkalmazásában, ugyanakkor tanulhatók, fejleszthetők (tanulandók, fejlesztendőek) is. A szervezeti tudásmenedzsment-rendszerek kialakításának és fejlesztésének a megfelelő képességfejlesztő (kompetenciafejlesztő) képzések is szerves részei [5][6][7][8][21].

A kompetencia, mint központi kategória tartalmazza, hogy az egyén hogyan (milyen magatartással, személyiséggel, milyen képességekkel, motivációval, és milyen tudás birtokában) valósítja meg, érheti el a kitűzött szervezeti célokat. A munka sikerét, az elvárt teljesítményt garantáló viselkedés és tevékenység alkotja a lényegét, de mögötte jellegzetes, az emberre jellemző tulajdonságok állnak. A kompetenciák gyakorlati használatához azokkal a viselkedésformákkal

kell definiálni, amelyekből állnak, majd fejleszteni, illetve mérhetővé tenni és mérni azokat [6][9][10][11][12][13][14][15].

Mindezekből is kitűnik, hogy a kompetencia, amely ugyan az egyes emberhez kötött kategória, kulcsfontosságú szerepet tölt be a katonai légi járművek üzemeltetését végző szervezetek humán menedzsment rendszerében, a szakemberek alap- és továbbképzését végző intézményekben, és a szervezeti tudást és tanulást menedzselő folyamatokban.

## A KUTATÁS

### A kutatás célja

Az elmúlt évtizedek társadalmi változásai befolyással voltak a védelmi szektorra is, melynek következtében átalakult a haderő szervezeti felépítése, feladatrendszere, filozófiája, de a Magyar Honvédség, mint katonai repülőeszközöket üzemeltető/üzembentartó szervezet rendelkezik repülőműszaki szakmai-szervezeti kultúrával, amely évtizedek alatt kialakult értékekkel, katonaeurényekkel, katonai-repülőműszaki-szakmai tudással, kompetenciákkal rendelkezik. Ezen értékek pontos felmérése, megismertetése a szervezet elemi érdeke. A kutatás során feltárt, (esetlegesen további kutatásokkal pontosított) kompetenciákra épülő képzés a repülőműszaki tiszti utánpótlás korszerűsítésének az alapja lehet.

### Mintavételezés

A kutatásunk első döntéseink egyikeként határoztuk meg a kutatási célból (előzőleg megfogalmazva) kikövetkeztetett feladatot, amely kapcsolódik a Magyar Honvédség repülőműszaki tiszti állományának a megváltozott üzemeltetési stratégia megalapozásához használható kompetencia alapú képzésének és felkészítésének korszerűsítési lehetőségeihez. A kutatás a felsőfokú repülőműszaki végzettséggel betölthető munkakörök kompetencia térképének megalkotásához szükséges megalapozott ismeretek megszerzése volt. A szervezet igényeihez igazított kompetenciamodell (az átfogó modellekben ez előre elkészítetten rendelkezésre áll) megalkotásához nyújt segítséget, hogy meghatározható legyen, hogy mely kompetenciák mennyire fontosak az adott beosztásokhoz, illetve hogy akár teljesen új modell legyen összeállítható.

Az információs szükségletünket szekunder és primer kutatás [11][16] során beszerzett adatok segítségével biztosítottuk. A szekunder kutatás során szakirodalmi feldolgozásokat folytattunk, a meglévő kutatási, egyéb információk, adatok kinyerése céljából, mely egyrészt a kompetencia kutatás szakirodalmi háttérének feldolgozását, valamint az ezzel szorosan összefüggő háttér információk és adatok megszerzését jelentette. Kezdetben az interneten, illetve könyvtárakban folyt a forráskutatás. A kiinduló helyzet meghatározásához forráskutatásokat folytattunk (irodalomgyűjtést, beszélgettünk olyan személyekkel, akik valamilyen formában kapcsolhatók a repülőműszaki szakmához). A mintavételezés során határoztuk meg a vizsgált sokaságból, azokat a személyeket, akik reprezentálni képesek (mély, információban gazdag ismeretei vannak, a megértéshez érdemben hozzá tud járulni és a keresett információ veszteség nélkül kinyerhető) a felsőfokú végzettséggel rendelkező repülőműszaki ismeretekkel (elméleti és/vagy gyakorlati tudással, gyakorlati tapasztalatokkal rendelkező) személyeket, és ismerhetik a repülőműszaki katonákra jellemző kompeten-

ciákat. Kihaszználva a korábbi ismeretségeinket, illetve a hólabda-mintavétel<sup>1</sup> módszerét alkalmazva léptünk kapcsolatba azokkal az emberekkel, akik releváns ismeretekkel rendelkeznek a kutatott témával kapcsolatban és segítségünkre lehettek a kutatási feladat elvégzésében. A kutatási célok ismeretéből, a kutatási területre vonatkozó előzetes ismereteinkből, tapasztalatainkból kiindulva választottuk ki őket [18][19].

	Helyszínek	Időpontok	Minta nagysága [fő]
1.	Szolnok SHM tanszék iroda	2015. 11. 05.	1
2.	Szolnok SHM tanszék iroda	2015. 11. 06.	1
3.	Budapest HM II. iroda	2015. 11. 11.	1
4.	Szolnok SHM tanszék tanterem	2015. 11. 16.	1
5.	Szolnok RMZ	2015. 11. 17.	1
6.	Szolnok FRT tanszék tanterem	2015. 11. 18.	1
7.	Kecskemét, hangár tanterem	2015. 11. 23.	3
8.	Kecskemét, RMZ iroda	2015. 11. 23.	1
9.	Szolnok, SHM tanszék tanterem	2015. 11. 24.	2
10.	Székesfehérvár, MH ÖHP 3/1 épület, 2. emelet, tanterem	2015. 11. 25.	3
11.	Kecskemét, Gripen század iroda	2015. 11. 30.	1
12.	Kecskemét, hangár tanterem	2015. 11. 30.	1
13.	Kecskemét, AN-26 század iroda	2015. 12. 01.	2
14.	Kecskemét, Gripen század iroda	2015. 12. 01.	1
15.	Kecskemét, RMZ iroda	2015. 12. 01.	1
16.	Budapest, HM II, iroda	2015. 12. 02.	2
17.	Budapest, Logisztikai egyesület	2015. 12. 02.	1
18.	Kecskemét, LJÜ tárgyalóterem	2015. 12. 03.	2
19.	Kecskemét, LJÜ iroda	2015. 12. 03.	1
20.	Pápa, RM század parancsnoki iroda	2015. 12. 07.	2
21.	Pápa, RM század parancsnoki iroda	2015. 12. 08.	1
22.	Veszprém, lakás	2015. 12. 08.	1
23.	Budapest, Zrínyi Laktanya iroda	2015. 12. 09.	1
24.	Budapest, Logisztikai egyesület	2015. 12. 09.	1
25.	Kecskemét, RMZ iroda	2015. 12. 10.	1
26.	Budapest, Zrínyi Laktanya iroda	2015. 12. 10.	1
27.	Szolnok SHM tanszék tanterem	2015. 12. 11.	1
28.	Szolnok, SHM tanszék tanterem	2015. 12. 14.	4
29.	Szolnok, SHM tanszék tanterem	2015. 12. 15.	2
30.	Szolnok, MH 86 SZHB parancsnoki épület	2015. 12. 16.	1
31.	Szolnok, SHM tanszék tanterem	2015. 12. 17.	1
32.	Szolnok, SHM tanszék tanterem	2015. 12. 18.	1

1. táblázat Az elkészített 45 interjú időpontjai és helyszínei [Forrás: saját feldolgozás]

<sup>1</sup> Gyenge Balázs: Marketingkutatás, jegyzet, Szent István Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar Marketing Intézet, Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, 2009, p. 193., 159. oldal

A mintavételt (a személyek kiválasztását, kutatásba történő bevonását) addig folytattuk, amíg az elkészített interjúk előzetes feldolgozása alapján úgy gondoltuk, hogy elértük a telítettségi határt (teoretikus szaturációt), vagyis további interjúval új szempont, vagy vélemény megjelenése nem volt valószínűsíthető [18][19].

Személyes találkozásaink alkalmával az 1. táblázatban megjelölt helyszíneken és időpontokban elkészítettük a kiválasztott célsokasággal (45 fő) az interjúkat.

Ezt az alkalmat is szeretnénk megragadni, hogy megköszönjük a kutatásban résztvevő kollégáink, ismerőseink önzetlen segítségét.

**Az elkészített 45 interjú során az életükről, a katonai hivatásukról, motiváltságukról, szakmai tapasztalataikról, élményeikről stb. kérdeztük a beszélgető partnereinket, kiindulásként felhasználva a 2. táblázatban látható forgatókönyvet.**

### **A kvalitatív kutatás**

A különböző kvalitatív kutatási módszerek kiválasztása segíthet igazolni, cáfolni, vagy pontosítani a hipotéziseket és kontrolálhatja a kapott végeredményt. A kvalitatív kutatás gyűjtőfogalma különböző módszereknek, technikáknak, jellegzetessége, hogy rendszerint kis minta számú, gondosan kiválogatott egyénre fókuszál és nem feltétlenül reprezentatív, illetve statisztikailag érvényes. Olyan ismeretekre, megállapításokra törekszik, amelyek nem igényelnek számszerű adatokat, viszont a gyakorlati szakemberek tapasztalatai, tudásuk alapján bepillantást nyújt a vizsgált célsokaság viselkedésébe, gondolkodásába, kompetenciáiba, vagyis feltáró jellegű. Elsősorban a „ki, miért, hogyan” jellegű kérdésre ad választ és a kutatás segédeszközei nem strukturáltak, a tudományos háttérét a pszichológia, a szociálpszichológia, az antropológia, nyelvészet adja. Az eljárások feltáró jellegűek, nagy mennyiségű mély információ megjelenése jellemzi. Az adat-gyűjtésre többféle eljárás áll rendelkezésre, melyek együttes alkalmazása lehetőséget adhat az önellenőrzésre, valamint a nyert kép színesítésére. Az eredmények, megállapítások kreatív értelmezőtevékenység termékei lesznek, a szubjektivitás a minőségteremtés szerves jellemzője lehet. Ugyanakkor általában kevésbé vagy sehogy sem képes informálni a mennyiséget érintő kérdésekkel kapcsolatban [1][2][3][4][16][17][19].

A módszerek közül a félig strukturált életút interjúkat választottuk. Mely során a körülményeket céljainknak megfelelően és helyzet adta lehetőségek szerint befolyásolhattuk, az információ gyűjtését, vagyis a strukturáltság és a kötetlen beszélgetés szélsőségei közötti átmenetek széles skáláján mozogtunk.

Az első megkeresések alkalmával a felkérések előtt tájékoztattuk a kiválasztott interjúalanyokat, hogy milyen kutatáshoz kérjük a segítségüket. Ismertettük velük a kutatás célkitűzését, a szerepüket a kutatásban, az interjúk tervezett felépítését, tárgyát és várható időtartamát. Tájékoztattuk őket arról is, hogy videó felvétel készül a beszélgetésekről, és elmagyaráztuk, hogy ez miért szükséges, továbbá, a felhasználás módjáról. Ezek után a hozzájárulásukat kértük a kép- és hanganyag elkészítéséhez.

### **Az interjúk**

A kutatás kvalitatív részét a szakmai életútinterjúk elkészítésével kezdtük, 1. táblázat szerint. Az előzetesen egyeztetett időpontban és helyszínen az interjúalanyok ismételt röviden vázoltuk az interjú felépítését (2. táblázat, [11] irodalom 191. oldalán található 1. táblázat), meg-

határozva annak várható időtartamát is. Tájékoztattuk őket, hogy videó felvételeket fogunk készíteni a beszélgetésekről, ismertettük, hogy miért készül a felvétel és kértük a hozzájárulásukat a kép-, és hanganyag elkészítéséhez.

A válaszolókkal igyekeztünk megértetni, hogy nincs semmilyen elvárás válaszaikkal szemben, az általuk kifejtett vélemények, gondolatok tekintetében teljes szabadsága van.

Az interjúkról több mint 55 óra és 40 perc videó felvétel készült, amelyeket a kutatás későbbi fázisában használtunk fel.

Forgatókönyv	
Félig strukturált (életútinterjú) interjú	Vezérfonal
Nyugállományú, leszerelt, aktív felsőfokú végzettséggel, repülőműszaki végzettséggel, vagy tapasztalatokkal rendelkező katonatisztek	Az interjú alanyok kiválasztása
Az interjú alanyokkal egyeztetett helyszínen és időpontban, hozzájárulás kérése a videó felvétel készítéséhez.	Interjú levezetése
Interjú vázlat	
<p>Az interjú levezetője bemutatkozik, biztosítja a megkérdezettet a törvényi előírások maradéktalan betartásáról, a vélemény szabadságot biztosítja, elmondja az interjú célját, felépítését, várható időtartamát:</p> <p>Kötetlen beszélgetés a tiszti pályáról, a választott hivatásról.</p> <p>Bemelegítő kérdések:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Miért választotta a repülőműszaki pályát?</li> <li>• Meséljen arról, hogy kinek kérte ki a véleményét a hivatása választásakor?</li> <li>• Ki, mi motiválta?</li> <li>• Milyenek voltak a főiskolai/egyetemi évei?</li> <li>• Beszéljen a szakmai karrierjéről!</li> </ul>	Bemutatkozás, az interjú témájának ismertetése, bemelegítő beszélgetés, témára hangolódás, 15 perc
Kötetlen beszélgetés	Élmények, 50 perc
Köszönetnyilvánítás	Befejezés, 5 perc

2. táblázat Az interjúkhoz felhasznált forgatókönyv [saját szerkesztés]

## Az interjúk elemzése

Az interjúk elemzéséhez a szövegelemzés/tartalomelemzés módszert alkalmaztuk, amelynek célja a kapott információk tartalmának leírása, megértése, értelmezése. Segítségével következtetéseket vontunk le az interjúk alkalmával készített beszélgetésekből (elhangzott kifejezések, mondatok, témák alapján). A vizsgálat során készített videó felvételek segítségével lehetőségünk volt az interjú alanyok metakommunikációjának megfigyelésére is, amely segített a küldött üzenetek feldolgozásában, megértésében, értelmezésében.

Az interdiszciplináris módszer (tartalomelemzés) segítségével az elkészített interjúkból többszöri meghallgatásokat követően dokumentumokat készítettünk és a kapott adatok összefüggérendszerére vontunk le, fogalmaztunk meg következtetéseket (feltárás, kikövetkeztetés).

Az interjú alanyokkal folytatott beszélgetéseket, mint a rendelkezésünkre álló adatbázist módszeresen egységekre bontottuk a tartalomvizsgálat (a repülőműszaki képzéshez szükséges kompetenciák) szempontjából, az interjú elemzések során megalkotott kategóriákhoz soroltuk a beszél-



getésekben ténylegesen elhangzott szavakat, mondatokat. Az elkészített interjúk feldolgozhatósága, egyszerűsítése érdekében került sor erre a lépésre. A kategóriákat igyekeztünk úgy felállítani, hogy egymást kizáróak legyenek, ezt azonban nem tudtuk megvalósítani a kompetenciák (jellemzők, tulajdonságok) sajátosságai miatt. A kódolási egységnek választottuk a témát, a mondatot, és a szavakat egyaránt. A kódolás során felhalmozott szövegek kiválasztott elemeit egyértelműen definiált kategóriákba soroltuk. Kategória szótár készítésére nem volt szükség a beszélgetésekben alkalmazott kifejezések egyértelműen kategorizálhatók voltak. Az így kapott felsorolás, kategorizálás alapján készítettük el a kutatás következő fázisához szükséges kérdőívet. A kutatás ezen fázisában minőségi analízist végeztünk, az alkalmazott módszer (interjútechnika) nem tette lehetővé, hogy a válaszokból számszerű (mennyiségi) következtetéseket vonjunk le, így szükségesnek éreztük a kutatás folytatását kvantitatív módszerrel (kérdőíves lekérdezéssel) is.

Az elkészített interjúk tartalomelemzésének eredményeként a 3. táblázatban látható kompetencia csoportokat azonosítottuk be. A 3. táblázatban szereplő jellemzőket a tudás két komponense („Mit?” és „Hogyan?”); a képességek, készségek és elvárt magatartásformák (attitűd) kategóriák szerint csoportosítottuk.

„Mit?” jellegű ismeretek	„Hogyan?” jellegű tudás	Képességek, készségek	Magatartásformák
szakmai alapismeretek	technológiai tudás	műszaki érzék	folyamatos képzésre való igény
átfogó rendszerismeret	hibaelemzés	szervezőkészség	rendszeretet
részletes, alkatrész szintű rendszerismeret	ellenőrzés	fizikai állóképesség	szakmai elhivatottság
a rendszer működés átfogó ismerete	dokumentációval kapcsolatos tudás	önálló munkavégzésre való képesség	szakmai fegyelmezetttség
idegen nyelvű kommunikáció írásban	hatékony munkaszervezés	műszaki intelligencia	felelősségvállalás
idegen nyelvű kommunikáció szóban	folyamatok tervezése	rendszerelés képessége	szakmai érdeklődés
	hibaelemzés	kreativitás	következetesség
<i>összesen 13 tulajdonság</i>	<i>összesen 12 tulajdonság</i>	<i>összesen 12 tulajdonság</i>	<i>összesen 19 tulajdonság</i>

3. táblázat A kvalitatív kutatás eredménye [saját szerkesztés]

A beazonosított viselkedéskarakterizálókat célszerű módon a kompetencia elemek modelljei [11] alapján csoportosítottuk, és ennek felhasználásával megteremtettük az alapját a kutatás következő fázisának, a kérdőíves vizsgálatnak.

### A kutatás kvantitatív része

A kvantitatív kutatások<sup>2</sup> elsősorban statisztikai összefüggéseket próbálnak feltárni, a matematika módszereire támaszkodva teljes mértékben összehasonlíthatóvá teszik az adatfelvételben részt vettek válaszait [16][17].

A kvantitatív kutatás lényege nagyszámú alapsokaságra igaz (vagyis releváns emberek tömegeit leíró) jellemzők azonosítása és vizsgálata, melynek alapján következtetéseket lehet levonni

<sup>2</sup> Héra Gábor, Ligeti György: Módszertan Bevezetés a társadalmi jelenségek kutatásába, Osiris Kiadó, Budapest, 2006, p. 371., ISBN 963 389 788 2, ISSN 1218-9855, 52. oldal

az alapsokaság magatartására nézve. Cél a reprezentativitás, vagyis a valóságra egy-értelműen alkalmazható ismeretek gyűjtése. Eredményei számszerűek, statisztikailag kimutathatók és elemezhetőek. Olyan megállapításokra vezet, amelyek az egész vizsgálati célcsoportot illetően általánosíthatók. Az adatok feldolgozása statisztikai és matematikai módszerekkel történik, tudományos háttere a matematika, statisztika, demográfia, szociometria, pszichometria. Az eredmények elsősorban a döntési alternatívák, javaslatok felállítására, statisztikailag verifikálható mennyiségi tendenciák azonosítására alkalmas adatok, információk. A kvantitatív kutatás előnyei közé tartozik a számszerűség és mérhetőség. Az adatforrások kiválasztása történhet mintavétel alapján. A felmérés ezért a jövőben is megismételhető, így hosszabb távon elemezhető adatsorokat nyerhetünk. Mivel egyéni válaszok összesítésével készült, kevésbé függenek az eredmények a kutatást végző személyek készségeitől vagy szemléletétől [1][2][3][4].

### A kérdőív

Az életút interjúk elemzése alapján elkészített kérdőív első részében a kutatáshoz szükséges általános adatokra vonatkozó kérdések voltak, mint például:

- a jelenlegi munkájukhoz szükséges iskolai végzettség;
- a legmagasabb szakmai iskolai végzettség;
- pályafutása során milyen szakmai képzésekben vett részt.

Az első rész tartalmazta továbbá a szakmai életúttal kapcsolatos kérdéseket, úgymint milyen munkakörökben, mennyi ideig dolgozott:

- egyetemi végzettséghez kötött vezető/parancsnokként;
- egyetemi végzettséghez kötött beosztottként;
- főiskolai végzettséghez kötött vezető/parancsnokként;
- főiskolai végzettséghez kötött beosztottként;
- felsővezetőként,

és:

- milyen légi járművekhez kapcsolódott a szakmai pályafutása.

Az első részben feltett kérdésekre adott válaszok alapján tudtuk eldönteni, hogy a kérdőív további részében található tulajdonságokra (kompetenciákra) vonatkozó kérdések közül melyekre várhatunk a megkerdezettől releváns választ. A válaszok érkelésével lehetőségünk nyílik elkülöníteni azokat a kompetenciákat, melyek a repülő műszaki tisztek alapképzésének Bsc, Msc szintjeihez, illetve más képzési formákhoz köthetők.

A második részben a kompetenciákra vonatkozó a kutatási cél elérését biztosító kérdések voltak, a 3. táblázatban szereplő kvalitatív kutatás eredményei szerinti felosztásban, és azzal megegyező tartalommal:

- a repülőműszaki feladatok magas szintű ellátásához szükséges ismeretekkel (a „mit?” típusú tudással);
- a repülő műszaki tiszti feladatok magas szintű ellátásához szükséges „hogyan?” típusú tudással;
- a sikeres repülőműszaki tiszt szükséges képességeivel, készségeivel;
- a repülő műszaki tiszt elvárt magatartásformájával, hozzáállásával kapcsolatos kérdések,
- eltérő üzemeltetési rendszerben dolgozó repülő műszaki tisztek számára fontos ismeretekről (a „mit?”, „hogyan?” típusú tudással);

- eltérő üzemeltetési rendszerben dolgozó repülő műszaki tisztek számára fontos képességekkel, készségekkel;
- eltérő üzemeltetési rendszerben dolgozó repülő műszaki tisztek számára fontos magatartás formákkal;
- egy felső vezető repülő műszaki tiszt számára szükséges ismeretekkel (a „mit?” típusú tudással);
- egy felső vezető repülő műszaki tiszt számára szükséges „hogyan?” típusú tudással;
- egy felső vezető repülő műszaki tiszt számára szükséges képességeivel, készségeivel;
- egy felső vezető repülő műszaki tiszt elvárt magatartásformájával, hozzáállásával;
- egy vezető beosztású repülő műszaki tiszt számára szükséges ismeretekkel (a „mit?” típusú tudással);
- egy vezető beosztású repülő műszaki tiszt számára szükséges „hogyan?” típusú tudással;
- egy vezető beosztású repülő műszaki tiszt számára szükséges képességeivel, készségeivel;
- egy vezető beosztású repülő műszaki tiszt elvárt magatartásformájával;
- egy beosztott repülő műszaki tiszt számára szükséges ismeretekkel (a „mit?” típusú tudással);
- egy beosztott repülő műszaki tiszt számára szükséges „hogyan?” típusú tudással;
- egy beosztott repülő műszaki tiszt számára szükséges képességeivel, készségeivel;
- egy beosztott repülő műszaki tiszt elvárt magatartásformájával, hozzáállásával kapcsolatos kérdések.

A kérdőív e része azt az információt biztosítja, hogy mik azok a kompetenciák, melyek a két, egymástól jelentősen eltérő üzemeltetési stratégia szerinti tevékenységekhez köthetőek.

A kérdőíves lekérdezés tehát megerősítette, és rangsorolta azokat a kompetenciákat, melyek a kvalitatív kutatás, vagyis a felvett interjúk elemzése során adódtak. Ezen túlmenően fontos információkat nyerhetünk a kompetenciák olyan dimenzióira vonatkozóan, amelyek a tiszti alapképzésre (BSc) és a vezetői szintű alapképzésre (MSc), valamint a kemény idő szerinti, és az állapot szerinti üzemeltetési stratégiákkal kapcsolatosak.

### Próba lekérdezés

A kérdőív tesztelése 2016. február 23-án kezdődött és 2016. február 26-án fejeztük be. A kiküldött 24 megkeresésből 11 fő töltötte ki a teszt anyagot. Ez 45,83%-os részvételi hajlandóságot produkált.

Az EvaSys rendszer nyújtotta lehetőségek kihasználásával és Fodor Jenő Úr hathatós segítségével (akinek ezúton is köszönetünket fejezzük ki a szívélyes és segítőkész együttműködéséért!).

A 11 db próba lekérdezés eredményének kiértékelése után véglegesítettük a kérdőívet.

### Kérdőíves lekérdezés

152 főt vontunk be az elektronikus vizsgálatba, az e-mail címeket személyes ismeretségek felhasználásával és a már alkalmazott hólabda-mintavétel módszer újbóli alkalmazásával gyűjtöttük össze. A kérdőíveket az EvaSys rendszer segítségével elektronikusan az internet nyújtotta lehetőségek kihasználásával e-mailes felkérő levélben küldtük el a célcsoporthoz. A felkérő levélben tájékoztattuk a megkérdezetteket a vizsgálat tárgyáról, céljáról, a kutatásban való részvétele fontosságáról, az anonimitásról, az önkéntességről és megköszöntük a segítségét. A levél végén volt az a link, amelyen keresztül elérhető volt a kérdőív. A kérdőíves lekérdezés 2016.

03. 03. és 2016. 03. 16. között történt. A kiküldött 152 elektronikus levélre 89 kitöltött kérdőív érkezett vissza, ez 58,55%-os részvételi hajlandóságot jelent. A válaszadók felsőfokú végzettséggel és repülőműszaki tudással/végzettséggel rendelkeznek. Egyértelműen megállapítható, hogy a kutatáshoz való hozzáállás igen jónak tekinthető. Az 58,5% azt is bizonyítja, hogy a repülőműszaki szakma ilyen irányú vizsgálatának fontosságát még inkább belátják a repülőműszaki szakemberek.

A kitöltött kérdőívek feldolgozása az EvaSys rendszerben történt. A kapott adatok elemzése, értékelése, valamint megbízhatóságának, és érvényességének statisztikai értékelése jelenleg folyamatban van. Az értékelés eredményeit felhasználva adekvát megállapítást tehetünk a repülő műszaki tiszti kompetenciákra vonatkozóan globálisan, ezen kívül olyan dimenziók mentén is, melyek az üzemeltetési stratégiákkal, és a különböző szintű beosztásokban való megfeleléshez szükséges képzés szintjeivel vannak összefüggésben.

### ÖSSZEFOGLALÁS

A megfelelő tervezési-előrejelzési, és aktuális megrendelői, felhasználói tendenciákat elemző vizsgálatok segítségével olyan információk nyerhetők, amelyek hozzájárulhatnak az oktatási és képzési portfólió, valamint a repülő műszaki szakokon végzett diplomások kibocsátása és a megrendelői elvárások összehangolásához, a képzés és foglalkoztatás egyensúlyi követelményeinek meghatározásához. A képzés különböző szintjeinek kimenetén megjelenő tudás, és az erre vonatkozó felhasználói követelmények egyensúlyát teremtheti meg a repülő műszaki kompetenciák tudományos igényű feltárása, és kutatása.

A kutatások módszertanilag kvalitatív, és kvantitatív eszközökkel valósíthatók meg, a két megközelítés integrált alkalmazása, – kiküszöbölve, illetve csökkentve hátrányokat, és erősítve a módszerek előnyeit – biztosítja a kutatási cél hatékony elérését.

Amennyiben a fentiek figyelembevételével elemezzük repülőműszaki (mérnöki) képzéseink fejlesztési lehetőségeit, az eredmények alapján meggyőződésünk szerint hatékonyabb és eredményesebb felkészülést biztosíthatunk tisztjelöltjeinknek, valamint megbízhatóbb tudással rendelkező utánpótlást a Magyar Honvédség tiszti karának.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] WENDY GORDON, ROY LANGMAID: Kvalitatív piackutatás Gyakorlati kézikönyv, HVG Kiadói Rt., 1997, ISBN 963 7525 12 2
- [2] ANTAL LÁSZLÓ: A tartalomelemzés alapjai, Magvető Kiadó, Budapest, 1976, ISBN 963 270 403 7
- [3] LANGER KATALIN: Kvalitatív kutatási technikák, Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, 2009.
- [4] KORONVÁRY PÉTER, SZEGEDI PÉTER, TÓTH JÓZSEF: Kutatás és képzés – módszertani felvetések az elvárások és a képzési portfólió összehangolására a repülőműszaki képzésben, Hadmérnök, X. Évfolyam 2015/4, pp. 237–246. (online), url: [http://www.hadmernok.hu/154\\_22\\_koronvaryp\\_szp\\_tj.pdf](http://www.hadmernok.hu/154_22_koronvaryp_szp_tj.pdf) (2015.08.06)
- [5] TOMKA JÁNOS: A megosztott tudás hatalom, Harmat Kiadó, Budapest, 2009.
- [6] DR. KORONVÁRY PÉTER, DR. SZEGEDI PÉTER: Tudásalkalmazás és tudásgondozás, Hadmérnök, X. Évfolyam 2015/4, pp. 217–226. (online), url: [http://www.hadmernok.hu/154\\_20\\_koronvaryp\\_szp.pdf](http://www.hadmernok.hu/154_20_koronvaryp_szp.pdf) (2015.08.06)
- [7] BENCsik ANDREA: A tudásmenedzsment elméletben és gyakorlatban, Akadémiai Kiadó, 2015.
- [8] Tudásmenedzsment a tanuló társadalomban, oktatás és készségek, OECD, 2001. (online), url: [www.oecdbookshop.org/get-it.php?REF=5LMQCR2JCGG1&TYPE=browse](http://www.oecdbookshop.org/get-it.php?REF=5LMQCR2JCGG1&TYPE=browse) (2015.08.06)
- [9] DR. BELÉNYESI EMESE: Változásmenedzsment a közigazgatásban, Nemzeti Közszerológiai Egyetem, Budapest, 2014. ISBN 978-615-5491-09-2

- [10] KORONVÁRY PÉTER: A szervezeti kultúra és a vezetési stílus: Charles Handy, Vezetéstudományi jegyzetek, 2005. (online), url: <http://katasztrofa.hu/documents/koronvary/VT16r.pdf>; (2010.12.29)
- [11] TÓTH JÓZSEF: A repülő műszaki tiszti kompetenciák kvalitatív vizsgálata. In: Békési Bertold, Szilvássy László (szerk.), Repüléstudományi Szemelvények, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő Intézet, Szolnok, 2016. pp. 177–196. (ISBN: 978-61-5057-70-0) (online), url: <http://www.repulestudomany.hu/kiadvanyok/RepSzem-2016.pdf> (2016.03.29)
- [12] „A kompetencia az ismeretek, képességek és attitűdök egysége” Kerekasztal vita a kompetenciafejlesztésről és a kompetencia alapú oktatásról, A vita résztvevői: Pála Károly, Radó Péter, Szabó Tas és Visi Judit. A moderátor: Schüttler Tamás. (online), url: <http://ofi.hu/tudastar/kompetencia/kompetencia-ismeretek> (2016.03.30)
- [13] KLEIN BALÁZS, KLEIN SÁNDOR: A szervezet lelke, Edge 2000 Kiadó, Budapest, 2012.
- [14] FALUS KATALIN, FÖLDES PETRA ÉS VAJNAI VIKTÓRIA: Kulcskompetenciák komplex fejlesztése Modellek és jó gyakorlatok, In: Falus Katalin, Vajnai Viktória (szerk.), Oktatókutatató és Fejlesztő Intézet Budapest, 2012. p. 167. (online), url: <http://ofi.hu/sites/default/files/attachments/kulcskompetencia.pdf> (2016.03.30)
- [15] SZABÓ SZILVIA: Közszolgálati életpálya és emberi erőforrás gazdálkodás Az emberi erőforrás fejlesztés humánfolyamata a közszolgálatban („Közszolgálati Humán Tükör 2013” résztanulmány) Magyar Közlöny Lap- és Könyvkiadó Budapest, 2013. p. 48 (online), url: [http://magyaryprogram.kormany.hu/download/6/0b/a0000/08\\_HR\\_EmberiEroforrasFejl\\_AROP2217.pdf](http://magyaryprogram.kormany.hu/download/6/0b/a0000/08_HR_EmberiEroforrasFejl_AROP2217.pdf) (2016.03.30)
- [16] HÉRA GÁBOR, LIGETI GYÖRGY: Módszertan bevezetés a társadalmi jelenségek kutatásába, Osiris Kiadó, Budapest, 2006, p. 371., ISBN 963 389 788 2, ISSN 1218 9855
- [17] LANGER KATALIN: Kulcskompetencia a kvalitatív marketingkutatásban, (online), url: [http://www.gtk.szie.hu/upload\\_files/20071029090001\\_Langer\\_Katalin\\_TI.pdf](http://www.gtk.szie.hu/upload_files/20071029090001_Langer_Katalin_TI.pdf) (2011.01.25)
- [18] GYENGE BALÁZS: Marketingkutatás, jegyzet, Szent István Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar Marketing Intézet, Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, 2009, p. 193.
- [19] HORVÁTH DÓRA, MITEV ARIEL: Alternatív kvalitatív kutatási kézikönyv, Alinea Kiadó, 2015.
- [20] HÉRA GÁBOR, LIGETI GYÖRGY: Módszertan Bevezetés a társadalmi jelenségek kutatásába, Osiris Kiadó, Budapest, 2005. (online), url: <http://www.scribd.com/doc/288482887/Hera-Ligeti-173-199-1#scribd> (2016.03.31)
- [21] DR. SZEGEDI PÉTER: A pilóta nélküli repüléshez kapcsolódva ... Tanulmány a pilóta nélküli légi járművek működésével és üzemeltetésével kapcsolatban, Szerzői kiadás, Szolnok, 2016. 80 p. (ISBN: 978-963-12-5224-8), (online), url: [https://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10148/Tanulmany\\_Szegedi%20K%C3%A9sz\\_20160407.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10148/Tanulmany_Szegedi%20K%C3%A9sz_20160407.pdf?sequence=4&isAllowed=y) (2016.03.31)

---

### THE ASSESSMENT OF OFFICER COMPETENCIES IN MILITARY AVIATION ENGINEERING

*It is a primary condition of the proper operation of military aviation organizations and their task fulfilment to dispose over well-trained, professional personnel, including enough, well-prepared officers specializing in aviation engineering. In order to enable their work and qualifying them for their tasks, they receive schooling following particular standards of education as well as those of final results. The provision of ongoing supply of new generations of military aviation specialists requires an understanding of competencies requested by the various air force jobs provided by the Hungarian Defense Forces. Research and assessment concentrating on present requirements on the side of the employer and proper analysis for the sake of forecasting and planning may add value to the education and training portfolio development as well as to the harmonization of labor market needs and the knowledge and capabilities of new officers. The present article presents some results of such a research.*

**Keywords:** *competency, quantitative research, qualitative analysis, content assessment, aviation engineering, military education*

---

Dr. TURCSÁNYI Károly prof. em. DSc egyetemi tanár Nemzeti Közszolgálati Egyetem turcsanyi.karoly@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-0161-6718	Dr. TURCSÁNYI Károly prof. em. DSc Professor National University of Public Service turcsanyi.karoly@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-0161-6718
Dr. SZEGEDI Péter, PhD egyetemi docens Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Intézet Fedélzeti Rendszerek Tanszék szegedi.peter@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-6968-6456	Dr. SZEGEDI Péter, PhD Associate Professor National University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Institute of Military Aviation Department of Aircraft Onboard Systems szegedi.peter@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-6968-6456
TÓTH József (MSc, MBA) főiskolai docens Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Intézet Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék toth.jozsef@uni-nke.hu orcid.org/0000-0001-8647-3404	TÓTH József (MSc, MBA) Associate professor National University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Institute of Military Aviation Department of Aircraft and Engines toth.jozsef@uni-nke.hu orcid.org/0000-0001-8647-3404



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-10-0334\\_Toht\\_Jozsef\\_et\\_al.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-10-0334_Toht_Jozsef_et_al.pdf)

Tuba Zoltán, Kardos Péter, Szabó Péter

## AMDAR ADATOK LEHETSÉGES FELHASZNÁLÁSA A REPÜLÉSMETEOROLÓGIAI ELŐREJELZÉSBN

*A repülésmeteorológiai előrejelzési produktumok döntő többsége ultrarövid- vagy rövidtávú érvényességi idővel rendelkezik. Mivel a meteorológiai támogatás során alkalmazott hagyományos numerikus előrejelzési modellek jellemző frissítési gyakorisága 6–12 óra, ezért a köztes időszakokból származó mérési, megfigyelési adatok szerepe jelentősen felértékelődik az előrejelzési munkafolyamatokban. Különösen igaz ez a légkör magasabb rétegeiből származó mérési adatokra, amelyek eleve kiemelt fontosságúak a repülésmeteorológiában. Sajnos a hagyományos rádiószondás mérések sem térben, sem időben nem igazodnak a felhasználói igényekhez. A polgári légiközlekedésben rendelkezésre álló repülőgépes meteorológiai adattovábbító rendszer (AMDAR) adatainak alkalmazása ezért komoly előnyökkel járhat. Kutatásunkban ezen adatok felhasználási lehetőségeit vizsgáltuk meg. Ezzel párhuzamosan akusztikus radar (SODAR) adatokkal való összevetéssel ellenőriztük az AMDAR adatok pontosságát, megbízhatóságát. Megállapítottuk, hogy a mérési eljárásokból adódó korlátok figyelembe vételével az így nyert információ hatékony eszköz lehet a repülésmeteorológiai előrejelzések készítése és ellenőrzése során.*

**Kulcsszavak:** repülésmeteorológia, AMDAR, SODAR/RASS, előrejelzés

### BEVEZETÉS

Az információ értékét az élet minden területén annak aktualitása, elérhetősége és a felhasználók számára való hasznosíthatósága határozza meg. Nincs ez másként a meteorológia területén sem. A mérési, megfigyelési adatok az észlelés tárgyától, módjától és helyétől függő mértékben, de gyorsan elveszítik aktualitásukat. Ezért a meteorológiai támogatás során illetve az észlelési adatokat feldolgozó eljárásokban a felhasználói igényekhez igazított időbeli sűrűség, azaz az információ időszerűségének megőrzése kiemelt fontosságú. Az adatok elérhetőségének tekintetében hasonló a helyzet. Amennyiben a térbeli elérhetőség korlátozott, az is nagyban gátolja az információ teljes értékű felhasználását. Sajnos mindkét említett esetben negatív példaként hozhatók fel a hagyományos magaslégköri rádiószondás mérések. Az ilyen mérések sűrűsége ugyanis sem térben, sem pedig időben nem elégíti ki a felhasználói igényeket, amelyek teljesen jogosan a magaslégköri meteorológiai viszonyok kellő részletességű megismerésére irányulnak. Köztudott, hogy a légkör háromdimenziós szerkezetét jellemző adatok a meteorológia számos területén kiemelt fontossággal bírnak. A teljesség igénye nélkül ezek közül most csak a numerikus prognosztikában alkalmazott adatasszimilációt, a meteorológiai előrejelzéseket és a repülésmeteorológiai szakterületét említenénk. A fenti területeket érintő adatéhség enyhítése érdekében számos alternatív adatforrás irányába fordult az operatív meteorológusok figyelme. Ezeket az adatgyűjtés formája alapján két alapvető csoportba sorolhatjuk: *in situ* mérések és távérzékelés. Az *in situ* mérések közé tartoznak például a rádiószondás és repülőgépes észlelések, sőt napjainkban már a pilóta nélküli repülőeszközök alkalmazásának lehetőségét is számos kutatás vizsgálja, míg a távérzékeléshez sorolhatjuk többek között az akusztikus radarok és profilerek méréseit [1][2]. Ezek közül főleg az *in situ* mérési adatok kerülnek be a nemzetközi meteorológiai távközlési rendszerbe, így széles felhasználói kör számára csak ezek elérhetők



korlátozás nélkül. Az adatok időbeli gyakoriságának szempontjából vizsgálva az elérhetőség kérdését, egyértelmű, hogy a saját üzemeltetésű távérzékelési rendszerek időben folyamatos elérést képesek biztosítani. Ezzel szemben például a rádiószondás mérések a WMO<sup>1</sup> előírásaihoz igazodva csak 6, 12, sőt helyenként mindössze 24 óránként állnak rendelkezésre. A repülőgépes mérések időbeli gyakoriságát egy adott helyen erőteljesen befolyásolja a körzet repülőforgalma, de a közép-európai térségben ez alapvetően lényegesen jobb időbeli felbontást jelent, mint a rádiószondás mérések esetében. A horizontális elérhetőség szempontjából a repülőgépes mérések kivételével az elérhető technológiák pontszerű adatokat képesek biztosítani. Az AMDAR adatok esetében ez annyiban módosul, hogy a felszín közelében a repülőterek földrajzi helyzetének megfelelően szintén pontszerű az adatelérés, ami a szokásos repülési magasság eléréséig e pontok környezetében kúpszerűen kitágul. Repülési magasságon pedig a légi forgalomtól függő, de általában sűrű gridhez hasonló felbontás jellemző. Vertikálisan a legjobb felbontást és elérhetőséget a teljes troposzférára vonatkozóan a rádiószondás mérések biztosítják, amiktől nem sokkal maradnak el az AMDAR adatok sem, amelyek a WMO profilalkotási előírásainak megfelelően készülnek. Ezekkel szemben távérzékelési eljárások időjárási helyzettől és napszaktól függően általában csak a légkör alsó 300–3000 méteres tartományából gyűjtik az adataikat. A mért változók tekintetében a szél és a hőmérséklet mérése mindegyik eljárás esetén megoldott, ugyanakkor például nedvességi karakterisztikákat megbízható pontossággal csak a rádiószondák mérik és jelentik. A repülőgépes mérések esetén például a nedvességre vonatkozó információk továbbítása csak opcionális, hasonlóan az olyan speciális, a repülőgép egyéb rendszerei által előállított információk továbbítására is (pl. jegesedés, turbulencia), amelyek egyes felhasználási területeken (pl.: repülésmeteorológia) kifejezetten értékesek. Az európai térségben, ellentétben például az észak-amerikai térséggel, nem jellemző ezeknek a nem kötelező adatoknak a rutinszerű jelentése, továbbítása.

A fenti szempontokat összegezve megállapíthatjuk, hogy a hagyományos légköri szondázási adatok alternatívájaként általános meteorológiai célokra csak a hasonlóan korlátozás nélkül elérhető AMDAR adatok jöhetnek szóba. Lokálisan és speciális igények kielégítésére ugyan jó megoldást jelenthetnek a rendelkezésre álló távérzékelési rendszerek, ezek azonban magas telepítési költségigényük miatt sok felhasználó számára nem elérhetők. A korábban említett, a magasléggöri adatokat rutin jelleggel felhasználó szakterületek közül a fentiekben megfogalmazott gondolatok ellenére a hazai gyakorlatban az AMDAR adatoknak csak az adatasszimiláció területén történő felhasználása honosodott meg. Az ígéretes nemzetközi eredmények ellenére sem az előrejelzési, sem pedig a repülésmeteorológiai szakterületen nem képezi a napi rutin feladatok részét ezen adatok értékelése, analízise.

Cikkünk célja egyrészt annak bemutatása, hogy ezek az információk a nemzetközi szakirodalmi vonatkozások és esettanulmányok figyelembe vételével hogyan illeszthetők a hazai előrejelzési gyakorlatba. Másrészt a különböző forrásból származó nem felszíni adatok összehasonlító elemzésével az AMDAR adatforrások előnyeit és hátrányait szeretnénk megvilágítani és az adatok megbízhatóságát igazolni.

---

<sup>1</sup> WMO (World Meteorological Organization) – Meteorológiai Világszervezet

## AMDAR

A repülőgépes meteorológiai adattovábbító rendszer, azaz az Aircraft Meteorological Data Relay system (AMDAR) története az 1970-es években kezdődött [3]. Létrehozásának célja a kereskedelmi repülőgépeken elhelyezett szenzorok segítségével meteorológiai mérési adatok gyűjtése volt, melyeket műholdas adatkapcsolaton vagy a repülőgép standard kommunikációs csatornáin keresztül juttatnak el a gyűjtőközpontokba, majd onnan a felhasználókhoz. A mérések eredményei jellemzően alfanumerikus táviratok (WMO Code FM 42-XI Ext) vagy újabban bináris adatformátumban (BUFR<sup>2</sup> – WMO Code FM 94) kerülnek bele a nemzetközi meteorológiai távközlési rendszerbe (GTS<sup>3</sup>). Maga a repülőgépes mérési folyamat diszkrét mérések sorozatából áll össze, melyek meghatározott időközönként vagy a repülés fel- és leszállási stádiumában adott nyomási lépcsővel készülnek. Egy-egy mérési ciklus lezárását követően a hazai tapasztalatok szerint a mérési sorozatot tartalmazó táviratok 3–5 percen belül jutnak el a végfelhasználóhoz, azaz szinte valós idejű az adatok elérése.

A kezdeti időszakban az AMDAR mérések száma még világviszonylatban is csak néhány ezer volt, ami az ezredforduló utánra dinamikus növekedéssel megszázsorozódott [4], napjainkban pedig a napi észlelések száma eléri a milliós nagyságrendet. Manapság már a legtöbb nagy légitársaság végez AMDAR méréseket, így a napi adatforgalom az európai térségben is százezres nagyságrendű egyedi mérést jelent (1. ábra). Az ábrán jól láthatók a nagy forgalmú repülőterek, amelyek közelében lényegesen több alacsonyabb magasságból származó mérési adat található, illetve jól azonosíthatók azok a jelentő légitársaságok által gyakran használt légifolyosók, ahonnan nagy mennyiségű felsőtroposzférikus mérés érkezik. Teljes troposzférikus vertikális profil azokon a területeken érhető el, ahol a pirostól-sötétkékig terjedő színskála teljes spektrumában látszik. Ezek a helyek a kirajzolódó spektrum egyben a mérési adatok földrajzi elhelyezkedését is reprezentálja. Ez az európai térség nagy részén jó átfedést mutat a magaslégtörési szondázó állomások földrajzi helyzetével, ami alól talán csak a kelet-európai, kisebb légi forgalmú térség a kivétel. Ezen a területen az állomáshálózat sűrűbb lefedettséget mutat, mint az AMDAR mérések. A kontinens többi részén az AMDAR alapon elérhető vertikális profilok sűrűsége hasonló vagy jobb, mint a hagyományos szondázás esetén.

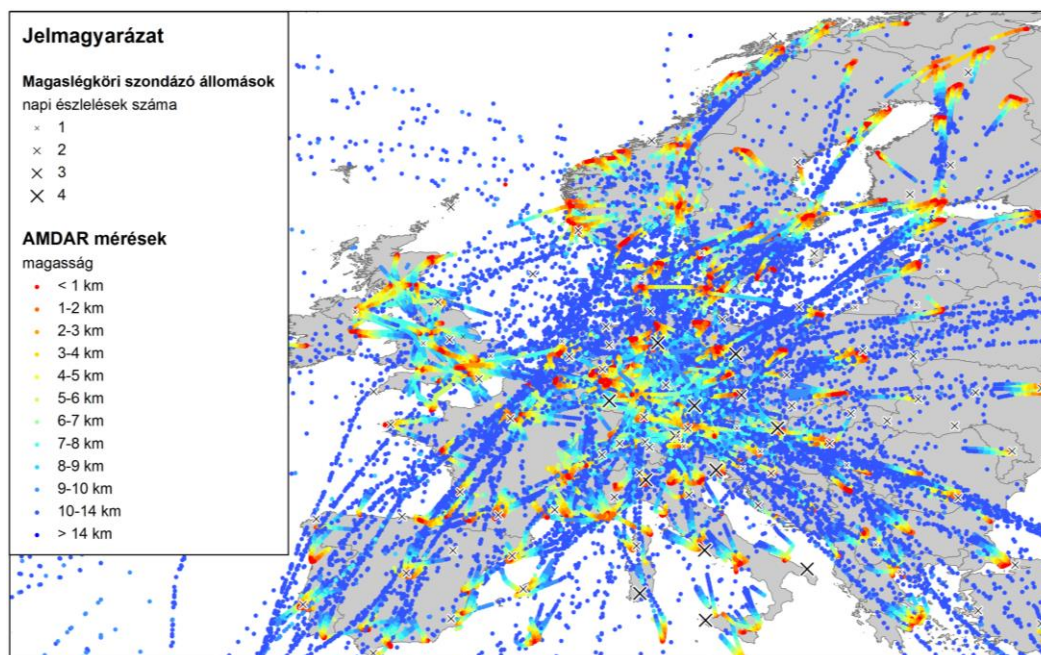
A térbeli eloszlás mellett az időbeli sűrűséget is érdemes vizsgálat alá vonnunk. Ahogyan az 1. ábrán is látható, a szondázások maximum négy alkalommal történnek naponta. Ez a darabszám azonban csak az összes állomás 10%-ra jellemző, míg napi két mérést az állomások 52%-a, mindössze egyet pedig 37%-a végez. Ezzel szemben a repülőgépes méréssel előálló profilok száma még egy nem túl nagy forgalmú repülőtéren is 8–10 darab naponta, míg a legforgalmasabb helyeken a napi 50 darabot is meghaladhatja. A mérések napon belüli eloszlását tekintve a szondás mérések közel 90%-át adó napi 1 vagy 2 mérést végző állomások döntő többsége a 00Z és a 12Z időpontokban tevékenykedik. Ez azt jelenti, hogy hagyományosan a 00Z-kor történő szondázások alkalmával érhető el a legteljesebb kép a légköri viszonyokról. Ezzel szemben a repülőgépes észlelések napon belüli eloszlása egészen más képet mutat. Mivel ezek a mérések

---

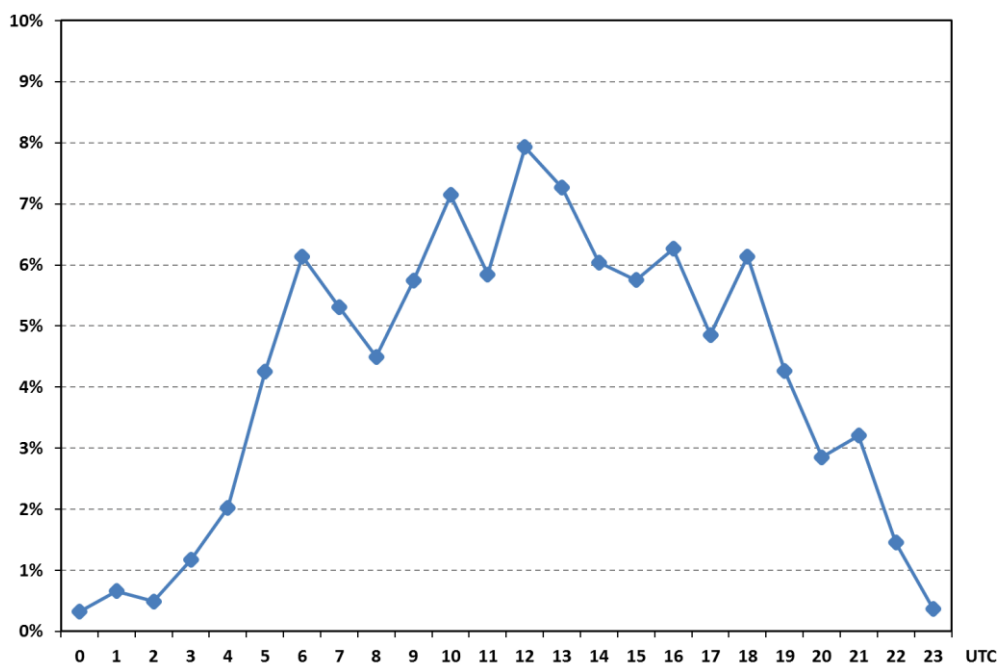
<sup>2</sup> BUFR (Binary Universal Form for the Representation of meteorological data) – tetszőleges meteorológiai információ kódolására alkalmas önleíró, bináris adattárolási formátum

<sup>3</sup> GTS (Global Telecommunication System) – globális telekommunikációs hálózat a meteorológiai adatok továbbítására

a kereskedelmi repülések menetrendjéhez igazodnak, ezért az éjszakai órákban a legritkább az adatsűrűség. Viszont, ahogyan a 2. ábrán is látszik, a nap többi részében viszonylag kiegyensúlyozott a mérések órára vetített relatív gyakorisága.



1. ábra Az európai térségben elérhető AMDAR mérési információk térbeli eloszlása 2016.02.28-án és az operatív magaslégköri szondázó állomások. A mérési pontokat jelölő színek azt mutatják, hogy az adott mérés melyik magassági rétegből származik, az állomások esetében pedig a szimbólum nagysága mutatja arányosan a napi észlelések számát



2. ábra Az európai térségben elérhető AMDAR mérési adatok adott órára vetített relatív gyakorisága 2016. március 13-án

A repülések során mért adatok tekintetében (lásd 1. táblázat) minden egyes egyedi mérés tartalmazza a repülőgép azonosítóját, a mérés pontos földrajzi koordinátáit és idejét, valamint az

aktuális repülési karakterisztikára vonatkozó információkat. A mérés vertikális helyzete nyomási magasságban (pressure altitude) van kódolva, amit a pitot cső által mért statikus nyomásból számítanak az ICAO standard légkör adatainak figyelembe vételével. Nyilvánvalóan ez a magasság érték csak abban az esetben egyezik meg a magasságmérőn kijelzett értékkel, ha azt éppen a standard légkör felszíni nyomási értékéhez (1013,25 hPa) állították be korábban. Ettől eltérő helyi nyomásértékek esetén a magassági értékeket korrigálni kell az aktuális nyomás szerint, amennyiben a mért adatokat a felszín feletti vagy a tengerszint feletti magasság függvényében kívánjuk ábrázolni.

Jelentett változó	Kötelező	Opcionális
Légijármű azonosító	x	
Repülési szakasz	x	
Földrajzi szélesség	x	
Földrajzi hosszúság	x	
Észlelés ideje	x	
Nyomási magasság	x	
Hőmérséklet	x	
Szélirány	x	
Szélsébség	x	
Szélmaximum	x	
Emelkedési és elfordulási szög	x	
Nedvesség		x
Turbulencia		x
Jegesedés		x

1. táblázat Az AMDAR táviratokban jelentett kötelező és opcionális változók [3]

A meteorológiai változók közül csak a hőmérséklet és a szélre vonatkozó információk mérése és továbbítása kötelező érvényű, ezek minden AMDAR táviratban megtalálhatók. Ezzel szemben a nedvességi karakterisztikák észlelése és jelentése csak opcionális, ami az európai térségben sajnos azt jelenti, hogy ilyen adatok egyáltalán nem érhetők el a táviratokat feldolgozók számára. Nagyjából hasonló a helyzet a turbulencia és a jegesedés tekintetében is, amely változók pedig kiemelt fontosságúak lehetnének a repülésmeteorológiai felhasználásban.

Talán a fentiekben bemutatott korlátozó tényezők is közrejátszottak benne, de ahogyan a bevezetésben is említettük, az adatasszimiláció területe az egyetlen, ahol az AMDAR adatok rutinszerű alkalmazása nem csak nemzetközi [5][6], hanem hazai szinten [7][8] is bevett gyakorlattá vált. Ennek során a repülőgépes mérésekből származó meteorológiai információkat numerikus előrejelző modellek bemeneti paramétereiként használják fel. A nagyobb pontossággal megismert kezdeti feltételek pedig lehetővé teszik az előrejelzések bevalásának javítását.

Az AMDAR adatok előrejelzési munkafolyamatokban történő felhasználását azokon a területeken látjuk legindokoltabbnak és egyben leghasznosabbnak, ahol az előrejelzési kívánt folyamat nagyságrendje a szinoptikus skála alatt helyezkedik el és előrejelzési szempontból fontos a légkör vertikális viszonyainak pontos ismerete. Ezt nyilvánvalóan egyrészt arra alapozzuk, hogy a légköri szondázó állomások méréseit időben és térben is a szinoptikus skálájú folyamatok felderítéséhez igazították, tehát az ennél kisebb skálájú folyamatok detektálására csak korlátozottan alkalmasak. Másrészt az AMDAR mérések alapvető célja a nem felszíni légköri viszonyok feltérképezése, azaz ezek az adatok alapvetően a légkör vertikális tulajdonságaira vonatkozó információkat tartalmaznak. Ezek alapján repülésmeteorológiai szempontból két ki-

emelten fontos területet említhetünk, amelyekre teljesülnek a fenti kritériumok. Az egyik a konvektív folyamatok előrejelzése, ahol a légköri stabilitási viszonyok meghatározó paramétere a hőmérséklet vertikális rétegződése. A másik a téli félévben jellemző, tartósan inverziós helyzetek előrejelzése, ahol az inverziós réteg vastagságának, esetleg felszakadásának pontos prognózisa nélkülözhetetlen az alacsony felhőalap és látástávolság előrejelzése szempontjából.

Ezek a területeken azonban, ahogyan korábban is említettük, az évtizedes nemzetközi példák ellenére sincs hazai gyakorlata az AMDAR adatok felhasználásának. Számos külföldi konferencián [9][10] és publikációban [11] volt például téma a repülőgépes mérési adatok alkalmazásának elemzése a veszélyes konvektív folyamatok előrejelzésében. Ezek az adatok ugyanis időbeli felbontásukban képesek lehetnek a mezoskálájú változások észlelésére, ami a konvektív folyamatok jellemző nagyságrendje. A másik említett területen az adatok felhasználhatóságát erősen befolyásolja a nedvességi karakterisztikák hiánya, ugyanakkor a többi adat időbeli elérhetősége ezt némileg kompenzálhatja [12].

A fentiek alapján belátható, hogy az AMDAR mérések használata az operatív gyakorlatban gyakran komoly segítséget jelenthet a szakemberek számára. Ahhoz azonban, hogy ezek a mérések a rádiószondás észlelések teljes értékű alternatív adatforrásává válhassanak, mindenképpen szükséges lesz az európai térségben is a nedvességi viszonyokra vonatkozó mérések napi rutinba való bevezetése. Ezek nélkül ugyanis a magaslégköri viszonyok csak korlátozott mértékben ismerhetők meg, számos esetben megnehezítve ezzel a meteorológusok értékelő, elemző munkáját.

Figyelembe véve az AMDAR adatok feldolgozásából és felhasználásából származó előnyöket és az elérhető adatok mennyiségét, a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálatánál kidolgozásra került egy a BUFR távirat alapon elérhető AMDAR adatokat feldolgozó és megjelenítő programcsomag. Ez a meteorológiai távközlési hálózaton keresztül érkező releváns adatokat megfelelő szűrés után adatbázisba helyezi, ahonnan adatbázis lekérdezések útján a felhasználói igényeknek megfelelő módon a szükséges adatokat megjeleníti. A rendszer jelenleg még fejlesztési, tesztelési szakaszban van, de – amint jelen cikk is bizonyítja, – kutatási célokra már alkalmazható és hamarosan operatív használatba is kerül. A későbbiekben bemutatott AMDAR adatok dekódolását és részben feldolgozását, megjelenítését is az imént említett szoftverrel végeztük.

## SODAR/RASS

A SODAR a Sonic Detection and Ranging rövidítést takarja, amely magyarul hanghullámokkal történő érzékelést és távolságmérést jelent. A berendezés függőleges, illetve a függőlegeshez képest 22 és 29 fokos szögben álló hangnyalábok bocsát ki, és a mikroturbulenciákról visszaverődő hangot vizsgálja. A hangfrekvencia doppler eltolódásából számítani tudja az adott irányra vonatkozó sebességkomponenst, a visszaérkezési időképletéből pedig a visszaverődés magasságát. Több irányban is elvégzi a mérést, és ebből tudja képezni a horizontális szélvektort. A függőleges hanghullám segítségével pedig a vertikális áramlási komponens közvetlenül is mérhető.

A berendezéshez lehetőség van RASS (Radioacoustic Sounding System) kiegészítő csatlakoztatására, amely a SODAR berendezéssel együttműködve tud folyamatos virtuális hőmérsékleti profilt mérni. A SODAR berendezés hangszórói által kialakított hullámfronttól visszaverődő elektromágneses hullámok segítségével a hangsebesség pontos terjedési sebességét tudja meghatározni.

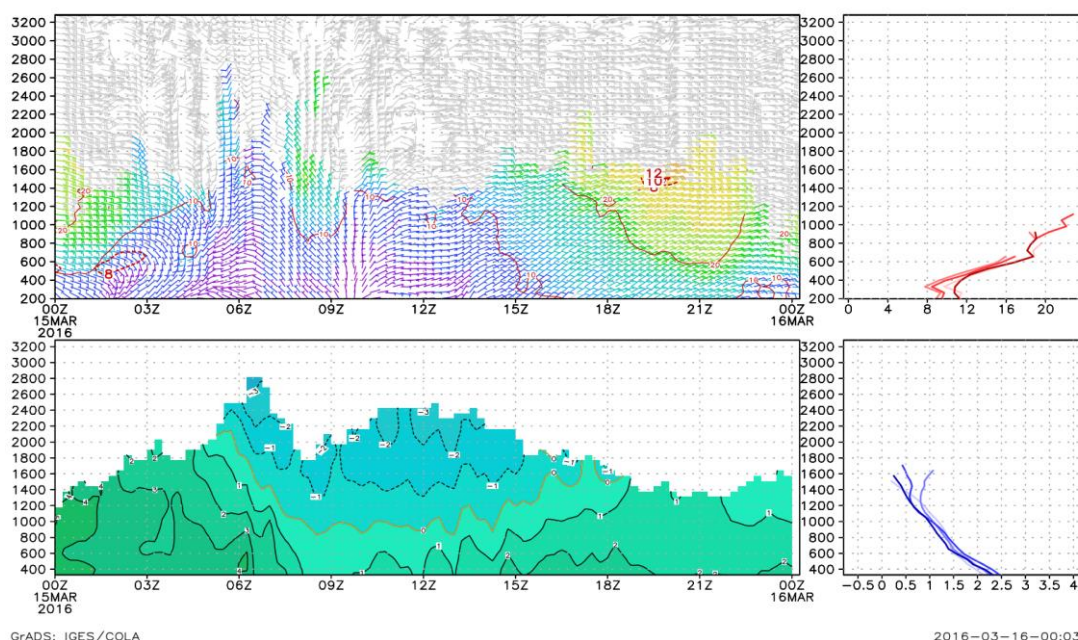
$$c_{hang} = \sqrt{\frac{c_p}{c_v} RT_v} , \text{ ahol } T_v = T(1 + 0,61r) \quad (1)$$

Ebben a  $T_v$  a virtuális hőmérséklet,  $T$  a levegő szenzibilis hőmérséklete. A RASS berendezés közvetlenül tehát a virtuális hőmérsékletet méri, ebből a keverési arány ( $r$ ) ismeretében határozható meg a levegő hőmérséklete. A gyakorlatban azonban a feldolgozó szoftver egy közelítéssel dolgozik, amely során egy állandó, nagy nedvességtartalmú keverési aránnyal közelíti a hőmérsékletet. Miután (1) értelmében a virtuális hőmérséklet mindig magasabb, mint a száraz levegő hőmérséklete, ezért száraz levegő esetén a számított szenzibilis hőmérséklet értéke alacsonyabb lesz a valóságosnál.

Relatív nedvesség	Hőmérséklet	Virtuális hőmérséklet
0%	20 °C	20 °C
50%	20 °C	21,28 °C
100%	20 °C	22,55 °C

2. táblázat 20 °C-os hőmérséklet virtuális hőmérsékleti értéke különböző relatív nedvességi értékek esetén

A SODAR-ok alkalmazási területe nagyon széles skálán mozog. Tipikusan planetáris határréteg mérések és vizsgálatok, valamint a felszín közeli áramlási viszonyok utólagos, vagy valós idejű nyomon követésére alkalmazzák. Használják szélfarmok telepítése előtti mérésekhez, gáz-, vagy potenciális légszennyezési források közelében (erőművek, vegyi üzemek) körüli áramlások monitorozásához, és nem utolsósorban repülőtereken, a felszíntől néhány száz méteres magasságig bezárólag. A SODAR berendezések jellemző névleges mérési magassága 500–1000 m közötti, amely azonban erősen függ a légkör áramlási viszonyaitól, hidrosztatikai stabilitásától, illetve a mikroturbulenciák jelenlététől.



3. ábra A SODAR/RASS berendezés megjelenítő felülete. A vízszintes tengelyen az elmúlt órák látható, a legfrissebb adatok a diagram jobb szélén jelennek meg. Függőleges tengelyen a felszín feletti (AGL) magasság lábban mérve. A felső ábra a szelet (10 csomónként megjelenített izotacha vonalakkal), az alsó ábra a hőmérsékletet jeleníti meg. A jobboldali ábrák az elmúlt 4 mérés profiljait mutatják, a legélénkebb színű a legfrissebb mérés.



A Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren telepített berendezés egy Scintec XFAS típusú SODAR, amelyhez RASS bővítmény is csatlakozik. Az eszköz telepítése után a tesztmérések 2015. december 3-án kezdődtek meg. A berendezés 1000 m-es névleges magassággal mér, amelyhez a mérési ciklus hossza miatt minimum 30 perces átlagolási időszak tartozik. A berendezéshez szállított szoftver elvégzi a mérési adatok osztályozását is, amely során az irreális, vagy hibával terhelt adatok szűrése is megtörténik. A mérési adatokból az elmúlt 12 órára vonatkozó diagram készül, amely a 15 percként érkező adatokkal folyamatosan frissül.

A Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren működtetett SODAR/RASS berendezés operatíván szolgáltatott adatait a HungaroControl repülésmeteorológiai szolgálata a repülőtéri előrejelzésekhez, TREND típusú ultrarövid távú előrejelzéshez, szélnyírás riasztások kiadásához, valamint a légiforgalmi irányítás számára a futópályairány meghatározásához nélkülözhetetlen szélmező információk nyújtásához használja fel. Emellett az inverzió magasságának meghatározása, a csapadéktípus előrejelzése és helyes észlelése során is nagyon fontos kiegészítő információkat szolgáltat.

A tesztidőszak során megvizsgáltuk, hogy a berendezés számára nem túl kedvező téli, erősen inverziós időszakban a magasság függvényében milyen volt a szél- és hőmérsékleti adatok rendelkezésre állása.

Magasság	Szél	Hőmérséklet
300 m	95%	97%
500 m	70%	53%
700 m	42%	19%
900 m	2%	5%

3. táblázat A 2015. december 3 és 2016. február 28 közötti időszakban mért rendelkezésre állás

A 4. táblázatban foglaltuk össze az AMDAR és a SODAR/RASS mérésekkel kapcsolatos előnyöket és hátrányokat. Természetesen az alkalmazott mérési módszer függ a felhasználási céltól és az elérhető lehetőségektől.

	AMDAR	SODAR/RASS
Mérhető/jelenthető paraméterek	hőmérséklet, szélirány, szélsébség, relatív nedvesség, turbulencia, jegesedés <sup>4</sup>	hőmérséklet, szélirány, szélsébség
Adatok időbeli elérhetősége	repülési forgalomtól függő	folyamatos
Adatok horizontális elérhetősége	repülési forgalom által lefedett területek	csak a telepítés helyén elérhető
Adatok vertikális felbontása	jellemzően 150-200 m	20 m <sup>5</sup>
Adatok vertikális elérhetősége	repülőterek körzetében teljes troposzférikus profil, máshol a tipikus repülési szintek adatai	időjárási szituáció függvénye, de jellemzően 500 – 1000 m közötti
Mérések típusa	instant értékek	30 perces átlagértékek
Adatelérés költségigénye	a felhasználók számára általában ingyen elérhető	magas telepítési költségek

4. táblázat Az AMDAR és SODAR/RASS adatok különböző szempontok szerinti összehasonlítása

<sup>4</sup> Az európai térségben továbbított táviratok gyakorlatilag nem tartalmaznak relatív nedvességre, turbulenciára és jegesedésre vonatkozó információkat.

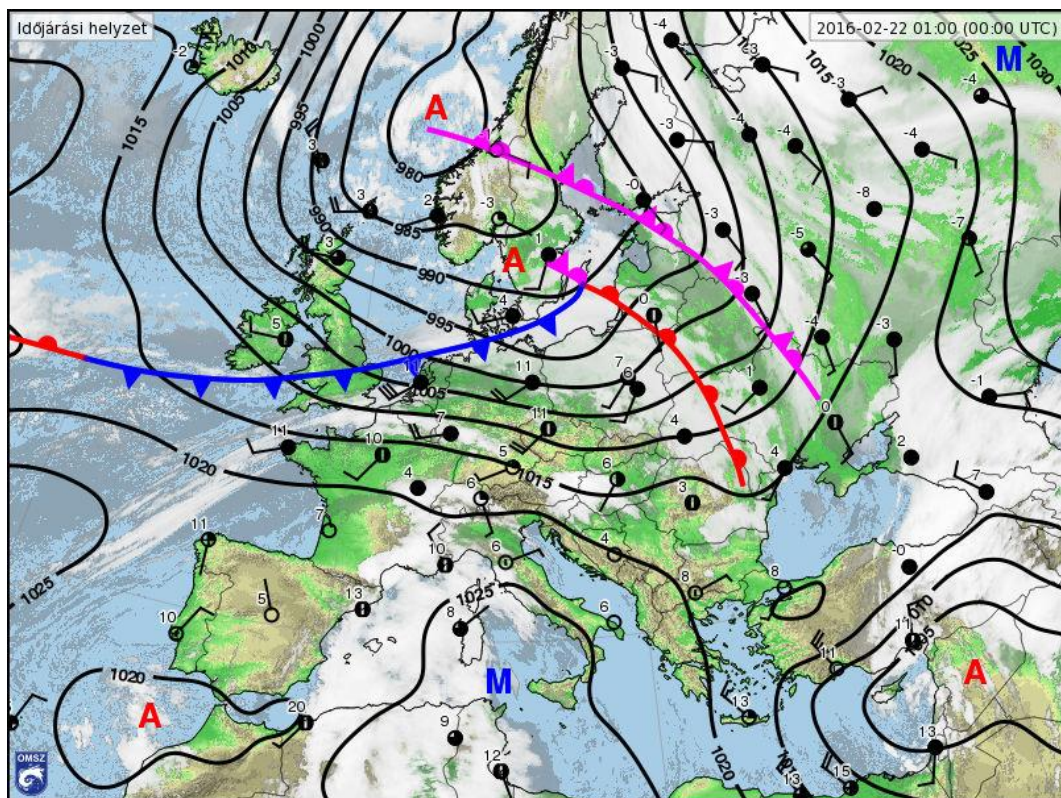
<sup>5</sup> A mérési magasság függvényében változó érték



Amint az a táblázatban is látható, a mért paraméterek tekintetében csak elméletben van különbség a két platform között, ugyanis az európai térségben továbbított táviratok gyakorlatilag nem tartalmaznak relatív nedvességre, turbulenciára és jegesedésre vonatkozó információkat. Repülőtéri alkalmazás esetén az adatok időbeli elérhetősége szempontjából a SODAR által szolgáltatott adatok gyakorlati haszna lényegesen jobb, hiszen a repülési feladat megkezdése esetén is rendelkezésre állnak az adatok. Ezzel szemben az AMDAR adatok csak a felszállási/leszállási művelet végrehajtását követően érkeznek meg, azaz az aktuális repülés biztosítására nem alkalmasak. A vertikális elérhetőség szempontjából a SODAR adatok jellemzően csak a légkör legalsóbb rétegeiből állnak rendelkezésre, míg az AMDAR adatok segítségével akár teljes troposzférikus profil is előállítható. Az adatok vertikális felbontása a SODAR esetében lehetővé teszi például szélnyírás számítását is, viszont az AMDAR felbontása mellett ilyen paraméter pontosan nem számítható.

## ESETTANULMÁNYOK, ADATFELDOLGOZÁS

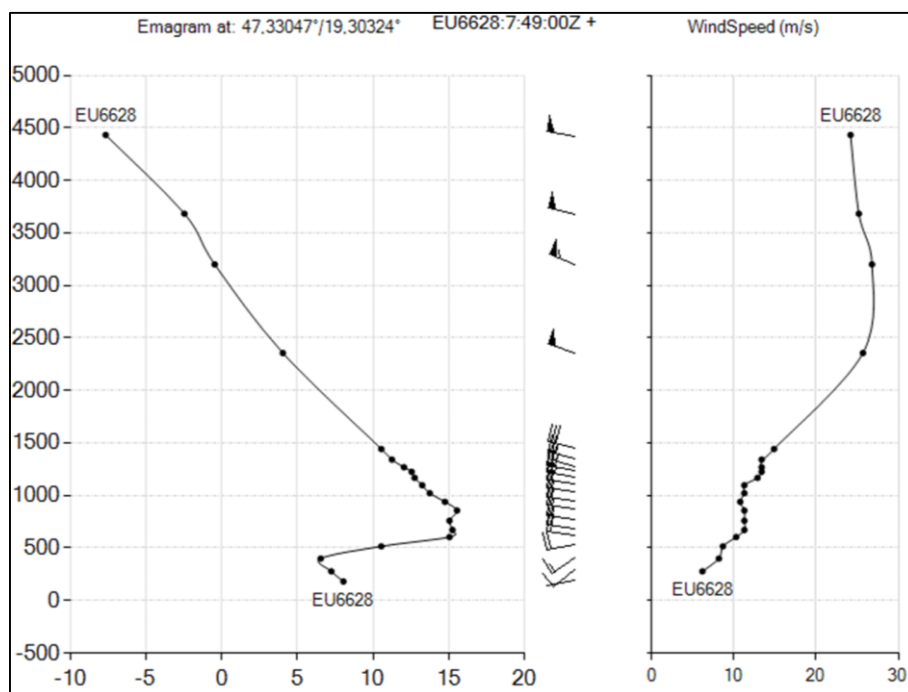
2016. február 22-én hazánk egy ciklon melegszektorának és egy a Földközi-tenger felett elhelyezkedő anticiklon északi peremének köztes áramlási rendszerében helyezkedett el (4. ábra). Ennek hatására nyugatról a magasabb rétegekben lényegesen enyhébb levegő érkezett térségünk fölé.



4. ábra Időjárási helyzetkép az európai térségben 2016. február 22-én (Forrás: www.met.hu)

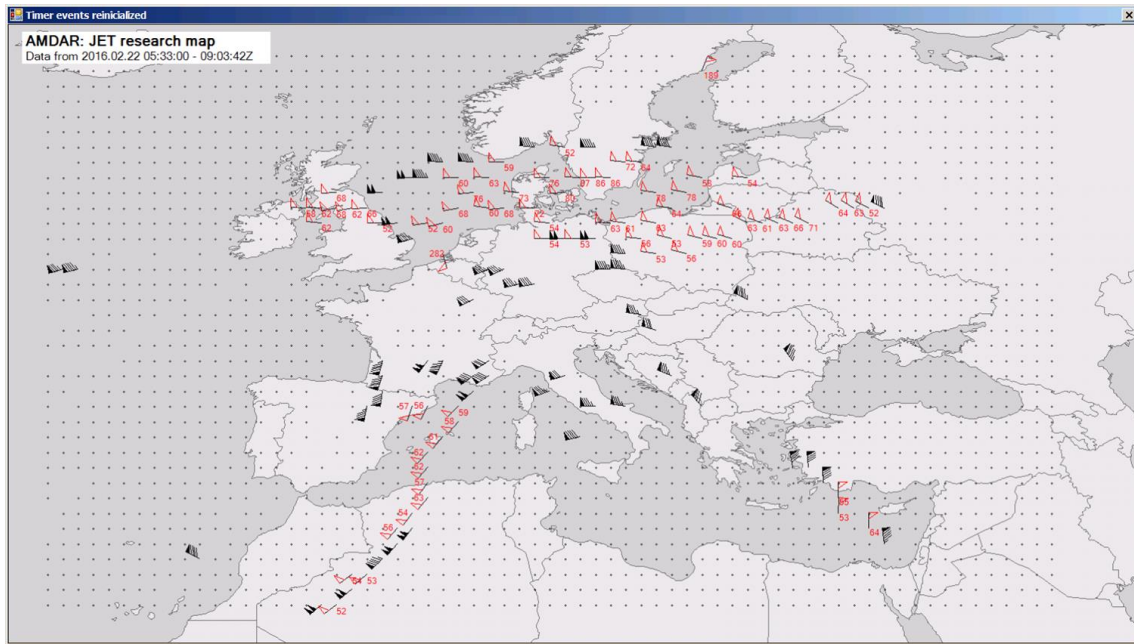
Ezzel az alsóbb rétegekben található inverzió a reggeli órákra mintegy 10 °C-os lett. A 5. ábra ezt az állapotot szemlélteti a 07:49Z-kor felszálló repülőgép által mért vertikális profiljain. Ezen jól látszik a vastag inverziós réteg és a felette markánsan erősödő nyugatias szél. A hőmérsékleti grafikonon látható pontok az egyedi méréseket mutatják, amin jól észrevehető, hogy az

AMDAR mérések előírásainak megfelelően hogyan változik a mérési gyakoriság a magasság függvényében.



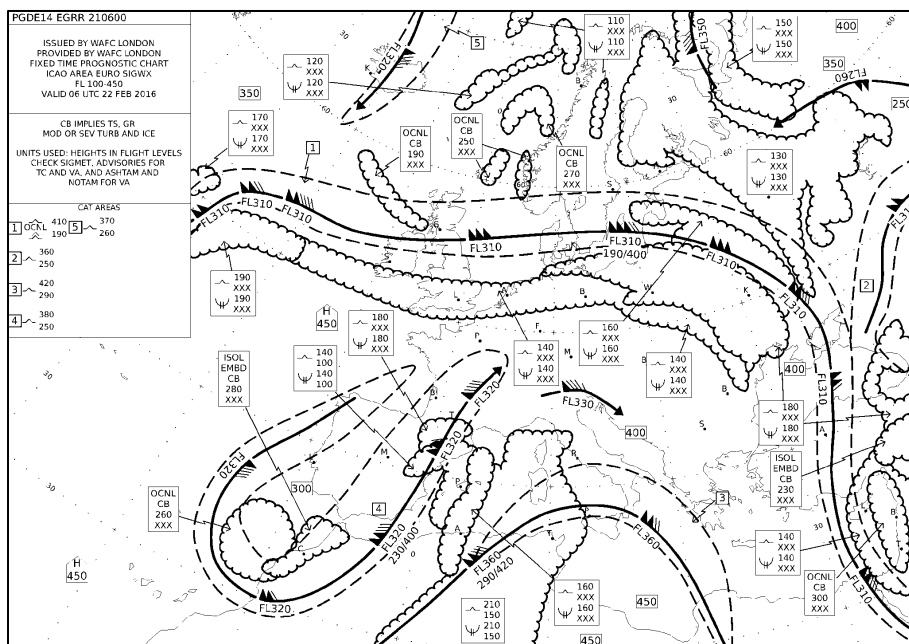
5. ábra. AMDAR mérési adatok alapján előállított budapesti vertikális hőmérsékleti (°C) és szélprofil (m/s) a nyomási magasság (m) függvényében 2016. február 22-én 07:49Z-kor

Kísérleti jelleggel a FL100 feletti széladatokat figyelembe vételével előállítottunk egy jet térképet is, amelyet a 6. ábra szemléltet. Ennek előállításához a széladatokat a mérés helyének földrajzi koordinátái alapján rácsponti hálózathoz rendeltük, majd az adott vertikális oszlopban kiválasztottuk a maximális szélességet elérő mérési adatot. Ezt követően megvizsgáltuk, hogy az adott rácspontban a szél erősségének lokális maximuma van-e a szél irányára merőlegesen található legközelebbi rácspontokat figyelembe véve. Ennek kiszámításához az adott rácspont körüli kört nyolc egyenlő részre osztottuk, amelyek középvonalát a fő- és mellékégtájak iránya határozta meg. A vizsgált rácspontokat az alapján választottuk ki, hogy a szélirány melyik középvonalhoz esik legközelebb. Ez a vizsgálat azt igyekszik szimulálni, hogy a jetben a szélesség a jet tengelyében a legnagyobb, a gradiense pedig a szélirányra merőlegesen maximális. A térképi megjelenítés esetén három különböző jelölést alkalmaztunk. Amennyiben az adott rácspontban nem volt elérhető széladat a vizsgált magasságokból, akkor a rácspontot mutató koordinátákat egy ponttal jelöltük. Ha volt széladat, de az nem teljesítette a jet kritériumait illetve a lokális maximumra vonatkozó előírást, akkor nem alkalmaztunk jelölést. Ez a térképen üres területként látszik, ami azt jelenti, hogy van adatunk, de nincs jet a térségben. Amennyiben a rendelkezésre álló adatok minden feltételnek megfeleltek, akkor az jet jelenlétére utal, amit a szokásos szélzászlókkal jelöltünk. Ez alól csak az 50 m/s-ot meghaladó szélerősségek képeztek kivételt, amelyek piros színnel és a szélesség numerikus értékével vannak jelölve. Ahogyan a 6. ábrán is látható, a közép-európai térség adatsűrűsége jónak mondható, a terület nagy részére elérhető információ.



6. ábra Az ábrán jelölt időszakra vonatkozó, AMDAR mérésekből előállított jet térkép

A 6. és 7. ábra összevetése után megállapítható, hogy a jetek elhelyezkedése nagyon hasonló képet mutat. Érdeemes először a Brit-szigetektől a Skandináv-félsziget déli részén át, a Kelet-európai-síkság nyugati felén húzódó jetre tekinteni. Ennek a jetnek a helyzete, iránya valamint a maximális szélessége is jó egyezést mutat a két térképen. Az előrejelzés 85 m/s-os szélmaximumot jelez, amit a repülőgépes méréssel mért 87 m/s tökéletesen igazol. Az AMDAR jet térképen ebben a térségben egy viszonylag széles sávban jelenik meg a jet, ami teljesen egybeesik a szignifikáns térképen jelölt turbulens zóna területével. Az adathiányos területeket figyelmen kívül hagyva a fentiek mellett a Földközi-tenger keleti és nyugati medencéje felett húzódó futóáramlások mind helyzetüket, mind pedig erősségüket tekintve helyesen jelennek meg a térképen.



7. ábra Az európai térségre 2016. február 22-én 06Z-re kiadott előrejelzett szignifikáns magassági térkép



Ez egyrészt dicséri a szignifikáns térkép készítőinek munkáját, amely esetében ne feledkezzünk meg arról a tényről, hogy előrejelzési produktumról van szó. Másrészt arra enged következtetni, hogy a kísérleti jelleggel előállított jet térkép a korlátait figyelembe véve az operatív munkában is életképes lehet.

Az esettanulmányok mellett azt is megvizsgáltuk, hogy a rendelkezésre álló SODAR/RASS adatok, és az ezzel egy időben és helyen végzett AMDAR mérések adatai mennyire egyeznek. Ebben a vizsgálatban több nehézséggel is szembesültünk. Az AMDAR mérések magassági adatai standard 1013,25 hPa-os magassági adatok formájában álltak rendelkezésre, amelyet át kellett konvertálni az aktuális QNH légnyomás alapján valós idejű felszín feletti (AGL) magasságra. Ehhez szerencsére rendelkezésre álltak az LHBP<sup>6</sup> QNH nyomási adatai. A második nehézséget az okozta, hogy az AMDAR mérések, és a SODAR mérések magasságai, illetve pontos mérési időpontjai sem egyeztek meg, hiszen AMDAR mérések a repülőgépek le- és felszállásához kapcsolódóan történtek, meg a SODAR/RASS mérések 15 percenkénti ütemezésben folytak. Ezért azzal a közelítéssel éltünk, hogy magasságban a legközelebbi SODAR/RASS mérési szinten vizsgáltuk, időpontban pedig az AMDAR mérést követő első SODAR/RASS mérést vettük figyelembe.

A vizsgálatunk tárgyát a 2016. február 19 és március 15 közötti időszak képezte. Ebben az időszakban 1307 db olyan AMDAR mérési adatunk volt, amely 1000 m alatti, és a budapesti repülőtérrel indult, vagy oda érkezett járatról származott. Ehhez 639 db SODAR mérési adatot, és 626 db RASS mérési adatot tudtunk párosítani, miután nem minden mérési pontban képes a SODAR/RASS berendezés a névleges mérési magasságot elérni (ld. 3. táblázat). Az értékeléskor szisztematikus hibát (BIAS) és négyzetes hibát vizsgáltunk, valamint a szélirány adatok esetében a széliránykülönbség koszinusz értékét vizsgáltuk (1 érték teljes egyezést, 0 érték 90 fokos eltérést, -1 érték 180 fokos különbséget jelent). Az eredményeket az 5. táblázatban foglaltuk össze. A vizsgálat azt mutatta, hogy az átlagos négyzetes hiba a hőmérséklet esetében 1 fok alatti, míg szél esetében 1,7 m/s. A szisztematikus hiba értékelése alapján az látszik, hogy a SODAR/RASS adatok értékei szisztematikusabban magasabbak, mint az AMDAR mérések adatai. A hőmérsékletnél alkalmazott közelítés (a virtuális hőmérsékletről való átszámítás) miatt azonban ez a hiba valószínűleg nagyobb lehet, hiszen száraz légtömeg esetén a RASS szoftvere alábecsüli a hőmérsékleti értéket. A szélirány esetében azonban várakozás feletti az adatok egyezése, mert a 0,97-es koszinusz érték csupán 12 fokos átlagos eltérésnek felel meg.

Hőmérséklet RMSE <sup>7</sup>	Hőmérséklet BIAS <sup>8</sup>	Szélesség RMSE	Szélesség BIAS	Szélirány cos értéke
0,97	-0,76	1,7	-0,43	0,97

5. táblázat Az AMDAR és a SODAR/RASS mérési adatok összehasonlítása

## ÖSSZEFOGLALÁS

Cikkünkben a repülőgépes AMDAR mérések általános ismertetése mellett azok lehetséges felhasználási területeit mutattuk be. A hazai gyakorlatban ugyanis ezen adatok felhasználása az

<sup>6</sup> Budapest Liszt Ferenc nemzetközi repülőtér négy betűs ICAO kódja

<sup>7</sup> RMSE – Root Mean Square Error, átlagos négyzetes hiba négyzetgyöke

<sup>8</sup> BIAS – Az eltérés előjeles átlaga, a szisztematikus hiba mértéke

adatasszimilációs alkalmazásokra korlátozódik, annak ellenére, hogy számos nemzetközi példa és szakirodalmi hivatkozás igazolja hasznosságukat az előrejelzési munka számos területén. A Geoinformációs Szolgálatnál létrehozott program segítségével esettanulmányokhoz kapcsolódó példákon mutattuk meg az AMDAR adatok megjelenítésének lehetséges formáit. Az adatbázisba rendezett mérési adatokat a SODAR/RASS mérések adataival vetettük össze, ami alátámasztotta azt a feltevésünket, hogy ezek az adatok alkalmasak lehetnek az operatív munkában való használatra. Figyelembe véve az AMDAR mérések korlátait és hiányosságait, összességében kijelenthető, hogy a mérési eredmények a hagyományos szondázási adatokkal és esetleg modern távérzékelési adatokkal kiegészülve jelentős segítséget jelenthetnek bizonyos előrejelzési feladatok esetén.

Kutatási, fejlesztési terveink között szerepel a jelen keretek között is bemutatott összehasonlító elemzések hosszabb időszakokra való megisméltése és a kinyert adatok vizualizációjának továbbfejlesztése a felhasználói visszajelzések alapján.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BOTTYÁN Z, ZÉNÓ ANDRÁS GYÖNGYÖSI, WANTUCH F, TUBA Z, KURUNCZI R, KARDOS P, ISTENES Z, WEIDINGER T, HADOBÁCS K, SZABÓ Z, BALCZÓ M, VARGA Á, BÍRÓNÉ KIRCSI A, HORVÁTH GY. Measuring and Modeling of Hazardous Weather Phenomena to Aviation Using the Hungarian Unmanned Meteorological Aircraft System (HUMAS). *Időjárás / Quarterly Journal Of The Hungarian Meteorological Service* 119:(3) pp. 307-335. 2015
- [2] BOTTYÁN Z, WANTUCH F, GYÖNGYÖSI Z, TUBA Z, HADOBÁCS K, KARDOS P, KURUNCZI R. Development of a Complex Meteorological Support System for UAVs. *World Academy Of Science Engineering And Technology* 7:(4) pp. 646-651. 2013
- [3] PAINTING JD – WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION AMDAR reference manual. Technical Report WMO No. 958. 2003
- [4] STICKLAND J, WMO AMDAR PANEL The global AMDAR system. Third WMO workshop on the impact of various observing system on NWP, Alpbach, 2004
- [5] CARDINALI C, ISAKSEN L, ANDERSSON E. Use and Impact of Automated Aircraft Data in a Global 4DVAR Data Assimilation System. *Monthly Weather Review* Vol. 131.8 pp. 1865-1877, 2003
- [6] RAWLINS F, BALLARD SP, BOVIS KJ, CLAYTON AM, LI D, INVERARITY GW, PAYNE TJ et al. The Met Office global four-dimensional variational data assimilation scheme. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 133.623 pp. 347-362, 2007
- [7] RANDRIAMAMPINANINA R Távérzékelés és repülőgépes megfigyelések alkalmazása a korlátos tartományú ALADIN/HU numerikus időjárás előrejelző modellben. OTKA zárójelentés, nyilvántartási szám: T049579, 2010 [http://real.mtak.hu/11642/1/49579\\_ZJ1.pdf](http://real.mtak.hu/11642/1/49579_ZJ1.pdf)
- [8] BALOGH MIKLÓS Repülőgépes mérések felhasználása az ALADIN számszerű időjárás-előrejelzési modellben. *Légtér*, 51.3, pp. 24-26, 2006
- [9] KURIMSKI PG, BRUSKY ES Applications of aircraft sounding data in short-term convective forecasting. 23rd Conference on Severe Local Storms, St. Louis, MO, American Meteorological Society, 2006
- [10] DRUSE CM Evaluating the benefits of TAMDAR data in aviation forecasting. 11th Symposium on IOAS-AOLS, San Antonio, TX, American Meteorological Society, 2007
- [11] MONINGER WR, MAMROSH RD, PAULEY PM Automated meteorological reports from commercial aircraft. *Bulletin of American Meteorological Society* 84, 203-216. 2003
- [12] MONINGER WR, BENJAMIN SG, DÉVÉNYI D, JAMISON BD, SCHWARTZ BE, SMITH TL, SZOKE E AMDAR Optimization Studies at the Earth System Research Laboratory / Global Systems Division. 10th Symposium on Integrated Observing and Assimilation Systems for the Atmosphere, Oceans, and Land Surface (IOAS-AOLS), Atlanta, GA, 2006

**EXAMINATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN MACROSYNOPTIC PATTERNS AND ANALOG FORECASTING OF AVIATION METEOROLOGY**

The majority of forecast products of aviation meteorology have ultra-short or short time validity. The typical refresh period of traditional numerical weather prediction (NWP) models applied in aviation meteorological support is 6 to 12 hours. This fact valorizes the role of observational data from the internal periods. This is especially true in case of upper air measurements due to their emphasized importance in aviation meteorology. Unfortunately, routine radiosonde measurements are not adjusted to users' needs neither spatially nor in time. Application of automated weather reports from Aircraft Meteorological Data Relay system (AMDAR) may benefit because of the reasons above. In this paper we examined the utilization of these types of data. In parallel, we verified the accuracy and reliability of AMDAR information by the mean of comparison of acoustic radar (SODAR) data. Considering the difficulties of the measuring procedures, we can declare that the application of this information can be an efficient tool in the process of producing and verifying aviation meteorology forecasts.

**Keywords:** aviation meteorology, AMDAR, SODAR/RASS, forecasting

TUBA Zoltán doktori hallgató Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Műszaki Doktori Iskola; meteorológus főtiszt Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálat Meteorológiai Támogató Osztály tuba.zoltan@mil.hu; tubazoltan.met@gmail.com orcid.org/0000-0002-0345-5292	TUBA Zoltán doctoral student National University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Doctoral School of Military Engineering; senior meteorological officer Hungarian Defence Forces Geoinformation Service Meteorological Support Department tuba.zoltan@mil.hu; tubazoltan.met@gmail.com orcid.org/0000-0002-0345-5292
KARDOS Péter részlegvezető Hungarocontrol Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. Repülőtéri Meteorológiai Részleg Peter.Kardos@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0001-8857-4102	KARDOS Péter head of unit Hungarocontrol Hungarian Air Navigation Services Ltd. Aerodrome Meteorological Unit Peter.Kardos@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0001-8857-4102
SZABÓ Péter osztályvezető Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálat Meteorológiai Támogató Osztály peter.szabo@mhtehi.gov.hu orcid.org/0000-0002-9593-5356	SZABÓ Péter head of department Hungarian Defence Forces Geoinformation Service Meteorological Support Department peter.szabo@mhtehi.gov.hu orcid.org/0000-0002-9593-5356



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-11-0327\\_Tuba\\_Zoltan\\_et\\_al.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-11-0327_Tuba_Zoltan_et_al.pdf)

Korponai János, Bányainé Tóth Ágota, Illés Béla

## AZ IGÉNYVÁLTOZÁSOK HATÁSA A VÁSÁROLT ALKATRÉSZ KÉSZLETEKRE ÉS A KÖLTSÉGEKRE

*Amikor a jövőbeni vevői igények pontosan számszerűsíthetők, akkor a nyitókészlet, a termelési igény és a készletpótlás időszükségletének ismeretében egyértelműen meghatározható a zárókészlet szintje, a rendelési mennyiség és maga a rendelés feladásának időpontja is. Ez a kiindulási feltétel azonban a gyakorlatban csak nagyon ritkán fordul elő. Számos olyan előre nem jelezhető tényező befolyásolja a készletszintet, melyek hatással lesznek a termelő vállalat működésére. A logisztikai menedzsment célja, hogy ezeket a hatásokat számításba véve biztosítsa a termelés megfelelő kiszolgálásához szükséges készletszintet, a lehető legalacsonyabb felmerülő költségszint mellett. A szolgáltatás szintjének meghatározása lehetőséget ad a különböző hatások miatt felmerülő igényingadozások előre meghatározott biztonsággal történő kezelésére, illetve a működést biztosító készletszint számszerűsítésére.*

**kulcsszavak:** igényváltozás, biztonsági készlet, költség, sztochasztikus, standard normális eloszlás, valószínűségi változó

### BEVEZETÉS

Az optimális rendelési tétel nagyság modellnél alkalmazott elméleteinket befolyásolja, hogy a vevői igények nem teljes mértékben ismertek, illetve a folyamatainkban zavar léphet fel, melyek együttesen bizonytalanságot jelentenek a vásárolt alkatrész igények intenzitására és a készlet szint alakulására vonatkozóan.

Készletgazdálkodási stratégiánk meghatározása során két alapvető modell között választhatunk, így különbséget kell tennünk a folyamatos és a periodikus készletvizsgálati rendszerek között. Folyamatos készletvizsgálat esetén a rendelési tétel nagyság állandó, így a bizonytalanságnak a periódusok végi zárókészletek szintjére van hatása, míg a periodikus készletvizsgálat esetén a periódus időközök állandók, így a bizonytalanság a rendelési mennyiséget befolyásolja [1].

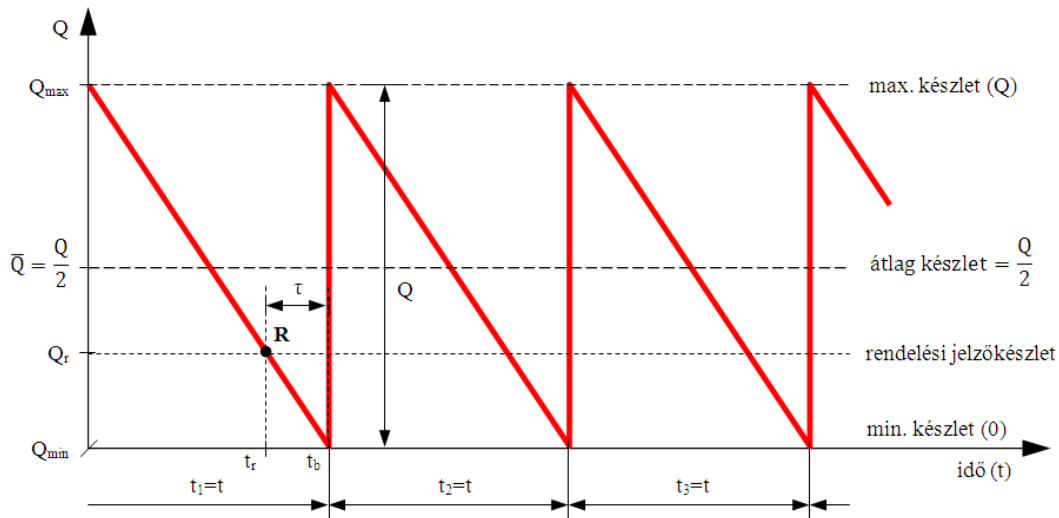
Elemzésünk során a periodikus készletvizsgálati modellt körüljárva mutatjuk be az igényingadozás és a biztonsági készletek közötti összefüggéseket, meghatározzuk a biztonsági készletek számszerűsítésére vonatkozó képletet, valamint a készlettartással és készlethiánnyal kapcsolatosan felmerülő költségeket.

### **Determinisztikus és sztochasztikus igényváltozások és a készlet szint közötti összefüggés**

Leegyszerűsített modellként az 1. ábra szemlélteti a készletezési mechanizmust és a készletek alakulását előre jelezhető, determinisztikus jellegű szükséglet és készlet utánpótlás esetén. A modell kiindulási feltételei közé sorolható az egyenletes ütemű folytonos felhasználás (stacioner), az egyenletes  $t$  periódusonkénti beszállítás, a nem megengedett készlethiányból és a nulla biztonsági készletből kiinduló  $Q_{min}$  legalacsonyabb, nullával megegyező készlet szint, és a  $Q_{max}$  megengedett maximális készlet szintig történő  $Q$  mennyiségű feltöltés. Az előre kalkulálható  $\tau$  utánpótlási idő és a  $t_b$  beérkezési időpont határozza meg azt a legkésőbbi  $t_r$  időpontot, mely pillanatban a rendelést le kell adni [2]. A  $t_r$  időponthoz rendelt  $Q_r$  készlet szint jeleníti meg azt



a minimális készlet szintet, amely a megrendelés leadásától a megrendelt mennyiség tényleges beérkezéséig szükséges idő alatti felhasználást fedezi [3][4][5].



1. ábra Készlet szint elvi alakulása a szükséglet és az utánpótlási idő determinisztikus jellege esetén [saját szerk.]

A modell kiindulási feltételei közé tartozik továbbá, hogy a készletpótlás időszükséglete rövidebb, mint a periódusidő ( $\tau < t$ ), azaz egy adott pillanatban legfeljebb egyetlen folyamatban lévő szállítás lehet. Ebből a leegyszerűsített modellből következik, hogy a maximális készlet szint megegyezik a rendelési mennyiséggel ( $Q_{max} = Q$ ), a periódus végén a készlet nullára csökken ( $Q_{min} = 0$ ), így az átlagkészlet a következő képlettel adható meg [5]:

(1)

$$\bar{Q} = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{2} = \frac{Q}{2}$$

ahol,

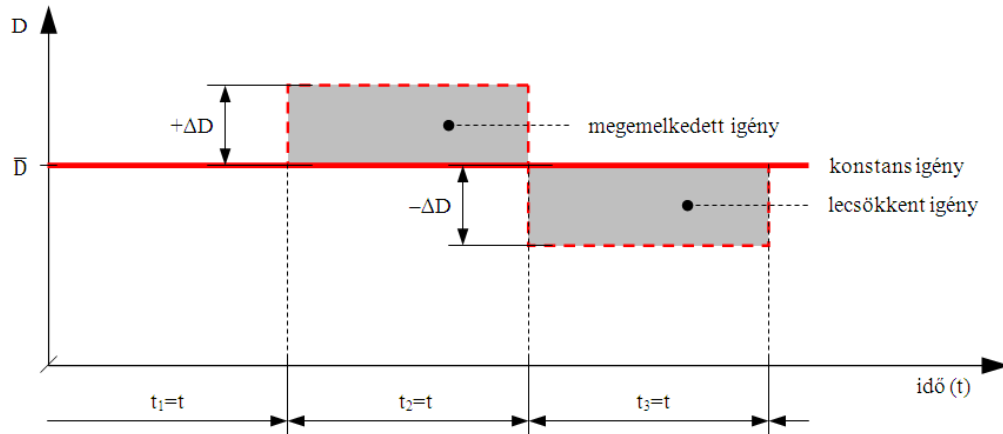
$\bar{Q}$  – átlag készlet szintje [mennyiségi egység],

$Q_{max}$  – maximális készlet szint [mennyiségi egység],

$Q_{min}$  – minimális készlet szint [mennyiségi egység].

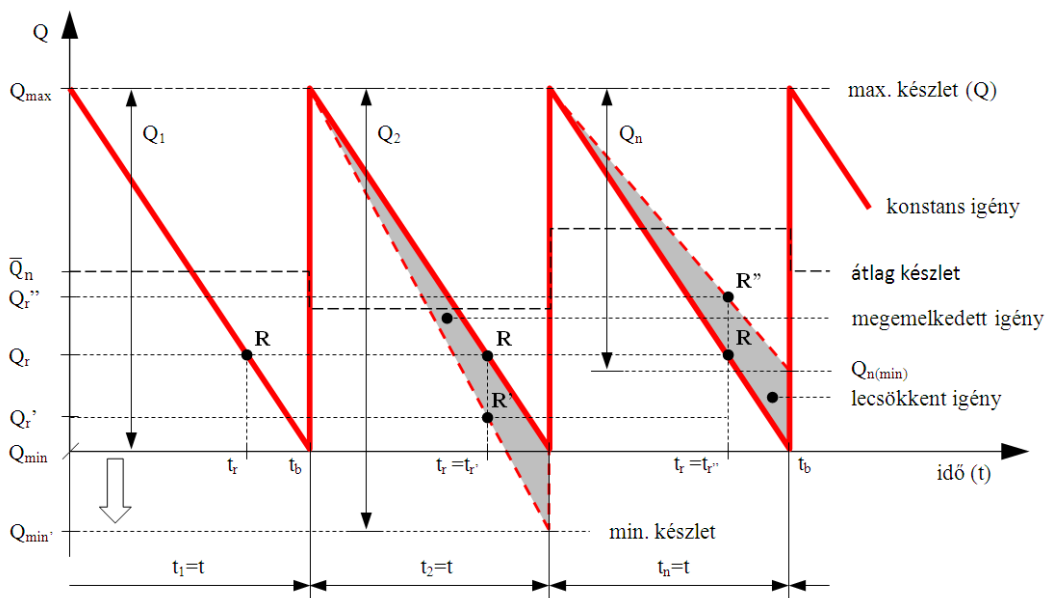
A továbbiakban ceteris paribus elven a modell kiindulási feltételei közül egyetlen tényezőt – a felhasználási igény alakulását – kiemelve végezzük az elemzést. A modell így annyiban változik, hogy az egyes periódusok felhasználási igénye között bármely irányú és mértékű eltérést engedünk, továbbra is feltételként kikötve, hogy az adott periódus igénye folyamatos és a perióduson belül egyenletes (kvázi stacioner) [2].

A 2. ábra az idő függvényében ábrázolja az igényt,  $\bar{D}$  jelöli a konstans igény szintjét és  $\pm\Delta D$  tükrözi a kétirányú változás összefüggését. A feltételrendszer ilyen irányú változtatását a modell gyakorlati felhasználhatósága indokolja, hiszen a termelő tevékenységet végző szervezetek működésére nehezen elképzelhető a folyamatos és egyenletes szintű felhasználás. Ez az igényváltozás továbbra is azt feltételezi, hogy a tervezett igény kerül ténylegesen leszállításra, azaz a modell csak az igények tervszerű változását tükrözi, és nem a tervtől való eltéréseket.



2. ábra A konstans igény és a kétirányú, tervezett változás összefüggése [saját szerk.]

Az azonos periódusidejű, változó mértékű felhasználási igényeket megjelenítve a 3. ábrában kitűnik, hogy az 1. ábrához képest a készletszint megemelkedett igény esetén a korábbi  $Q_{min}=0$  szint alá is csökkenhet. Készlethiányt nem megengedő készletezési stratégiát feltételezve ez a gyakorlatban a  $Q_{min}$  szint  $Q_{min}'=0$  értékre történő elmozdulását jelenti. A modell leegyszerűsítése érdekében ismét ceteris paribus elvet alkalmazva a  $Q_{max}$  értékkel jelölt maximális feltöltési szint változatlan, így a periódusonként eltérő mértékű zárókészletek maximális készletszintre történő feltöltése eltérő mértékű, az  $n$ -dik periódus esetében  $Q_n$  újrafeltöltési mennyiséget feltételez [6]. A rendelés leadásának időpontjában rendelkezésre álló készletszintet jelölik az  $R$ ,  $R'$ ,  $R''$  pontok. A  $t_2$  periódus során megemelkedett igény következtében a készletek gyorsabb ütemben fogynak, így ha a rendelés időpontjában nem következik be átütemezés ( $t_r=t_r'$ ), akkor a készletek a periódus vége előtt elfogynának. A változatlan  $t_r'$  rendelési időpont és a  $t_2$  periódus során megemelkedett igény jelöli ki az  $R'$  pontnak megfelelő  $Q_r'$  készletszintet.



3. ábra Változó mértékű felhasználási igények és a készletszintek közötti összefüggés [saját szerk.]

Amennyiben a  $Q_{max}$  készletszint a modellezés során minden periódus esetében azonos és készlethiányt továbbra sem engedünk, akkor a  $Q_{min}'$  szintet a legnagyobb intenzitású felhasználáshoz igazodva a fűrészfog diagram legmélyebb pontjához kell rajzolni. Azon periódusok esetében,

amelyeknél a periódus végén a zárókészlet szintje nem éri el a teljes vizsgált időtávra megállapított legalacsonyabb  $Q_{min}'$  szintet, a periódus végén  $Q_{max} - Q_{min}' - Q_n = Q_{n(min)} - Q_{min}'$  mértékű készlet fog maradni. Az adott periódus átlagkészlete meghatározható az alábbi képletekkel:

(2)

$$\begin{aligned}\bar{Q}_n &= \frac{Q_{max} - Q_{n(min)}}{2} + Q_{n(min)} - Q_{min}' \Rightarrow \frac{Q_{max} + Q_{n(min)}}{2} - Q_{min}' \\ &= \frac{Q_n}{2} + Q_{n(min)} - Q_{min}'\end{aligned}$$

ahol,

- $\bar{Q}_n$  – az n-dik periódus átlag készlet szintje [mennyiségi egység],
- $Q_{n(min)}$  – az n-dik periódus minimális készlet szintje [mennyiségi egység],
- $Q_n$  – az n-dik periódus újrafeltöltési szintje [mennyiségi egység].

Az átlagkészlet a teljes vizsgált időszakra kiterjesztve:

(3)

$$\bar{Q} = \sum_{n=1}^m \left( \frac{Q_{max} + Q_{n(min)}}{2} - Q_{min}' \right) = \sum_{n=1}^m \left( \frac{Q_n}{2} + Q_{n(min)} - Q_{min}' \right) = \sum_{n=1}^m \frac{\bar{Q}_n}{n}$$

ahol,

- $Q_{min}'$  – a teljes vizsgált időtávra megállapított legalacsonyabb készlet szint [mennyiségi egység].

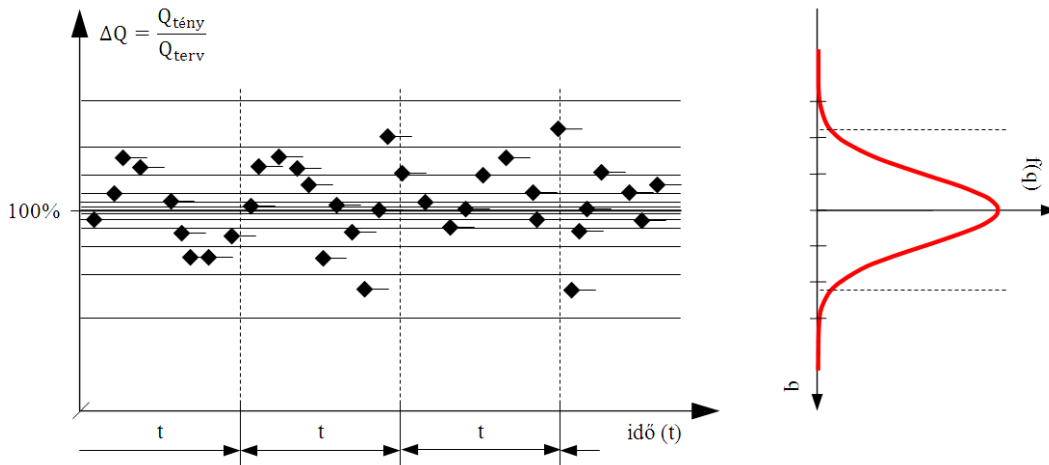
Az igények változása ebben az esetben tervezett, azaz determinisztikus jellemzőket mutat. A gyakorlatban azonban sűrűn előforduló jelenség, hogy a következő periódus vagy periódusok igénye rövid határidőn belül, akár a perióduson belül valamely mértékben és irányban eltér a tervezett szinttől [7]. A modell egyszerűsítése érdekében az adott perióduson belüli igényváltozást ugyan számításba vesszük, de a periódus teljes időtartama alatt konstans igénnyel kalkulálunk, azaz a változás lekövetésekor csak azt vesszük figyelembe, hogy mekkora volt a nyitó- és zárókészlet, ugyanakkor a perióduson belül egyenletes intenzitású felhasználást feltételezünk.

A tervtől való eltérés a gyakorlatban számos gyökérokra vezethető vissza, pl. váratlan vevői igény változás, selejt miatti többlet felhasználás a termelésben, készleteltérés az ellátási lánc valamely pontján, minőségi kifogás miatti készlet zárolás, stb.

A 3. ábrán a készletek rendelési pontját újra kell definiálni. Kiindulási feltételként rögzítettük, hogy az utánpótlás átfutási ideje előre adott és a rendelési időt a legkésőbbi lehetséges időpontban rögzítettük. Amennyiben az eredeti rendelési jelzőkészlet szintjének elérésekor rendelnénk, úgy az esetek egy részében túl korán történne meg a rendelés és a készletek beérkezése, míg az esetek egy része késéshez vezetne. Az előre megadott átfutási időből adódóan a jelzőkészlet szintje periódusonként fog változni, igazodva az adott periódus tényleges felhasználási intenzitásához.

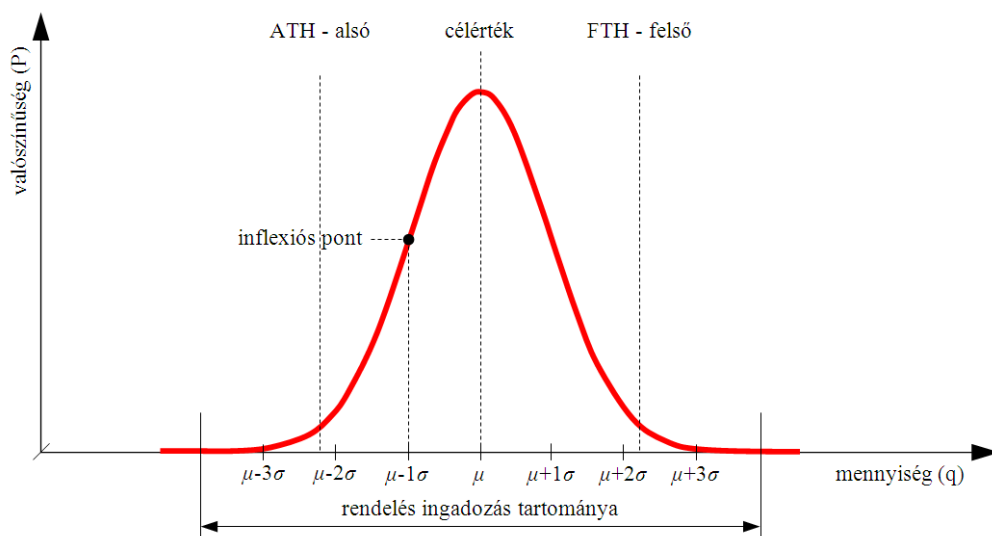
A változások irányát és mértékét vizsgálva kiindulhatunk egyetlen termék hosszabb távú elemzéséből is, de vizsgálhatunk termékcsoportokat, beszállítókhöz vagy vevőkhöz hozzárendelt termékköröket, termelési területek szerinti osztályozásokat, de akár a teljes készletportfóliót.

Amennyiben az elemzés nem egyetlen termék figyelésére korlátozódik, úgy az összehasonlíthatóság és összevonhatóság érdekében a céltól való eltéréseket nem abszolút értékben, hanem egymáshoz viszonyított arányukban kell vizsgálni. Az egyes eltéréseket egy diagramban megjelenítve ábrázolható a célértéktől való eltérésük, illetve a gyakoriságok figyelembe vételével megrajzolható az eloszlásukra vonatkozó sűrűségfüggvényük (4. ábra).



4. ábra A tervhez viszonyított tényleges igények gyakorisági sora [saját szerk.]

Megfelelően magas számú minta vizsgálatok az eltérések jellemzően egymódusú standard normális eloszlás sűrűségfüggvénye mentén fognak elhelyezkedni (5. ábra). Amennyiben a partnerek között a megengedett maximális eltérések mértékére vonatkozóan van megállapodás, úgy az adott elfogadási tartomány ábrázolható alsó és felső tűréshatár formájában [8]. Az 5. ábrában az alsó tűréshatárt jeleníti meg az ATH, a felső tűréshatárt az FTH függőleges pontozott vonal. A termelés menedzsment és a minőség menedzsment körében az egyes gyártott termékek minőségi jellemzőinek ábrázolásából széles körben ismert eloszlás- és sűrűségfüggvény a logisztika területén is alkalmazható. Segítségükkel megjeleníthető a tervtől való tényleges felhasználásra jellemző szórás, az eltérések célértéktől való helyzete, az eltérések eloszlása, a beavatkozási pontok, azaz a tűréshatárok, valamint a felhasználási igény változásának tartománya.



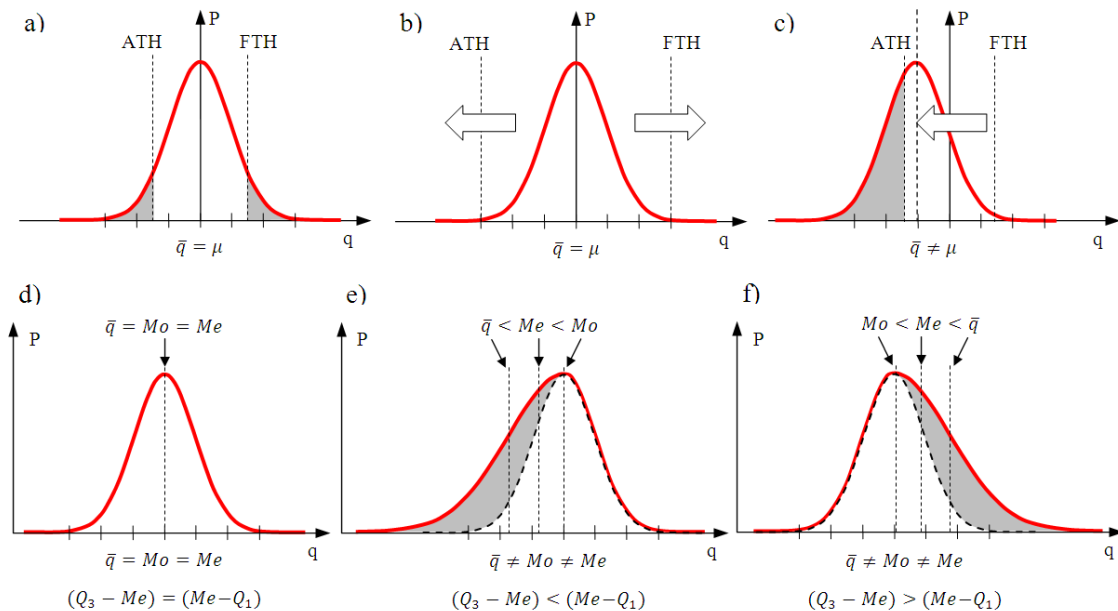
5. ábra Az egymódusú standard normális eloszlás sűrűségfüggvénye és jellemzői [saját szerk.]

Mivel a determinisztikus készletezési modellekkel ellentétben a sztochasztikus modellek esetében a felhasználást véletlen hatások is befolyásolják, így az anyagszükséglet csak valószínűségi változókkal adható meg.

A felhasználási igények tervhez képesti teljesülését elemezve az eltérések előfordulásának gyakoriságát ábrázolhatjuk az eltérések mértékének függvényében (6. ábra). Az eltérések szóródását tekintve a rendelés ingadozás eltérő szélességű tartománnyal és tűréshatárral jellemezhető. A 6. a) ábra szerint felvázolt esetben a tényleges igények szürkével jelölt terjedelme a tűréshatáron vagy másképpen az elfogadási tartományon kívülre esik, és a sokaság várható értéke megegyezik a tényleges középértékkel ( $\mu = \bar{q}$ ).

A 6. b) ábra esetében a tűréshatárok kitolódnak, míg a 6. c) ábra a tényleges középérték eltolódását jeleníti meg, azaz a várható érték nem egyezik meg a tényleges középértékkel ( $\mu \neq \bar{q}$ ), mindkét esetben megtartva azonban a sűrűség függvény szimmetrikus jellegét.

Az egymódusú standard normális eloszlások esetében ugyanakkor nem csak a középértékek és tűréshatárok eltolódása illetve a szórás terjedelmének szélessége módosulhat [9]. A gyakorlatban előfordulnak olyan tényezők, amelyek hatására a vizsgált jellemző bekövetkezésének vagy be nem következésének gyakorisága valamely irányban elmozdul, illetve a felvett értékek aszimmetrikus elrendeződést tükröznek. A vásárolt alkatrészeknél ilyen lehet pl. a megrendelt mennyiséghez képest ténylegesen leszállított mennyiség aszimmetriája, ha a beszállító jellemzően kevesebbet vagy többet szállít. A vásárolt alkatrészek felhasználásából eredő igények tervhez képesti tényleges alakulása is jellemzően aszimmetriát tükrözhet, ha pl. a termelési folyamatokban nem várt zavar lép fel.



6. ábra Az egymódusú standard normális eloszlás sűrűségfüggvényének módosulásai [9]

Amennyiben a vevői igényből generált termelési igény ingadozására szimmetrikus eloszlás jellemző, úgy a termelési folyamatban jelentkező megugró selejt vagy váratlan többlet felhasználás miatt a beszerzési igény a 6. f) ábra szerint aszimmetrikussá válik. Hasonlóképpen értelmezhető a modell abban az esetben is, ha a következő periódus igénye nem változhat, pl. ún. befagyasztott (frozen) periódus érvényes. Ebben az esetben a belső folyamatokban rejlő ingadozások jelentik

azt a bizonytalanságot, melynek hatására a tényleges felhasználás eltérhet a valós igény által generált mennyiségtől (pl. selejt miatti többlet felhasználás), illetve felléphetnek olyan hatások is, melynek következtében a beszállító felé generált igény alacsonyabb, mint a tényleges termelési igény lefedéséhez szükséges mennyiség (pl. fellelt készlet esetén a készlet szint megemelkedik, így kevesebb mennyiségre van szükség a maximális készletszintig történő utántöltéshez).

A 6. e) és f) ábrákban bemutatott egymódusú gyakorisági sorok aszimmetriájának irányát és fokát megvizsgálhatjuk a Pearson-féle mutatószám ( $A$ ) és az  $F$  mutató ( $F$ ) segítségével [9]:

(4)

$$A = \frac{\bar{X} - Mo}{\sigma} \Rightarrow \frac{\bar{q} - Mo}{\sigma}$$

ahol,

$\bar{X}$  vagy  $\bar{q}$  – átlag,

$Mo$  – módusz,

$\sigma$  – szórás.

Az átlag és a módusz különbségének szóráshoz viszonyított mértékéből következtetni lehet a ferdeség mértékére és irányára, bal oldali aszimmetria esetén  $A > 0$ , jobb oldali aszimmetria esetén  $A < 0$ , míg szimmetrikus eloszlás esetén  $A = 0$  értéket kapunk. Az átlag és a módusz különbségének mértéke a ferdeség fokán kívül a szóródás terjedelmétől is függ [9].

Az alsó és felső kvartilisek mediánhoz viszonyított elhelyezkedése szintén megmutatja az egymódusú eloszlás ferdeségének jellemzőit. Az  $F$  mutató előnye, hogy a megfigyelt eloszlás jellemzőihez igazodva a kvartilisek helyett egyéb helyzetmutatókat is alkalmazhatunk [9].

(5)

$$F = \frac{(Q_3 - Me) - (Me - Q_1)}{(Q_3 - Me) + (Me - Q_1)}$$

ahol,

$Q_1$  – alsó kvartilis,

$Q_3$  – felső kvartilis,

$Me$  – medián.

$F$  mutató esetében hasonlóképpen bal oldali aszimmetria esetén  $F > 0$ , jobb oldali aszimmetria esetén  $F < 0$ , míg szimmetrikus eloszlás esetén  $F = 0$  értéket kapunk [9].

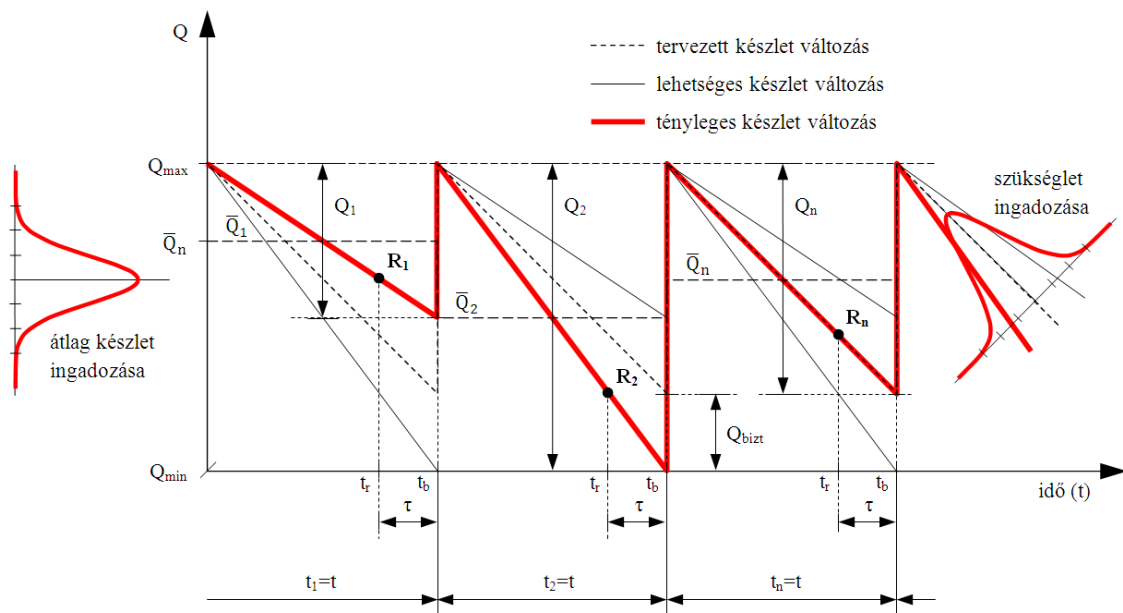
Több alkatrész igényváltozását leíró gyakorisági sor aszimmetriájának egyidejű összehasonlításakor, illetve egy adott alkatrész igényváltozását leíró eloszlás időbeli alakulásának vizsgálatakor ugyanazt a mérőszámot kell használni.

### Periodikus készletvizsgálat sztochasztikus igényváltozás esetén

A modell leegyszerűsítése érdekében a továbbiakban egymódusú, középérték eltolódástól mentes szimmetrikus standard normális eloszlású igényváltozásokat feltételezünk. Az 1. ábrában bemutatott determinisztikus készletpótlási idővel és egyenletes intenzitású felhasználással

jellemezhető egyszerűsített készletezési modell kiegészíthető az igényváltozás kétirányban lehetséges maximális mértékével, így a 7. ábra a tervezett felhasználáshoz képest bekövetkező eltéréseket modellezi. Mivel a tervhez képesti eltérés iránya és mértéke sztochasztikus, azaz előre pontosan nem megadható, így a tényleges felhasználási igény és a készletek alakulása csak valószínűségi változókkal határozhatók meg, melyeket az ábrában a standard normális eloszlás sűrűségfüggvényei jelenítenek meg.

Amennyiben a készletezési stratégiánk szerint készleteket csak a tervezett szükséglet fedezésére tartunk, úgy a tényleges felhasználási igény tervhez képesti növekedése a készletek  $t_b$  beérkezési időpont előtti nullára csökkenését eredményezné. Készlethiányt nem megengedő stratégiából kiindulva azonban ez nem elfogadható, így a többlet felhasználásból eredő kockázatok és költségek elkerülése érdekében valamely mértékű biztonsági készletet ( $Q_{bizt}$ ) kell tartani.

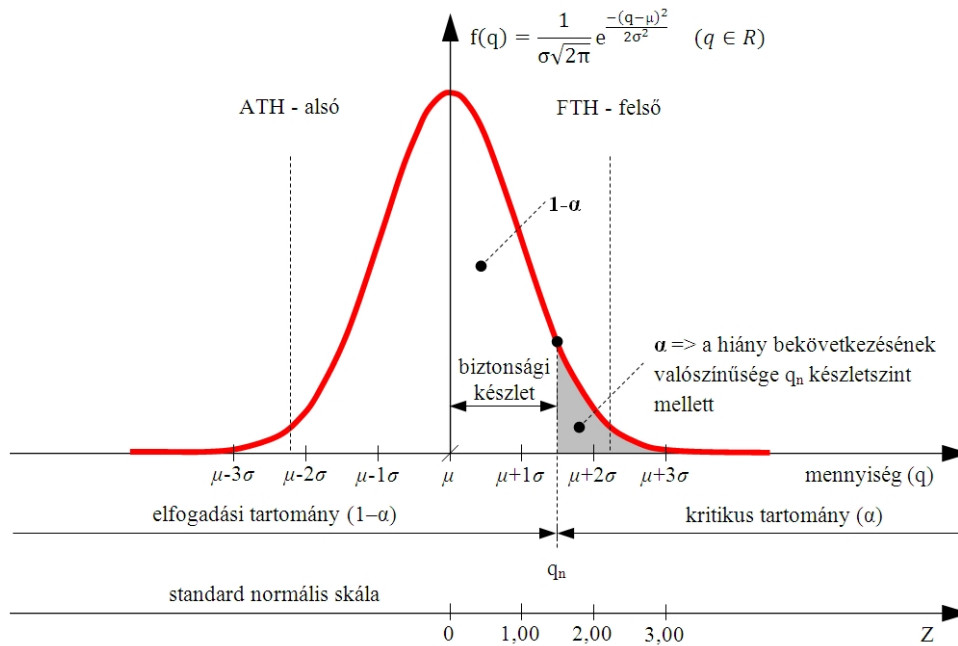


7. ábra Periodikus készletvizsgálat sztochasztikus igényváltozás esetén [saját szerk.]

Mivel az igények ingadozása sztochasztikus jellegű, a lehetséges kimenetek a standard normális eloszlásnak megfelelő valószínűségi változók. A 7. ábrából kitűnik, hogy ha az igény valószínűségi változó, akkor igen csekély valószínűség mellett akár szélsőséges mértékű igények is előfordulhatnak, így a készlethiány teljes valószínűséggel csak végtelen magas szintű biztonsági készlet mellett kerülhető el. A gyakorlatban azonban ez különböző gazdaságossági okokra visszavezethetően nem kivitelezhető, így racionálisan mérlegelve kompromisszumot kell hozni a készlethiány felmerüléséből adódó következmények és az elkerülés érdekében hozott áldozatok között [10][11].

A 8. ábrában részletezett sűrűségfüggvény a tényleges mennyiségek bekövetkezésének valószínűségét jeleníti meg, melyből kitűnik, hogy a várható érték körül az előfordulások gyakorisága jellemzőbb, míg a függvény két végpontja felé közelítve azok valószínűsége csökken [9][12][13][14]. A 8. ábrában megjelenített Z skála mutatja a sztenderd normális eloszlás függvény adott valószínűségi szintekhez tartozó, táblázatból kivehető értékeit.





8. ábra Biztonsági készlet hatása a készlethiány bekövetkezésének valószínűségére [saját szerk.]

Az ábrából az is kiolvasható, hogy bármely tetszőleges  $q_n$  készletszintre és a tényleges igényre vonatkozóan megadható, hogy az adott készletszint milyen mértékben fedi az igényt. A tényleges igényen felüli készletszint jelenti azt a biztonságot, amely az igényingadozás lefedését szolgálja. A biztonsági készlet szintje az alábbi képlettel számszerűsíthető:

(6)

$$Q_{bizt} = q_n - \mu$$

ahol,

$Q_{bizt}$  – biztonsági készlet szintje [mennyiségi egység],

$\mu$  – tényleges igény, vagy az igény várható értéke [mennyiségi egység],

$q_n$  – tetszőleges készletszint [mennyiségi egység].

A fenti képletből az is következik, hogy a biztonsági készlet szintje negatív is lehet, ha a készletezési stratégiánk során olyan mértékben engedjük meg a készlethiány bekövetkezésének valószínűségét, hogy a periódusok egy részében már a tervezett igények lefedéséhez sem tartunk elegendő a készletet:

(7)

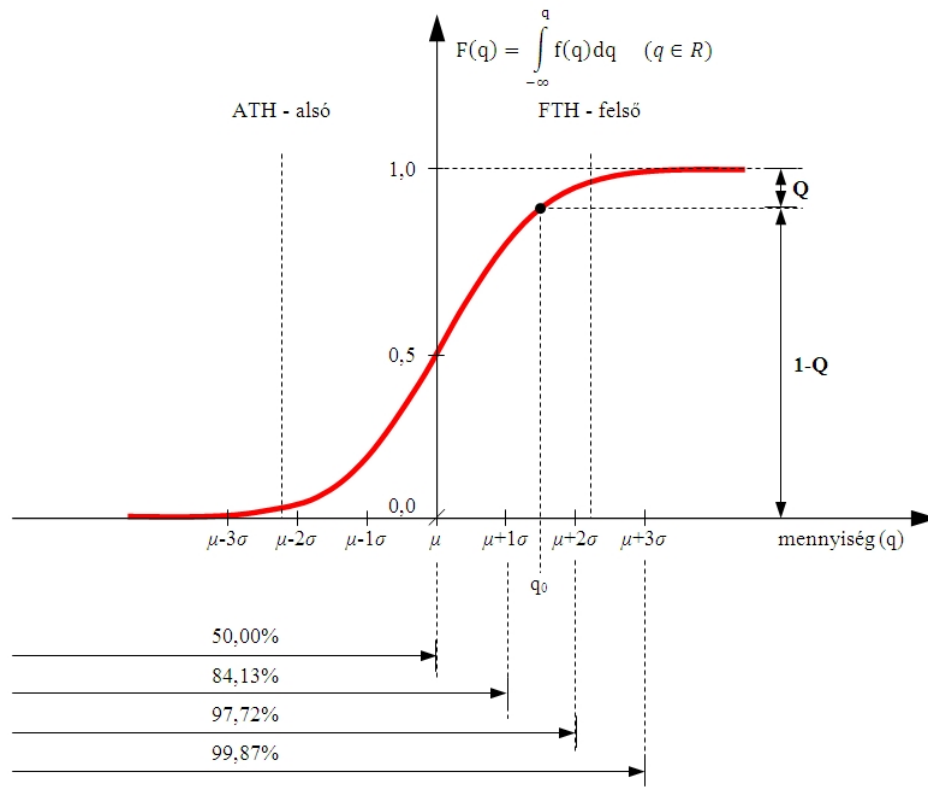
$$q_n < \mu \text{ esetén } Q_{bizt} < 0$$

A szórás és a várható érték ismeretében bármely felhasználási igény és készletszint esetén megadható a hiány bekövetkezésének valószínűsége. Amennyiben a készleteket csak a tervezett igény szintjéhez igazítjuk, azaz nem tartunk biztonsági készletet ( $q_n = \mu$ ), akkor standard normális eloszlású igény esetén a hiány bekövetkezésének valószínűsége megegyezik a hiány be nem következésének valószínűségével (9. ábra). Mivel a két lehetséges kimenet együttes valószínűsége 100%, adódik az alábbi összefüggés:

(8)

$$P(\text{készlethiány}) = P(\text{készletfedezet}) = 0,5$$

A 9. ábrában felvázolt eloszlásfüggvény a készlet szint változásának függvényében mutatja az igényingadozások lefedettségének valószínűségét. A biztonsági készletek növelésével arányosan ugyan csökken a hiány bekövetkezésének valószínűsége, azonban a teljes biztonság csak végtelen szintű készlet mellett biztosítható. Az eloszlás függvény bevezetését az teszi indokoltá, hogy a függvény jól tükrözi minden készlet szinthez tartozóan a készlethiány bekövetkezésének valószínűségét. A valószínűséget kifejezhetjük kockázatként is, melyhez konkrét költségeket rendelhetünk.



9. ábra Igényingadozások lefedettségének valószínűsége a készlet szint változásának függvényében [saját szerk.]

A következő periódusra esedékes rendelési mennyiség valamint a folyamatos működést biztosító készlet szint meghatározásakor öt feladatot kell elvégezni:

1. meg kell határozni a készletgazdálkodási stratégiánk szolgáltatási szintjét, azaz a hiány elfogadásának gyakoriságát,
2. meg kell határozni a következő periódusra esedékes tervezett felhasználási igény szintjét,
3. a szolgáltatási szint és a felhasználási igény várható ingadozásának figyelembe vételével meg kell határozni azt a készlet szintet, amely biztosítja a hiány bekövetkezésének elkerülését,
4. számszerűsíteni kell a rendelési pont és a rendelés feladás periódusának végéig esedékes várható igény mértékét,
5. meg kell vizsgálni, hogy a rendelés pillanatában rendelkezésre álló készlet fedezi-e a periódus végéig esedékes szükségletet, és annak várható ingadozását.

Szolgáltatási szint alatt a hiány elfogadásának mértékét értjük, melyet két módon lehet meghatározni, meg lehet adni a teljes vizsgált periódusok számához viszonyítva a hiányt megengedő periódusok számát, valamint a hiány bekövetkezésének megengedett valószínűségét [1]. Ha a

teljes időszakra, pl. egy évre vonatkozóan megengedünk 2 készlettel nem fedett periódust, akkor heti periódus mellett a szolgáltatási szint az alábbiak szerint adható meg:

(9)

$$\frac{SL \cdot t}{T} = \frac{2 \cdot 7}{360} = 0,0389$$

ahol,

$SL$  – szolgáltatási szint,

$t$  – egy adott periódus hossza [időegység],

$T$  – teljes vizsgált időszak hossza [időegység].

A standard normális eloszlás táblázatból megkaphatjuk a 0,0389 valószínűséghez tartozó  $Z=1,765$  értéket. Másik módja a szolgáltatási szint megadásának, ha a készlethiány bekövetkezése valószínűségének megengedett maximális szintjét adjuk meg (pl.: 0,02), és ehhez a valószínűséghez keressük meg a  $Z=2,33$  értéket. Bármely módon is határoztuk meg a szolgáltatás szintjét, a továbbiakban azonos módon alkalmazzuk a kapott értéket.

Ezt követően meg kell határozni a következő esedékes periódus várható felhasználási igényét.

(10)

$$\mu = t \cdot \bar{d}_t$$

ahol,

$\mu$  – az igény várható értéke [mennyiségi egység],

$\bar{d}_t$  – adott periódus alatti igény átlag szintje [mennyiségi egység].

A szolgáltatási szint és az igények várható értéke alapján meghatározható a következő periódus időtartamára várható ingadozás. A sűrűségfüggvény és az eloszlásfüggvény képleteinek (11) felhasználásával bármely tetszőleges  $q$  értékre megadhatjuk az eloszlásfüggvény  $F(q)$  értékét [9][14][15]:

(11)

$$f(q) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(q-\mu)^2}{2\sigma^2}} \rightarrow F(q) = \int_{-\infty}^q f(q) dq = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^q e^{-\frac{(q-\mu)^2}{2\sigma^2}} dq = \Phi\left(\frac{q-\mu}{\sigma}\right)$$

Amennyiben a standard normális eloszlásfüggvény értéke megegyezik a szolgáltatási szinttel, akkor a  $q$  készletszint  $SL$  megbízhatósági szint mellett éppen fedi a  $\sigma$  szórással jellemezhető  $\mu$  várható felhasználási igényt:

(12)

$$F(q) = \Phi\left(\frac{q-\mu}{\sigma}\right) \rightarrow \Phi\left(\frac{q-\mu}{\sigma}\right) = SL$$

A (12) képletből adódik, hogy az  $SL$  szolgáltatási szinthez tartozó  $Q_{bizt}$  biztonsági készlet szintje a standard normális eloszlás  $\Phi(q)$  táblázatának segítségével megadható készletszint és várható igény szintjének  $q-\mu$  különbsége.

A rendelési pont és a rendelés feladás periódusának végéig esedékes várható igény mértéke a (10) képlethez hasonlóan számszerűsíthető:

(13)

$$\mu_{\tau} = \tau \cdot \bar{d}_{\tau}$$

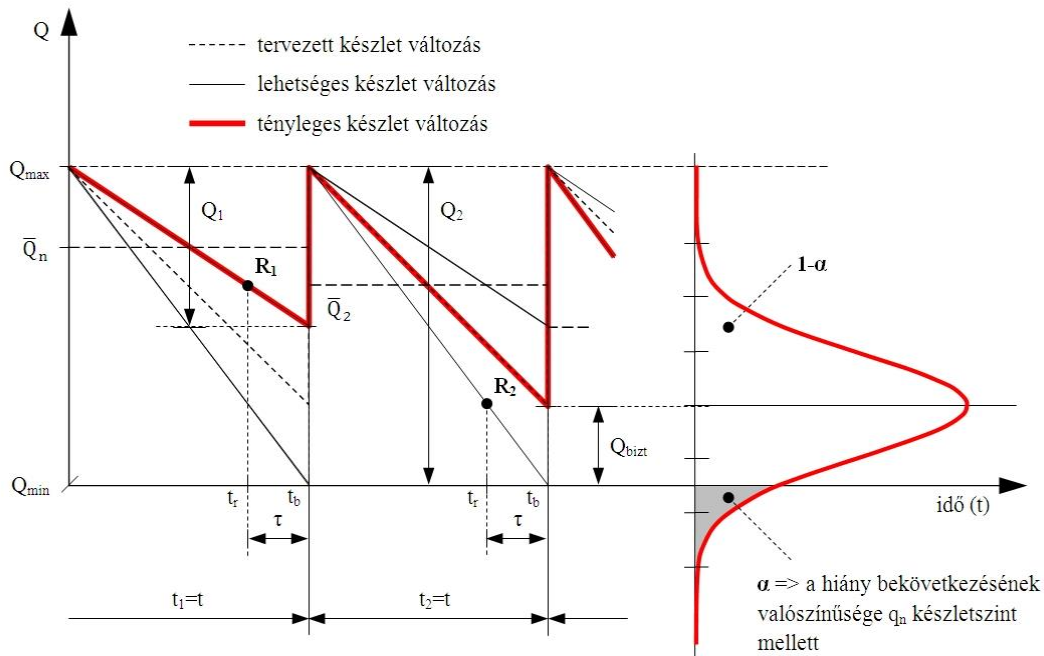
ahol,

$\mu_{\tau}$  – készletpótlás idő alatt esedékes igény várható értéke [mennyiségi egység],

$\tau$  – készletpótlás átfutási ideje [időegység],

$\bar{d}_{\tau}$  – a rendelési pont és a periódus vége közötti időszak átlagos igénye [mennyiségi egység].

Periodikus készletvizsgálat esetében a rendelésleadásakor tehát nem csupán a következő periódus igényét, valamint a valószínűsíthető igényváltozást kell kalkulálni, hanem figyelembe kell venni a rendelés periódusának hátralévő  $\tau$  időtartamára várható igényváltozás mértékét is. A 10. ábra részletesen bemutatja a fenti összefüggéseket [1].



10. ábra Periodikus készletvizsgálat összefüggései [saját szerk.]

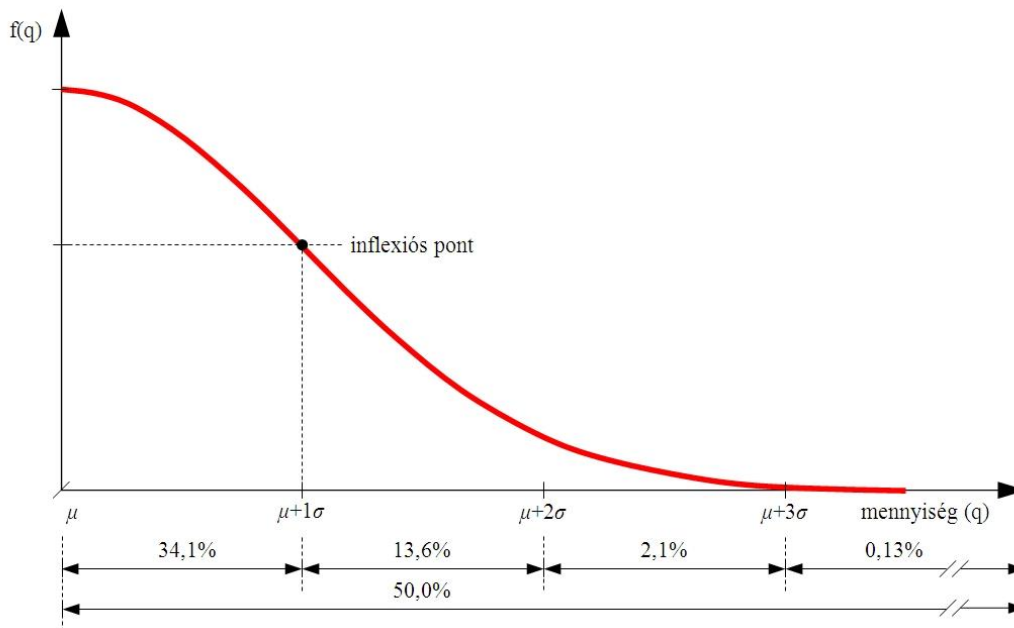
Mivel a felhasználási igény várható értéke és a felhasználás ingadozása is a jövőben bekövetkező nem előre megjósolható kimenetelű események hatása miatt valószínűségi változók, így a  $Q_{max}$  készlet szint alakulása is valószínűségi változó lesz. Annak a valószínűsége, hogy egy adott periódus maximális készlet szintje megegyezzen a tervezett  $Q_{max}$  készlet szinttel, megegyezik az  $F(q)-F(\mu)$  azaz  $P(q=\mu)$  valószínűségek különbségével.

### Készlethiány és készlettartás költségeinek összefüggése a készlet szint függvényében

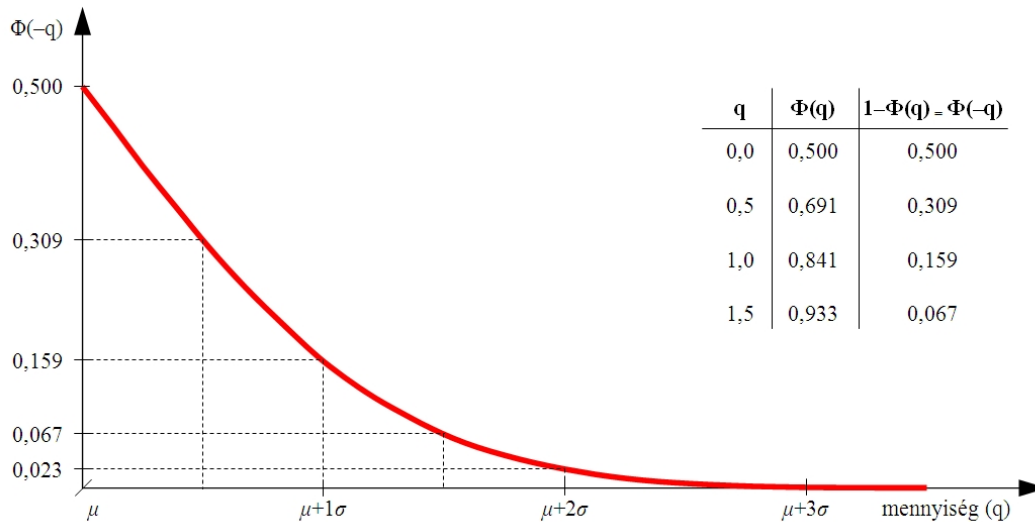
A készlet szinttel kapcsolatosan felvázolt összefüggések a költségek meghatározása során is alkalmazhatók. A készlethiány elkerülésével kapcsolatban felmerülő költségek modellezése során az egyszerűsítés érdekében beszerzési költséggel nem kalkulálunk. Ezt az is indokolja, hogy

a beszerzési költség és a készlettartás költségének felhasználása már szükséges volt ahhoz, hogy az 1. ábrában kiindulási feltételként megfogalmazott egyenletes periódus közöket és gazdaságos rendelési tétel-nagyságot meghatározzuk. A beszerzési költségek figyelmen kívül hagyása másrészt azért is indokolt, mert a modell során abból indulunk ki, hogy a teljes vizsgált időszak alatt jelentkező összes igényt és ingadozásokat lefedjük készlettel, ugyanakkor az igények összes mennyisége nem változik, csak az ingadozások miatt az egyes periódusok közötti igények mértékében lesz eltérés. Ebből adódóan az egyik periódusban az alacsonyabb igényhez igazodva kevesebb készletet kell újrendelni, míg a másik periódusban többet. Hasonlóképpen a beszerzéssel összefüggő költségek is ingadoznak, de a teljes vizsgált időszak alatt ezek az ingadozások kiegyenlítődnek.

A költségek vizsgálata során így csak a készlettartás és a készlethiány közötti összefüggéseket számszerűsítjük. A 11. ábra sűrűségfüggvénye és a 12. ábra inverz eloszlás függvénye mutatja a készletezés azon szakaszát, amely esetekben a készletszintek az igények várható értékénél nagyobb, vagy azzal megegyező szintet vehetnek fel. A 11. ábrából kitűnik, hogy pl. amennyiben a készletszint az igények várható értékénél 1 szórásnyival nagyobb értéket vesz fel, úgy a készlethiány valószínűsége már 34,1%-kal csökken. Összefüggésként az is megállapítható, hogy szimmetrikus függvényekből kiindulva az igények ingadozása a (8) összefüggésben megállapított módon a kimenetek 50%-a esetében a tervhez képest kevesebb felhasználást tükröznek, így az igények várható értékénél 1 szórásnyival nagyobb készletszint összességében már 84,1%-kal csökkenti a készlethiány bekövetkezésének valószínűségét.



11. ábra Készlethiány valószínűsége a várható igény szintjét meghaladó készlet esetén [saját szerk.]



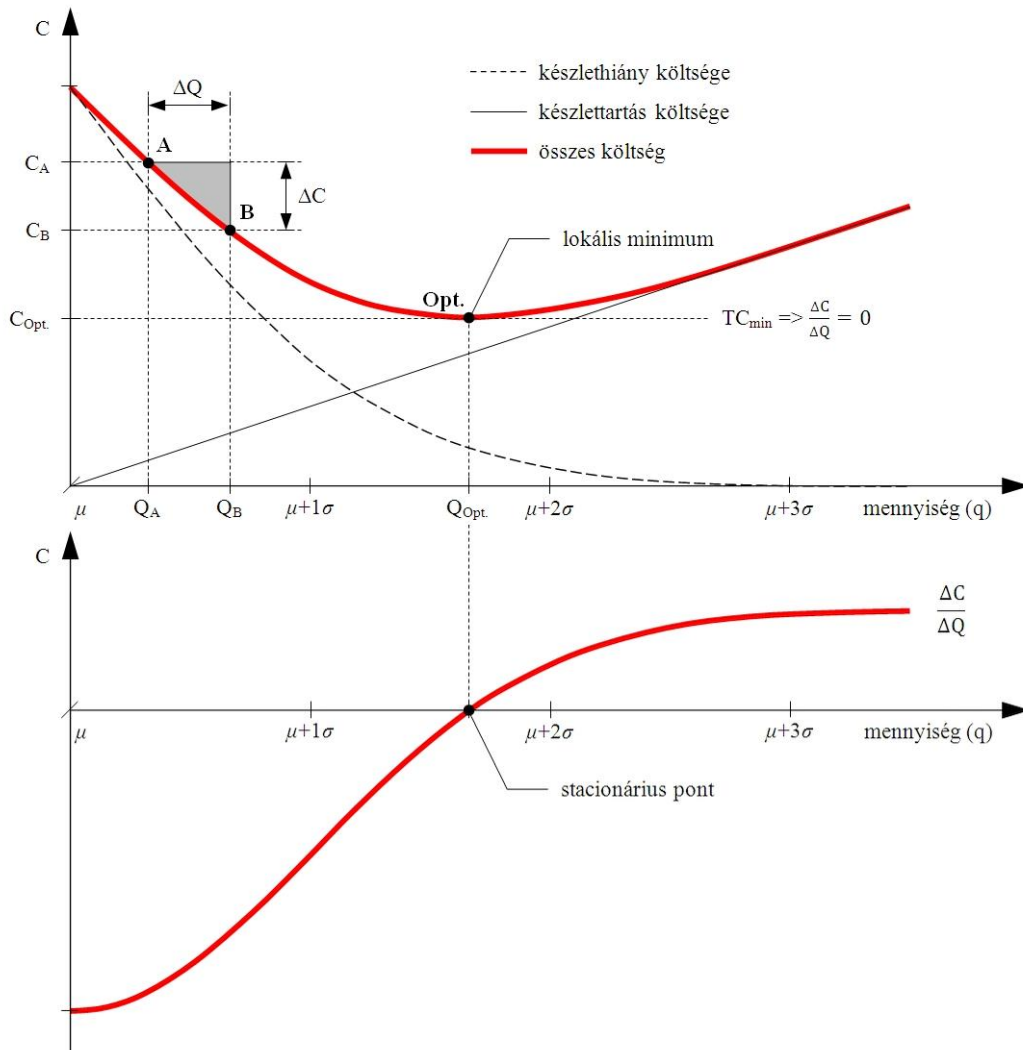
12. ábra Készlethiány valószínűsége a várható igény szintjét meghaladó készlet esetén [saját szerk.]

A különböző készletszinthez rendelhető készlethiány várható bekövetkezésének valószínűségét egy folytonos monoton csökkenő inverz eloszlás függvényben ábrázolhatjuk (12. ábra). Minél nagyobb a készletszint, annál kisebb a készlethiány valószínűsége, és ezáltal a készlethiányból eredő költség, ugyanakkor annál nagyobb a készlettartással összefüggő költségek.

Az optimális készletszint számszerűsítése érdekében készletgazdálkodási stratégiánk során meghatározhatjuk, hogy egy adott mértékű készlethiány milyen szintű költséget eredményez. Az egyes készletszintekhez eltérő mértékű valószínűség rendelhető, mely valószínűségeket a standard normális eloszlás táblázatok segítségével tetszőlegesen ábrázolhatunk. Ha a készlethiány eseményének bekövetkezése valószínűségi változó, akkor a hozzárendelt költségek szintje is valamely szorzótényezővel növelt valószínűségi változó lesz, ez a szorzótényező mintegy beárazza a hiány valószínűségéből adódó költségeket. A 13. ábra így már a költségeket ábrázolja az egyes készletszintek függvényében. A függőleges tengelyen jelölt  $C$  (cost) mutatja a költségek szintjét, így a  $Q_A$  és  $Q_B$  mennyiségekhez megfeleltethető  $C_A$  és  $C_B$  költség szinteket, valamint a  $Q_{Opt}$  optimális mennyiséghez tartozó  $C_{Opt}$  optimális költség értékét.

A készlettartás költségét berajzolva a diagramba meghatározható a két költség egymáshoz viszonyított mozgása. Költségminimalizáló racionális döntést feltételezve azt a készletszintet célszerű megcélozni, amely szintnél a készlethiány és a készlettartás együttes költsége a minimális. A függvények ábrázolásakor érdemes hangsúlyozni, hogy mivel a készlethiány költségét az eloszlásfüggvény értékeiből vezettük le, így a teljes költség optimális pontja nem feltétlenül a készlettartás és készlethiány függvények metszéspontjában adódik.

A teljes költség optimális pontját szélsőérték számítással a függvény deriválását követően határozhatjuk meg. Az optimális összköltséghez tartozó készletszint ott adódik, ahol az egyváltozós folytonos derivált függvény stacionárius pontja egyben monoton növekvő.



13. ábra Készlethiány és készlettartás költségeinek összefüggése a készletszint függvényében [saját szerk.]

## ÖSSZEGZÉS

Készletgazdálkodási stratégiánkban minél szigorúbb elvárást fogalmazunk meg a készlethiány gyakoriságával szemben, annál nagyobb mértékű lesz a készlethiány elkerülése érdekében felmerülő ráfordítás. Alapvetően a két irányban biztosíthatjuk a célul kitűzött szint teljesülését:

- pontosabb előrejelzéssel csökkenthetjük az igény ingadozás bizonytalanságát,
- az ingadozó igények lefedése céljából növelhetjük a biztonsági készleteinket.

A teljes pontossággal előre meg nem jósolható mértékű felhasználási igényváltozások kezelése kompromisszumra kényszeríti a termelő vállalat vezetését. A készletek hiánya jelentős zavarokat okozhat a termelés ellátás és a vevőkiszolgálás irányában, melynek költségvonzata gyakran nem is számszerűsíthető. Minden szervezet számára fontos célkitűzés a készlethiányok elkerülése, azonban az igények sztochasztikus jellege miatt teljes bizonyossággal csak végtelen készletszint tartása mellett lenne lehetséges. A készlettartásnak azonban szintén vannak költségvonzatai, így a vállalkozás számára feladatként merül fel az optimális készletszint meghatározása, ahol a készlettartás és a készlethiány együttes költsége a lehető legalacsonyabb szintet mutatja.



## Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Logisztikai, Informatikai, Mechatronikai Kiválósági Központ keretében valósult meg.

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 691942.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] KOLTAI TAMÁS: Termelésmenedzsment, Typotex Kiadó, Budapest, 2009, ISBN 978 963 279 035 0, ISSN 1787-9655
- [2] DR. CSELÉNYI JÓZSEF, DR. ILLÉS BÉLA: Anyagáramlási rendszerek tervezése és irányítása, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 2006, ISBN 963 661 672 8
- [3] PREZENSZKI JÓZSEF: Raktározás-logisztika, Ameropa Kiadó, Budapest, 2010, ISBN 978-963-06-8670-9
- [4] STOCKTON, D. J., LIAM QUINN: Identifying economic order quantities using genetic algorithms, International Journal of Operation & Production Management, vol.13, (1993), pp. 92-103, 0144-3577
- [5] SZEGEDI ZOLTÁN, PREZENSZKI JÓZSEF: Logisztika-menedzsment, Kossuth Kiadó, Budapest, 2003, ISBN 963 09 4434 0
- [6] PREZENSZKI JÓZSEF (SZERK.): Logisztika I., Kossuth Kiadó, Budapest, 2006, ISBN 963 431 796 0, ISSN 0865-3313
- [7] JAMES STOCK, DOUGLAS LAMBERT: Strategic Logistics Management, McGraw-Hill Higher Education, 0256136874, Boston, 2001
- [8] RUZENA KRALIKOVA, MIROSLAV RUSKO, EMIL WESSELY: Framework for Applying Six Sigma Methods within Environmental Management, Chapter 45 in DAAAM International Scientific Book 2012, pp. 545-552, B. Katalinic (Ed.), DAAAM International, ISBN 978-3-901509-86-5, ISSN 1726-9687, Vienna, Austria, DOI: 10.2507/daaam.scibook.2012.45
- [9] KORPÁS ATTILÁNÉ, DR. (SZERK.): Általános statisztika II., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1997, ISBN 963 19 5508 7
- [10] VÖRÖS JÓZSEF: Termelés- és szolgáltatásmenedzsment, Akadémia Kiadó, Budapest, 2010, ISBN 978 963 05 8835 5, ISSN 2061-6430
- [11] WIKE AGUSTIN PRIMA DANIA: Application of Genetic Algorithms in Inventory Management, Chapter 25 in DAAAM International Scientific Book 2010, pp. 245-258, B. Katalinic (Ed.), DAAAM International, ISBN 978-3-901509-74-2, ISSN 1726-9687, Vienna, Austria DOI: 10.2507/daaam.scibook.2010.25.
- [12] DR. KULCSÁR BÉLA: Ipari logisztika, LSI Oktatóközpont, Budapest, 1998, ISBN 963 577 242 4
- [13] SEBASTIAN KUMMER, OSKAR GRÜN, WERNER JAMMERNEGG: Grundzüge der Beschaffung, Produktion, Logistik, Pearson Studium, München, 2009, ISBN 978-3-8273-7351-9
- [14] DR. CSERNYÁK LÁSZLÓ (SZERK.): Valószínűségszámítás – matematika üzemgazdászoknak, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998, ISBN 963 18 8413 9
- [15] DR. CSERNYÁK LÁSZLÓ (SZERK.): Analízis – matematika üzemgazdászoknak, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998, ISBN 963 19 0307 9

---

### **THE EFFECT OF THE DEMAND CHANGES ON THE INVENTORIES AND COSTS**

*When the future customer demands can be exactly quantified, the level of the closing stock, the quantity of the placed order and the actual date of the order can be clearly defined with the knowledge of the initial stocks, the production demand and the restocking of supplies. However, this initial condition is very rare in practice. There are several unpredictable factors influencing the stock level that will affect the operation of the production company. The objective of the logistics management is to guarantee the stock level required for the adequate handling of production at the lowest possible level of costs. The definition of the service level provides an opportunity to handle the fluctuation of demands due to different impacts with a predetermined safety, and to quantify the stock level required for the operation.*

**Keywords:** *change of demands, safety stock, cost, stochastic, standard normal distribution, random variable ide*

---

KORPONAI János (MSc) doktorandusz hallgató Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola Anyagáramlási rendszerek, logisztikai informatika  janos.korponai@gmail.com orcid.org/0000-0003-3080-810X	KORPONAI János (MSc) PhD student József Hatvany Doctoral School in Information Sciences Material Handling Systems and Information Engineering for Logistics janos.korponai@gmail.com orcid.org/0000-0003-3080-810X
Dr. BÁNYAINÉ Dr. TÓTH Ágota, PhD egyetemi docens Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézet altagota@uni-miskolc.hu orcid.org/0000-0002-2537-7301	Dr. BÁNYAINÉ Dr. TÓTH Ágota, PhD <i>associate professor</i> University of Miskolc, Institute of Logistics altagota@uni-miskolc.hu orcid.org/0000-0002-2537-7301
Prof. Dr. ILLÉS Béla, PhD Intézet igazgató, egyetemi tanár Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézet altilles@uni-miskolc.hu orcid.org/0000-0002-6577-0300	Prof. Dr. ILLÉS Béla, PhD head of the institute, university professor University of Miskolc, Institute of Logistics altilles@uni-miskolc.hu orcid.org/0000-0002-6577-0300



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-12-0321-Korponai\\_Janos\\_et\\_al.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-12-0321-Korponai_Janos_et_al.pdf)



Schuster György, Terpez Gábor, Tokodi Dániel

## SZOFTVER MEGBÍZHATÓSÁG

*A szoftver megbízhatóság egy adott, meghatározott időtartamon belül, adott környezetben a kérdéses szoftver hibamentes működésének valószínűsége. A szoftver kritikus sikertényező és mint ilyen nem kerülhető ki. Ennek a következménye az, hogy a szoftver megbízhatósága egyértelműen kihat a rendszer teljes megbízhatóságára. További tendencia az, hogy a rendszerekben szoftverek bonyolultsága egyre növekszik azért, hogy a rendszer, a környezet és a felhasználó hibáit kiküszöbölje. Jól ismert tény az is, hogy minél összetettebb egy rendszer annál nagyobb a hiba lehetősége. A megbízhatóság vizsgálatának számos jól bevált módszere van a hagyományos rendszerek esetén. Például számítható az anyagfáradás, a kopás, vagy akár a kenőanyagok tulajdonságainak megváltozása. A szoftver megbízhatóság becslésére és vizsgálatára ezek a módszerek nem alkalmasak. Míg a hagyományos rendszereknél az üzemeltetés körülményei és a karbantartás nagyban befolyásolják a megbízhatóságot, addig szoftverek esetén lényeges hangsúly van a tervezés helyességén.*

**Kulcsszavak:** szoftver, megbízhatóság, rendszer, biztonságkritikus, tesztelés

## BEVEZETŐ

### Esetek:

- 2015. május 9-én egy Airbus A400M Atlas szállító-repülőgépgép berepülési feladata közben Seville közelében földnek ütközött és megsemmisült, fedélzeten tartózkodó hat emberből négyen életüket veszítették, ketten súlyosan megsérült. A gép felszállás után röviddel a négy hajtóművéből háromban működés problémák léptek fel. A hiba oka szoftver problémára vezethető vissza [6].
- 2015. május 1-jén az FAA<sup>1</sup> kiadott egy figyelmeztetést és egy utasítást egy szoftver hiba kijavítására, amely a teljes elektronikus rendszer kiesését okozhatja Boeing 787 Dreamliner-ek esetén. A hibát a repülőgép generátor vezérlőjében találták [7].

Átlagos megfigyelő azt gondolhatja, ha egy szoftver egyszer már hibátlanul futott, akkor az többé nem hibázik. A valóság ettől eltérhet.

Mivel a szoftverek – hasonlóan az emberi irányítókhoz – döntéseket hoznak a különböző környezeti hatások ezeket meg is zavarhatják.

Korábban már hibátlanul futó vezérlő program, amely az Ariane 4 rakétán probléma nélkül futott az Ariane 5 első repülésekor a vezérlés elvesztéséhez, végül annak megsemmisüléséhez vezetett. Az ok egyszerű: egy változó túlcsoordult<sup>2</sup> [8].

<sup>1</sup> FAA – Federal Aviation Administration, Szövetségi Légügyi Hivatal

<sup>2</sup> túlcsoordulás: Számábrázolási tartomány túllépés

## Definíciók

**Szoftver:** egy adott számítógépre, mikrovezérlőre megírt programok és az adatok összessége<sup>3</sup>.

**Szoftver megbízhatóság:** A szoftver megbízhatóság egy adott, meghatározott időtartamon belül, adott környezetben a kérdéses szoftver hibamentes működésének valószínűsége [9].

**Eltérés (failure):** a felhasználó által észlelt váratlan szoftver viselkedés.

**Hiba (fault):** az eltérés által okozott szoftver jellemző.

## Befolyásoló körülmények

A szoftverek megbízhatóságát az alábbi tényezők befolyásolják [9]:

- emberi tényező. A programok és a szükséges adatok előállítóinak tapasztaltsága és képessége a hibamentes munkára. Hasonlóan szükséges a tesztelést végző személyzet képzettsége.
- az alkalmazott fejlesztési modell. Alapvetően a mostanság divatos fejlesztési alapelvek agile<sup>4</sup> és scrum<sup>5</sup> biztonságkritikus fejlesztésekben kerülendők.
- a menedzsment alkalmassága. Sokszor felmerülő probléma az alkalmatlan menedzselés. A menedzser típusú vezetők sok esetben nem értenek az adott szakterülethez – tisztelet a kivételnek – és olyan dolgokat várnak el a fejlesztőktől, amely vagy értelmetlen, vagy teljesíthetetlen.
- az alkalmazott fejlesztői környezet hibamentessége. Számos esetben előfordul, hogy egy hibátlan forráskód a fordító program, vagy az alkalmazott programkönyvtárak hibája miatt nem működik megfelelően.
- a tesztelő környezet hibamentessége. A tesztelés lényeges része a szoftver életciklusának, így megbízhatósági szempontból lényeges kérdés. A tesztek nagy részét szükséges automatizálni, főleg, ha az állóképességi és időtartam teszt. Amennyiben a tesztelési környezet hibás, vagy hiányos egyértelműen belátható, hogy az eredményt befolyásolja.
- a hardver környezet kiválasztása. A szoftver hardver nélkül semmit nem ér. Ha a hardver kellő platformot nyújt az elvégzendő feladatokhoz elegendő tartalékkal, akkor van esély a szoftver hibátlan futására. Előfordult már olyan eset, hogy egy tesztelt hardver – szoftver konfiguráció a kiválasztott szimulációs környezetben és a valóságban több évig jól működött, de egyszer csak kifogyott a rendszer hardver a tartalékaiból és a rendszer leállt, illetve hibásan működött.

## Szoftver megbízhatóság mérőszámai

A szoftver megbízhatóságot befolyásoló tényezőkre mérőszámokat kellene meghatározni. Azonban míg más mérnöki területeken ezek kiválasztása viszonylag egyszerű és egyértelmű, addig ezen a területen az objektív befolyásoló tényezők megtalálása igen bizonytalan [1].

---

<sup>3</sup> A működő rendszer mindazon része, amely nem anyagiasítható (nem fogható meg).

<sup>4</sup> agile: „agilis” fejlesztési modell

<sup>5</sup> scrum: scrum fejlesztési modell

## A legfontosabb befolyásoló tényezők

### *A szoftver komplexitása*

Egyszerű mérőszámnak tűnik, de nem az. A kérdés az, hogy milyen mutató alapján próbáljuk ezt a jellemzőt meghatározni. Ez lehet:

1. a program kódsorainak száma. Valóban alkalmazott mérőszám a LOC<sup>6</sup>, illetve a KLOC<sup>7</sup>. Ez az adat kiindulásnak jó, de nem igazán mérvadó. Például: ha egy viszonylag hosszú program egyetlen szálként fut, annak komplexitása nyilvánvalóan nem éri el azon program komplexitását, amely esetleg több szálon fut.
2. a szoftver rendszer fájljainak száma. Tapasztalt programozók sok esetben pont a túlzott komplexitás elkerülése miatt a működő rendszert több működő proceszszre szedik szét azért, hogy uralják a bonyolultságot és particionáltan tesztelhetővé tegyék a különböző részek tesztelését.
3. a párhuzamosan futó feladatok száma. Ez egy elég jó mérőszám lehet, de ez sem elegendő egyedül.
4. az alkalmazott IPC<sup>8</sup> elemek száma. Ezek a LOC mérőszámmal együtt már elég jó becslést nyújtanak, de közel sem teljeset. Az IPC elemek száma viszont utalhat a különböző speciális meghibásodások előfordulásának valószínűségére (Dead Lock).

### *A programozók tapasztaltsága*

Szinte megoldhatatlan és mérhetetlen mérőszám. A szoftverek nagy része nem is egy programozó, sőt nem is azonos csoport tevékenységének eredménye. Így ez az egyébként igen fontos mérőszám még csak nem becsülhető.

### *A projekt menedzsment mérőszámai*

Közismert tény, hogy egy jól irányított projekt nagyobb valószínűséggel eredményez jó eredményt. Amennyiben a projekt menedzselése támogató és normálisan értékelő, akkor a fejlesztői munka sokkal nyugodtabb és eredményesebb, mint például egy folyamatos értelmetlen számon kérő esetben. A probléma továbbra is az, hogy erre konkrét mérőszámot nem tudunk megadni [3].

### *Minőségi szempontok*

Adott vállalatnál a létező minőségbiztosítási módszerek és a figyelembe vett szabványok is nyújthatnak támpontot a várható minőségre. Illetőleg a fejlesztő cég CMM<sup>9</sup> besorolása is.

### *Hiba mérték*

Ez lenne a legfontosabb besorolás, mert ez ad pontos megbízhatósági mutatót. A megbízhatóság időfüggő. Megbízhatósági szempontból a következő tesztelési típusok jöhetnek szóba:

1. **Stressz túrési teszt.** A szoftvert (rendszert) olyan körülmények közé helyezi amely annak működését jelentősen befolyásolja, például az erőforrásokat csökkenti.

---

<sup>6</sup> LOC – Line Of Code – A program kódsorainak száma

<sup>7</sup> KLOC – Kilo Line Of Code – A program kódsorainak száma ezer sorokban kifejezve

<sup>8</sup> IPC – Inter Process Communication, Folyamatok közötti kommunikáció

<sup>9</sup> CMM – Capability Maturity Model, Képesség-érettség modell

2. **Terhelési és stabilitási teszt.** A szoftvert maximális terheléssel hosszú ideig vizsgálja.
3. **Megbízhatósági teszt.** Hasonló az előzőhöz, de átlagos terhelés mellett végzik a tesztelést.
4. **Regressziós teszt.** Azt vizsgálja, hogy a szoftver stabil marad-e, ha új elemek jelennek meg a rendszerben, illetve a rendszer valamely része hibásan kezd működni.

Ezeknek a teszteknek az a legnagyobb baja, hogy hosszú ideig tartanak, hiszen statisztikai jellegű eljárások. A kapott eredményeket a következő mérőszámokban fejezik ki [9]:

1. A hiba bekövetkezési valószínűsége adott igényre (POFOD<sup>10</sup>). Alapvetően egy adott bemenetre mekkora a hiba bekövetkezési valószínűsége.
2. A hiba bekövetkezési frekvenciája (ROCOF<sup>11</sup>). Ezt adott időtartamra adják meg.
3. Az átlagos hiba bekövetkezés közti eltelt idő (MTBF<sup>12</sup>, vagy MTTF<sup>13</sup>).
4. Rendelkezésre állás. A rendszer egy adott időtartam alatt mennyi ideig áll rendelkezésre és mennyi ideig tart a karbantartása.

További probléma a tesztelési környezet helyessége. Nyilvánvaló, hogy a hosszú távú tesztelést teljes egészében nem végezheti ember. Ezt automatizálni kell. Ha a teszt környezet hiányos, akkor bizonyos szoftver részletek nem kerülnek tesztelésre, illetőleg az automata teszter nem vesz észre eltéréseket.

## Hiba és eltérés

Sajnos a magyar nyelvben a failure és a fault angol kifejezésekre a fordítás minden esetben a hiba. Ezért kissé önkényesen fordítottuk a failure kifejezést eltérésnek és a fault kifejezést hibának.

Már a definícióból kiderül, hogy egy működési eltérés nem minden esetben okoz hibát. Elképzelhető, hogy egy avatott szemlélő észreveszi, hogy az adott rendszer kis mértékben eltér az előírt működéstől, de ez nem biztos, hogy a rendszer eredő működési jellemzőiben látszik. Az az eltérés, amely már rendszer szinten látható, az már hiba.

A hibák besorolása a következő lehet: [2]

- nem jelentős (jelentéktelen),
- jelentős (kritikus),
- ismert,
- ismeretlen.

Nem jelentős hiba esetén, akár ismert akár ismeretlen nem várhatunk komoly rendszer működési zavart. Ha azonban a hibát sikerült felderíteni, akkor záros határidővel azt javítani kell. Nem biztonságkritikus esetben egy kockázatelemzés után előfordul, hogy a hiba javítatlan marad. Példaként említhetünk kisebb színezési hibákat.

---

<sup>10</sup> POFOD – Probability of Failure on Demand, A hiba bekövetkezési valószínűsége adott igényre

<sup>11</sup> ROCOF – Rate Of Failure Occurrence Frequency, Hiba bekövetkezési frekvenciája

<sup>12</sup> MTBF – Mean Time Between Failures, A meghibásodások között eltelt idő

<sup>13</sup> MTTF – Mean Time To Failure, Egy meghibásodásig eltelt átlagos idő



Nem jelentős hiba esetén, akár ismert akár ismeretlen nem várhatunk komoly rendszer működési zavart. Ha azonban a hibát sikerült felderíteni, akkor záros határidővel azt javítani kell. Nem biztonságkritikus esetben egy kockázatelemzés után előfordul, hogy a hiba javítatlan marad. Példaként említhetünk kisebb színezési hibákat.

Valahol a hiba és az eltérés közé sorolnánk a Boeing 787 Dreamliner generátor problémáját. Egyértelműen komoly működési probléma, de ehhez a hajtóműnek valószínűtlenül hosszú ideig kell működnie. Ezen hiba javítás meg kell oldani, de nem szükséges a típus időszakos üzemeltetésének felfüggesztése[7].

Kritikus hiba esetén a javítás nem halasztható, azt azonnal végre kell hajtani. A legnagyobb biztonsági problémát az ismeretlen kritikus hibák okozzák. Nem ismert, hogy milyen körülmények között következnek be és nem ismert hatásuk sem. Lásd Sevilla-i katasztrófa.

Első pillanatra nyilvánvalónak tűnik a hibák azonnali javítása, azonban a javítás is hordozza a hiba lehetőségét. Rendkívül fontos a javított szoftver alapos validálása [2].

Természetes módon felmerülő kérdés, hogy miért nehéz az eltérések és a hibák felderítése.

A válasz a következő pontokban adható meg:

1. a hiba csak bizonyos esetekben számos körülmény együttes fennállása esetén következik be;
2. a hiba normális körülmények között nem következik be, vagy hatása észrevétlen marad;
3. a hiba folyamatosan fejlődik, majd egy adott szint elérésekor rendszerszintű problémát okoz.

Az első eset tipikus konkurens rendszerek esetén. Hibás tervezés esetén adott konstellációban a teljes rendszer, vagy egyes részei blokkolttá válnak.

A második esetben a rendszer a lehetséges állapottér olyan állapotába kerül, amelyre nincs felkészítve és rosszabb esetben erre választ is ad. Ilyen szerencsétlen eset lehet az úgynevezett halott kód futása.

A harmadik hiba nagyon banális lehet. A rendszer valamilyen erőforrást folyamatosan és észrevétlenül fogyaszt. Erre tipikus példa a naplózás háttértárra, amely a tárolóterület elfogyásához vezet, vagy a memóriaszivárgás.

## A MEGBÍZHATÓSÁG NÖVELESE

Elsődleges cél a megbízhatóság növelése. A lehetséges módszerek a következők:

1. Helyes tervezési módszerek alkalmazása. Biztonságtechnikai és kódolási eljárások betartása vétele, mint például MISRA, illetve az ide vonatkozó szabványok figyelembe vétele IEC 61508 [2].
2. Az előállított adatok és programok minél kimerítőbb tesztelése akár azon az áron is, hogy egy időben több párhuzamosan futó tesztelési projekt fut. Fokozottan érvényes ez a hosszú távú, terheléses és regressziós tesztekre.

3. Az előállított kód legyen hibatűrő, kisebb eltéréseket és hibákat képes legyen korrigálni azért, hogy ezek ne vezessenek komolyabb rendszer működés eltéréshez [9].
4. Olyan szoftver egységek használata, amelyet már többször felhasználtak és hibátlanak minősültek. Ez sem tekinthető végső megoldásnak. Ennek oka, hogy a felhasznált elemek olyan körülmények közé kerülhetnek, amelyben nem működhetnek helyesen.
5. Az előállított kód tartalmazzon biztosítékokat az esetleges komolyabb hibák időben történő felderítésére és ezek hibák kialakulásának megakadályozására.

A probléma továbbra is fennáll, minden redundancia jellegénél fogva növeli a komplexitást. A komplexitás növekedése viszont a hiba lehetőségét hordozza magában.

Volt már arra példa, hogy egy jól működő rendszert a biztonságot szolgáló szoftver elem tett használhatatlanná.

### Következtetések és összefoglalás

A szoftver megbízhatóság valószínűségi jellemző. Nehéz olyan valószínűségi modellt találni, amely jól becsülhetővé teszi az értékét. Több szempontból vizsgálva kijelenthetjük, hogy egységes és minden szempontból megfelelő elméletet nem tudunk megnevezni.

Különböző módszerekkel, szabályokkal és teszteléssel a megbízhatóság javítható, de a tapasztalat azt mutatja, hogy hasonlóan a más ember által előállított rendszerekhez a szoftverek megbízhatósága nem lehet 100%-os.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] VAN SOLINGEN, R., BERGHOUT, E. The Goal/Question/Metric Method: A Practical Guide for Quality Improvement and Software Development. McGraw-Hill International. (1999), pp. 56-67
- [2] TOKODY DÁNIEL, SCHUSTER GYÖRGY, PAPP JÓZSEF: Study of How to Implement an Intelligent Railway System in Hungary In: Anikó Szakál SISY 2015 : IEEE 13th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics: Proceedings. Subotica, Szerbia, 2015.09.17-2015.09.19. Subotica: IEEE Hungary Section, 2015. pp. 199-204.
- [3] LONG, J (ed.) Metrics Data Program, National Aeronautics and Space Administration (2008), (online), url: <http://mdp.ivv.nasa.gov/index.html> (2015.12.28)
- [4] NORMAN F. SCHNEIDEWIND: Reliability Modeling for Safety Critical Software, IEEE Transactions on Reliability, Vol. 46, No.1, 1997.03, pp.88-98
- [5] JAD MOUAWAD: F.A.A. Orders Fix for Possible Power Loss in Boeing 787 (online), url: <http://www.nytimes.com/2015/05/01/business/faa-orders-fix-for-possible-power-loss-in-boeing-787.html> (2015.04.30)
- [6] JENS FLOTTAU, TONY OSBORNE: Software Cut Off Fuel Supply In Stricken A400M (online),url: <http://aviationweek.com/defense/software-cut-fuel-supply-stricken-a400m> (2015.05.23)
- [7] AVIATION SAFETY NETWORK: Accident description,(online), url: <http://aviation-safety.net/database/record.php?id=20150509-0> (2016.01.17)
- [8] J. L. LIONS: ARIANE 5 Flight 501 Failure Report by the Inquiry Board (online), url: <https://www.ima.umn.edu/~arnold/disasters/ariane5rep.html> (2016.02.20)
- [9] JIANTAO PAN: Software Reliability (online), url: [https://users.ece.cmu.edu/~koopman/des\\_s99/sw\\_reliability/](https://users.ece.cmu.edu/~koopman/des_s99/sw_reliability/) (2016.02.21)

### A SOFTWARE RELIABILITY

*Software reliability is the error-free working probability of software for a specified period of time under well-defined environment. Software is critical success factor consequently it is inevitable. Considering this software reliability has a strong effect on the reliability of the whole system. Another tendency is that the complexity of software is increasing in order that software could eliminate errors of the given system, environment and users. That is well-known fact that more complex systems have more possibility of errors. Testing of reliability has well-defined methods in case traditional systems. For example fatigue and wearing of a mechanical part or features of a lubricant can be calculated well. These methods are not suitable for estimation of software reliability. In case of traditional systems the conditions of operation and maintenance have influence on reliability of the system in case of software systems the correctness of the design has the main emphasis.*

**Keywords:** Software, reliability, system, safety critical, testing

---

---

Dr. SCHUSTER György PhD  
Intézetigazgató, egyetemi docens  
Óbudai Egyetem  
Kandó Kálmán villamosmérnöki Kar  
Műszertechnikai és Automatizálási Intézet

schuster.gyorgy@kvk.uni-obuda.hu  
orcid.org/0000-0002-8573-3670

---

TERPECZ Gábor (MSc)  
Mérnök tanár  
Óbudai Egyetem  
Kandó Kálmán villamosmérnöki Kar  
Műszertechnikai és Automatizálási Intézet  
terpezcz.gabor@kvk.uni-obuda.hu  
orcid.org/0000-0001-7899-2837

---

TOKODI Dániel (MSc)  
okl. villamosmérnök  
MÁV Szolgáltató Központ Zrt.  
tokodi.daniel@bgok.hu  
orcid.org/0000-0002-9984-0434

---

Dr. SCHUSTER György PhD  
Associate professor  
Director of Institution of Instrumentation and Automation  
Kandó Kálmán Faculty of Electrical Engineering  
Universitas Budensis

schuster.gyorgy@kvk.uni-obuda.hu  
orcid.org/0000-0002-8573-3670

---

TERPECZ Gábor MSc. EE.  
Engineer Teacher of Institution of Instrumentation and Automation  
Kandó Kálmán Faculty of Electrical Engineering  
Universitas Budensis  
terpezcz.gabor@kvk.uni-obuda.hu  
orcid.org/0000-0001-7899-2837

---

TOKODI Dániel MSc. EE.  
MÁV Service Centre

tokodi.daniel@bgok.hu  
orcid.org/0000-0002-9984-0434

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-13-0316\\_Terpezcz\\_Gabor\\_et\\_al.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-13-0316_Terpezcz_Gabor_et_al.pdf)



**Szilágyi Győző Attila**

## A LÉGI BALESETEK FRAKTÁLDIMENZIÓJA

*A légiközlekedésben kiemelt fontosságú, hogy megelőzhetőek legyenek a légi balesetek. Ennek érdekében a repülés minden területén szabályozott folyamatokat alkalmaznak, és a hagyományos statisztikai elemzések mutatói alátámasztják ennek a szabályozott rendszernek az eredményességét. A légiközlekedés biztonságát azonban számos tényező befolyásolja. Hatással vannak rá az emberek, a műszaki berendezések, az időjárás, és természetesen a véletlen is, és ezek együtt egy komplex rendszert alkotnak, amiben nehéz megkülönböztetni a véletlen eseményeket a zajos, de determinisztikus eseményektől. Jelen kutatásban a káosz és a komplexitás tudományának eszközeivel vizsgáljuk, hogy a légi balesetek vajon véletlen események, vagy található bennük valamilyen mintázat, aminek feltárásával tovább lehetne csökkenteni a légi balesetek számát.*

**Kulcsszavak:** légi balesetek, kaotikus dinamika, komplex rendszerek, nemlineáris elemzések

### I. BEVEZETÉS

A légiközlekedés olyan terület, ahol kiemelkedően magasak a biztonsági követelmények. A repülés területén az érintettek nagy hangsúlyt helyeznek a biztonságra. Folyamatosan mérik, dokumentálják, elemzik a repülésekkel kapcsolatos adatokat és eseményeket, saját tapasztalataikat megosztják egymással, más tapasztalatait pedig rövid időn belül beépítik saját folyamataikba. A légiközlekedés minden területén szabályozott folyamatokat működtetnek, amiknek köszönhetően csökkenthető az emberi hiba lehetősége, korán felderíthetők a műszaki meghibásodások, és csökkenthető a véletlen hatása a repülésben. Bár mindezek eredményeképpen a polgári repülés baleseti statisztikái a legtöbb közlekedési fajtánál jobb eredményt mutatnak, mégis történnek időnként légi balesetek. Jelen tanulmányban arra keressük a választ, hogy a légi balesetek mennyire véletlenszerű események.

### II. A REPÜLÉS, MINT KOMPLEX RENDSZER

A légiközlekedés biztonságát tapasztalatokon alapuló, szabályozott és folyamatos fejlesztés alatt álló rendszerek biztosítják, legyenek azok műszaki, kommunikációs, meteorológia, irányítási, vagy egyéb rendszerek. Ezek a rendszerek egymással, az egyes rendszereket kiszolgáló és működtető emberekkel, és az időjárással együtt, egy igen bonyolult, úgynevezett komplex rendszert alkotnak. Rendszerelméleti szempontból fontos, hogy különbséget tegyünk komplikált és komplex rendszerek között. Nem attól lesz egy rendszer komplex, hogy sok elemből áll, vagy hogy a rendszert alkotó rendszerelemek között nagyszámú kapcsolat áll fenn. Amennyiben egy rendszer elemei között lineáris összefüggésekkel leírható kapcsolatok vannak, a rendszer lehet komplikált ugyan, de ettől még állapotváltozása teljesen kiszámítható. A komplex rendszerekre az jellemző, hogy nem csupán nagyszámú rendszerelem alkotja azokat, de a rendszer egyes elemei egymással bonyolult, visszacsatolásokat is tartalmazó, nemlineáris kapcsolatban állnak. [1] A komplex rendszerekben egy rendszerelem jelentéktelennek tűnő kis állapoteltérése is okozhat a rendszerben nagymértékű változást, és a következmények nem mindig kiszámíthatóak. A komplex rendszerek viselkedése nem vezethető le a rendszer elemeinek viselkedéséből, sőt, attól teljesen eltérő viselkedést is mutathat. [2] A gyakorlatban a társadalmi, mű-

szaki, természeti rendszerek komplex rendszerként viselkednek, és bizonyos állapotváltozásokra –esetenként függetlenül a hatás mértékétől – nemlineáris módon reagálnak. [3]

A repülésbiztonság több területet is magában foglal, hatással van rá az emberi tényező, az időjárás, a műszaki berendezések, ezen felül még az is befolyásolja, hogy e területekről érkező hatások térben és időben hogyan viszonyulnak egymáshoz, és természetesen megtalálható a véletlenszerűség is a rendszerben. Mindezek alapján olyan rendszer körvonalazódik, amiben egyszerre van jelen a determinizmus és a véletlenszerűség, ezért jogosan feltételezhetjük, hogy valójában nem egy sztochasztikus, hanem egy komplex, nemlineáris rendszerrel van dolgunk.

## II. ADATFORRÁSOK ÉS VIZSGÁLT ADATOK

A kutatás során felhasznált légi baleseti adatok az Flight Safety Foundation [4] által üzemeltetett, Aviation Safety Network (ASN) adatbázisából származnak. [5] Az ASN adatbázisában 1919-től kezdődően állnak rendelkezésre nyilvános adatok a légi balesetekkel kapcsolatosan, és heti rendszerességgel frissítik az adatbázist. Az adatbázisban a legalább 12 fő befogadására képes utasszállító repülőgépek, valamint az ilyen méretű magánrepülőgépek és katonai szállítógépek baleseti adatai szerepelnek. A katonai harci repülőgépek baleseti adatai az adatbázisban nem szerepelnek. Az egyes balesetekhez tartozóan az esemény rövid leírása, hely, dátum és időadatok, géptípusra vonatkozó alapadatok, az indulási és tervezett érkezési repülőtér alapadatai, valamint Google Map platformon elérhető térképadatok és műholdas képe is hozzáférhető. Az adatbázisban lehetőség van géptípus, földrajzi régió, baleseti okok, légitársaság, repülőtér és járat szerinti keresésre és csoportosításra, valamint különböző statisztikai kimutatások lekérésére is, utóbbi esetben az adatok 1942-től kezdve állnak rendelkezésre, éves bontásban.

A kutatás során két szempont szerinti adatokat vizsgáltunk. A repülés jellege és a repülési fázis szerint. A repülés jellege szerinti adatokat négy kategóriában elemeztük, úgy mint nemzetközi menetrendszerinti személyszállítás, belföldi menetrendszerinti személyszállítás, teherszállítás és kiképző repülések légi baleseteinek száma. A repülés fázisai szerint öt kategóriába rendeztük az adatokat, és a felszállás, emelkedés, repülés, megközelítés és leszállás fázisokban bekövetkezett légi balesetek adatait vizsgáltuk. Az adatok így a légi balesetekre vonatkozóan a repülés jellege valamint a repülési fázis szerinti csoportokban, éves bontásban, 1942-től 2015-ig terjedően álltak rendelkezésre.

## III. VÉLETLEN VAGY DETERMINISZTIKUS KÁOSZ?

A rendelkezésre álló, éves bontású baleseti adatok alapján kézenfekvő, hogy idősoros elemzési módszereket alkalmazzunk. Az idősoros statisztikai elemzések egyik célja, hogy a múltbéli eseményekből nyert információ alapján előrejelzéseket készíthessünk a jövőre vonatkozóan. Ennek keretében mintázatokat keresünk, és azzal a feltételezéssel élünk, hogy a mintázat a jövőben is ismétlődni fog. Az idősoros elemzések abban különböznek más adattípusoktól, hogy ebben az elemzési módszerben az adatok sorrendje is fontos. Egy idősnak négy alapvető összetevője lehet, trendje, ciklikussága, szezonális és egyedi fluktuációja. Egy adott idősnak ezek különböző kombinációban realizálódnak, de akár egyszerre is jelen lehetnek. Ebből adódóan nem létezik a "tökéletes" idősnak-elemzési technika, és minden modell tartalmaz bizonyos szintű hibát. [6] A leíró statisztikai elemzési módszerekkel az idősorokból könnyen kimutathatók a nyilvánvaló trendek, ciklusok, szezonálisok, és vizsgálható,

hogyan a trendhez viszonyítva hogyan változik a szórás. De hogyan dönthető el egy minden szabályszerűséget nélkülöző, véletlenszerűnek tűnő idősorból, hogy valóban véletlenszerű adatokkal van dolgunk, vagy egy kevés változós kaotikus, azaz nemlineáris determinisztikus komplex rendszerből származó adatokkal, amiben esetleg mégis van azonosítható mintázat? [7]

## IV. AZ ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

### IV.1. A Brown-mozgás diagramjának dimenziója

Ahhoz, hogy megállapítsuk, hogy a légi balesetek idősoros adatai véletlenszerűek-e, az R/S analízist alkalmaztuk. E módszer Einsteinnek a Brown-mozgással kapcsolatos munkáján alapul. Einstein a nyugvó folyadékban lebegő részecskék mozgását írta le, mint a vizsgált részecskének, más részecskékkel történő véletlenszerű ütközéseinek eredményeképpen létrejövő bolyongást. Mivel a részecskét minden irányból azonos valószínűséggel, azonos nagyságú ütközések érik, így a Brown-mozgás esetében a részecskét nagyszámú és egymástól független hatás éri. Ha ezt a mozgást az idő függvényében egy dimenziós bolyongásra képezzük le, azaz véletlenszerű fel és le impulzusok érnék egy gondolatbeli részecskét, akkor egy olyan görbét kapunk, ami jó közelítése lesz a Brown-mozgásnak. Így egy olyan bolyongási folyamatot hozunk létre, ami egymástól független és azonos eloszlású véletlen változók kumulált összegeként jön létre. Az ilyen folyamatokat fehér zajnak is szokás nevezni. Ebben a folyamatban a részecske folyamatosan távolodik a kiindulási ponttól, és a megtett távolság az  $R$ , az eltelt idő a  $T$  négyzetgyökével arányosan növekszik, azaz  $R=T^{1/2}$ . Amennyiben a Brown-mozgás grafikonján az idő tengelyen megduplázzuk a léptéket, az elmozdulás függőlegesen pedig  $2^{1/2}$ -szeresére növeljük léptéket, a diagram vizuális jellege és statisztikai tulajdonságai sem változnak meg. A véletlen bolyongás grafikonjának e tulajdonsága az ön hasonlóság, ami a fraktálokra jellemző. Ha meg akarjuk határozni a Brown-mozgás grafikonjának fraktáldimenzióját, alkalmazhatjuk az úgynevezett doboz-számláló dimenzió módszert. Tegyük egy rácsot a síkbeli alakzatra, és számoljuk meg, hogy hány cella szükséges a vizsgált alakzat lefedésére. Ezek után csökkentsük felére a cellaméreteket a rácson, és ismét számoljuk meg a lefedéshez szükséges cellák számát. Nyilvánvalóan most több cella kell az alakzat lefedéséhez. Ezt ismételve, egy olyan összefüggést kapunk, (1) amivel meghatározható a vizsgált alakzat doboz-számláló dimenziója.

$$N = r^{-D} \tag{1}$$

ahol

- $N$  = a lefedéshez szükséges cellák száma,
- $r$  = az alkalmazott cellaméret,
- $D$  = az alakzat doboz-számláló dimenziója.

Ezzel az eljárással a Brown-mozgás doboz-számláló dimenziójaként 1,5-ös értéket kapunk, amiből következik, hogy a terjedés a  $T^{1/2}$ -nel arányos diffúziós mozgást követ.

### IV.2. Az R/S analízis

Felmerül a kérdés, hogy a légi balesetek adatai vajon a Brown-mozgással leírható véletlen folyamatok kategóriájába tartoznak-e, azaz farktál tulajdonságú adatsorral van-e dolgunk? Ennek érdekében meg kell határoznunk az általunk vizsgált idősoros adatok dimenzióját. Ennek meghatározásához Herold Edwin Hurst, angol vízmérnök által kidolgozott módszert alkalmazzuk. Hurst egy olyan eljárást dolgozott ki, amelynek segítségével eldönthetővé vált, hogy a Nílus vízállása milyen típusú véletlen folyamatnak tekinthető. Ezzel a módszerrel kiszámolható a különböző időperiódusokra a kumulált adatok átlag körüli



ingadozásának  $R$  terjedelmét, majd ezt standardizálja az adatok  $S$  szórásával, ezért "újraskálázott terjedelem analízisnek" is szokás hívni, innen származik az  $R/S$  analízis elnevezés. [8] Vizsgáljuk egy adott  $T$  éves időszakban bekövetkezett légi balesetek számát, és képezzük ennek átlagát. (2)

$$E_T = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T E_t \quad (2)$$

ahol

$E_T$  = a vizsgált időszakban bekövetkezett légi balesetek átlagos száma,  
 $T$  = a vizsgált időszak.

Ezután képezzük az idősor  $E_t$  változóinak, a vizsgált időszak átlagától való kumulált  $X(t, T)$  eltérését. (3)

$$X(t, T) = \sum_{t=1}^T (E_t - E_T) \quad (3)$$

Határozzuk meg most a az idősor legnagyobb és legkisebb értékének a különbségét, (4) ami valójában az idősor terjedelme.

$$R_t = \max X(t, T) - \min X(t, T) \quad (4)$$

Belátható, hogy a vizsgált időszak növelésével az  $X(t, T)$  értékek szétterjednek, tehát az idő függvényében nő az  $R_t$  terjedelem. Ezután az  $S_T$  szórással standardizált  $R_T/S_T$  hányadost kell vizsgálnunk az idő függvényében. A Brown-mozgás esetén ez a hányados  $T^{1/2}$ -vel lesz arányos, ezért alkalmazhatjuk a következő (5) formulát, mely szerint

$$R_T / S_T = T^H \quad (5)$$

ahol  $H$  a Hurst-exponens.

Amennyiben a fenti (5) egyenletet logaritmizáljuk, és a különböző  $T$  időtartamokra vonatkozó  $R_T/S_T$  értékeket kettős logaritmikus skálájú koordinátarendszerben jelenítjük meg, úgy a kapott diagram meredeksége adja a Hurst-exponens értékét.

Ezek alapján már értelmezhetjük a Hurst-exponens jelentését is az idősoros adatok elemzésére vonatkozóan. A  $H = 0,5$  érték azt jelenti, hogy a vizsgált adatsor azonos eloszlású és független változók eredményeképpen jött létre, tehát teljesen véletlenszerű az adatok változása. Ha a Hurst-exponens értéke  $H > 0,5$ , akkor trendtartó idősorral van dolgunk, és ez esetben a rendszerben jellemzően 0,5-nél nagyobb valószínűséggel az adatokban emelkedés után ismét emelkedés, csökkenés után pedig ismét csökkenés várható. Amit úgy is értelmezhetünk, hogy a "rendszernek van memóriája", és "emlékszik a múltjára", és jó eséllyel fellelhető egyfajta mintázat a hagyományos trendeken és ciklusokon felül. Amennyiben  $H < 0,5$  értéket kapunk, a rendszer viselkedése olyan, hogy a növekedést 0,5-nél nagyobb valószínűséggel csökkenés, a csökkenést pedig 0,5-nél nagyobb valószínűséggel emelkedés követi a rendszerben, tehát a rendszer próbálja a középértékhez visszatéríteni az adatokat.

### IV.3. Az idősor fraktáldimenziója

A Brown-mozgás esetén láttuk, hogy a bolyongás idősoros adatainak fraktáldimenziója 1,5, ami arra utal, hogy a Brown-mozgás háttérben nemlineáris dinamika rejtőzik. Benoit Mandelbrot megmutatta, [9] hogy egy idősor  $D$  fraktáldimenzióját (6) a Hurst-exponens reciproka, azaz  $1/H$  adja.

$$D = \frac{1}{H} \quad (6)$$

Az idősorban az időbeli növekmények közötti korreláció  $C_{(t)}$  pedig azt méri, (7) hogy mekkora az egyes időintervallumokban bekövetkezett változások közötti összefüggés, minden egyes hosszúságú és a  $t$  időpontot megelőző és követő időintervallumra vonatkozóan.

$$C_{(t)} = 2^{2H-1} - 1 \quad (7)$$

Ez azt jelenti, hogy a  $H = 0,5$  esetében - amit véletlen idősor eredményez -, a  $D$  fraktáldimenzió kettő, a  $C_{(t)}$  korreláció pedig nulla. Ezek alapján meg tudjuk határozni a repülési balesetek idősorainak Hurst-exponenseit, fraktáldimenzióit és belső korrelációit, amiből következtethetünk az adatsorok véletlenszerűségére, és azon keresztül a repülés, mint komplex rendszer belső, rejtett tulajdonságaira.

## V. ELEMZÉSI EREDMÉNYEK

### V.1. A repülés jellege szerinti adatok elemzése

A repülés jellege szerint az adatokat négy csoportban elemeztük. Külön adatsorokként vizsgáltuk a nemzetközi menetrendszerinti személyszállítás, a belföldi menetrendszerinti személyszállítás, a teherszállítás és a kiképzési repülések légi baleseteinek számadatait. Az elemzésben 1942-től 2015-ig terjedően álltak rendelkezésre adatok, éves bontásban, így minden esetben egy 74 elemből álló idősoron végeztük az elemzést. Az idősoros adatokból eltávolítottuk a hosszú távú trendet, és az így megtisztított adatokon végeztük el az elemzést. Erre azért van szükség, mert az éves adatokon a repülésbiztonsági intézkedések hosszú távú, csökkenő trendet eredményeznek, a kutatás célja pedig a trendtől és egyéb ciklusoktól megtisztított adatokban esetlegesen jelenlevő egyéb hatások feltárása volt, ami a szokványos statisztikai módszerek alkalmazásakor rejtve maradnak.

A repülés jellege szerinti kategóriákba sorolt légi balesetek idősorainak  $R/S$  analízise minden esetben magas Hurst-exponenst mutatott ki, ami arra utal, hogy baleseti az események mögött nemlineáris dinamika húzódhat meg. Az 1. ábrán látható  $H$  értékek mindegyike nagyobb, mint  $H = 0,7$ . A kaotikus dinamikai elemzések alapján,  $H > 0,7$  érték esetén már nem csak erősen trendtartónak tekinthető egy adatsor, hanem  $H$  ilyen magas értéke arra utal, hogy a rendszer kaotikus dinamikát követ, azaz a rendszer nagy valószínűséggel egy alacsony dimenziójú, nemlineáris rendszer. A teherszállítás adatain kiemelkedően magas,  $H > 0,9$  értéket mértünk, ami az adatsorban nagyobb belső ingadozásokra hívja fel a figyelmet. Ilyen lehet például, hogy bizonyos baleseti okok periodicitása nagyobb, mint az összes bekövetkezett légi baleseté, [10] de arra is utalhat a magas  $H$  érték, hogy a légi teherszállítás rendszere alacsonyabb komplexitású, gyengébben visszacsatolt rendszer, mint a személyszállítás rendszere, és ez által sokkal kevésbé hajlamos kaotikus jelleget mutatni, és ez által az ok-okozati összefüggések sokkal inkább igazolhatók.

	Hurst-exponens ( $H$ )	Fraktáldimenzió ( $D$ )	Belső korreláció ( $C_t$ )
Nemzetközi menetrendszerinti személyszállítás	0,7847	1,27	0,48
Belföldi menetrendszerinti személyszállítás	0,7136	1,40	0,34
Teherszállítás	0,9265	1,08	0,81
Kiképző repülés	0,7654	1,31	0,44

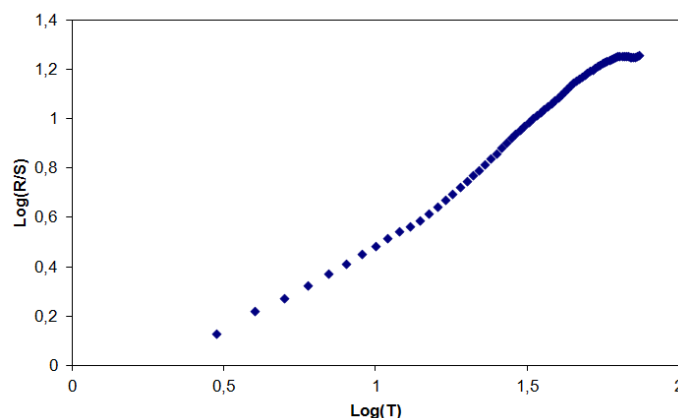
1. táblázat A repülés jellege szerinti légi balesetek  $R/S$  analízisének eredménye

## V.2. A repülési fázis szerinti adatok elemzése

A repülési balesetek, repülés fázis szerint öt csoportba sorolva adatok álltak rendelkezésre. Ezek a fázisok a felszállás, emelkedés, repülés, megközelítés és a leszállás voltak. Így azt is vizsgálni lehetett, hogy repülési fázisonként mennyire véletlenszerű a légi balesetek bekövetkezéseinek időszora. Ezen elemzés során is 1942-től, 2015-ig terjedő időszakra vonatkozó adatok álltak rendelkezésünkre, és az adatokat ebben az esetben is hasonlóan tisztítottuk meg a trend jellegű és ciklikus összetevőktől. Ez esetben a Hurst-exponensek nagyobb eltéréseket mutattak az egyes repülési fázisokhoz tartozó adatsorokban. A legkisebb Hurst-exponenst a felszállás fázishoz tartozó adatsorban kaptunk, a legmagasabbat pedig a repülés fázishoz tartozóan. A kapott eredményeket a 2. táblázat mutatja. A repülés fázisban, kiemelkedően magas,  $H > 0,9$  értéket mértünk, míg a felszállás esetén pedig  $H = 0,5941$  értéket, ami igen közel van a véletlen idősorok  $H \sim 0,5$  körüli értékeihez.

	Hurst-exponens ( $H$ )	Fraktáldimenzió ( $D$ )	Belső korreláció ( $C_t$ )
Felszállás	0,5941	1,68	0,14
Emelkedés	0,6455	1,55	0,22
Repülés	0,9193	1,09	0,79
Megközelítés	0,7117	1,41	0,34
Leszállás	0,7556	1,32	0,43

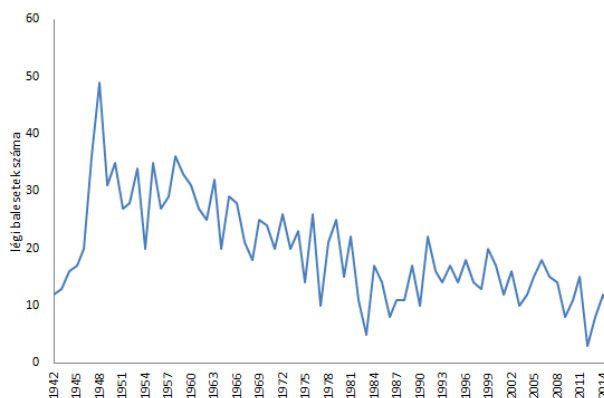
2. táblázat A repülés fázisai szerinti légi balesetek R/S analízisének eredménye



1. ábra A repülés fázishoz tartozó R/S analízis grafikonja

A repülés fázisra vonatkozóan további érdekes eredményt találunk. Ha megvizsgáljuk a kettős logaritmusos skálán ábrázolt R/S analízis eredményét az 1. ábrán, akkor azt láthatjuk, hogy a kapott görbe, a vége felé egy ponton markánsan megtörik. Az ilyen jellegű törések arra utalnak, hogy a vizsgált rendszerben, a törés időpontjában valami meghatározó változás történt. Ha beazonosítjuk a törési pontot a grafikonon, akkor ennek időpontja 2001-es évre mutat.

Az elemzés alapján a 2001-hez tartozó töréspont úgy értelmezhető, hogy a 2001. szeptember 11-i terrortámadást követően bevezetett repülésbiztonsági intézkedések markáns hatást gyakoroltak a repülésbiztonság egészére.



2. ábra A repülés fázishoz tartozó hagyományos grafikon

A 2. ábrán látható hagyományos grafikonon, amin az évek függvényében a balesetek számát jelenítjük meg, ez a hatás azonban nem azonosítható be.

### V.3. Az adatsorok random tesztje

Ahhoz, hogy biztosak legyünk, hogy a Hurst-exponensre kapott, a véletlentől nagyban eltérő eredmények nem az adatokban rejlő, azok sorrendtől független tulajdonságaiból fakadnak, elvégeztük az adatsorok random tesztjét. Ennek során a trendtől megtisztított adatsor elemeit véletlenszerűen megkevertük, és az így kapott adatsoron is lefuttattuk az  $R/S$  analízist. A vizsgált adatsorok mindegyike esetében a véletlen sorrendű adatokon  $0,49 < H < 0,51$  eredményeket kaptunk a Hurst-exponens értékére, ami a véletlen adatsorokra jellemző érték. Ez azt bizonyítja, hogy nem az adatok saját tulajdonságából adódik a fraktál jelleg, hanem az adatok időbeli sorrendje határozza meg. Ebből arra következtethetünk, hogy a légi balesetek idősoros adataiban létezik egyfajta "memória", ami rejtett mintázatok meglétére utal.

## VI. ÖSSZFOGLALÁS

A légi balesetek idősoros adatain végzett  $R/S$  analízis eredménye rámutat arra, hogy a hagyományos statisztikai technikákon túl, érdemes alternatív matematikai módszereket is alkalmaznunk a légi balesetek okainak feltárásában. Bár a közismert statisztikai módszerek hasznos eredményeket adnak az idősorokban rejlő trendek, szezonálisok és ciklusok okainak magyarázatára, de ehhez bizonyos előfeltételezésekkel kell élnünk az adatokat illetően, de lehet, hogy pont ezek az előfeltételek rejtik el a rendszer bizonyos belső tulajdonságait. A nemlineáris matematikai módszerek, amikkel a komplex rendszereket és a kaotikus dinamikát lehet vizsgálni, olyan perspektívát biztosít számunkra, amivel feltárhatók a komplex rendszerek rejtett viselkedésformái. Az elemzés megmutatta, hogy a légi balesetek különböző jellegű jelleget mutatnak a repülés jellege illetve a repülési fázis tekintetében. A különböző jellegű rendszerviselkedések hátterében feltehetően alacsony dimenziójú, kaotikus dinamika húzódik meg, aminek egyik jellemzője az adott idősor Hurst-exponense, és az abból származtatott fraktáldimenziója. Az elemzés rámutatott arra is, hogy a nemlineáris elemzések alkalmazásával, a légi balesetek idősoros adataiban olyan mintázatok és események is kimutathatók, amik a hagyományos statisztikai elemzési módszerekkel gyakran rejtve maradnak.

Összességében levonható a következtetés, mi szerint a légi közlekedést érdemes olyan komplex rendszerként vizsgálni, amelynek emberi, technikai, környezeti és egyéb elemei egymással nagyszámú és

bonyolult visszacsatolásokból álló kapcsolatrendszerben állnak. Ennek eredményeként a repülésre úgy tekinthetünk, amiben a balesetek számát alacsony dimenziós, nemlineáris hatások is befolyásolják.

A cikk szerzője nem légügyi szakember, szakterülete nem a repülésbiztonság, hanem a komplex rendszerek dinamikai vizsgálata. Ebből adódóan tisztában van azzal, hogy a légi balesetek adatainak végzett elemzési eredményei, a repülésbiztonság szempontjából közvetlenül nem még hasznosíthatók. Ahhoz, hogy a repülési baleseti adatokon végzett nemlineáris elemzések a gyakorlatban is hasznosíthatók legyenek, az szükséges, hogy a kapott eredményeket repülési szakemberek is felhasználhatónak ítéeljék meg. Ebből adódóan jelen tanulmány célja az, hogy felkeltse a repülésbiztonsági szakemberek figyelmét a komplex rendszerek vizsgálatához használt elemzési módszerekre, és hogy a repülési szakemberekkel közösen olyan új lehetőségeket nyisson a repülésbiztonság területén, amik alkalmazásával tovább csökkenthetők a repülési balesetek.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] KERTÉSZ JÁNOS -VICSEK TAMÁS: Komplex hálózatok a természetben és a társadalomban. Magyar Tudomány, 2006/5. (558-564. o.)
- [2] MUNK SÁNDOR: Hálózatok fogalma, alapjai. Hadmérnök, V. évfolyam, 3. szám, 2010. szeptember
- [3] POKORÁDI LÁSZLÓ: Rendszerek és folyamatok modellezése. Campus Kiadó, Debrecen, 2008.
- [4] FLIGHT SAFETY FOUNDATION: <http://flightsafety.org> (2016.03.13)
- [5] AVIATION SAFETY NET: <https://aviation-safety.net/database/> (2016.03.13.)
- [6] OSTROM, CHARLES W.: Time Series Analysis: Regression Techniques. Sage Publications, Beverly Hills, 1978.
- [7] FOKASZ NIKOSZ: Nemlineáris idősorok - a tőzsde káosza? Magyar Tudomány, 2002/október
- [8] ARVIND VERMA: The fractal dimension of policing. Journal of Criminal Justice, Vol 26, No 5. 1998. (425-435. o.)
- [9] BENOIT MANDELBROT: Statistical methodology for non-periodic cycles: from the covariance to R/S analysis. Annals of Economic and Social Measurement, 1 (3), 1972. (259-290.o.)
- [10] EDGAR E. PETERS: Chaos and order in capital market. John Wiley and Son, New York, 1991.

---

### THE FRACTAL DIMENSION OF THE AIR ACCIDENTS

---

*To avoid air accidents has high priority in aviation. For this reason controlled processes are applied at all fields of the aviation and the efficiency of this controlled system is confirmed by the indexes of conventional statistic analysis. However aviation security is influenced by several factors. It is affected by people, by technical equipments, by the weather and of course by the incidences. These factors constitute a complex system where it is difficult to make distinction between the incidences and the noisy but deterministic occasions. In the present research it is examined by the tools of the chaos and complexity science if air accidents are incidences or it is possible to find some patterns in them. By the exploration of these patterns it could be possible to reduce the number of air accidents.*

**Keywords:** air accidents, chaotic dynamics, complex systems, nonlinear analysis

---

SZILÁGYI Győző Attila (MSc)  
PhD hallgató  
Óbudai Egyetem  
Biztonságtudományi Doktori Iskola  
szilagyi@strategiakutatas.hu  
orcid.org/0000-0002-3294-6760

SZILÁGYI Győző Attila (MSc)  
PhD aspirant  
Óbuda University  
Doctoral School on Security and Safety Science  
szilagyi@strategiakuta  
orcid.org/0000-0002-3294-6760 tas.hu

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-14-0311\\_Szilagyi\\_Gyozo\\_Attila.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-14-0311_Szilagyi_Gyozo_Attila.pdf)

**Csutorás Gábor**

## REPÜLŐTÉRI TŰZOLTÓ BEAVATKOZÁSOK KOCKÁZATELEMZÉSE

*A repülőgép balesetek során jelentkező kockázatok befolyásolhatják a tűzoltó készenléti szolgálatok beavatkozásának sikerét. A kockázatelemzésre a biztonságos beavatkozás, az eredményes személy és tárgymentés, a tűz megbízható eloltása érdekében van szükség. A repülőtéri tűzoltó beavatkozások kockázatainak elemzésére a projektek kockázatértékelési módszerét alkalmaztam. A kockázatértékelés alapján a végrehajtási, valamint a beavatkozókat ért pszichoszociális kockázatok bizonyultak a legjelentősebbeknek. A javasolt kockázatcsökkentő intézkedések végrehajtásával a személyzetek, utasok biztonsága, túlélési valószínűsége nő.*

**Kulcsszavak:** tűzvédelem, repülőtér, repülőgép baleset, kockázatelemzés, kockázatértékelés

### BEVEZETÉS

A repülőgép tüzek jellege, a személymentés környezete speciális fogások használatára készíti a beavatkozó tűzoltókat. Repülőgép balesetek bekövetkezésekor a tűzoltó készenléti állomány eredményességét befolyásoló kockázatok nem a hagyományos módon jelentkeznek, azok következményei, súlyuk, bekövetkezési valószínűségük, hatásaik eltérnek a megszokottól. Új kockázat kiváltó okok és új kockázatok jelentkezhetnek.

#### Kockázatértékelés célja

A repülőtéri tűzoltó beavatkozások kockázatértékelésének célja, hogy repülőeszköz balesetek során elősegítse a beavatkozások hatékonyságát, ezáltal az eredményes személymentést, a tűz megbízható eloltását. A szükséges intézkedések megtételével járuljon hozzá a személyzetek és utasok biztonságának megvédéséhez, túlélésük biztosításához.

#### Kockázatértékelés módszere

A repülőtéri tűzoltó beavatkozások egyfajta projekthez hasonlítanak. Maga a beavatkozási folyamat rendelkezik a projekt jellemzőivel. A beavatkozásnak van eleje, vége, időszakos, erőforrásokat vesz igénybe, kockázatokkal jár, jellemző rá az egyediség és még egyéb más a projekttel megegyező tulajdonságok jellemzik. A repülőtereken a tűzoltó beavatkozások végrehajtásához szükséges magas szinten kidolgozott kezdeti tervekkel rendelkeznek [1]

Ezek alapján lehet elvégezni a további fázisokat. Célszerű tehát a repülőtéri tűzoltó beavatkozást projektként kezelni.

Ellenérvként jelentkezik, hogy a tűzoltó készenléti szolgálatra, mint merev, hierarchikus szervezetre nem a projektszerű működési mód a jellemző. Elgondolásom alapja azonban nem a szervezet struktúrája, hanem maga a beavatkozás folyamata. A beavatkozás folyamatát projektként kezelve lehetőség van a kockázatok projekt módszerrel történő értékelésére [2].

A módszer azért előnyös, mert várhatóan részletesebb képet lehet szerezni a beavatkozás kockázatairól, mint a hagyományos mátrix segítségével. A kockázatcsökkentés is hatékonyabban elvégezhető.

## 1. TŰZOLTÓ BEAVATKOZÁS KOCKÁZATAINAK AZONOSÍTÁSA

### **Kockázatok azonosítása**

A kockázatok azonosításához kockázati ellenőrző lista készítésére nem volt szükség, mivel a kockázatokat a beavatkozó tűzoltó állomány tevékenységei alapján azonosítottam. Ezek a műveletek, amelyek a riasztás vételétől egészen a bevonulás befejezéséig tartanak, egy egységes feladatrendszer képeznek, amelyet a Tűzoltás-taktikai Szabályzat [3] ír le. Megjegyzem, hogy a feladatrendszer elemei, a tevékenységek, eljárások módjai, sorrendje repülőgép balesetek esetén eltér a strukturális tüzeknél történő beavatkozások során alkalmazottaktól, [4] ezért azok kockázatainak azonosítására nem használható.

### **Kockázatok csoportosítása**

A kockázatok azonosítása után a lehetséges kockázatokat kockázati csoportokba foglaltam. A repülőtéri tűzoltó beavatkozás kialakított kockázati csoportjai a következők:

#### *Általános projektkockázatok*

Az általános kockázatok nem kapcsolódnak szorosan az adott incidenshez. A személyek mentésére és a tűz oltására irányuló tevékenységektől függetlenül, általánosságban befolyásolhatják a szervezet működését, és a tűzoltás feltételeinek meglétét.

#### *Technikai és eredménykockázatok*

Az oltás és mentés során felhasznált technikai eszközök, berendezések, felszerelések használata közben előforduló, valamint a tevékenységhez szükséges, annak eredményességét befolyásoló feltételek meglétét veszélyeztető kockázatok.

#### *Végrehajtási kockázatok [5]*

A tűzoltásban, mentésben érintett személyek tevékenységének hiányosságaiból fakadó kockázatok. Részletezés nélkül, összefoglalóan tartalmazza az egyén feladatrendszerében elkövetett hibák, szakszerűtlenségek, rendszabályok be nem tartása következtében előforduló összes kockázatot. A végrehajtási kockázatok közé tartoznak még a tűzoltási, mentési folyamat során a nem várt eseményekből adódó, valamint a helyzet gyors változásaiból fakadó kockázatok.

#### *Környezeti kockázatok*

A tűzoltó beavatkozás környezetében jelentkező hatások, a feladatok végrehajtását negatívan befolyásoló munkakörülmények kockázatai.

#### *Munkahigiénés kockázatok*

A beavatkozó tűzoltókat érő terhelésekből jelentkező kockázatok. Ezek egy része látens, nem azonnal jelentkezik.



*Pszichoszociális kockázatok/stressz [6]*

A repülőtéri tűzoltó beavatkozás során a beavatkozókra nehezedő pszichikai nyomás, feszültség kockázatai.

A kockázati csoportokhoz tartozó kockázatokat részletes táblázatban gyűjtöttem össze. (1. ábra)  
A beazonosított kockázatokat K1...K41 jelzéssel láttam el.

<b>A kockázatok listája</b>			
Ssz.	Kockázati csoport	Leírás	
K1	Általános projekt-kockázatok	Törvényi háttér, és jogszabályok változása	
K2		Szakképzettség meglétének hiánya	
K3		Jártasság, gyakorlat, tapasztalat	
K4		Előírt technikai eszközök, felszerelések megléte	
K5		Veszélyhelyzeti tervek megléte, naprakészsége	
K6		Technikai és eredménykockázatok	Nem megfelelő készenléti fokozat
K7			Szükséges tűzoltó kapacitás megléte
K8			Járművek, berendezések, felszerelések meghibásodása
K9			Oltóanyagok minősége, alkalmazhatósága
K10			Járművek készenléti helyének kijelölése
K11			Kommunikáció terén meglévő hiányosságok
K12			Normaidőn túl történő beavatkozás
K13		Végrehajtási kockázatok	Minimális információ hiánya
K14			Repülőeszköz típus veszélyhelyzeti mentési információinak ismerete
K15	Légiforgalmi irányító nincs a helyzet magaslatán		
K16	Tűzoltás vezető hibás döntése		
K17	Kezelők szakszerűtlen tevékenysége		
K18	Biztonsági előírások megsértése		
K19	Tűzoltás folyamatossága megszakad		
K20	Nem elég (elfogy) az oltóanyag		
K21	Rugalmatlan reagálás a helyzet változásaira		
K22	Beavatkozók sérülése, akadályoztatása		
K23	Nem várt esemény (robbanás) bekövetkezése		
K24	Környezeti kockázatok		Időjárás
K25			Levegő hőmérséklete
K26			Tevékenységhez szükséges eszközök megléte
K27		Felszerelések, berendezések elhelyezése, hozzáférhetősége	
K28		Kémiai kockázatok	
K29		Biológiai kockázatok	
K30		Munkaruha, védőeszköz hiánya, alkalmatlansága	
K31	Munkahigiénés kockázatok	Kényszertesthelyzet előfordulása	
K32		Védőeszköz, légzőkészülék viselés szervezetet ért terhelése	
K33		A környezet tűz és robbanásveszélyessége	
K34		Mérgező és sugárzó anyagok terhelése, (dózissterhelés)	
K35		Rendszeres munka alkalmassági vizsgálatok elmaradása	
K36		Pszichoszociális kockázatok/stressz	Időnyomás
K37	Döntéskényszer		
K38	Változó intenzitású terhelés		
K39	Hibázás következményei		
K40	Egészségkárosítás		
K41		Állandó készenlét miatti feszültség	

1. ábra Repülőtéri tűzoltó beavatkozás kockázatainak listája

## 2. TŰZOLTÓ BEAVATKOZÁS KOCKÁZATAINAK ÉRTÉKELÉSE

### A kockázatértékelési táblázat összeállítása

A kockázatok azonosítása után minden egyes kockázatot részletesen értékeltem és összeállítottam a kockázatértékelési táblázatot. (2. ábra.)

A táblázatban a kockázatok egyértelmű sorszámokkal jelöltem. A beazonosított kockázatok vizsgálata kiterjedt a kockázat okának és alapjának értelmezésére, melyet szintén feltüntettem a táblázatban.

*Ok*

Meghatároztam a kockázat okát, alapját.

*Következmény*

Az értékelés csak akkor lesz autentikus, ha megállapítjuk a kockázat felmerülésének következményét, hatását a projektekre. A következmények szöveges formában kerültek a táblázatba.

*Előzetes jel*

A legtöbb esetben a kockázat felmerülésének van előzménye. Az előzetes jelek ismerete megkönnyíti a kockázat bekövetkezési valószínűségének meghatározását, és a későbbiekben segíteni fog a kockázatcsökkentő intézkedések megfogalmazásában.

*A bekövetkezés valószínűsége*

A következő lépés a kockázatok bekövetkezésének valószínűségének megállapítása. Pontos matematikai modellek és függvények hiányában minőségi kockázatelemzést végeztem. A kockázat bekövetkezésének valószínűségét egy 0,1-től 1-ig terjedő skálán felvett értékekkel határoztam meg tapasztalati úton szerzett adatok és becslés segítségével.

A kockázatok bekövetkezésének valószínűsége:

- 0,1 nem valószínű;
- 0,4 csekély valószínűség;
- 0,7 magas valószínűség;
- 1 szinte biztos.

*Kár*

Az adott kockázat nagyságrendjét 1-10-ig terjedő számok hozzárendelésével állapítottam meg. A módszer segítségével a kár, nagysága értékelhető és lehetővé válik a kockázatok prioritás alapján történő rendezése is.

Károk nagysága a kockázat bekövetkezésekor:

- 1 nem jelentős;
- 2 csekély jelentőségű;
- 7 jelentős károk;
- 10 kritikus a projekt sikerére.

## Csutorás Gábor: Repülőtéri tűzoltó beavatkozások kockázatelemzése

### Kockázati faktor

Bekövetkezési valószínűség és a lehetséges károk szorzata.

$$R=W \times K$$

ahol:

W= bekövetkezés valószínűsége

K= kár, következmény

<b>A kockázatok értékelése</b>						
	Ok	Következmény	Előzetes jel	Beköv. vsz.	Károk	Kock. faktor
K1	Gazdasági, társadalmi	Eljárási rend módosítása	Jogalkotói szándék	0,1	2	0,2
K2	Előírások figyelmen kívül hagyása, forráshiány	Nem szakszerű beavatkozás	Nincs	0,4	7	2,8
K3	Rendszeres kiképzés, gyakorlatok elmaradása	Nem szakszerű beavatkozás	Nincs	0,4	6	2,4
K4	Előírások figyelmen kívül hagyása, forráshiány	Beavatkozás eredménytelen	Nincs	0,1	9	0,9
K5	Előírások megsértése, mulasztás	Elégtelen együttműködés, eredménytelen beavatkozás	Ellenőrzés kimutatja	0,4	6	2,4
K6	Légiforgalmi irányító helytelen döntése	Beavatkozási idő megnő	Nincs	0,4	9	3,6
K7	Előírások megsértése	Beavatkozás eredménytelen	Nincs	0,1	10	1
K8	Karbantartás, ellenőrzés elmulasztása	Alternatív eljárást kell alkalmazni	Ellenőrzés során kiderül	0,2	7	1,4
K9	Előírások be nem tartása, frissítés elmulasztása	Nem elegendő az oltáshoz az oltóanyag	Gyakorláson jelentkezik	0,2	9	1,8
K10	Helytelen döntés	Beavatkozási idő megnő	Gyakorláson jelentkezik	0,1	9	0,9
K11	Eszköz, vagy forgalmazási ismeretek hiánya	Elégtelen együttműködés	Gyakorláson jelentkezik	0,3	7	2,1
K12	Több oka lehet	Eredménytelen beavatkozás	Nincs	0,4	10	4
K13	Elégtelen együttműködés a szakágak között	Eredménytelen beavatkozás	Gyakorláson jelentkezik	0,4	7	2,8
K14	Hiányos felkészítés, kiképzés	Eredménytelen beavatkozás	Gyakorláson jelentkezik	0,4	7	2,8
K15	Felkészülési hiányosság	Beavatkozás esetleg eredménytelen	Nincs	0,1	10	1
K16	Felkészülési hiányosság, tapasztalatlanság, stressz	Eredménytelen beavatkozás	Gyakorláson jelentkezik	0,4	10	4
K17	Felkészülési hiányosság, tapasztalatlanság, stressz	Eredménytelen beavatkozás	Gyakorláson jelentkezik	0,4	10	4
K18	Felkészülési hiányosság, gyakorlat hiánya	Sérülés, egészség károsodás	Vizsgákon jelentkezik	0,4	9	3,6
K19	Gyakorlat hiánya, helytelen döntés	Eredménytelen beavatkozás	Gyakorláson jelentkezik	0,4	7	2,8
K20	Gyakorlat hiánya, helytelen döntés	Eredménytelen beavatkozás	Gyakorláson jelentkezik	0,4	10	4
K21	Gyakorlat hiánya, helytelen döntés	Eljárásrend módosítása	Gyakorláson jelentkezik	0,4	7	2,8
K22	Előre nem látható	Sérülés, egészség károsodás	Nincs	0,4	2	0,8

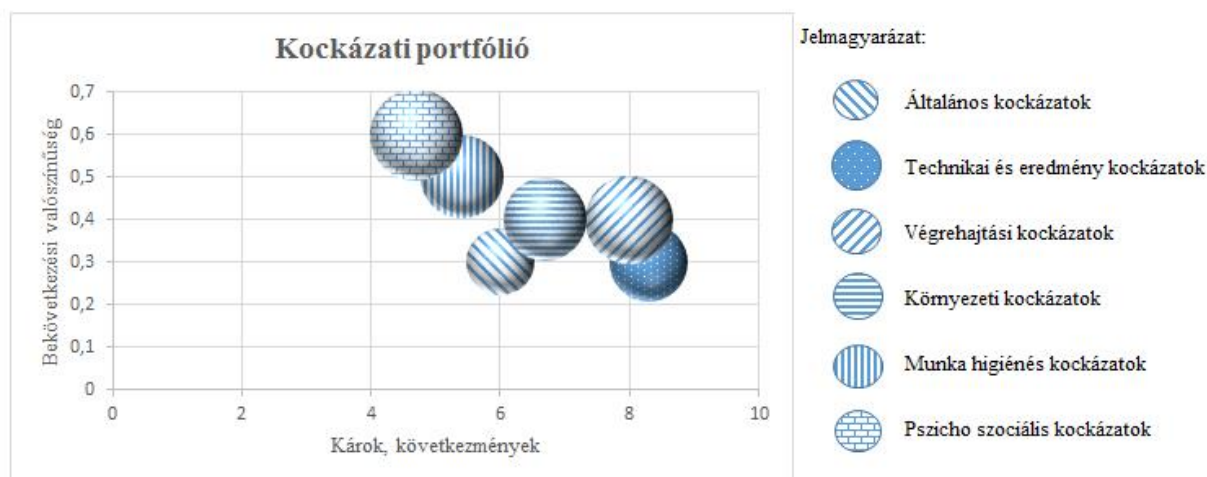
## Csutorás Gábor: Repülőtéri tűzoltó beavatkozások kockázatelemzése

K23	Előre nem látható	Sérülés, egészség károsodás	Nincs	0,4	7	2,8
K24	Független, nem befolyásolható	Eljárásrend módosítása	Prognózis alapján	0,7	2	1,4
K25	Független, nem befolyásolható	Beavatkozók terhelése változik	Prognózis alapján	0,2	7	1,4
K26	Hiányos a felszerelés	Eljárásrend módosul		0,1	7	0,7
K27	Rosszul tervezett, előkészített technikai eszközök	Beavatkozók munkatempója lassul, kifáradás	Normagyakorlások eredménye	0,1	7	0,7
K28	Repülőeszköz veszélyforrásai	Védőeszközök alkalmazása miatt kifáradás	Nincs	0,7	7	4,9
K29	Repülőeszköz veszélyforrásai	Védőeszközök alkalmazása miatt kifáradás	Nincs	0,7	7	4,9
K30	Nem tervezett személyi védelem	Sérülés, egészség károsodás	Nincs	0,4	10	4
K31	Munkavégzés különleges körülményei	Sérülés gyakorisága nő	Nincs	0,7	4	2,8
K32	A védőeszközök viselése akadályozza a beavatkozót tevékenységében	Kifáradás, mozgás, látás korlátozottsága	Gyakorláson jelentkezik	0,7	5	3,5
K33	Repülőeszköz veszélyforrásai	Sérülés, egészség károsodás	Nincs	0,7	7	4,9
K34	Repülőeszköz veszélyforrásai	Időben korlátozott tevékenység	Nincs	0,4	2	0,8
K35	Nem tartják be a munkahigiénés előírásokat	Beavatkozásra alkalmatlan tűzoltó	Nem vezetik az orvosi szűrőlapokat	0,1	10	1
K36	Rendkívül feszített munkatempó a beavatkozás során	Ingerültség, feszültség, „burnout” szindróma	gyakorláson jelentkezik	1	7	7
K37	Rövid idő alatt halmozottan sok feladatot kell megoldani	Hibás döntések lehetősége nő	vészhelyzeti mentési eljárások	0,4	4	1,6
K38	Az alaphelyzet és riasztás, valamint a készenléti fokozatok váltakozása	Hosszabb távon egészség károsodás	szolgálat alatt kimutatható	0,4	4	1,6
K39	Gyakorlatlanság	Bizonytalanság miatt a munka hatékonysága csökken	gyakorláson jelentkezik	0,4	2	0,8
K40	Veszélyes környezetben folyó tevékenység	Magas vérnyomás és daganatos betegségek gyakorisága nő	Szűrő vizsgálaton jelentkezik	0,7	4	2,8
K41	Folyamatos készenléti állás	Magas vérnyomás és daganatos betegségek gyakorisága nő	Szűrő vizsgálaton jelentkezik	0,7	4	2,8

2. ábra Repülőtéri tűzoltó beavatkozás kockázatainak értékelése

### A kockázati csoportok ábrázolása kockázati portfólión

A kockázati csoportokba tartozó kockázatok értékelő táblázatában szereplő adatok felhasználásával megalkottam a kockázati portfóliót. (3. ábra)



1. ábra Repülőtéri tűzoltó beavatkozások kockázati portfóliója

X tengely: lehetséges károk, következmények

Y tengely: bekövetkezési valószínűség

A kör nagysága: kockázati faktor

A kockázati portfólión grafikonos formában összegzett adatokból leolvasható, hogy a legnagyobb kárral, következménnyel a végrehajtási és a technikai eredmény kockázatok járnak. Bekövetkezési valószínűségük viszont csekély. Ez a részletes jogszabályozási tevékenységnek tulajdonítható.

A legkisebb kárral, esetlegesen látens, később jelentkező következményekkel a pszichoszociális, valamint a munkahigiénés kockázatok esetében találkozunk.

Ugyanakkor érdekes eredmény, hogy az említett kockázati csoportok bekövetkezési valószínűsége magas. Ezt a különféle tudományos kutatási eredmények és statisztikai adatok is alátámasztják.

A kockázati faktort is figyelembe véve a végrehajtási és a pszichoszociális kockázatok mutatják a legnagyobb értékeket.

### 3. TŰZOLTÓ BEAVATKOZÁS KOCKÁZATAIT CSÖKKENTŐ INTÉZKEDÉSEK

#### Kockázatcsökkentő intézkedések meghatározása

A magas kockázati faktorú kockázatok megelőzésére, vagy elkerülésére kidolgoztam a kockázatcsökkentő intézkedéseket.

Részletesen analizáltam a 2-nél nagyobb kockázati faktor értéket mutató kockázatokat. Az elemzés célja volt a kockázatok elkerülése, mérséklése, a mentési, oltási projektekre gyakorolt hatásuk csökkentése. A kockázat csökkentő intézkedéseket táblázatban illusztráltam. (4. ábra)

Az intézkedéseknek két fajtáját jelöltem:

E = a kockázat elkerülésére, megelőzésére,

B = a kockázat bekövetkezésekor megteendő intézkedések.

## Csutorás Gábor: Repülőtéri tűzoltó beavatkozások kockázatelemzése

A vizsgált kockázatok közül a K23 „Nem várt esemény (robbanás) bekövetkezése” a tűzoltó beavatkozástól függetlenül jelen lévő kockázat, azt elkerülni, csökkenteni nem vagyunk képesek, ezért a táblázatban nem szerepel.

<b>A kockázat csökkentő intézkedések</b>			
Leírás	Kock. faktor	Intézkedés	Intézkedés fajtája
Nem megfelelő készenléti fokozat	3,6	Légiforgalmi irányítók rendszeres felkészítése	E
Tűzoltás vezető hibás döntése	4	Gyakoroltatás, vizsga	E
Kezelők szakszerűtlen tevékenysége	4	Tűzoltási, mentési gyakorlatok	E
Biztonsági előírások megsértése	4	Tűzoltási, mentési gyakorlatok	E
Nem elég (elfogy) az oltóanyag	3,6	Tűzoltási, mentési gyakorlatok	E
Kémiai kockázatok	4,9	Védőeszközök alkalmazása	B
Szakképzettség meglétének hiánya	2,8	Beiskolázás az alap és szaktanfolyamokra	E
Jártasság, gyakorlat, tapasztalat	2,4	Tűzoltási, mentési gyakorlatok	E
Veszélyhelyzeti tervek megléte, naprakészsége	2,4	Pontosítások végrehajtása, ellenőrzés	E
Kommunikáció terén meglévő hiányosságok	2,1	Gyakoroltatás, forgalmazási szabályok betartása	E
Minimális információ hiánya	2,8	Együttműködés erősítése	B
Repülőeszköz típus vészhelyzeti mentési információinak ismerete	2,8	Felkészítés, kiképzés, gyakoroltatás	
Tűzoltás folyamatossága megszakad	2,8	Tűzoltás módjának megváltoztatása	B
Rugalmatlan reagálás a helyzet változásaira	2,8	Gyakoroltatás	E
Kényszerterhelyzet előfordulása	2,8	Gyakoroltatás	E
Biológiai kockázatok	4,9	Védőeszközök alkalmazása	B
Munkaruha, védőeszköz hiánya, alkalmatlansága	4	Védőeszköz viselésének elrendelése	B
Döntéskényszer	2,8	Vészhelyzeti mentési eljárások alapos ismerete	E
Változó intenzitású terhelés	2,8	Rendszeres egészségügyi szűrővizsgálatok	E
Védőeszköz, légzőkészülék viselés szervezetet ért terhelése	3,5	Kifáradás előtti váltás szervezése	B
A környezet tűz és robbanásveszélyessége	4,9	Felkészítés különleges esetekre	B
Időnyomás	7	Stressz tűrő tréningek, gyakoroltatás	E
Egészségkárosítás	2,8	Megfelelő munkaruha, védőeszköz viselése	E
Állandó készenlét miatti feszültség	2,8	Rendszeres egészségügyi szűrővizsgálatok	E

3. ábra Repülőtéri tűzoltó beavatkozások kockázatcsökkentő intézkedések

### Folyamatos kockázatelemzés

A kockázatelemzés csak akkor lehet sikeres, ha folyamatosan aktualizáljuk. A naprakészen tartás a bekövetkezett változások folyamatos tanulmányozását jelenti, hogy definiálhassuk az esetlegesen bekövetkezett változások miatt jelentkező új kockázatokat. Ellenőrizzük, hogy a kockázatcsökkentő intézkedések hatására a várt kockázatok elmaradtak-e? Ismét számba vesszük az azonosított kockázatokat, és ha megváltoztak újból kiértékeljük őket.

## **ÖSSZEFOGLALÁS**

A projekt kockázatértékelés módszere alkalmas a repülőtéri tűzoltó beavatkozások kockázatértékelésére.

Az elkészített kockázatértékelés alapján a végrehajtási és a pszichoszociális kockázatok veszélyeztetik leginkább a beavatkozást. Jellemző rájuk a csekély bekövetkezési valószínűséggel szemben mutatkozó jelentős károk. A csekély bekövetkezési valószínűség a jogszabályokban lefektetett eljárási előírások, követelmények, technikai, teljesítőképességi követelmények következménye.

Az azonosított kockázatok több mint fele magas kockázati faktorú, tehát kockázat csökkentő intézkedést igényel.

A kockázatcsökkentő intézkedések több, mint két harmada az elkerülhető, megelőzhető fajtába tartozik, csak a kisebbik része igényel bekövetkezés utáni intézkedést. Ezáltal lehetőség van a nagyszámú magas kockázati faktorú kockázat megelőzésére, elkerülésére, amit a beavatkozás előtt el tudunk végezni.

Az értékelés másik eredménye, hogy a kockázatok nagy részének csökkentése a beavatkozó és az együttműködő állomány hatékony felkészítésével és gyakoroltatásával valósítható meg.

A bekövetkezéskor megteendő kockázatcsökkentő intézkedéseket szintetizálva azt látjuk, hogy azok könnyen, gyorsan végrehajthatók, eljárás jellegűek.

Minél részletesebb és aktualizáltabb kockázatértékeléssel rendelkezünk, annál nagyobb az esély a kockázatok bekövetkezésének elhárítására.

### **FELHASZNÁLT IRODALOM**

- [1] aerospace emergency rescue and mishap response information (emergency services) STANAG 3896 (Edition 6 Ratification Draft 1) 10 May 2011
- [2] Cronenbroeck W: Internationales Projektmanagement Cornelsen Verlag Scriptor Berlin 2004 ISBN: 358923600 30-34 pp.
- [3] 5/2014. (II.27.) BM OKF utasítás a Tűzoltás-taktikai Szabályzat kiadásáról 1. melléklet 4. pont
- [4] 14/2014. (XII. 31.) BM OKF utasítás a Műszaki Mentési Műveleti Szabályzat kiadásáról 1. melléklet 6. pont
- [5] RE-237/586 Repülőeszközök vészhelyzeti mentési információi a tűzoltó szolgálatok számára (segédlet)
- [6] Csutorás Gábor: BIZTONSÁGTUDOMÁNY Környezetmérnöki Tudástár XXIX. kötet Pannon Egyetem 2013 Veszprém ISBN: 978-615-5044-96-0 63. p



### ***RISK ANALYSIS OF AIRPORT FIRE FIGHTING RESPONSES***

*Risks occurring during aircraft accidents may affect the success of fire emergency services. Risk analysis is required to ensure safe operations, successful rescue of personnel, objects and reliable extinguishing of fire. I applied the project risk assessment method for analysing risks of airport fire responses. Risks of execution and psychosocial risks of operational staff are proved to be the most significant based on the results of risk assessment. Safety of crew and passengers as well as chance of their survival raises by the implementation of the proposed risk reduction measures.*

**Keywords:** *fire protection, airport, aircraft accidents, risk analysis, risk assessment*

---

---

---

CSUTORÁS Gábor, PhD  
szakértő  
Magyar Hadtudományi Társaság  
csutorasdr@gmail.com  
orcid.org/0000-0002-1536-6238

---

CSUTORÁS Gábor, PhD  
Expert  
Hungarian Association of Military Science  
csutorasdr@gmail.com  
orcid.org/0000-0002-1536-6238

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-15-0289\\_Csutoras\\_Gabor.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-15-0289_Csutoras_Gabor.pdf)