



Balogh Zsuzsanna mk. őrnagy

REPÜLŐTÉRI ÉPÜLETEK VÉDELME TERRORISTA ROBBANTÁSOK ELLEN

A repülőterek alapvetően középületek, akár csak egy könyvtár vagy polgármesteri hivatal épülete. Elsősorban az épületek használati funkciója határozza meg azok kialakítását. **“Form follows function”** - azaz a forma követi a funkciót, vallotta az amerikai építész óriás, Louis Sullivan¹ és követői, akik meghatározták a XX. századi modern építészetet és ipari tervezést. Természetesen ezen megoszlott az építésztársadalom véleménye és ma is láthatunk madár formájú terminál épületeket, igaz ezt a látványt leginkább a pilóták élvezhetik a levegőből. Ha a civil reptereken még lehet is helye egy-egy kreatív építész álmának, a katonai célú repülőtereken biztosan Sullivan elveinek kell érvényesülnie, hogy jól használható, átlátható épületcsoport keletkezzen.

Ezek után, ha már megvannak az egyszerű formájú épületeink, már „csak” a telepítésükre kell figyelniük. Az amerikai védelmi minisztérium által kiadott szabvány² nagyon részletesen foglalkozik az épületek helyes elhelyezésével, hogy minél jobban csökkenteni lehessen a terrorista támadások sikerét. Ezek nagy része igazán jól adaptálható a katonai repterek kialakításánál is. A repülőterek már méretüknél fogva is nehezen kontrollálható objektumok és ez által remek célpontok a terroristák számára. A teljesség igénye nélkül említenék meg néhány támadásra alkalmas területet.

TÁMADÁSI PONTOK

Először is a repülőtér védelme a levegőből szinte lehetetlen, értem ez alatt pl. az érkező gépekkel vagy gépekről végrehajtható támadás általi veszélyeztetettséget. Alacsony magasságon közeledve minimális különbség van, hogy a gépek a kifutóra vagy pár fok eltéréssel az irányító toronyba, esetleg a robbanóanyag raktár épületébe érkeznek vagy csapódnak be.

A leszálló pályák egyik oldalán általában az irányító, a repülőtér működését biztosító egyéb épületek vannak, de a másik oldala többnyire nagymértékben vagy teljesen nyitott, így nem is kell a legmodernebb fegyverrel rendelkezni ahhoz, hogy hatótávolságon belül támadhassunk. Hasonló veszélyt jelentenek a túl közel vezetett közforgalmi utak (pl. Kecskemét), ahonnan egyszerűen beláthatók a kifutón éppen le-felszálló gépek és nemcsak egyszerű fotók készíthetők róluk, de könnyen a támadás céljaivá vagy eszközeivé válhatnak.

¹ Az eredeti mondás egy amerikai szobrász, Horatio Greenough nevéhez fűződik, de Louis Sullivan által vált híressé. Egyébként az eredeti változat 'form ever follows function' azaz „a forma mindig követi a funkciót” volt.

² UFC 4-010-01 8 October 2003 (Including change 1, 22 January 2007) Unified Facilities Criteria (UFC) DoD Minimum Antiterrorism Standards for Buildings

A személy- és gépkocsi bejáratok mellett gyakran vasúti összeköttetés is létesül pl. üzemanyag szállítás céljából (lásd Pápa). Ezzel még a megfelelően kialakított, akár kettős kerítéssel körbevett zárt rendszerünkön újabb gyenge pont keletkezik, eggyel, ill. rögtön kettővel több támadási pontot kínálva az elkövetőknek.

KIALAKÍTHATÓ VÉDELEM

A védelem megtervezésekor több eszköz is adott. A legkézenfekvőbbek a rezsim intézkedések, rendszabályok, a legdrágábbak viszont a korszerű eszközök ill. anyagok használata. Kezdjük a parkoló övezetek minél ellenőrzöttebb és az épületektől megfelelő távolságban történő kialakításával, hiszen ezzel csökkenthetjük az autóba elhelyezett robbanószerkezetek okozta robbantások veszélyét. Alapvető, hogy az épületek alagsorában, pincéjében **NE** alakítsunk ki parkolókat. Ha mégis kénytelenek vagyunk, mert pl. meglévő, eredetileg más funkciójú épületet kell használnunk, akkor a beléptetés rendszerét nagyon szigorúan alakítsuk ki. Ebben segítenek a biztonságtechnikai eszközök, mint pl. a zártláncú kamerarendszerek (CCTV). A személyforgalom számára is ellenőrzött beléptető rendszer (proxy kártya, személy zsilip) kialakítása javasolt.

Fizikai védelem

Elsődleges cél tehát a robbanóanyagok bejuttatásának megakadályozása. Az ilyen célt szolgáló fizikai és elektronikus eszközökkel kialakított akadályok ma már széles körben elterjedtek. Ide tartoznak megfelelően kiépített személyi- és gépjármű ellenőrző pontok (check-point), a forgalomlassítók („fekvőrendőrök”) valamint a sorompók is. Utóbbiaknak továbbfejlesztett változata képes megállítani egy kb. 80 km/h sebességgel közeledő akár 6 t-s tehergépjárművet is, hiszen nemcsak a főépület felől érheti támadás a repülőteret, hanem az üzemeltetést végző beszállítók segítségével, beszerzésével is.



1. kép. Egy teherautó megállítására is képes sorompó

Az ilyen berendezéshez kapcsolt rendszámfelismerő software segítségével már kellő távolságból azonosíthatók és adott esetben megállíthatók a gépjárművek.



2. kép. Hidraulikus útzár a budapesti amerikai nagykövetség bejáratánál

Ezen eszközök csoportjába tartozik a hidraulikus útzár is, mely vagy azonosítás után ereszkedik le és teszi lehetővé a bejutást, vagy az engedéllyel nem rendelkező jármű közeledtére csapódik fel az út síkjából- természetesen féktávolságon belül.

Tartószerkezetek megerősítése

Már 1999-ben kidolgozták a vasbeton anyagú tartóoszlopok speciális oldalirányú megerősítését. Hagyományos vasbeton oszlopok robbantás elleni megerősítéséhez szénszálalás műanyagot használnak, mellyel egészen közeli robbantás esetén is szinte rugalmasan viselkedik az egyébként merev szerkezet. Kísérletek bizonyítják, hogy a szálerősített szövetes megoldással az összeomlás elkerülésére nagyobb esély van a vasbeton vázas épületek ellen elkövetett robbantásos merényletek esetén és kevesebb halálos áldozattal is járnak. Az alkalmazott szálerősítések vagy a fém burkolatok az oszlopokat érő nyíró erőt veszik fel. Szénszálak helyett használnak még üvegszálat vagy Kevlár szálakat. A szénszálak rugalmassági modulusa 230 GPa, húzószilárdsága 3-3,7 GPa. A függőleges csíkok száltartalma 65%. A hatékonyság érdekében a csíkokat az oszlopok húzásra igénybevett oldalán túlnyújtják, egészen a földemcsatlakozásig. [1]



3. kép Erősítőcsíkok túlnyújtása az oszlopokon

A hangár épületek tartószerkezetei szinte mindig látható, így megkönnyíti az esetleges merénylő életét. Nem kell ugyanis statikusi végzettség ahhoz, hogy kitalálja, ha a tartószerkezet megfelelő helyén robbanást idéz elő, a szerkezet dominószerűen összedől. Ezek a tartók többnyire acélszerkezetűek, mely anyagtulajdonságából eredően rugalmasabb a vasbetonnál és jobban „tűri” a robbanás okozta terheléseket. A szerkezetek nagy fesztávolsága miatt sem gazdaságos a megerősítésük, így védelmük érdekében a biztonságtechnikai eszközök használatára kell koncentrálnunk vagy a hagyományos földdel fedett beálló helyeket kell használnunk.



4. kép. Pier Luigi Nervi alkotta hangár (Orbetello, Toscana, Olaszország)

Hagyományos falszerkezetek védelme

A raktárépületek, javítóműhelyek nagy része hagyományosan falazott szerkezettel épültek. Ezek megerősítésére találták ki az elasztikus műanyaggal bevont beton falazóblokk rendszert. A védőköpenyt képező szabadalmazott műanyag bevonat hajlékony, képlékeny, de mérsékelt teherbíró. A felületre az anyagot szórással lehet felvinni.

Ez a katonai és kutató szakemberek körében energia elnyelő bevonatként ismert anyag hajlékony, mégis erősebb az acélnál. A meglévő falszerkezetre felhordott 3-4 mm vastag bevonat is jelentős védelmet biztosít.³ Tovább javítható, ha erre a rétegre egy üvegszövet kerül, majd ismét egy réteg a műanyag bevonatból. [2]



5. kép. Polimer réteg felhordása a falazatra és a teszt utáni állapot

Üvegezett felületek védelme

A terminálok homlokzata általában nagy vagy teljes felületen üvegezett szerkezetekből épül és gyakran a közforgalmú utakra néz, ahonnan az utazóközönség érkezik és velük együtt esetenként a gépjárművekbe rejtett bombák is. Bármilyen típusú bombát (csőbomba, vagy cipőbe-, gépjárműbe rejtett stb.) válasszanak is az elkövetők, törekedni fognak a közelségre, hiszen ahhoz hogy hatásos legyen a robbantásuk, az épülethez a lehető legközelebb kell működésbe léptetniük. A megfelelő távolság megtartása olyan egyszerűen is biztosítható, mint pl. a rövid idejű parkolók távolabbi helyezése a főépülettől, vagy ha csak engedéllyel rendelkező gépjárművek (taxi, shuttle bus) állhatnak meg. De mivel ezek teljes átvizsgálása nem megoldható, keresnünk kell más védekezési módot is. Ilyen védelmet dolgozott ki egy kaliforniai cég⁴ is az üvegfelületek berobbanásának esetére. A „hagyományosan” fóliázott üvegek nagy felületen már nem nyújtanak megfelelő védelmet. Alkalmazzanak belső felületen fóliázott üveget, melyek lehetnek akár a két réteg üveg közötti műanyag réteggel megerősítve is. Ezekhez az üvegtáblákhoz rögzített kábelrendszert építenek –akár utólag is-

³ Termékismertető a <http://www.paxcon.com/mason.shtml> címen található

⁴ Karagozian & Case, 2550 North Hollywood Way, Suite 500, Burbank, CA 91505-5026

amely az épület vízszintes tartószerkezetéhez (födémhez és padozathoz) vannak kihorgonyozva. Ezek a tartószerkezetek képesek leginkább felvenni a kábelek által továbbított terheléseket. [3]

Az üvegezés szétrobbanása tartószerkezetileg semmilyen jelentőséggel nem bír, csak emiatt nem károsodna, nem dőlné össze az épületünk. Mégis azért kell foglalkoznunk a problémával, mert a szétrepülő szilánkok –és ugyanígy a tartószerkezetről, falról lepattanó kisebb darabok- repeszhatása igen jelentős károkat, baleseteket okozhatnak. Gondoljunk csak arra, hogy az irányító tornyokban az üvegfelület mögött dolgozók teljesen védtelenek egy ilyen jellegű támadás esetén. Persze a navigációs rendszereket elsősorban a cyber térből⁵ érkező terrorista támadások ellen kell védenünk, hiszen az a valószínűbb, de mivel a terrorizmus lényege a váratlan és kiszámíthatatlan akciók végrehajtása, jobb minden eshetőségre felkészülnünk.

VALÓSÁGOS VÉDELEM

Természetesen, hogy mely épületek kerülnek fokozott védelem alá, azt a biztonsági szinteket is meghatározó bázisvédelmi terv alapján az épületek prioritása - és a rendelkezésre álló anyagi eszközök- függvényében döntenek el. Nem irigylésre méltó a döntéshozók helyzete, hiszen mindenki biztonságos munkahelyet szeretne, még egy olyan, viszonylag veszélyes területen is, mint amilyen egy repülőtér. Mindenesetre amint vázoltam, a műszaki lehetőségek adottak és folyamatos fejlesztések alatt állnak, „csak” meg kell találnunk a kockázatunknak és pénztárcánknak legmegfelelőbb megoldást.

FELHASZNÁLT IRODALOM:

- [1] J.E.Crawford, L.J.Malvar, K.B. Morrill, J.M.Ferrito: Composite retrofits to increase the blast resistance of reinforced concrete buildings; 10th International Symposium on Interaction of the Effect of Munitions with Structures, May 2001 http://www.kcse.com/pdfs/P-01-13-r_f.pdf (2008. 12. 06.)
- [2] Balogh Zsuzsanna: A robbantásos cselekmények elleni épületvédelem anyagai; előadás és cikk a konferencia kiadványában (Fűrés- robbantástechnika 2008- Nemzetközi Konferencia, Vác)
- [3] J.E.Crawford, S. Lan: Design and implementation of protective technologies for improving blast resistance of buildings; Enhancing Building Security Seminar, March, 2005, Singapore <http://www.kcse.com/pdfs/P-05-5.pdf>

⁵ Cyber tér alapvetően a számítógépes hálózatok hardver és szoftver eszközei által behatárolt virtuális tér



Bányai Tamás

ELLÁTÁSI LÁNC VALÓS IDEJŰ OPTIMALIZÁLÁSA

ABSZTRAKT

Jelen kutatómunka célja egy olyan, az ellátási láncok valós idejű optimalizálását és analízisét támogató módszer kidolgozása, amely alkalmas az ellátási folyamatban lévő logisztikai erőforrások ütemezésére. Első lépésként rövid áttekintés ad a szerző az ellátási láncokban használt IT megoldások fontosságáról a termékazonosítástól egészen a geoinformatikai rendszerek használatáig, különös tekintettel azok logisztikai szempontból kiemelendő hasznosságukat, illetve a valós idejű optimalizálásban rejlő potenciális lehetőségeiket. A dolgozatban bemutatásra kerül egy olyan, főként a nemzetközi szállítványozásban használható modell, illetve annak matematikai leírása, amely nem csupán rendszerspecifikációt tartalmazza, hanem magába foglalja a az értékelés és optimalizálás paramétereit a költségalapú célfüggvények és korlátozások révén. A modell optimalizálására egy heurisztikus algoritmus kerül bemutatásra. A dolgozatban bemutatott eredmények rámutatnak arra, hogy a módszer alkalmazásával egyrészt növelhető az ellátási láncban működő logisztikai erőforrások kapacitáskihasználtsága, másrészt elvégezhető az ellátási lánc valós idejű, költségstruktúra elemzése. Ezek révén növekszik a teljes folyamat hatékonysága és javul az áttekinthetőség. A dolgozat záró részében a szerző jövőbeli kutatási irányokat fogalmaz meg, kiemelve a kidolgozott módszer vállalatirányítási rendszerbe történő integrálását.

BEVEZETÉS

A geoinformatikai rendszerek fejlődése nagymértékben hozzájárult az ellátási láncok fejlődéséhez. A geoinformatikai rendszerek sikeres alkalmazásának nem csupán a működés üzleti környezetének megismerése feltétele, hanem különösen nagy jelentőséggel bír a kapcsolódó alkalmazási területek folyamatos fejlesztése. Ez különösen igaz a gazdasági válságok idejében, amikor az ellátási láncok reengineering folyamatainak intenzifikálása különösen fontos terület. Ez vezetett el az ellátási láncok folyamatainak optimalizálása területén a kooperációs lehetőségek vizsgálatához. Az ellátási láncok intenzifikálása és reengineeringje a kutatások területén az optimalizálási problémákhoz pozicionálható.

Az ellátási láncok modellezésének feladata az anyagáramlási folyamatok kooperatív vagy versenyző partneri hálózatának leírása és algoritmikus optimalizálása költségalapú célfüggvények felhasználásával [17]. Az ellátási lánc egyes szereplőinek kooperációja történhet egy olyan elosztott

ellátási láncban, ahol nincs hierarchikus döntés és a partnerek alárendelik magukat a „közös cél” elérésének, ezért az ellátási láncok kutatásának igen aktuális területe az elosztott ellátási láncok optimális kialakítása, a decentralizált döntési stratégiák kidolgozása [7]. Az ellátási láncok hatékonysága nagymértékben függ a felső szintű döntésektől egy hierarchikus rendszerben, ez a felső szintű döntés azonban gyakran megérzésen, tapasztalaton alapszik. Ezen döntések azonban az ellátási láncok komplex volta miatt gyakran igen távol vannak az optimumtól [14]. A tapasztalatokon és megérzéseken alapuló rossz döntések elkerülése érdekében tudományosan indokolható az ellátási láncok működésének különböző célfüggvények figyelembevételével történő kialakítása és működtetése, valamint értékelése. A szakirodalomban számtalan olyan tervezési, optimalizálási és értékelési módszer található meg, mely hozzájárul az ellátási lánc menedzsment fejlesztéséhez, különösen a rendszerdinamika, operációkutatás, IT, logisztika, marketing, szervezés és stratégia területén [12]. Számos kutatási munka célja az ellátási láncok különböző célfüggvényeken alapuló optimalizálása, azonban csak kevés munka célja annak integrált kezelése az üzleti folyamatok egyes alrendszerivel [4]. A „just-in-time” filozófia megjelenése forradalmi változásokat idézett elő a termelésben és a logisztikában. Az idő egyre nagyobb jelentőségre tesz szert és a „just-in-time” elven működő termelési és logisztikai rendszerek tervezése egyre nagyobb figyelmet kíván [1].

A geoinformatikai rendszerek szállítás és ellátás területén történő alkalmazását bemutató egyik alaplí több mint 15 évvel ezelőtt jelent meg [11]. A szerzők előre vetítették azt, hogy a geoinformatikai rendszerek alkalmazása a szállítási folyamatok tervezési folyamatának fejlődését fogja eredményezni. Ezen munkát követve számos tudományos munka látott napvilágot különböző aspektusból vizsgálva az ellátási láncok és a geoinformatikai rendszerek kapcsolatát. Ugyan az egyértelmű, hogy a geoinformatikai rendszerek különböző alkalmazásai számos területen, így a talajvíz bázisok feltárásában [18] vagy a bioenergiái potenciálok meghatározásában [2] vezetnek egyre korszerűbb rendszerek kialakulásához, azonban a leg-szélesebb alkalmazási terület az ellátási láncok támogatása, mely magába foglalja a beszerzési, termelési, elosztási és hulladékhasznosítási logisztika funkcionális területeit is. Érdekes területe ezen logisztikához kapcsolódó alkalmazásoknak a lakossági hulladékok gyűjtési rendszerében lévő utak geoinformatikai rendszeren alapuló 3 dimenziós útvonal modellezése [16], vagy regionális szállítási hálózatok révén működtetett recycling üzemekhez kapcsolódó folyamatok analízise [13].

A szerző ismeretei szerint nem létezik olyan hozzárendelési feladatok megoldását célzó kutatómunka, melynek célja geoinformatikai rendszerből származó információk alapján az ellátási lánc értékelése, illetve a szállítási feladatok valós idejű hozzárendelése a rendelkezésre álló szállítási erőforrásokhoz. Jelen kutatómunka legfőbb eredménye egy olyan hatékony módszer bemutatása, mely kooperatív ellátási lánc esetében növeli a logisztikai erőforrások kihasználtságát és lehetőséget ad a rendszer értékelésére. A modell alkalmas számos költségtényező figyelembevételére, így például az egyes szereplő szállítási költségeit és a nem teljesített szállítási igényekből eredő veszteségeket.

PROBLÉMALEÍRÁS

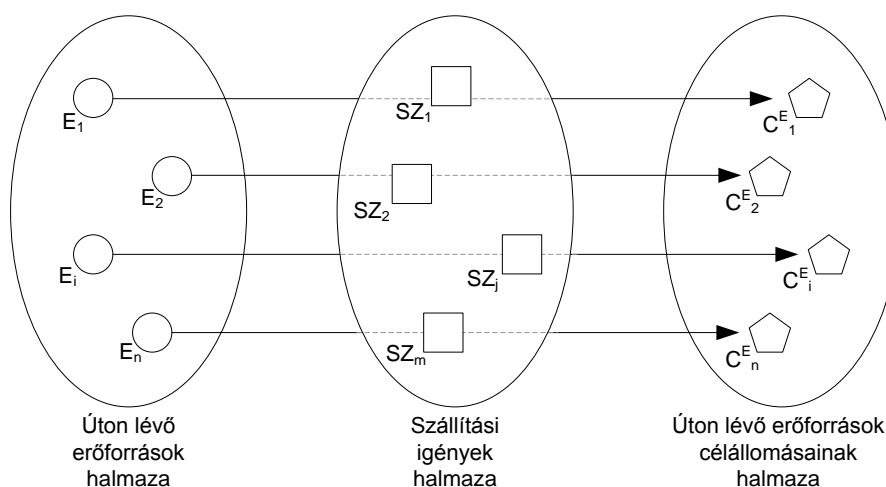
Az ellátási láncok magukba foglalják a fejlesztés, beszerzés, termelés, értékesítés, elosztás és recycling funkciókat. Ezen funkciók sikeres működtetésének feltétele hatékony IT megoldások vállalatirányítási rendszerbe integrált alkalmazása és algoritmikus támogatása [9]. Egy vevői megrendelés teljesítéséhez szükséges ellátási lánc számos részfolyamatot foglal magába azért, hogy nyersanyagokat, alkatrészeket, szerelt egységeket késztermékké alakítson át és juttasson el az értékesítőhöz, vagy közvetlenül a vevőhöz.

Jelen dolgozat célja ezen utolsó kiszállítási fázis optimális kialakítását támogató módszer bemutatása a költségek és az erőforrás kihasználtságok figyelembevételével. A közúti szállítójárművek átlagos kihasználtsága 70% alatti. Ezen kihasználtság növelése a profit növekedését eredményezheti. Ezen kihasználtság növekedés két módon végezhető el: (i) a szállítási feladatok ütemezése a szállítási erőforrások indulása előtt; (ii) a működő szállítási erőforrások és a jelentkező szállítási igények valós idejű összerendelésével. A geoinformatikai rendszerek lehetőséget adnak a valós idejű összerendelés megvalósítására.

A valós idejű optimalizálási feladat célja az, hogy a szabad szállítási kapacitással rendelkező erőforrásokat és a szállítási igényeket összerendelje az alábbiak figyelembevételével: (i) szabad szállítási kapacitás pillanatnyi pozíciója; (ii) a pillanatnyilag teljesítés alatt lévő szállítási feladat előírt teljesítési időpontja; (iii) a szabad szállítási feladat elvárt teljesítési időpontja; (iv) a bevétel nagyobb legyen, mint a többlet szállítás költsége.

MODELL LEÍRÁSA

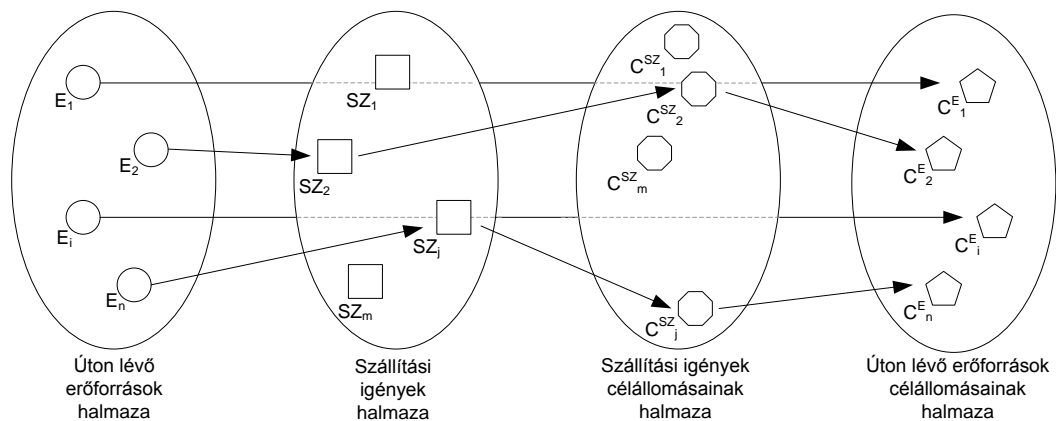
Egy valós idejű tervezési és optimalizálási lehetőséggel nem rendelkező ellátási láncot ábrázol az 1. ábra.



1. ábra Ellátási lánc valós idejű tervezési és optimalizálási lehetőség nélkül

Ezen esetben a szabad szállítási igények halmaza szabad szállítási kapacitásra vár. A szállítási kapacitások pillanatnyi pozíciójának ismerete nélkül nem lehetséges az erőforrások és az igények összerendelése. Az ábrán lévő i index a szállítási erőforrásokat és azok eredeti célállomását jelöli, míg j a szabad szállítási feladatokat s azok tervezett célállomását. Ágak az egyes komponensek, amelyek a kapcsolódó komponensbe épülnek be.

Geoinformatikai rendszer alkalmazása esetén a valós idejű optimalizálás és értékelés lehetősége adott (2. ábra). A szállítási erőforrások pillanatnyi pozíciójának ismerete révén megoldható szabad, vagy részben szabad erőforrások szállítási igényekhez történő hozzárendelése.



2. ábra Ellátási lánc a valós idejű optimalizálás és tervezés lehetőségével

A következő jelöléseket használja a szerző:

- P_i^R : i -edik erőforrás pillanatnyi helyzete,
- P_j^{TD} : j -edik szállítási igény helyzete,
- D_i^R : i -edik erőforrás tervezett célállomása,
- D_j^{TD} : j -edik szállítási igény célállomása,
- AT_i^R : i -edik erőforrás legkésőbbi érkezési ideje a tervezett célállomásra,
- AT_j^{TD} : j -edik szállítási igény legkésőbbi érkezési ideje a célállomásra,
- CAT_i^R : i -edik erőforrás számított érkezési ideje a tervezett célállomásra,
- CAT_j^{TD} : j -edik szállítási feladat számított érkezési ideje a célállomásra,
- C_i^R : i -edik erőforrás szabad kapacitása,
- RC_j^{TD} : j -edik szállítási feladat által igényelt szállítási kapacitás,
- ST_i^R : i -edik erőforrás fajlagos szállítási költsége,
- SUT_i^R : i -edik erőforrás fajlagos szállítási költsége a bruttó tömeg függvényében,
- I_j^{TD} : bevétel a j -edik szállítási igény teljesítése esetén,
- α : nem-linearitási együttható a bruttó tömegtől függő fajlagos szállítási költségnek.

A probléma megoldását egy hozzárendelési mátrixban lehetséges reprezentálni:

- $A_{i,j}$: erőforrások és szállítási igények összerendelése, ha $A_{i,j} = 1$, akkor az i -edik erőforrás a j -edik szállítási igényhez van rendelve, egyébként 0.

A modell a következő feltételezésekkel él: (i) az erőforrások kooperatívak, (ii) kapacitás-korlátok figyelembe vannak véve, (iii) a szállítási költség nem lineáris, (iv) a vezetői paraméterek nincsenek figyelembe véve.

Az optimalizálás költségfüggvénye a bevétel és a költség különbségének maximalizálása. Az optimalizálás során hat korlátozást kell figyelembe venni (1. táblázat).

Korlátozás	Korlátozás jelentése
(1) $RC_j^{TD} \geq C_i^R \rightarrow \forall i, j \text{ if } A_{i,j} = 1$	Biztosítja, hogy az erőforrás szabad kapacitása nem kisebb, mint amennyi a szállítási igény teljesítéséhez szükséges.
(2) $CAT_i^R \leq AT_i^R \rightarrow \forall i$	Biztosítja, hogy a szállítási erőforrás számított érkezési ideje nincs később, mint az eredetileg megadott legkésőbbi lehetséges érkezési idő (késés elkerülése).
(3) $CAT_j^{TD} \leq CAT_j^{TD} \rightarrow \forall j$	Biztosítja, hogy a szállítási igény számított érkezési ideje nincs később, mint a legkésőbbi lehetséges érkezési idő (késés elkerülése).
(4) $\sum_{i=1}^n A_{i,j} \in \{0,1\} \rightarrow \forall j$	Egy szállítási igény csak egy szállítási erőforráshoz rendelhető.
(5) $\sum_{j=1}^m A_{i,j} \in \{0,1\} \rightarrow \forall i$	Egy szállítási erőforrás csak egy szállítási igényhez rendelhető.
(6) $A_{i,j} \in \{0,1\} \rightarrow \forall i, j$	A döntési (hozzárendelési) mátrix bináris.

1. táblázat Korlátozások és azok jelentése

A számított érkezési idő a módosított szállítási útvonal alapján meghatározható, mely viszont a szállítási erőforrás és a szállítási igény pillanatnyi pozíciójának függvénye:

$$CAT_j^{TD} = CAT_j^{TD}(P_i^R, P_j^{TD}, D_j^{TD}) \text{ and } CAT_i^R = CAT_j^{TD}(P_i^R, P_j^{TD}, D_j^{TD}, D_i^R). \quad (7)$$

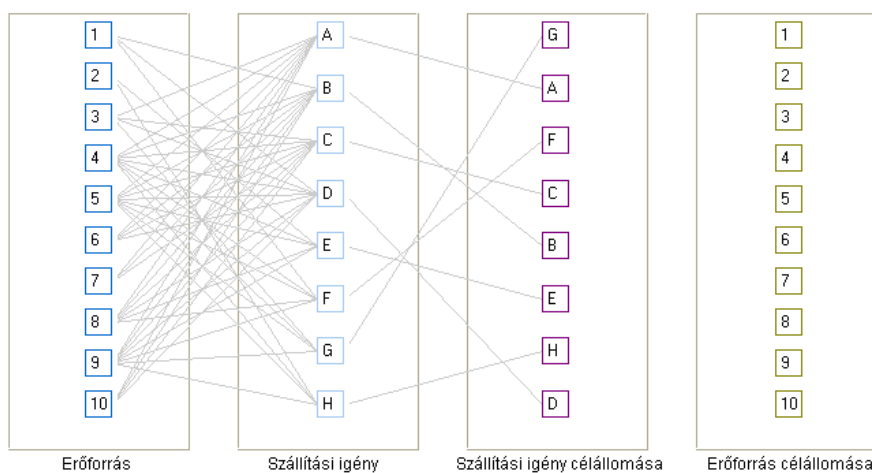
ALKALMAZOTT ALGORITMUS

Ezen multidimenzionális optimalizálási probléma megoldása genetikus algoritmussal történik. Evolúciós stratégiákkal először Rechenberg oldott meg komplex műszaki problémákat. [15]. Ezen munkát követően számtalan kutatási munka látott napvilágot bemutatván a genetikus algoritmus különböző tudományterületeken történő alkalmazhatóságának lehetőségeit az akusztikai problémáktól

[3] egészen a szakértői rendszerek optimalizálásáig. [8]. Általánosságban az előzőekben vázolt hozzárendelési probléma megoldási algoritmus 5 lépésben foglalható össze: (i) lehetséges összerendelések megadás a szállítási igények és szállítási erőforrások között; (ii) hozzárendelések generálása a genetikus algoritmus kiinduló populációjához; (iii) genetikus algoritmus végrehajtása a megszakítási feltétel figyelembevételével; (iv) az algoritmus legutolsó populációjából a legjobb egyed kiválasztása; (v) a legjobb összerendelési halmaz értékelése.

A szállítási erőforrások és szállítási igények közötti lehetséges összerendelések (3. ábra) az (1-3) korlátozások figyelembevételével választhatók ki:

$$A_{i,j}^{\text{possible}} = 1 \rightarrow \forall i, j \text{ if } RC_j^{\text{TD}} \geq C_i^{\text{R}} \text{ and } CAT_i^{\text{R}} \leq AT_i^{\text{R}}. \quad (8)$$



3. ábra Lehetséges összerendelés (példa 10 erőforrás és 8 igény esetén)

A kiinduló összerendelés a (4-5) korlátozások figyelembevételével végezhető el. Az algoritmus következő lépése a genetikus algoritmus alkalmazása hagyományos genetikus operátorokkal: kiválasztás, keresztezés, mutáció. A kiválasztás operátor feladatát az, hogy a populációs legerősebb, legnagyobb jóságú egyedeket átvigye a következő generációba. A kiválasztás operátort nem célszerű túl nagymértékben használni, hiszen az idővel a populáció nagymértékű homogenitásához vezethet [6]. A keresztezés operátor feladata az, hogy tetszőleges számú szülő (az általános gyakorlatban kettő) egyed tulajdonságainak kombinálásával új egyed(ek)et állítson elő. A keresztezés operátor lényege az, hogy a szülő egyedek jó tulajdonságainak összeadása (keresztezése) révén a szülőknél nagyobb jóságú utód egyedeket állítson elő. Több pontos keresztezés operátor alkalmazása számos problémát vet fel a (4-5) korlátozás kapcsán, ezért a hagyományos egy pontos operátor alkalmazása javasolt [10], hiszen kombinálja a szülő egyedek tulajdonságait. (c_i =utód, p_i =szülő):

$$c_i^1 = p_i^1 \rightarrow i \leq cp \text{ vagy } cp < i \text{ és } p_i^2 \neq c_j^1 \rightarrow j = 1 \dots i-1, \quad (9)$$

$$c_i^1 = p_i^2 \rightarrow cp < i \text{ és } p_i^2 \neq c_j^1 \rightarrow j = 1 \dots i-1, \quad (10)$$

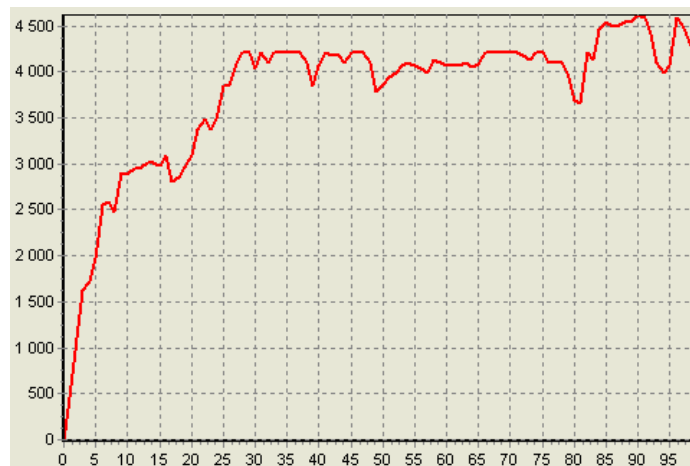
$$c_i^2 = p_i^2 \rightarrow i \leq cp \text{ vagy } cp < i \text{ és } p_i^1 \neq c_j^2 \rightarrow j = 1 \dots i-1, \quad (11)$$

$$c_i^2 = p_i^1 \rightarrow cp < i \text{ és } p_i^1 \neq c_j^2 \rightarrow j = 1 \dots i-1. \quad (12)$$

A mutációs operátor az egyed véletlenszerűen kiválasztott elemét változtatja meg: (i) ha a kiválasztott gén nem reprezentál összerendelést, akkor a gén a továbbiakban egy lehetséges összerendelést fog jelölni; (ii) ha a kiválasztott gén összerendelést reprezentál, akkor a továbbiakban értéke 0 lesz:

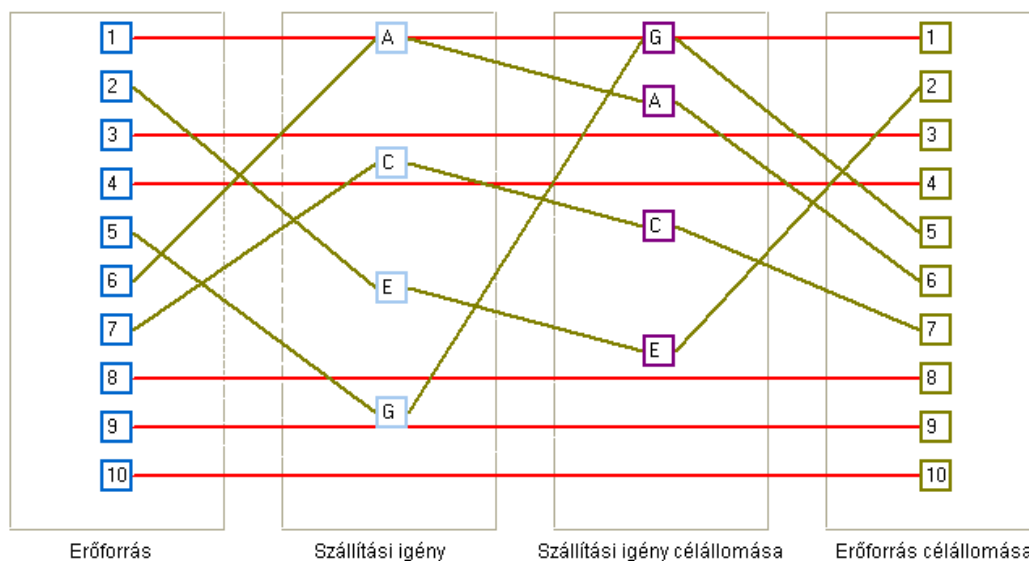
$$\begin{aligned} \text{ha } A_{i,j} \in A_{i,j}^{\text{possible}} &\rightarrow A_{i,j} = 0, \\ \text{ha } A_{i,j} = 0 &\rightarrow A_{i,j} = A_{i,j}^{\text{possible}}. \end{aligned} \quad (13)$$

Az algoritmus akkor áll meg, ha a paraméterként beállított számítási ciklus eltelt. Ezen megszakítási feltétel más feltételekkel (például a populáció egyedeinek átlagos homogenitása) való kombinálása csökkentheti a számítási időszükségletet (4. ábra).



4. ábra Populáció átlagos jósága

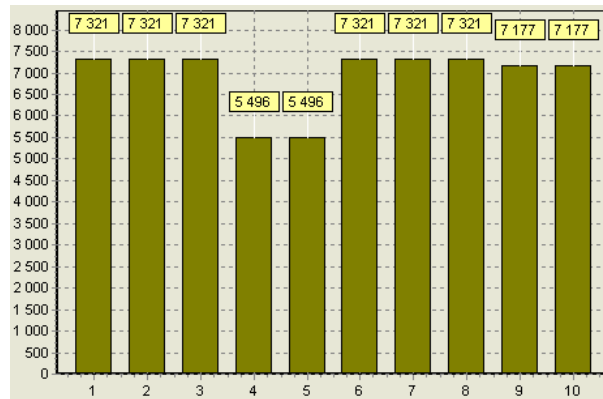
Az alkalmazott populáció mérete és a szükséges számítási lépések száma nagymértékben függ a probléma méretétől. A megszakítási feltétel után a kidolgozott szoftver megjeleníti az optimális összerendelést. (5. ábra).



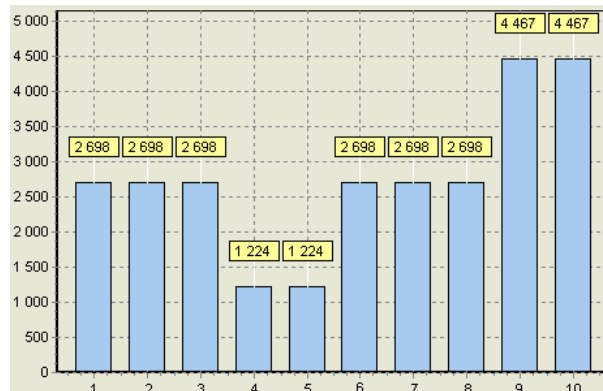
5. ábra Optimális összerendelés (példa 10 erőforrás és 8 igény esetén)

EREDMÉNYEK

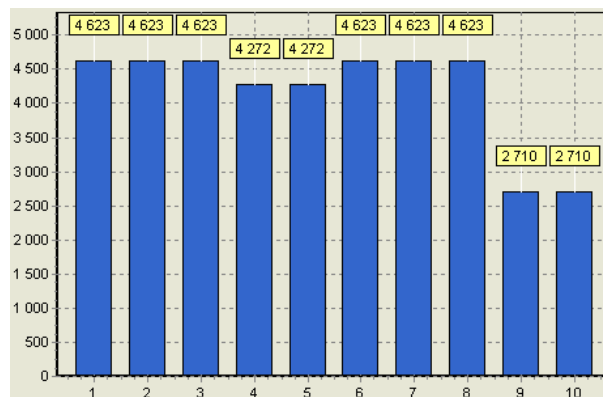
A fentiekben bemutatott algoritmus alapján elkészített szoftver segítségével lehetőség van különböző megoldási változatok értékelésére a szállítási költség, a bevétel, a profit, az erőforrás kihasználtság és a szállítási utak vonatkozásában (6-9 ábrák).



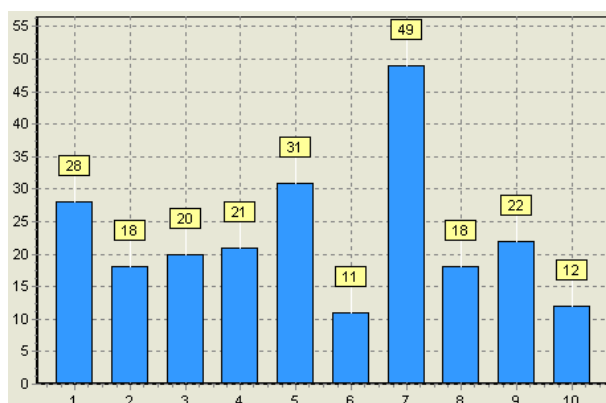
6. ábra Egyedek által reprezentált megoldásokból származó bevétel



7. ábra Egyedek által reprezentált megoldások többlet szállítási költségei



8. ábra Egyedek által reprezentált megoldásokból származó nyereség



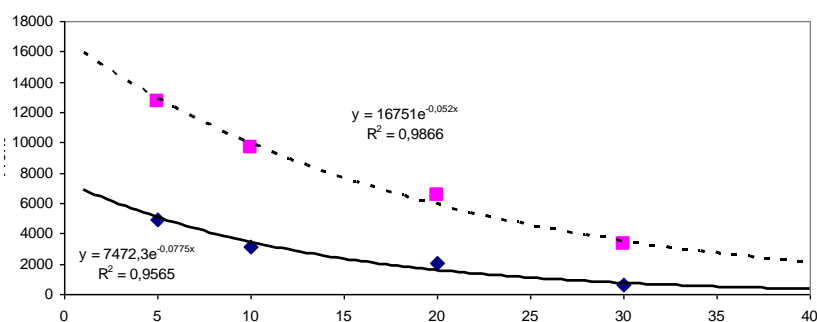
9. ábra Szállítási erőforrások kihasználtsága

A geoinformatikai rendszerből kinyert adatok alapján elvégzett valós idejű összerendelés segítségével lehetséges a szállítási erőforrások kihasználtságának növelése és többletbevétel elérése.

Fajlagos szállítási költség	Profit	Fajlagos szállítási költség	Profit
Bevétel=1000		Bevétel=2000	
5	4888	5	12701
10	3153	10	9684
20	2071	20	6532
30	633	30	3338

2. táblázat Optimalizálási eredmények összehasonlítása

A különböző rendszerváltozatokon lefuttatott eredmények feldolgozása alapján kijelenthető, hogy a többlet nyereség számos paraméter függvénye. Amennyiben az ellátási láncban „alacsony fajlagos szállítási költség és magas bevétel” definiálható, akkor a többlet nyereség könnyen realizálható. Az „alacsony” és „magas” szavak numerikus háttérét a 2. táblázat adatai szemléltetik. Az r-négzet értéke a fajlagos szállítási költség-nyereség függvény esetében közel 1 (10. ábra) ami azt jelenti, hogy az ábrában bemutatott regressziós görbe igen jól illeszkedik a diszkrét pontokra.



10. ábra A nyereség-fajlagos szállítási költség kapcsolatának regressziója

ÖSSZEFOGLALÁS

Az IT eszközök és IT megoldások ellátási láncokban történő alkalmazása nagymértékben növeli azok hatékonyságát. A geoinformatikai rendszerek alkalmazása kiváló lehetőséget teremt az ellátási láncok valós idejű ütemezésére és összerendelésére a folyamatok műszaki és gazdasági kihasználtságának növelése céljából. A dolgozat keretében bemutatott modell alkalmazásával elvégezhető a nyereség maximalizálása számos logisztikai korlátozás és peremfeltétel figyelembevételével.

TOVÁBBI KUTATÁSI IRÁNYOK

Jelen modellben a szállítási erőforrások és a szállítási igények többszörös összerendelési lehetősége figyelmen kívül lett hagyva. Ugyan ez a modell jól közelíti a valóságot, azonban annak a vizsgálata, hogy a többszörös összerendelés hogyan növeli az elérhető profitot még érdekes területe a kutatás fejlesztésének. A fentiekben bemutatott módszer vállalatirányítási rendszerbe történő integrálása nagymértékben javíthatja a hatékonyságot.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Jelen kutatás-fejlesztési munkát a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal Pázmány Péter Programja támogatta.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BÁNYAI, Á. & CSELÉNYI, J. (2003), Optimierungsmethode zur Planung von JIT-Zulieferersystemen. in: Magdeburger Schriften zur Logistik. Volume 13. pp. 17-26.
- [2] BECCALI, M. et al. (2009), Assessment of bioenergy potential in Sicily: A GIS-based support methodology. Biomass and Bioenergy. Volume 33. Issue 1. pp. 79-87.
- [3] CHIU, M. C. & CHANG, Y. C. (2008) Numerical studies on venting system with multi-chamber perforated mufflers by GA optimization. Applied Acoustics. Volume 69. Issue 11. pp. 1017-1037.
- [4] CSELÉNYI, J. & BÁNYAI, Á., VERNYIK, A. (2003), Optimisation of an integrated supply and assembly schedule. in: Proceedings of the 12th International IPSERA Conference. Bu-dapest. pp. 549-556.
- [5] GATTORNA, J. (Ed.) (1998), Strategic Supply Chain Alignment – Best Practice in Supply Chain Management. Gower.
- [6] GEORGIEVA, A. & JORDANOV, I. (2009), Global optimization based on novel heuristics, low-discrepancy sequences and genetic algorithms. European Journal of Operational Research. Volume 196. Issue 2. pp. 413-422.
- [7] GHIRARDI, M., MENGA G. & SACCO N. (2008), An optimisation-oriented model of distributed supply-chain. Mathematics and Computers in Simulation. Volume 79. Issue 4. pp. 937-946.
- [8] HUANG, S. C. & WU, T. K. (2008), Integrating GA-based time-scale feature extractions with SVMs for stock index forecasting. Expert Systems with Applications. Volume 35. Issue 4. pp. 2080-2088.
- [9] KNOLMAYER, G.F. et al. (2009), Supply Chain Management Based on SAP Systems - Architecture and Planning Processes. Springer.
- [10] LEUNG Y. & WANG, Y (2001), An orthogonal genetic algorithm with quantization for global numerical optimization. IEEE Transactions on Evolutionary Computation 5. pp. 41–53.
- [11] NIEMEIER, D. A. & BEARDARD, M. K. (1993), GIS and transportation planning: A case study. Computers, Environment and Urban Systems. Volume 17. Issue 1. pp. 31-43.
- [12] OTTO, A. & KOTZAB, H. (2003), Does supply chain management really pay? Six perspectives to measure the performance of managing a supply chain. European Journal of Operational Research. Volume 144. Issue 2. pp. 306–320.
- [13] ROBINSON Jr., G. R. & KAPO, K. E. (2004), A GIS analysis of suitability for construction aggregate recycling sites using regional transportation network and population density features. Resources, Conservation and Recycling. Volume 42. Issue 4. pp. 351-365.

- [14] SARIMVEIS, H. et al. (2008), Dynamic modeling and control of supply chain systems: A review. *Computers & Operations Research*, Volume 35. Issue 11. pp. 3530-3561.
- [15] SCHWEFEL, H.-P. (1981), *Numerical optimization of computer models*, New York - Wiley.
- [16] TAVARES, G. et al. (2009), Optimisation of MSW collection routes for minimum fuel consumption using 3D GIS modelling. *Waste Management*. Volume 29. Issue 3. pp. 1176-1185.
- [17] TAYUR et al. (1999), *Stochastic Programming Models for Managing Product Variety*, Quantitative Models for Supply Chain Management. Kluwer Press. Boston.
- [18] VANDERPOST C. & McFARLANE M. (2007), Groundwater investigation in semi-arid developing countries, using simple GIS tools to facilitate interdisciplinary decision making under poorly mapped conditions: The Boteti area of the Kalahari region in Botswana. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. Volume 9. Issue 4. pp. 343-359.



Dr. Baráth Sándor

MADÁRVESZÉLY ÉS AZ ELLENE VALÓ VÉDEKEZÉS

A repülés iránti érdeklődés és szeretet egyidős az emberiséggel. Az első próbálkozásoktól jelen vannak azonban a repülések biztonságát befolyásoló tényezők. Így a legendabeli Ikarosz a tűzrendészeti előírásokat sértette meg, amikor közel repülve a Naphoz lángra lobbantak az éghető anyagból (viasz és toll) készült szárnyai. A szárnyak elégésével a felhajtóerő megszűnt és a merész repülő lezuhant. Más jellegű veszélyt élt át az 1700-as évek elején Ciprián Jaisge laikus fráter a Szepes megyei Néma Barátok kolostorában. Ő a kolostor faláról leugrálva próbálgatta repülő szerkezeteit míg püspöke meg nem elégte és a szerkezeteket el nem égette a rendtársak gúnyolódása közepette.

Komolyra fordítva a szót, a repüléssel együtt megjelentek a különböző repülésbiztonsági kérdések, amelyek közül az egyik a madarakkal való összeütközés veszélye. Erre példa New Yorkban történt, ahol ez év január 12-én a La Guardia repülőtérrel felszálló Airbus A320-as repülőgép 150 utassal és 5 főnyi személyzettel a fedélzetén madárral ütközött. Az ütközés következtében mindkét hajtómű leállt. A pilóta lélekjelenlétének és szakmai tapasztalatának köszönhető csak hogy nem történt tragédia. A repülőgépet sikerült a Hudson folyóra letenni és az utasokat és a személyzetet a gép elsüllyedése előtt kimenekíteni. Nem minden ütközés végződik ilyen szerencsésen.

A madarak és a repülőgépek közötti kapcsolat egyidős a repüléssel. A repülés korai szakaszában inkább csak újságba való érdekesség volt, ha egy-egy madár kíváncsian megközelített egy repülőszerkezetet, illetve abban vetélytársat látva megtámadta azt. Azonban elég korán felismerték, hogy a madarakkal való összeütközés reális veszély, abból komoly anyagi kár, súlyos sérülés származhat.

Az első halálos végű madárütközést a múlt század elején jegyezték fel. 1912. április 03-án Galbrith Perry Rodgers – aki 1911-ben elsőként repülte át az amerikai kontinentst – bemutató repülés közben mintegy 100 láb (kb. 30 m) magasan Long Beach fölött sirállyal ütközött. A vezérlőszervek közé szorult madár irányíthatatlanná tette a repülőgépet. A pilóta a földbeesapódó repülőgépben 7000 néző előtt vesztette életét. Hasonló balesetek napjainkban is előfordulnak. Például 1997. augusztus 21-én Kanadában egy Cosmos Phase II. típusú ultrakönnyű repülőgép – melyet madárvonulások megfigyelésére alkalmaztak – szenvedett balesetet madárral történt ütközés következtében. A repülőgép kiképzési repülés közben daruval ütközött. A vezérlőhuzalok közé szorult madártól a pilóta nem tudott megszabadulni, az erre tett kísérletek ráadásul landolás közben a figyelmét is elvonták. A repülőgép a leszállópálya mellé sodródott és a szárnyával fának ütközött. A repülőgép összetört, a pilóta válla kifecamodott, a madár pedig épségben szabadult. Rosszabbul járt az a fekete keselyű,

amelyik 2006. szeptember 26-án a Dél-Afrikai Köztársaságban található Okavanga rezervátum fölött repülve egy Cessna-206 típusú kisrepülőgéppel ütközött és elpusztult. A madártetem a szélvédőn keresztül a kabinba vágódva megrongálta a műszerek és vezérlőszervek egy részét. A repülőgép a kényszerleszállás során a hátára fordult, azonban a gépen tartózkodó öt személy mindegyike sérülés nélkül hagyta el a gépet. (1. ábra)



1. ábra. Keselyű és repülőgép ütközésének eredménye

A kisebbességű repülés korszakában a veszély mértéke nem volt olyan nagy, mint napjainkban. A lassan repülő, zajos dugattyús gépek előtt a madarak az esetek többségében ki tudtak térni. A repülőgépek sebességének növekedése, a sugárhajtóművek elterjedése fokozta a madarakkal való összeütközés valószínűségét. A sugárhajtómű zajának jelentkezésével szinte egy időben megjelenik a repülőgép is, emiatt a kitérés lehetősége sokkal kisebb.

A modern repülőgépek korszakában a madár és a repülőgép sebességének különbsége – a becsapódási sebesség – jelentősen megnőtt. Ez a rongálódások mértékének a növekedéséhez vezetett. A rongálódások főleg a pilótakabinon, a törzsön és a szárnyak belépő élein jelentkeznek. A rongálódásokat okozó energia nagyságáról fogalmat alkothatunk, ha kiszámítjuk a becsapódó madár mozgási energiáját az ismert képlet segítségével:

$$E_m = m \times v^2/2$$

ahol

E_m - a madár mozgási energiája;

m - a madár tömege;

v - a repülőgép és a madár sebességének különbsége.

A nemzetközi szakirodalomban az alábbi tapasztalati képletet alkalmazzák a becsapódás egységnyi felületére ható erő kiszámítására:

$$E = m \times v^2 / s$$

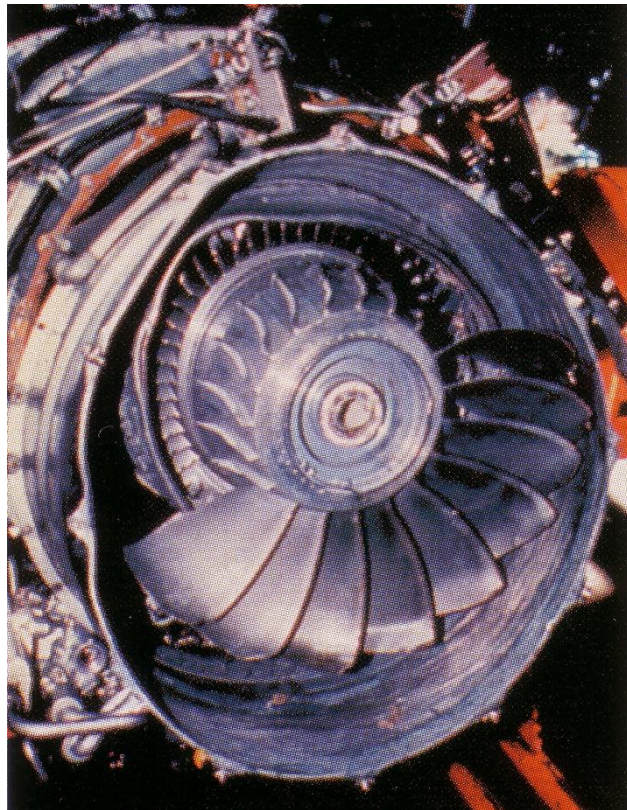
ahol

E - az egységnyi felületre jutó energia

s - a becsapódás számított felülete

A fentiek alapján belátható, hogy aránylag kis repülési sebesség esetén is az ütköző madár lövedékként csapódik be a repülőgéphez. (A fellépő erő cm^2 -ként több tonna is lehet.)

A hajtóművek típusának megváltozása – a dugattyús hajtóműről a sugárhajtóműre való áttérés – miatt is sebezhetőbbé váltak a repülőgépek a madarakkal való összeütközések során. A sugárhajtóművek viszonylag nagy átmérője, a nagy átmérőjű beömlőnyílás védtelenné teszi a hajtóművet a madárütközéssel szemben. A sugárhajtómű levegőbeömlő nyílását, a levegőcsatornát a bekerülő madár eltömítheti – ez pedig a hajtómű leállításához vezet. Továbbá, ha a madártetem a nagyfordulatszámú turbina lapátjait megsérti, az a károsodás mértékétől függően jelentős hajtómű teljesítmény csökkenéshez, súlyosabb esetben az excentricitás fokozódása miatt a turbina robbanásszerű széteséséhez vezethet.



2. ábra. Madárral történt ütközés eredménye gázturbinán

A madárral való ütközés az anyagi káron túl személyi sérüléshez, katasztrófához is vezethet. Mind a polgári, mind a katonai repülésben fordultak már elő emberi életet követelő katasztrófák. Ilyen volt például 1984-ben a taszári katonai repülőtéren a leszálláshoz bejövő MÍG-21 ÚTI kétszemélyes vadászrepülőgép vadlúddal történt ütközésének következménye. A levegőbeömlő nyílás eltömődése következtében a hajtómű leállt. A repülőgép kis magassága miatt már csak az egyik pilótának volt ideje katapultálni, a másik pilóta életét vesztette. Még súlyosabb volt az amerikai légierő E3A típusú repülőgépének katasztrófája 1995-ben, amikor az felszállás közben vadlúdcsapattal ütközött. A 24 fős személyzetből senki nem élte túl a katasztrófát. (3. ábra). A polgári repülésben is több katasztrófa előfordult madárral történt összeütközés miatt. Itt általánosan jellemző az áldozatok nagy száma, a nagy befogadó képességű repülőgépek alkalmazása miatt. (4. ábra)



3. ábra E3A AWACS vadlúdcsapattal ütközött



4. ábra. DC-10 sirálycsapattal ütközött New York JFK repülőteréről felszállva

Hogy a madarakkal való ütközés veszélye, az okozott kár milyen nagy, azt az alábbi példákon szeretném szemléltetni. Az adatok katonai repülésekre vonatkoznak és csak a legsúlyosabb, jelentett és bizonyítottan madárütközés miatt bekövetkezett baleseteket összegezzek.

1950-95. között 168 európai és izraeli katonai repülőgép semmisült meg vagy rongálódott meg helyrehozhatatlanul. A veszteségek megoszlása: 152 repülőgép semmisült meg Európában, 7 Izraelben (több mint a harci veszteségük-6) és 9 európai gép Európán kívül.

A felsorolt balesetek, katasztrófák következtében legkevesebb 34 fő katonai repülő és 3 polgári személy halt meg. A 37 fő 27 katasztrófa során veszítette életét. 168 madárral kapcsolatos balesetből 164 esetben madárral ütköztek, 4 esetben pedig megpróbálták a madarat (ebből egy esetben a szimulált madarat) elkerülni és így ütköztek földnek. A 168 repülőgép közül 143 volt sugárhajtóműves, 25 pedig dugattyús.

A 168 baleset közül 148-nak ismerjük a körülményeit, a repülés fázisát. 148-ból 90 (61 %) történt távol a repülőtérről. Ezek közül 78 történt kismagasságú (300 m alatti) repülés során (a 148 eset 53 %-a, illetve a 90 eset 87 %-a). Következésképpen a 148 ütközésből 58 (39 %) ütközés történt a repülőtér közelében leszállás, felszállás, átrepülés, touch and go, vagy éppen bemutató közben.

A 143 sugárhajtású repülőgépből 103 (72 %) gép 150 m alatt, 27 (19 %) pedig 150-300 m között ütközött. További 8 (6 %) ütközött 750-1050 m között. A 300 m alatt ütközött sugárhajtású gépek közül 50 a repülőtér környékén járt szerencsétlenül.

A szerencsétlenül járt repülőgépek sebessége nagy eltérést mutat: 0-1100 km/h között. 0 volt a sebessége egy lebegő Mi-8 típusú helikopternek, amikor lebegés közben madárbeszívás miatt leállt a hajtóműve, 700 km/h feletti sebességnél ütközött csaknem valamennyi kismagasságon, a repülőtérről távolabb járőröző repülőgép.

A 143 sugárhajtású repülőgépből az ütközés során 102-nek (71 %) a hajtóműve, 24-nek (17 %) a homloküvege (kabinja), további 11-nek (8 %) mindkét része sérült. Megjegyzendő, hogy a régi típusú centrifugál- kompresszoros hajtómű jobban ellenállt az ütközésnek, mint az újabb típusú axiál kompresszoros. A jelenleg üzemben lévő nyugati gyártmányú sugárhajtóművek többségének tervezésénél tervezési szempont volt, hogy azok 1,5 font (0,68 kg) tömegű madár becsapódását jelentősebb károsodás, teljesítménycsökkenés nélkül túrják. A korszerűbb turbofan hajtóműveknél ez a tervezési szempont 2,5 font. Azonban a levegőbeömlő nyílás nagy átmérője, valamint a hajtómű alacsony zajszintje miatt ezeknél a hajtóműveknél gyakoribb a madarakkal történő ütközés.

A megvizsgált adatokban a halálesetek száma az ütközések számához viszonyítva sajátosan alakul. Ugyanis a halálesetek döntő részében esély sem volt a menekülésre. Ennek oka, hogy a halálesetek egy részét a kabinba becsapódó madár okozta, másik részét pedig az, hogy az alacsonyan repülő gépből nem volt idő katapultálni. Nagyszámú haláleset történik, amikor a gépben nincs katapult ülés, pl. helikopterek, E-3, utasszállítók. Ez utóbbi okkal függ össze, hogy ha polgári gép szenved katasztrófát, akkor a szállított utasok nagy száma miatt nagyon sok utas veszti életét.

A fentiekből kitűnik, hogy a madárral való ütközés reális veszély mind a polgári – mind a katonai repülés számára. A polgári repülés ezzel a veszéllyel főleg a repülőtér körzetében szembesül, a katonai a repülőterek körzetén kívül is. Ennek magyarázata a polgári és katonai repülési eljárások, feladatok közötti különbség, valamint a madarak repülési szokásaiban keresendő.

A madarak megjelenésével nagy valószínűséggel 1500 m alatt kell számolni, mivel azok 90 %-a e magasság alatt repülnek. Igaz, a fennmaradó 10 % előfordulhat 6000 m magasságban is, a magasság növekedésével fordított arányban.

A polgári repülés jellemzője, hogy főleg repülőtérről-repülőterre irányul. Azaz felszállás után a lehető leghamarabb eléri az utazómagasságot, ami a madarak gyakori előfordulási szintjénél, 1500 m-nél magasabban van. Ebből következik, hogy a polgári repülés nagy valószínűséggel a repülőterek környezetében, a fel- és leszállások során szembesül a madarakkal való ütközés veszélyével.

Némileg más a helyzet a katonai repülés vonatkozásában. Ebben az esetben a repülések fő célja nem a repülőterek közötti repülés, hanem egyéb feladatok végrehajtása. Tehát a fel- és leszálláskor jelentkező madárveszélyen túl a különböző repülési feladatok végrehajtása során is fennáll a madarakkal való összeütközés veszélye. Ez a veszély fokozottan jelentkezik a kismagasságon történő (a lokátorok észlelési szintje alatt) repülések során, hiszen a 30-50-80 m magasságban végzet nagysebességű repülésnél a felrebbenő madaraknak nincs lehetőségük a nagy hajtóműzajjal egy időben érkező repülőgépek elől kitérni.

Ha védekezni akarunk a madarak ellen, azaz el akarjuk kerülni a madárütközéseket, akkor közelebről is meg kell vizsgálni a madarak szokásait, életmódját.

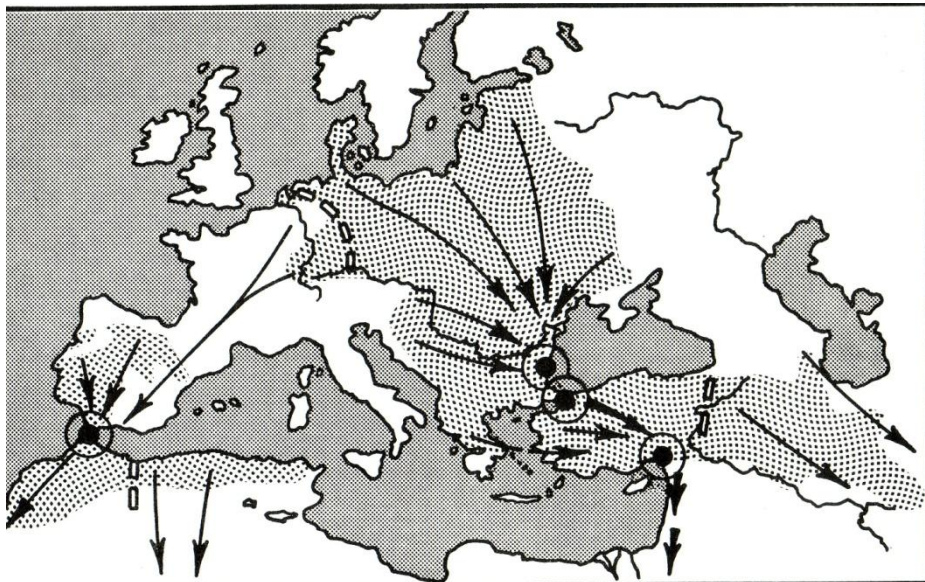
A madarak egy része költöző madár, másik része állandóan egy helyen tartózkodik. Ebből következik, hogy a madarak bizonyos fajai szezonálisan jelentkezhetnek a repülőtér környékén, illetve az „ország légterében”, más fajai állandóan jelen vannak. Az előbbiekhöz tartoznak a gólyák, ludak, récék, fecskék, galambok egyes fajai stb. Az utóbbiakhoz a varjúfélék, sirályok egy része, egyes galambok, verebek (a teljesség igénye nélkül).

Természetesen ez nem azt jelenti, hogy a költöző madarak csak a vonulás időszakában tartózkodnak itt, hanem azt, hogy bizonyos fajok az év adott szakában idevonulnak, itt élnek és költenek, azután ősszel elvonulnak, mint például a fecskék, gólyák. Más költöző madárfajok nyáron tőlünk északabbra költenek és az idő hidegebbre fordulatával vonulnak át tőlünk délebbre levő tájakra (ludak).

A fentiekből következik tehát, hogy szezonálisan előforduló madárvonulásokra és helyi repülésekre számíthatunk.

A madárvonulások jellemzői, hogy általában azonos útvonalon történnek. Ennek oka nagy valószínűséggel az, hogy ahol akadály van a repülés útjában, ott mindig azonos kapun, szorosan kelnek át. Ilyen jellegzetes kapu Csehországban pl. az ún. Morva kapu Prerov repülőtér közelében. Továbbá vízi akadályoknál előszeretettel veszik igénybe a legrövidebb átkelési útvonalat (pl. Gibraltári szoros) vagy a part mentén vonulnak (pl. a Földközi tengert megkerülve Izrael partjainál,

ahol vonuláskor 280 madárfaj 15 000 000 egyede repül át). Minden madárfajnak meg vannak a saját vonulási útvonalai és azon a vonulások bizonyos évszakokban periodikusan ismétlődnek. Ugyancsak ismertek azok a helyek, ahol a költöző madarak megpihennek, erőt gyűjtenek a további vándorláshoz. Ezek főleg olyan helyek, ahol bőven találnak táplálékot. (Ilyenek pl. bizonyos tavak környéke és jó mezőgazdasági adottságokkal rendelkező területek.) Figyelembe kell venni, hogy megfelelő helyen a vadludak akár több hétig is pihenhettek a mocsarak, tavak partján, illetve táplálkoznak a réteken. Felvetődik a kérdés, hogy nem lenne egyszerűbb a repülőterek helyének kiválasztásánál figyelembe venni a madárvonulás útvonalait? A válasz igen. Figyelembe is veszik, mint egy szempontot. Azonban rengeteg szempont van és ez csak egy a sok közül. Azonban törekedni kell arra, hogy ez a szempont érvényesüljön, illetve legalább a repülőtér környéke ne legyen kedvező adottságú pihenő, erőgyűjtő hely a légi vándorok számára.



5. ábra. A fehér gólya őszi vonulása Európából

Az állandóan jelenlévő, vagy az év jelentős részét itt töltő madarak elleni védekezés alapja szintén az, ha ismerjük életmódjukat. Ezáltal megismerjük repülési szokásaikat, amely madár fajtánként jellemző. Közös azonban minden madárfajnál, hogy az éjszakázó helyük és a táplálkozó helyük általában nem esik egybe. Ugyancsak nem esik egybe a költőhely és a táplálékkereső hely. Tehát madárfajtól és évszaktól függően két (költő és táplálkozó), illetve akár több (éjszakázó, táplálkozó, pihenő) hely közötti helyi repülésre számíthatunk. Ha ezek a helyek (területek) a repülőtérhez viszonyítva különböző irányokban esnek, akkor a madarak repülése veszélyt jelent a repülőgépekre.

Tehát arra kell törekednünk, hogy ezek a helyek a repülőtérhez viszonyítva egy oldalra essenek. Így elkerülhető, illetve minimálisra csökkenhető annak veszélye, hogy a madarak a repülőgépekkel ütközzenek.

Vizsgáljuk meg milyen jellemzőkkel bírnak azok a területek – a repülőtér és környékén – amelyek valamilyen okból a madarak kedvelt tartózkodási helyévé válnak.

- A hulladéklerakó helyek, szeméttelpek a madarak fő táplálkozó területei.
- A halastavak, folyók holtágai, mocsarak a sirályfélék kedvelt táplálkozó területei.
- A mezőgazdaságilag művelt területek főleg a termés beérésének időszakában terített asztalt kínálnak a madaraknak.
- A legelők, a kaszálók a pacsirtaféléken kívül a ragadozók számára csábító, főleg amíg a fű el nem éri a 15-20 cm-es magasságot, mivel addig a rágcsálók nem találnak rejtekhelyet.
- Az erdők, erdősávok, facsoportok kiváló madárcsalogató helyek.
- A szilárd burkolatok egyes esetekben kedvelt tartózkodó helyé válhatnak a madarak számára. Ennek oka többféle. Egyik, hogy nagyobb eső után a repedésekből, illetve a burkolat melletti füves területekről giliszták menekülnek a burkolatra a megfulladás elől. A másik ok télen jelentkezik. Ekkor ugyanis a szilárd burkolatról általában letakarítják a havat és a burkolat jó pihenő, ill. melegedő hely, mivel sötétebb színe miatt relatíve melegebb, mint a hóval takart mező
- Az épületek, épületcsoportok is vonzóak lehetnek a madarak számára, ha azok elhagyottak, ill. olyan részekkel rendelkeznek, ahol senki és semmi nem zavarja őket. Ilyen helyeken galambokkal, fecskékkel, verebekkel kell számolni, de néhány helyen ölyvekkel is.

A madarak távoltartására, riasztására többféle módszert alkalmazhatunk. Nincs egyedül üdvözítő módszer, mindig kombinálva kell a különböző eljárásokat alkalmazni. Ennek oka egyfelől, hogy minden repülőtér másfajta környezetben található, másfajta a madár és rágcsáló populáció. Másfelől a madaraknak a velük született viselkedési formájukon kívül van tanult viselkedési formájuk is. Ez azt jelenti, hogy könnyen alkalmazkodnak, megszokják a veszélyt, hozzászoknak az egyhangú riasztáshoz, nem törődnek vele.

A vonuló madár csapatok ellen az észlelés megszervezése és a megfelelő rendszabály bevezetése a célravezető. Ugyancsak hatékony lehet a repülés leállítása a napkeltét követő és a naplementét megelőző 1-1,5 órában. Jellemzően ugyanis akkor végeznek a madarak „helyi” repülést a táplálkozó és pihenő helyük között.

A hulladék-lerakóhelyek kezelése elsőrendű feladat. Hulladék-lerakóhelyet a repülőtér 13-15 km-es körzetében nem szabad létesíteni, ill. a légügyi hatóságoknak meg kell tagadni a szakhatósági hozzájárulást ilyenek létesítéséhez. Ennek ellenére Kecskeméten, Pápan és Mezőkövesden a repülőterek szó szerinti közvetlen közelében létesültek hulladéklerakó telepek.

A mocsarakat, kisebb tavakat le kell csapolni, fel kell tölteni. Ez mindenképpen csökkenti a madarak számát.

A mezőgazdasági területeken az ajánlott védőtávolságok a mérvadóak. Semmiképpen nem szabad megengedni, hogy a kalászkok túlérjenek, és a szemek peregjenek. Betakarítás után a szántást mielőbb el kell végezni, hogy a kipergő szemek föld alá kerüljenek.

Füves területeken be kell vezetni a már több országban elterjedt, főleg az amerikaiak által alkalmazott „long grass” (magas fű) programot. Ez biztosítja, hogy a rágcsálók búvóhelyet találjanak, ill. a pihenő madarak számára ne legyen csábító a füves terület.

Az erdősávok fái kevésbé csábítanak fészekrakásra, ha a koronájukat megritkítjuk. Helyben tarthatjuk a madarak egy részét, ha a fák, bokrok menti füves területet néhány méter, ill. néhány tízméteres sávban rendszeresen kaszáljuk, ezzel az erdősávban megfelelő búvóhelyet, a rövid fűben megfelelő táplálékot, ill. pihenőhelyet biztosítunk a madaraknak. (Ez az ún. „edge effect”, azaz a „szegély hatás”). Ezek a rövid fűvel benőtt területek a ragadozók számára is vonzóak, mivel a rövid fűben kedvükre vadászhatnak a rágcsáló populációban.

A pangó vizek elvezetése a szilárd burkolatok mellől nagyban segít abban, hogy a gilisztafélék ne meneküljenek a szilárd burkolatra.

A madarak távoltartásában jó eredménnyel kecsegtet, ha a használaton kívüli épületek nyílásait, réseit zárva tartjuk, illetve romokat elbontjuk. Már a repülőtéri épületek tervezése és kivitelezése során gondolni kell olyan szerkezeti megoldások alkalmazására, amelyek megnehezítik a madarak fészekrakását.

A madárriasztás aktív rendszabályai következetességet, változatosságot, kreativitást követelnek meg. Melyek ezek a rendszabályok?

- fészkek megsemmisítése.
- vadászat;
- mérgezett csalétkék alkalmazása;
- akusztikai módszerek;
- vizuális módszerek is alkalmazhatók a madarak riasztására – inkább kevesebb, mint több sikerrel.
- Kombinált vizuális és akusztikai módszerek a leghatékonyabb riasztási módszerek közé tartoznak.
- ragadozó madarak alkalmazása kínálja az egyik legeredményesebb madárriasztási módszert. A legeredményesebben alkalmazható ragadozó a vándorsólyom (*Falco peregrinus*).

Az északabbra fekvő országokban (Anglia) alkalmazzák a vadászsólymot is (*Falco rusticolus*). A ragadozók jelenlétét és hangját a madarak nem szeretik, ezért állandó alkalmazásuk esetén a madárpopuláció jelentősen meggyérül. Alkalmos vonuló madárrajok eltérítésére is. Napi két-három alkalommal történő röptetése biztosítja a megközelítési útvonalak „tisztaságát”. A módszer alkalmazásában jelentős eredményt értek el a cseh és szlovák repülőtereken, az angol (skót) légi bázisokon.

A cseh és szlovák katonai repülőtereken gyakorlatilag megszűnt a madárral való ütközés a „sólyom katonák” bevezetése óta. A riasztó egység repülőterenként 3-4 fővel dolgozik. Felszerelésük egy terepjáró gépkocsi felszerelve magnetofonnal, vadászfegyverrel, rakétapulttal. A repülőterenkénti

4-5 selymot szakképzett solymászok röptetik a repülőtéren, de adott esetben a kismagasságú repülések útvonalain is.

Magyar katonai repülőtereken a madárriasztás jelenleg az újjászervezés kezdeti szakaszában van. A honvédség átszervezése mind az anyagi, mind a humán forrásokat meggyengítette. Ezért a 80-as évek második felében megtett lépések nem folytatódtak. Jelenleg a repülőtereken a meteorológiai szolgálatok rendelkeznek olyan képzettségű szakemberekkel, akik a madár előrejelzést, a madárvonulási térképek kezelését biztosítják.

Javaslatok:

- a katonai repülőterek és 15 km sugarú környezetük értékelése madár élőhely minősége szempontjából, a „csábító helyek” megszüntetése;
- átfogó rendszabályok kidolgozása a madárveszély csökkentésére a fentebb tárgyalt megoldások figyelembevételével;
- repülőtérként 2-3 főből álló biológiai/riasztó raj rendszeresítése;
- dokumentálni kell a madárütkezéseket a tapasztalatok feldolgozása céljából;
- át kell venni más országok tapasztalatait a különböző nemzetközi szervezetek munkájában való részvétel útján.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Carl Lahser: Bash and the Civil Engineering Connection 1977.
- [2] Bash program of US Air Force 1977.
- [3] Tóth Loránd: Ejtőernyők, siklósárnyak. Kolibri könyvek. Móra könyvkiadó 1987.
- [4] Európai Madárütkezési Bizottság Repülőtéri Munkacsoport jelentése 1982., ford. Oberhausz Tibor.
- [5] Repülőtéri Szolgálatok kézikönyve 3. rész Madárellenőrzés és csökkentés 1975. ICAO
- [6] Airport services manual Part 3. 1991.
- [7] IBSC 24. International Bird Strike Committee. Proceedings and Papers. Stara Lesna, Slovakia 14-18. september 1998.
- [8] John B. Dunning: CRC Handbook of Avian Body Masses 1993. Tokyo
- [9] W. John Richardson: Serious birdstrike-related accidents to military aircraft of Europe and Israel: list and analysis of circumstances London 1996.
- [10] Manual on the ICAO bird strike information system (IBIS) 1989.
- [11] Derek Goodwin: Crows of the world. University of Washington Press 1986.
- [12] Ron J. Johnson: American crows 1994.
- [13] Thurman W. Booth: Bird dispersal techniques 1994.
- [14] Alfred J. Godin: Birds at airports 1994.
- [15] Hans Blokpoel: Bird Hazards to Aircraft 1976.
- [16] Peterson, Mountfort, Hollom: Európa madarai 1986.
- [17] AQUILA A magyar Madártani Intézet Évkönyve 1985.
- [18] Ohrozeni letadel ptactvem Praha 1976.
- [19] Canada Geese: Flying Elephants we must avoid. FAAviationews, nov/dec 1997.
- [20] Do Canada Geese prefer tall or short grass? Minutes of the twenty – seventh meeting of Bird Strike Committee Canada
- [21] Airport Wildlife Management BULLETIN no 18 Spring 1996. Transport Canada.
- [22] Yossi Leshem1, Judy Shamoun-BaranesMoshe: The development a global database on bird movements and birdstrikes in military and civilian flight.
- [23] John Trope: Update on fatalities and destroyed civil aircraft due to bird strikes with Appendix for 2006 to 2008. IBSC meeting. Brasilia, 2008.



Bauer Péter

EGYESÍTETT LQ OPTIMÁLIS ÉS SZUB OPTIMÁLIS MEGOLDÁSOK VÉGTELEN HORIZONTÚ KIMENETKÖVETŐ SZABÁLYOZÁS TERVEZÉSÉRE

BEVEZETÉS

Jelen dolgozat a 2008. április 11-i Repüléstudományi konferencián publikált munka [11] folytatását és továbbfejlesztését mutatja be. Az akkori dolgozat röviden áttekintette a szakirodalomban létező LQ optimális állapot és kimenet követő szabályozási megoldásokat [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10] és értékelte azok hiányosságait. A végkövetkeztetés az volt, hogy hiányzik egy pontos és ténylegesen LQ optimális módszer a kimenet követési probléma megoldására, ha a referenciajel jövője nem ismert. A dolgozat célként tűzte ki, egy ilyen módszer megalkotását. Végül levezetésre került egy megoldás, mely csak egy lépéses előretekintést igényel a referencia jelen és matematikailag sima jelek esetén ez is kiküszöbölhető extrapoláció alkalmazásával. A módszer garantálja az aszimptotikus stabilitást és zérus követési hibát konstans referenciajelek esetén, kielégíti a szeparációs elvet konstans és időben változó referencia jelekre egyaránt. Ezenfelül garantálja a véges követési hibát (és így a stabilitást) rámpa (végtelenbe tartó!), tetszőlegesen változó, de korlátos és l_1 vagy l_2 referenciajelekre (lásd [13]). A minimalizálandó funkcionál véges értéke konstans referenciajellel centrálással garantálható, l_1 és l_2 jelekre pedig automatikusan teljesül. Azonban a [11, 12]-beli módszer részletes vizsgálata megmutatta, hogy a konstans referenciajellel való zérus követési hiba garantálása következtében elveszett az LQ optimalitás. Tehát a levezetett módszer nem optimális!

Mivel azonban a szimulációk szerint az elért követő szabályozás minősége kiemelkedő [11, 12, 13] (legalábbis teljes állapot visszacsatolás esetén) ezért érdemes a levezetett módszerre támaszkodva egy ténylegesen optimális módszert kidolgozni, ha ez egyáltalán lehetséges. Ez a témája ennek a munkának. A módszer levezetése során az eredeti rendszerdinamika helyett egy centrált dinamikai egyenlet kerül felhasználásra [9]-ben adott ötlet alapján. Így végül egy többlépéses tervezési módszer adódik, mely LQ optimális konstans és szub-optimális időben változó referencia jelekre. E mellett képes garantálni a zérus követési hibát konstans és a véges követési hibát időben változó (rámpa, korlátos, l_1 vagy l_2) referenciajelekre. A szeparációs elvet a megelőző módszerhez hasonlóan ugyanúgy kielégíti. A cikkben először ismertetésre kerül a vizsgált rendszerosztály, majd a háromlépéses szabályozó tervezési megoldás lépései és levezetése következnek. Végül a levezetett

szabályozás tulajdonságainak kimondása és bizonyítása után egy szimulációs példa illusztrálja a módszer alkalmazhatóságát. A cikket az összegzés és a továbblépési lehetőségek ismertetése zárja.

A VIZSGÁLT RENDSZEROSZTÁLY

A vizsgált diszkrétidejű, lineáris, időinvariáns (LTI) rendszerek állapotdinamikai és megfigyelési egyenletei a következők:

$$\begin{aligned}x_{k+1} &= Ax_k + B\tilde{u}_k \\ y_k &= Cx_k\end{aligned}\quad (1)$$

- $x_k \in \mathbb{R}^n$, $u_k \in \mathbb{R}^m$, $y_k \in \mathbb{R}^p$: rendre az állapot, bemenet és kimenet vektorok
- $A \in \mathbb{R}^{n \times n}$, $B \in \mathbb{R}^{n \times m}$, $C \in \mathbb{R}^{p \times n}$: az állapot, bemenet és kimeneti mátrixok.

Tegyük fel, hogy az (A,B) pár stabilizálható és a (C,A) pár detektálható. y_k a mért kimeneti vektor, mely általában nem egyezik a követendő kimenettel. Jól ismert tény, hogy csak a bemenet dimenziójánál kisebb, vagy azzal azonos dimenziójú kimenet követhető megfelelően. Így szükséges a követendő kimenetet egy másik vektorral és mátrixszal definiálni:

$$y_k^r = C_r x_k \quad (2)$$

Ennek dimenziója legyen $r \leq m$ és így $C_r \in \mathbb{R}^{r \times n}$. Tegyük fel, hogy a $C_r B$ szorzat teljes sorrangú.

A HÁROMLÉPÉSES EGYESÍTETT MEGOLDÁS LÉPÉSEI

- Stabilizáló állapot visszacsatolás tervezése az (A, B) párra
- Az állandósult állapotú konstans referenciajel követő szabályozás megoldásának számítása a stabilizált rendszerre
- Az eredeti rendszer egyenletek (1) centrálása az állandósult állapotbeli egyenlettel. A kimenet követési probléma LQ optimális (konstans referenciajelre) és szub-optimális (időben változó referenciajelre) megoldása

Stabilizáló állapot visszacsatolás tervezése

Stabilizálható (A, B) pár esetén a statikus állapot visszacsatolás erősítés mátrixa (K_{x1}) akár pólus allokációval, akár LQ optimális módon megtervezhető. Így a rendszerre vonatkozó egyenletek (1, 2) a következőképpen módosulnak:

$$x_{k+1} = Ax_k - BK_{x1}x_k + Bu_k \quad x_{k+1} = \Phi x_k + Bu_k \quad y_k^r = C_r x_k \quad (3)$$

Itt Φ már egy stabil rendszermátrix egységkörön belüli pólusokkal.

Az állandósult állapotú konstans referenciajel követő szabályozás megoldása

A megoldás a (3)-beli stabil rendszer állandósult állapotbeli állapot dinamikai és megfigyelési egyenletei alapján vezethető le a következő módon:

$$\begin{aligned} x_\infty &= \Phi x_\infty + Bu_\infty & r_\infty &= C_r x_\infty \\ (I - \Phi)x_\infty &= Bu_\infty & \rightarrow & x_\infty = (I - \Phi)^{-1} Bu_\infty \\ \underbrace{C_r (I - \Phi)^{-1} B}_{F} u_\infty &= r_\infty & \Rightarrow & u_\infty = \text{pinv}(F) r_\infty \end{aligned} \quad (4)$$

Itt $(I - \Phi)$ invertálhatósága Φ stabilitása miatt garantált, a pszeudo inverz létezése pedig $C_r B$ teljes sorszáma által garantált. Így a stabilizált rendszerre a konstans referencia jel zérus hibával való követése mindig megoldható (a feltételezett rendszer dimenziók mellett) a fent kiszámított bemenet alkalmazásával. Ez a megoldás azonban a rendszer tranziens viselkedését még nem szabályozza és további kérdés a viselkedése időben változó referencia jelre. Mindkettő problémára megoldást ad a centrált rendszerdinamikára levezetett LQ optimális (szub-optimális) kimenet követő szabályozó. Ennek levezetése található a következő fejezetben, először a véges, majd a végtelen horizontú követést véve figyelembe.

LQ optimális és szub-optimális kimenet követő szabályozások a centrált rendszerre

A centrált rendszerdinamika (3) és (4) ismeretében az alábbi formában áll elő (időben változó referencia jelet feltételezve és szintén centrálva egy konstans értékkel):

$$\begin{aligned} x_{k+1} &= \Phi x_k + Bu_k & \& & x_\infty &= \Phi x_\infty + Bu_\infty \\ x_{k+1} - x_\infty &= \Phi(x_k - x_\infty) + B(u_k - u_\infty) & \rightarrow & \Delta x_{k+1} &= \Phi \Delta x_k + B \Delta u_k \end{aligned} \quad (5)$$

$\Delta r_k = r_k - r_\infty$ felhasználásával, a fenti rendszerre a kimenet követő szabályozás során minimalizálandó véges horizontú funkcionál az alábbi alakú lesz:

$$\begin{aligned} J(\Delta \bar{y}, \Delta e, \Delta u) &= \\ &= \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{N-1} \left(\Delta \bar{y}_k^T Q_1 \Delta \bar{y}_k + \Delta e_k^T Q_2 \Delta e_k + \Delta u_k^T R \Delta u_k \right) + \frac{1}{2} \left(\Delta \bar{y}_N^T Q_1 \Delta \bar{y}_N + \Delta e_N^T Q_2 \Delta e_N \right) \end{aligned} \quad (6)$$

Itt $\Delta \bar{y}_k = \bar{C} \Delta x_k$ ami az állapotvektor különbség $\text{Ker}(C_r)$ -re (C_r nulltere) való merőleges vetítése, ha \bar{C} az alábbi alakú:

$$\bar{C} = I - C_r^T (C_r C_r^T)^{-1} C_r \quad (7)$$

Ez azt jelenti, hogy $\Delta\bar{y}_k$ az állapotér azon részének hatását tartalmazza, melyből nem nyerhető ki információ Δy_k segítségével. Ezt a részt lehetséges Q_1 -el külön súlyozni, mely nagyban javíthatja a feladat során kiadódó Diszkrét Algebrai Riccati Egyenlet (DARE) megoldhatóságát. $\Delta e_k = \Delta y_k^r - \Delta r_k$ a differenciális követési hiba. Legyen a differenciális referenciaállapot a következő képlettel megadva:

$$\Delta\tilde{x}_k = C_r^T (C_r C_r^T)^{-1} \Delta r_k \quad (8)$$

Ezzel a (6) funkcionál ekvivalens módon az alábbi alakra hozható (lásd [2]):

$$\begin{aligned} J(\Delta x, \Delta\tilde{x}, \Delta u) &= \\ &= \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{N-1} \left((\Delta x_k - \Delta\tilde{x}_k)^T Q (\Delta x_k - \Delta\tilde{x}_k) + \Delta u_k^T R \Delta u_k \right) + \frac{1}{2} (\Delta x_N - \Delta\tilde{x}_N)^T Q (\Delta x_N - \Delta\tilde{x}_N) \quad (9) \end{aligned}$$

Ahol: $Q = \bar{C}^T Q_1 \bar{C} + C_r^T Q_2 C_r$ és a DARE megoldhatóságának feltétele, hogy a $(Q^{1/2}, \Phi)$ párnak ne legyenek nem megfigyelhető pólusai az egységkörön. Mivel Φ stabil mátrix, ezért tulajdonképpen $Q=0$ esetben is teljesül ez a feltétel (lásd [18]). Így $Q_1 = 0$ választható, ha nincs szükség a kimenetre nem ható állapotok eltérésének súlyozására. A követési probléma Lagrange szorzó módszerrel oldható meg, figyelembe véve (5)-öt és az $x_0 = a$ kezdeti feltételt (lásd [3, 4]). A továbbiakban a részleteket mellőzve csak a főbb eredmények kerülnek közlésre. A társvaltozó (Lagrange szorzó) szerkezete az alábbi lesz:

$$\lambda_k = P_k \Delta x_k + S_k \Delta\tilde{x}_{k+1} - Q \Delta\tilde{x}_k \quad (10)$$

Itt Q a (9) után definiált súlyozó mátrix, P_k -t és S_k -t pedig a tervezés során szükséges számítani. Egyszerűsítésként használhatók a következő rövidítő jelölések: $SR_k = Q \Delta\tilde{x}_k - S_k \Delta\tilde{x}_{k+1}$ $\lambda_k = P_k \Delta x_k - SR_k$ A peremfeltételek az időhorizont végére az alábbi módon adódnak: $\lambda_N = Q \Delta x_N - Q \Delta\tilde{x}_N \Rightarrow P_N = Q \quad S_N = 0$

Végül a rekurzív számítási szabályok és a kontrol bemenet (11) szerint alakulnak ((8) figyelembe vételével). Látható módon a kiadódott szabályozási törvényszerűség a jól ismert LQ optimális állapot visszacsatolásból és egy referenciajelre vonatkozó előreecsatoló részből áll. Ez utóbbi rész nagyon hasonló az [1]-ben folytonos időre levezetett előreecsatoló részhez. (5) alapján Δx_{k+1} -et Δu_k -ből számítjuk, azaz Δr_{k+1} ismerete szükséges a k -adik időpillanatban. A levezetett szabályozó azonban Δr_{k+2} ismeretét is igényli, mely egy lépéses előretétekintést jelent. (11) szerint viszont az erősítéseket úgyis csak időben visszafelé lehet meghatározni, azaz a referenciajelet a teljes horizonton előre ismerni kell. Így az egy lépéses előretétekintés nem okoz gondot. A következőkben ezekre a véges

horizontú eredményekre alapozva kerül levezetésre a végtelen horizontú megoldás, mely már nem fogja igényelni Δr_{k+2} (r_{k+2}) ismeretét és konstans referenciajelre optimális, időben változó referencia jelre pedig szub-optimális megoldást ad.

$$\begin{aligned}
P_N &= Q \quad SR_N = QC_r^T (C_r C_r^T)^{-1} \Delta r_N \\
P_k &= Q + \Phi^T P_{k+1} \Phi - \Phi^T P_{k+1} B [B^T P_{k+1} B + R]^{-1} B^T P_{k+1} \Phi \\
SR_k &= QC_r^T (C_r C_r^T)^{-1} \Delta r_k + \Phi^T [I + P_{k+1} B R^{-1} B^T]^{-1} SR_{k+1} \\
u_k &= -R^{-1} B^T P_{k+1} [I + B R^{-1} B^T P_{k+1}]^{-1} \Phi \Delta x_k + R^{-1} B^T [I + P_{k+1} B R^{-1} B^T]^{-1} QC_r^T (C_r C_r^T)^{-1} \Delta r_{k+1} - \\
&\quad - R^{-1} B^T [I + P_{k+1} B R^{-1} B^T]^{-1} S_{k+1} C_r^T (C_r C_r^T)^{-1} \Delta r_{k+2} = -R^{-1} B^T \lambda_{k+1}
\end{aligned} \tag{11}$$

A végtelen horizontú eset a véges horizontú megoldásból $k \rightarrow \infty$ határátmenettel, és az optimalitási feltételek figyelembe vételével vezethető le. A határátmenet következtében az időben változó Riccati egyenlet helyett az állandósult állapotra vonatkozó DARE adódik: $P_\infty = Q + \Phi^T P_\infty \Phi - \Phi^T P_\infty B [B^T P_\infty B + R]^{-1} B^T P_\infty \Phi$ A DARE P_∞ megoldását figyelembe véve (11) felhasználásával λ_{k+1} általános alakja a következő (ez a bemenetre vonatkozó (11)-ben szereplő optimalitási feltételt rögtön kielégíti):

$$\lambda_{k+1} = P_\infty [I + B R^{-1} B^T P_\infty]^{-1} \Phi \Delta x_k - [I + P_\infty B R^{-1} B^T]^{-1} S_1 \Delta r_{k+1} - [I + P_\infty B R^{-1} B^T]^{-1} S_2 \Delta r_{k+2} \tag{12}$$

Az optimalitás másik feltétele egy λ -ra vonatkozó egyenlet teljesülése:

$$\lambda_k = Q \Delta x_k - Q H \Delta r_k + \Phi^T \lambda_{k+1} \quad H = C_r^T (C_r C_r^T)^{-1} \tag{13}$$

(12), (11) és (5) felhasználásával (13) egyenletből a következő egyenletrendszer adódik:

$$\begin{aligned}
P_\infty \Delta x_k &= Q \Delta x_k + \Phi^T P_\infty [I + B R^{-1} B^T P_\infty]^{-1} \Phi \Delta x_k \quad \forall \Delta x_k \Rightarrow \text{DARE} \\
-S_1 \Delta r_k &= -Q H \Delta r_k \\
S_2 \Delta r_{k+1} &= -\Phi^T [I + P_\infty B R^{-1} B^T]^{-1} S_1 \Delta r_{k+1} \\
0 &= \Phi^T [I + P_\infty B R^{-1} B^T]^{-1} S_2 \Delta r_{k+2}
\end{aligned} \tag{14}$$

A (14)-beli egyenletekből az első bármely Δx_k esetén a DARE-t adja, így a tervezett szabályozó P_∞ -el mindig kielégíti. A többi egyenletből az utolsó csak $\Delta r_{k+2} = 0$ esetben teljesül. Ez viszont csak konstans referenciajel esetén áll fenn. Ekkor minden referenciajel különbség zérus és így az első egyenletet követő mindhárom egyenlet teljesül. Időben változó referenciajel esetén viszont az utolsó

egyenlet nem teljesíthető, mert $\Delta r_{k+2} \neq 0$. Így időben változó jelre ezzel a sémával LQ optimális megoldás nem kereshető. De a munka célkitűzései között az is szerepel, hogy a referenciajel jövőbeni értékének ismerete ne legyen szükséges egy adott időlépésben. [11] és [12] a (11) kifejezéssel megegyező struktúrájú szabályozási megoldásra kimutatja, hogy sima (differenciálható) referenciajelek esetén 1 lépéses extrapolációval is jól alkalmazható és így az r_{k+2} érték ismerete nem szükséges. Ez a megoldás jelen esetben is alkalmazható és így egy szub-optimális megoldás adódik időben változó referenciajelek esetére. Ha Δr_{k+2} -re 1 lépéses extrapolációt alkalmazunk, akkor (14) utolsó 3 egyenlete két egyenletben összegezhető:

$$\Delta r_{k+2} = 2\Delta r_{k+1} - \Delta r_k \quad \begin{aligned} S_1 - \Phi^T \left[\underbrace{I + P_\infty B R^{-1} B^T}_{M_2} \right]^{-1} S_2 &= QH \\ \Phi^T M_2 S_1 + \underbrace{(I - 2\Phi^T M_2)}_Z S_2 &= 0 \end{aligned} \quad \begin{bmatrix} I & -\Phi^T M_2 \\ \Phi^T M_2 & I - 2\Phi^T M_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} QH \\ 0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

(15) utolsó egyenlete megoldható, ha Z invertálható. Bizonyíthatóan Z invertálható és így az egyenlet megoldásai a mátrix inverziós lemma (blokk mátrixokra) felhasználásával a következők:

$$S_1 = \left[I - \Phi^T M_2 \left((I - \Phi^T M_2)^2 \right)^{-1} \Phi^T M_2 \right] QH \quad S_2 = - \left((I - \Phi^T M_2)^2 \right)^{-1} \Phi^T M_2 QH \quad (16)$$

Ezeket a megoldásokat felhasználva a szub-optimális (időben változó referencia jelekre) és optimális (konstans referencia jelekre) megoldás (input) a következő alakú (az extrapolációt csak az utolsó lépésben véve figyelembe:

$$\begin{aligned} \Delta u_k &= -R^{-1} B^T P_\infty \left[I + B R^{-1} B^T P_\infty \right]^{-1} \Phi \Delta x_k + R^{-1} B^T M_2 S_1 \Delta r_{k+1} - R^{-1} B^T M_2 S_2 \Delta r_{k+2} = \\ &= -K_{x_2} \Delta x_k + K_{S_1} \Delta r_{k+1} - K_{S_2} \Delta r_{k+2} = -K_{x_2} \Delta x_k + \underbrace{(K_{S_1} - 2K_{S_2})}_{\bar{K}_{S_1}} \Delta r_{k+1} + K_{S_2} \Delta r_k \end{aligned} \quad (17)$$

(17) azonban csak a centrált szabályozási probléma megoldását (inputját) adja. Ezt felhasználva kapható meg (5),(4) és (3) figyelembe vételével az eredeti rendszer referenciajel követő szabályozásához szükséges input:

$$\begin{aligned} \tilde{u}_k &= -(K_{x_1} + K_{x_2}) x_k + \bar{K}_{S_1} r_{k+1} + K_{S_2} r_k + \left[K_{S_2} - K_{S_1} + (K_{x_2} (I - \Phi)^{-1} B + I) \text{pinv}(F) \right] r_\infty = \\ &= -K_x x_k + \bar{K}_{S_1} r_{k+1} + K_{S_2} r_k + K_{r_\infty} r_\infty \approx -K_x x_k + (\bar{K}_{S_1} + K_{r_\infty}) r_{k+1} + K_{S_2} r_k \end{aligned} \quad (18)$$

(18) utolsó részében a módszer alkalmazhatóságához szükséges közelítés szerepel. Ugyanis a végtelen időbeli referenciajel érték a k -edik időpontban még nem ismert. Így csak közelítése lehetséges r_{k+1} felhasználásával. Ez konstans referenciajel esetén ugyanúgy optimális megoldást eredményez, időben változó referencia jelre pedig olyan mintha mindig az aktuális referenciajel érték,

mint munkapont környezetében centrálának a rendszert. Az így megvalósított rendszer tulajdonságait a következő fejezet ismerteti.

A LEVEZETETT VÉGTELEN HORIZONTÚ SZABÁLYOZÁS TULAJDONSÁGAINAK KIMONDÁSA ÉS BIZONYÍTÁSA

1. *TÉTEL (garantált aszimptotikus stabilitás): A javasolt végtelen horizontú kimenetkövető megoldás (18) garantálja az aszimptotikus stabilitást konstans (vagy egy idő múlva konstanssá váló), korlátos, kimenet referencijelek esetén.*

Bizonyítás: Konstruktív bizonyítás alkalmazható. Az eredményül kapott LQ optimális állapot visszacsatolás garantáltan stabil, így csak a referencijel hatása kérdéses. A k -edik időpillanattól indulva és $r_{k+i} = r_\infty = \text{const} < \infty \quad \forall i \geq 0$ kifejezést figyelembe véve (1)-ből és (18)-ból az alábbi alak adódik:

$$x_{k+1} = \underbrace{(A - BK_x)}_{\Phi_2} x_k + B(\bar{K}_{S_1} + K_{r_\infty}) r_\infty + BK_{S_2} r_\infty \quad (19)$$

(19)-ban Φ_2 egy stabil rendszermátrix (minden sajátértéke az egységkörön belül van) melynek k -edik hatványaihoz kapcsolódóan beláthatók az alábbi tulajdonságok (a második csak a későbbi tételek bizonyításához szükséges):

$$\begin{aligned} 1. \quad & \rho(\Phi_2) < 1 \quad \lim_{k \rightarrow \infty} \Phi_2^k = 0 \quad \wedge \quad \sum_{k=0}^{\infty} \Phi_2^k = (I - \Phi_2)^{-1} \\ 2. \quad & \exists K \in \mathfrak{R}, \infty > K > 0, \quad \|\Phi_2^k\| < K \quad \forall k \rightarrow \sum_{k=0}^{\infty} \|\Phi_2^k\| = K \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\|\Phi_2^k\|}{K} \Rightarrow \\ & \exists R_\sigma \in \mathfrak{R}, 1 > R_\sigma > 0 \rightarrow R_\sigma^k > \frac{\|\Phi_2^k\|}{K} \quad \forall k \Rightarrow \sum_{k=0}^{\infty} \|\Phi_2^k\| < K \sum_{k=0}^{\infty} R_\sigma^k = K \frac{1}{1 - R_\sigma} < \infty \end{aligned} \quad (20)$$

Itt $\|\cdot\|$ az indukált l_2 mátrixnormát jelenti, azaz a mátrix maximális szinguláris értékét. Az aszimptotikus stabilitás (20)/1, (19) és (18) felhasználásával a következő módon bizonyítható:

$$\begin{aligned} x_{k+n} &= \Phi_2^n x_k + \sum_{j=0}^n \Phi_2^j B(\bar{K}_{S_1} + K_{r_\infty} + K_{S_2}) r_\infty \\ x_\infty &= \Phi_2^\infty x_k + \sum_{j=0}^{\infty} \Phi_2^j (BK_{x_2} (I - \Phi)^{-1} + I) B \text{pinv}(F) r_\infty = \\ &= (I - \Phi_2)^{-1} (BK_{x_2} (I - \Phi)^{-1} + I) B \text{pinv}(F) r_\infty \quad \text{ahol } \Phi_2 = \Phi - BK_{x_2} \Rightarrow \\ x_\infty &= (I - \Phi_2)^{-1} \underbrace{(BK_{x_2} + (I - \Phi))}_{I - \Phi_2} (I - \Phi)^{-1} B \text{pinv}(F) r_\infty = (I - \Phi)^{-1} B \text{pinv}(F) r_\infty < \infty \end{aligned} \quad (21)$$

2. *TÉTEL (garantált aszimptotikusan nulla követési hiba): A javasolt végtelen horizontú kimenetkövető megoldás (18) garantálja az aszimptotikusan nulla követési hibát konstans (vagy egy idő múlva konstanssá váló), korlátos, kimenet referencialelek esetén.*

Bizonyítás: (21), (2) és (4) kombinációjával:

$$e_{\infty} = C_r \cdot x_{\infty} - r_{\infty} = C_r (I - \phi)^{-1} B \cdot \text{pinv}(C_r (I - \phi)^{-1} B) \cdot r_{\infty} - r_{\infty} = r_{\infty} - r_{\infty} = 0 \quad (22)$$

3. *TÉTEL (a szeparációs elv kielégítése): A javasolt végtelen horizontú kimenetkövető megoldás (18) garantálja a szeparációs elv teljesülését mind konstans, mind időben változó referencialelekre és tetszőleges (determinisztikus vagy sztochasztikus) állapotbecslőre.*

Bizonyítás: A diszkrét idejű aktuális állapotbecslő (akár determinisztikus akár sztochasztikus) egyenletei a következők:

$$\hat{x}_k = \bar{x}_k + L_o (y_k - C\bar{x}_k) \quad \bar{x}_k = A\hat{x}_{k-1} + Bu_{k-1} \quad x_{k+1}^e = \hat{x}_{k+1} - x_{k+1} = (I - L_o C) A x_k^e \quad (23)$$

Itt \hat{x}_k a becsült állapot, y_k pedig a mért kimenet (lásd (1)). A kibővített rendszer állapotdinamikai egyenletei (1), (18) és (23) felhasználásával írhatók fel:

$$\begin{bmatrix} x_{k+1} \\ x_{k+1}^e \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} A - BK_x & -BK_x \\ 0 & (I - L_o C)A \end{bmatrix}}_{A_a} \begin{bmatrix} x_k \\ x_k^e \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B(\bar{K}_{S1} + K_{r_{\infty}})r_{k+1} + BK_{S2}r_k \\ 0 \end{bmatrix} \quad (24)$$

A_a használatával a kibővített rendszer pólusai az alábbi egyenletből számíthatók: $\det(zI - A_a) = \det(zI - A + BK_x) \det(zI - A + L_o CA) = 0$ látható, hogy sem a referencialel, sem a rendszer állapotai nem befolyásolják a becslési hiba dinamikáját, így a szeparációs elv teljesül.

4. *TÉTEL (BIBO és l_1/l_2 stabilitás): A javasolt végtelen horizontú kimenetkövető megoldás (18) garantálja a BIBO és l_1/l_2 stabilitást.*

Bizonyítás: A referencialel l_{∞} és l_1/l_2 normái a következő módon definiáltak:

$$\|r_k\|_{\infty} = \max_k |r_k| = R_m < \infty \quad \|r_k\|_1 = \sum_{k=0}^{\infty} |r_k| \quad \wedge \quad \|r_k\|_2 = \sqrt{\sum_{k=0}^{\infty} |r_k|^2} \quad \text{ha } r_k \in l_1 \text{ akkor } r_k \in l_2 \quad (25)$$

(25) utolsó megjegyzése alapján elegendő a stabilitást az l_1 -es jelekre vizsgálni, mert az jelenti a tágabb halmazt. Az l_1 -es jelek igen széles köre fedhető le az alábbi felső korlátozással (r_k komponenseire vonatkozóan).

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_k &= [r_{1k} \ r_{2k} \ \dots \ r_{pk}]^T \quad |r_{ik}| \leq A_i e^{-ak} \quad \rightarrow \quad |r_k| \leq \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + \dots + A_p^2} e^{-ak} = A e^{-ak} \\ \|\mathbf{r}_k\|_1 &= \sum_{k=0}^{\infty} |r_k| \leq A \sum_{k=0}^{\infty} e^{-ak} \end{aligned} \quad (26)$$

A BIBO (l_∞) stabilitás (18), (20), (21) és (25) felhasználásával a következő módon bizonyítható:

$$\begin{aligned} x_1 &= \Phi_2 x_0 + B(\bar{K}_{S_1} + K_{r_\infty}) r_1 + BK_{S_2} r_0 \\ x_n &= \Phi_2^n x_0 + \left[\sum_{k=0}^{n-1} \Phi_2^k B(\bar{K}_{S_1} + K_{r_\infty}) r_{n-k} \right] + \left[\sum_{k=0}^{n-1} \Phi_2^k BK_{S_2} r_{n-1-k} \right] \\ |x_n| &\leq KR_\sigma^n |x_0| + K \left[\sum_{k=0}^{n-1} R_\sigma^k \right] \left(\|B(\bar{K}_{S_1} + K_{r_\infty})\| + \|BK_{S_2}\| \right) R_m \Rightarrow \\ \|x_k\|_\infty &= \max_n |x_n| < K |x_0| + K \frac{\left(\|B(\bar{K}_{S_1} + K_{r_\infty})\| + \|BK_{S_2}\| \right)}{1 - R_\sigma} R_m < \infty \\ \|y_k\|_\infty &= \max_n |C_r x_n| < \|C_r\| K |x_0| + \|C_r\| K \frac{\left(\|B(\bar{K}_{S_1} + K_{r_\infty})\| + \|BK_{S_2}\| \right)}{1 - R_\sigma} R_m < \infty \\ \|e_k\|_\infty &= \max_n |C_r x_n - r_n| < \|C_r\| K |x_0| + \left\{ \|C_r\| K \frac{\left(\|B(\bar{K}_{S_1} + K_{r_\infty})\| + \|BK_{S_2}\| \right)}{1 - R_\sigma} + 1 \right\} R_m < \infty \end{aligned} \quad (27)$$

Az l_1/l_2 stabilitás bizonyítása (26) és (27) felhasználásával a következő módon tehető meg:

$$\begin{aligned} x_n &= \Phi_2^n x_0 + \left[\sum_{k=0}^{n-1} \Phi_2^k B(\bar{K}_{S_1} + K_{r_\infty}) r_{n-k} \right] + \left[\sum_{k=0}^{n-1} \Phi_2^k BK_{S_2} r_{n-1-k} \right] \\ |x_n| &\leq KR_\sigma^n |x_0| + \|B(\bar{K}_{S_1} + K_{r_\infty})\| AK \left[\sum_{k=0}^{n-1} R_\sigma^k e^{-a(n-k)} \right] + \|BK_{S_2}\| AK \left[\sum_{k=0}^{n-1} R_\sigma^k e^{-a(n-1-k)} \right] \\ \|x_k\|_1 &= \sum_{k=0}^{\infty} |x_k| \leq \frac{K|x_0|}{1 - R_\sigma} + \frac{\|B(\bar{K}_{S_1} + K_{r_\infty})\| AK}{1 - R_\sigma} \left[\sum_{k_1=1}^{\infty} e^{-ak_1} \right] + \frac{\|BK_{S_2}\| AK}{1 - R_\sigma} \left[\sum_{k_2=0}^{\infty} e^{-ak_2} \right] \\ \|x_k\|_1 &\leq \frac{K|x_0|}{1 - R_\sigma} + \frac{\|B(\bar{K}_{S_1} + K_{r_\infty})\| AK e^{-a}}{(1 - R_\sigma)(1 - e^{-a})} + \frac{\|BK_{S_2}\| AK}{(1 - R_\sigma)(1 - e^{-a})} < \infty \\ \|y_k\|_1 &\leq \frac{\|C_r\| K |x_0|}{1 - R_\sigma} + \frac{\|C_r\| \|B(\bar{K}_{S_1} + K_{r_\infty})\| AK e^{-a}}{(1 - R_\sigma)(1 - e^{-a})} + \frac{\|C_r\| \|BK_{S_2}\| AK}{(1 - R_\sigma)(1 - e^{-a})} < \infty \\ \|e_k\|_1 &\leq \frac{\|C_r\| K |x_0|}{1 - R_\sigma} + \frac{\|C_r\| \|B(\bar{K}_{S_1} + K_{r_\infty})\| AK e^{-a}}{(1 - R_\sigma)(1 - e^{-a})} + \frac{\|C_r\| \|BK_{S_2}\| AK}{(1 - R_\sigma)(1 - e^{-a})} + \frac{A}{1 - e^{-a}} < \infty \end{aligned} \quad (28)$$

5. TÉTEL (véges követési hiba rámpa referencijelre): A javasolt végtelen horizontú kimenetkövető megoldás (18) minden lépésben garantálja a véges követési hibát rámpa típusú (végtelenbe tartó!!) referencijelek esetére.

Bizonyítás: Egy rámpa referencijel mindig felírható a következő alakban: $\mathbf{r}_k = \mathbf{r}_0 + k\Delta \mathbf{r}^T$

Így (1), (17) és (18) alapján a rendszer állapotának és így a követési hibának a dinamikája a következő módon alakul:

$$\begin{aligned}
x_1 &= \Phi_2 x_0 - \text{BK}_{S_2} \Delta r^r + \underbrace{\text{B} \left(\text{K}_{x_2} (\text{I} - \Phi)^{-1} \text{B} + \text{I} \right) \text{pinv}(\text{F})}_{\text{K}_r} (r_0 + \Delta r^r) \\
x_2 &= \Phi_2 x_1 - \text{BK}_{S_2} \Delta r^r + \text{BK}_r (r_0 + 2\Delta r^r) = \\
&= \Phi_2^2 x_0 - (\Phi_2 + \text{I}) \text{BK}_{S_2} \Delta r^r + (\Phi_2 + \text{I}) \text{BK}_r r_0 + (\Phi_2 + 2\text{I}) \text{BK}_r \Delta r^r \\
x_n &= \Phi_2^n x_0 - \left[\sum_{k=0}^{n-1} \Phi_2^k \right] \text{BK}_{S_2} \Delta r^r + \left[\sum_{k=0}^{n-1} \Phi_2^k \right] \text{BK}_r r_0 + \left[\sum_{k=1}^n k \Phi_2^{n-k} \right] \text{BK}_r \Delta r^r \\
e_n &= y_n - r_n = C_r x_n - r_0 - n \Delta r^r = \\
&= C_r \Phi_2^n x_0 - C_r \left[\sum_{k=0}^{n-1} \Phi_2^k \right] \text{BK}_{S_2} \Delta r^r + C_r \left[\sum_{k=0}^{n-1} \Phi_2^k \right] \text{BK}_r r_0 - r_0 + \\
&+ C_r \underbrace{\left[\sum_{k=1}^n k \Phi_2^{n-k} \right] \text{BK}_r \Delta r^r - n C_r \left[\sum_{k=0}^{\infty} \Phi_2^k \right] \text{BK}_r \Delta r^r}_{-C_r \left[\sum_{k=1}^n k \Phi_2^k \right] \text{BK}_r \Delta r^r - n C_r \left[\sum_{m=n+1}^{\infty} \Phi_2^m \right] \text{BK}_r \Delta r^r} \quad \text{mivel } \text{I} = C_r (\text{I} - \Phi_2)^{-1} \text{BK}_r
\end{aligned} \tag{29}$$

(29) második részét (19) felhasználásával alakítva, végül a következő felső normakorlát adódik a követési hibára:

$$\begin{aligned}
|e_n| &< \|C_r\| \text{KR}_\sigma^n |x_0| + \|C_r\| \frac{\text{K}}{1 - \text{R}_\sigma} |\text{BK}_{S_2} \Delta r^r| + \|C_r\| \frac{\text{K}}{1 - \text{R}_\sigma} |\text{BK}_r r_0| + |r_0| + \\
&+ \|C_r\| \frac{\text{KR}_\sigma}{(1 - \text{R}_\sigma)^2} |\text{BK}_r \Delta r^r| + \|C_r\| n \text{R}_\sigma^n \frac{\text{KR}_\sigma}{(1 - \text{R}_\sigma)} |\text{BK}_r \Delta r^r| < \infty
\end{aligned} \tag{30}$$

Ezzel bizonyított, hogy minden lépésben véges lesz a követési hiba rámpa típusú referencia jelre, és a hiba nagysága függ a rámpa jel meredekségétől. Mint az majd a következő szimulációs fejezetből látható lesz, megfelelő súlyozással rámpa és időben változó jelekre is igen jó követés (minimális követési hiba) érhető el a javasolt módszerrel.

ALKALMAZÁSI PÉLDÁK EGY NÉGYROTOROS HELIKOPTER PÁLYAKÖVETŐ SZABÁLYOZÁSA KAPCSÁN

A felhasznált négyrotoros helikopter modell egy kutatási együttműködés keretében készül [11, 12]. [13]-ban elkészült a helikopter nemlineáris szimulációja MATLAB Simulink környezetben. Ebből lebegésben linearizálva [14]-ben egy folytonos idejű, LTI modell készült. Ennek a modellnek a továbbfejlesztéseként adódott egy pontosított LTI modell, amit az itt elvégzett tesztekhez használtam fel. A linearizált modell állapotai, mért kimenetei és bemenetei a következők:

- *Állapotok:* $x = [\text{motor fordulatszámok } (n_1 \ n_2 \ n_3 \ n_4), \text{ sebesség komponensek test koordinátarendszerben } (u \ v \ w), \text{ szögsebesség komponensek test koordinátarendszerben } (P \ Q \ R), \text{ Euler szögek } (\phi \ \theta \ \psi), \text{ függőleges pozíció föld koordinátarendszerben } (Z)]$
- *Mért kimenetek:* $y = [\text{motor fordulatszámok } (n_1 \ n_2 \ n_3 \ n_4), \text{ gyorsulások test koordinátarendszerben } (du/dt \ dv/dt \ dw/dt), \text{ szögsebesség komponensek test koordinátarendszerben } (P \ Q \ R), \text{ Euler szögek } (\phi \ \theta \ \psi), \text{ mért magasság } (h = -Z \text{ sík terepet feltételezve})]$
- *Bemenetek:* $u = [\text{bólító parancs } \delta_{\text{pitch}}, \text{ bedöntési parancs } \delta_{\text{roll}}, \text{ legyező parancs } \delta_{\text{yaw}}, \text{ emelkedési / süllyedési parancs } \delta_{\text{asc/desc}}]$

Az így kapott folytonos idejű modell irányítható és megfigyelhető. Ebből transzformációval készült a diszkrétidejű modell zérusrendű tartószervet feltételezve. A mintavételi idő a nyílt hurok sáv szélessége alapján lett megválasztva $T = 0,0125$ sec értékűre. Az eredményül kapott diszkrétidejű modell úgyszintén irányítható és megfigyelhető. A kifejlesztett szabályozás működése ezen a modellen került tesztelésre konstans (vagy azzá váló) és időben változó referencia jeleket egyaránt alkalmazva.

A kimenetkövetésben nem súlyozott állapotok és a bemenet súlyozása az inverz négyzetek módszere alapján lett meghatározva, figyelembe véve a különböző állapotokkal betartandó határértékeket. A cél az volt, hogy a szabályozott rendszer működése során a lineáris tartományban maradjon és így a lineáris szabályozó esetleg a nemlineáris rendszeren is jól működjön.

A figyelembe vett felső korlátok a következők: 2 fok/sec a P, Q, R szögsebesség komponensekre, 5 fok az Euler szögekre, 3 egység a kontrol bemenetekre. A többi súly optimális értéke próbálgatással lett meghatározva. A szabályozó szimulációkkal való tesztelése során feltételezés volt az összes állapot mérhetősége, így állapotbecslőt nem kellett alkalmazni és a mért kimenetek nem kerültek felhasználásra.

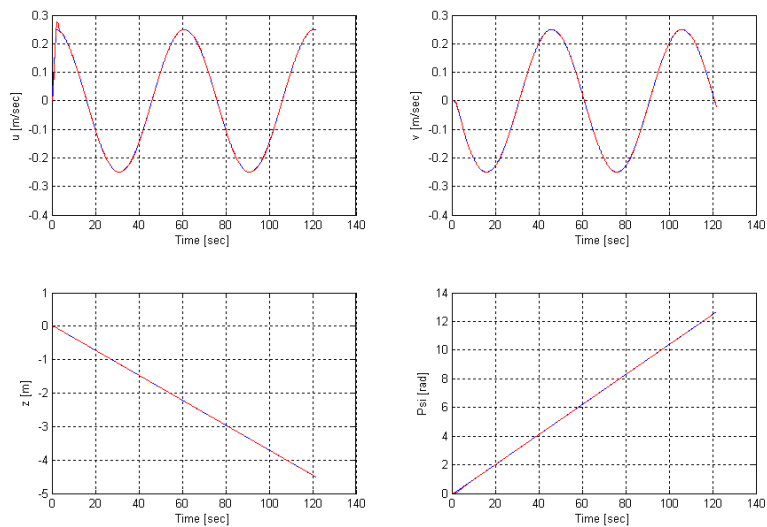
A követendő referenciajelek test rendszerben az $(u \ v \ Z)$ sebességkomponensek és a ψ orientáció voltak. A súlyozó mátrixok a következők (itt $\langle \rangle$ diagonális mátrixot jelöl):

$$Q_1 = \langle 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 820 \ 820 \ 0 \ 135 \ 135 \ 0 \ 0 \rangle$$

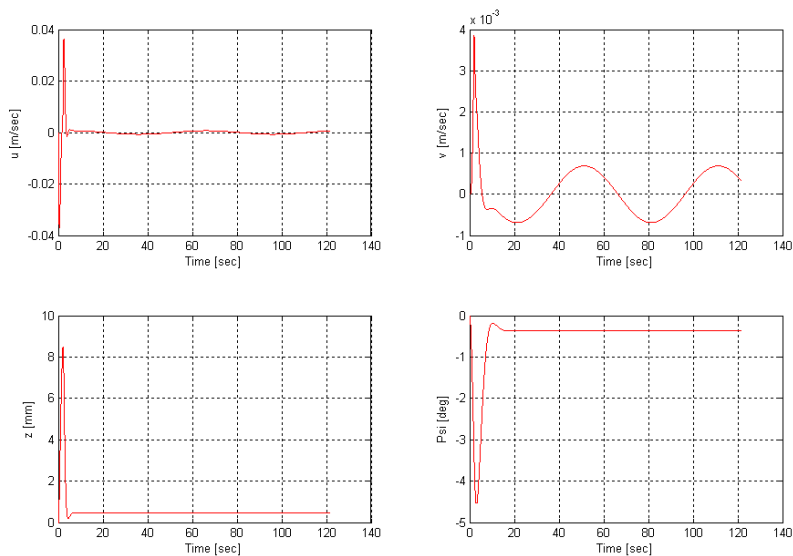
$$Q_2 = \langle 1000 \ 1000 \ 1000 \ 10000 \rangle \quad R = \langle 1e-1 \ 1e-1 \ 1e-1 \ 1e-1 \rangle$$

A megtervezett szabályozó kétféle összetett térbeli mozgásformán lett tesztelve. Az első esetben egy emelkedő egyenes pályán halad a helikopter úgy, hogy közben folyamatosan forog a függőleges tengelye körül. A második esetben egy emelkedő spirál pályán halad végig úgy, hogy közben az orra mindig a pálya érintője irányába mutat (azaz forog a függőleges tengelye körül). Mindkét esetben föld rendszerben a szükséges sebesség komponensek (u, v, w) kerültek megadásra, és a rendszer a mért Euler szögekkel test rendszerbe transzformált komponenseket, illetve w esetén a belőle integrálással kapott Z magasságot követi (egy referenciajel átalakító transzformáció került alkalmazásra). Erre azért van szükség, mert a bonyolult térbeli mozgások során a föld és test rendszerbeli sebesség komponens

nagyságok közt kicsi, de kumuláltan jelentős hibákat okozó eltérések lehetnek. Az első teszteset eredményei az 1-5, míg a második esetéi a 6-9 ábrákon láthatók.

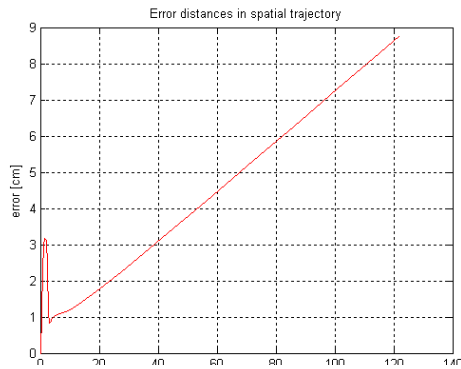


1. ábra. A referenciajelek követése az első esetben (test rendszerben)

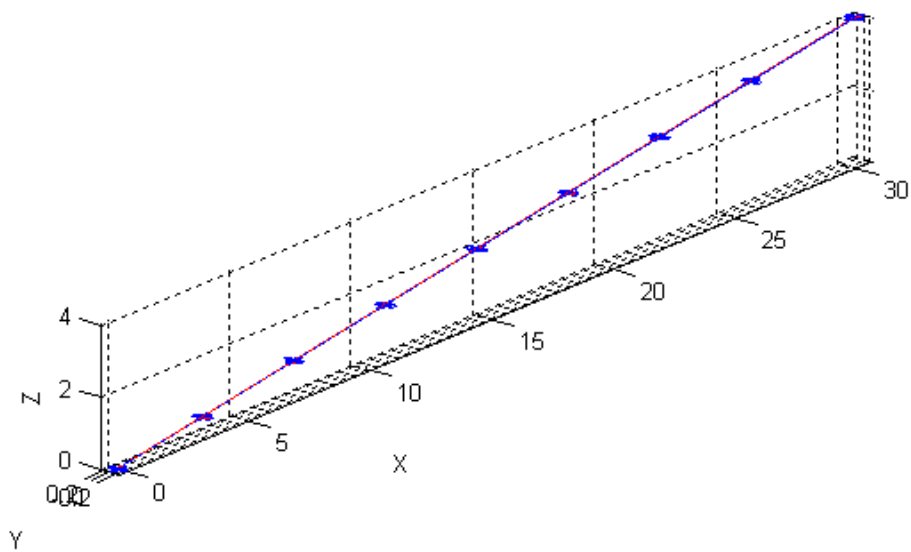


2. ábra. A referenciajelek követési hibái az első esetben (test rendszerben)

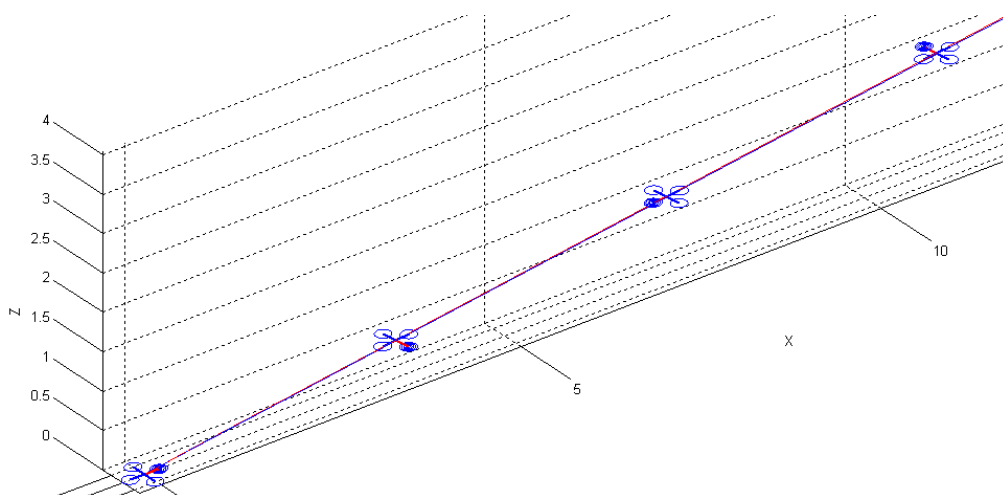
Az 1. ábrán kék szín ábrázolja a referencia jelet és piros az aktuális rendszer állapotot. Láthatóan a sebességkomponensekre a követési hibák közel zérus értékűek, ami kiváló. A magasság követési hibája 1 mm alatti, az orientációjé pedig 0,5 fok alatti, ami szintén kiváló. A 3. ábra mutatja a térbeli referencia pálya és a tényleges pálya közti eltérést. A 4. és 5. ábrákon a teljes térbeli pálya (kék referencia, piros tényleges) és annak egy nagyított részlete (ahol jól látszik a helikopter orientáció változása) látható.



3. ábra. A térbeli követési hiba nagysága föld rendszerben



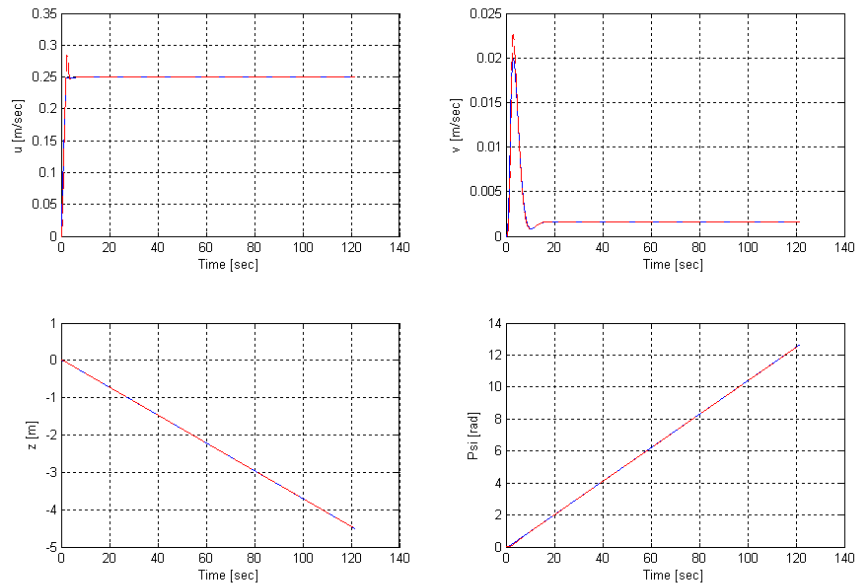
4. ábra. A térbeli pályák föld rendszerben



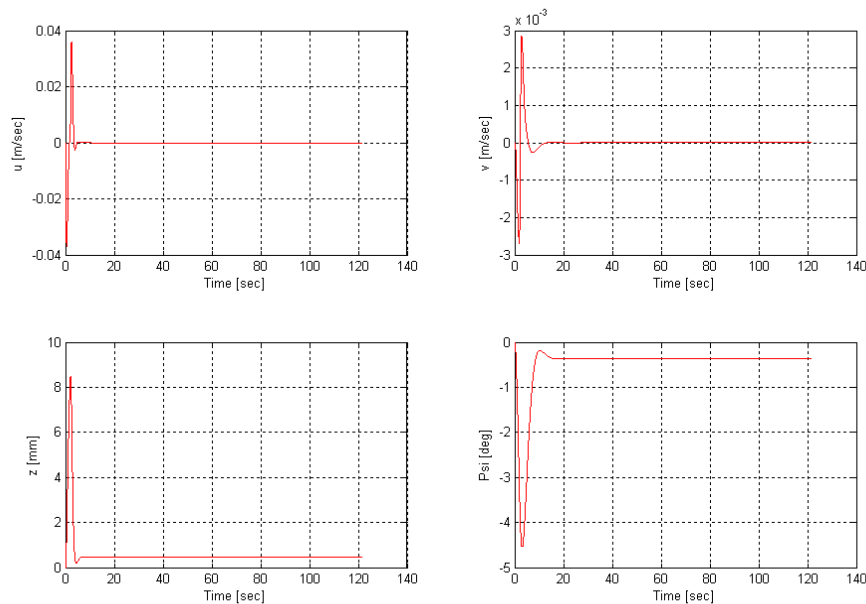
5. ábra. A nagyításon jól látható a helikopter folyamatos orientáció változása

A 4. ábrán úgy látszik, hogy a helikopter igen pontosan követi a megadott pályát. A 3. ábra azonban megmutatja, hogy egyre növekvő távolság van a követendő és tényleges pálya között, mely

122 másodperc múlva már majdnem 9cm. Ennek oka, hogy a helikopter állandó forgása miatt szinuszosra adódó v sebességkomponens követésében folyamatosan hibák vannak, melyek az elmozdulásban integrálva kumulálódnak. Ezen a szabályozó átsúlyozásával lehet majd még javítani.



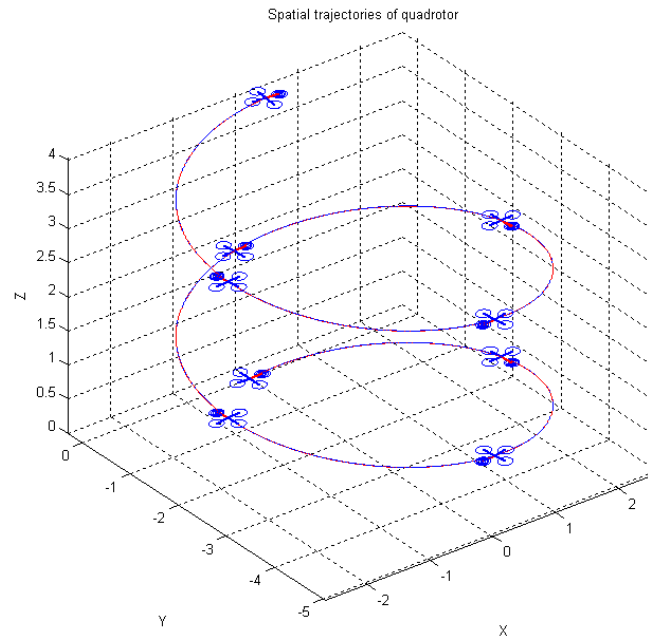
6. ábra. A referenciajelek követése a második esetben (test rendszerben)



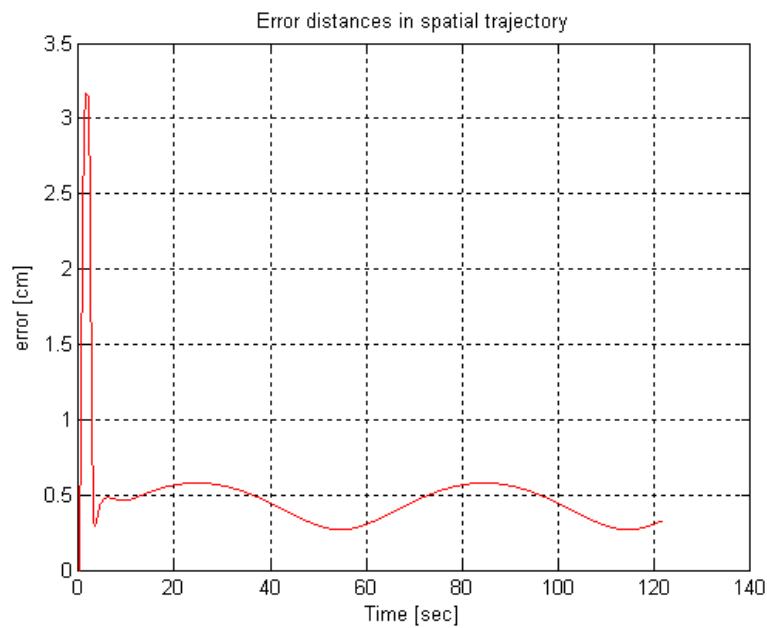
7. ábra. A referenciajelek követési hibái a második esetben (test rendszerben)

A 6. és 7. ábrák mutatják a második esetben a referenciajelek test rendszerbeli követését és követési hibáit. Látható, hogy itt az u és v sebesség komponensek állandósult állapotban konstansra

adódnak így követési hibáik jóval kisebbek, mint az előző esetben. A Z magasság és ψ Euler szög követésének hibái közel azonosak. A 8. és 9. ábrákon látható, hogy ebben az esetben a követés minősége sokkal jobb, a térbéli pályák közti eltérés állandósult állapotban nem megy 0,6 cm fölé, ami kiváló eredmény. Mindeközben a helikopter orientációja folyamatosan változik a pálya mentén a kitűzött célnak megfelelően.



8. ábra. A térbéli pályák föld rendszerben



9. ábra. A megadott és tényleges térbéli pálya közötti eltérés alakulása föld rendszerben

ÖSSZEGZÉS ÉS TOVÁBBLÉPÉSI LEHETŐSÉGEK

Jelen cikkben a tavalyi munka folytatásaként egy végtelen horizontú LQ optimális kimenet követő szabályozó továbbfejlesztése történt meg. A javított módszer végtelen horizontú optimális megoldást ad konstans, és nagy horizontú szub-optimális időben változó referencia jelek esetére. Konstans referenciajelekre garantált az aszimptotikus stabilitás és így a zérus követési hiba. Időben változó jelekre is garantált a szeparációs elv kielégítése, valamint a BIBO, l_1/l_2 stabilitás. Rámpa típusú jelre garantált a véges követési hiba minden időlépésben. A módszer használhatóságát két szimulációs példa is bizonyítja négyrotoros helikopter bonyolult térbeli pályákon való végigvezetésével.

A módszer továbbfejlesztése több irányban lehetséges és szükséges. Egyrészt a kipróbálás sztochasztikus állapotbecslővel a mérési zajok figyelembe vételével. Másrészt szélzavarás elnyomásának megoldása terhelésbecslővel. Harmadrészt a robusztus stabilitás vizsgálata.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] MICHAEL ATHANS – PETER L. FALB: Optimal Control, An introduction to the Theory and its Applications, McGraw-Hill Book Company, 1966.
- [2] BRIAN D. O. ANDERSON – JOHN B. MOORE: Optimal Control, Linear Quadratic Methods, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ; 1989.
- [3] TONGWEN CHEN – BRUCE FRANCIS: Optimal Sampled-Data Control Systems, Springer-Verlag London Limited, 1995.
- [4] GENE F. FRANKLIN – J. DAVID POWEL – MICHAEL L. WORKMAN: Digital Control of Dynamic Systems, Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
- [5] JEFFREY B. BURL: Linear Optimal Control, H_2 and H_∞ Methods, Addison Wesley Longman Inc., Menlo Park California, 1999.
- [6] MIKE J. GRIMBLE – ANDRZEJ W. ORDYS: Predictive Control for Industrial Applications, Ann. Rev. in Cont., vol. 25, 2001, 13-24. o.
- [7] E. MOSCA – A. CASAVOLA: Deterministic LQ Preview Tracking Design, IEEE Trans. on Aut. Cont., vol. 40, 1995, 1278-1281. o.
- [8] ASIF FAROOQ – DAVID J. N. LIMEBEER: Path Following of Optimal Trajectories Using Preview Control, in Proc. of 44th IEEE Conference on Decision and Control, and the European Control Conference 2005, Seville, Spain, 2005, 2787-2792. o.
- [9] JACQUES L. WILLEMS – IVEN M. Y. MAREELS: A Rigorous Solution of the Infinite Time Interval LQ Problem with Constant State Tracking, Sys. & Cont. Let., vol. 52, 2004, 289-296. o.
- [10] ENRIQUE BARBIERI – ROCIO ALBA-FLORES, On the Infinite-horizon LQ Tracker, Sys. & Cont. Let., vol. 40, 2000, 77-82. o.
- [11] BAUER PÉTER: Egy pontos, LQ optimális megoldás végtelen horizontú kimenetkövető szabályozás tervezésére, Repüléstudományi közlemények különszám, 2008. április 11.
- [12] PÉTER BAUER: An Exact Solution for the Infinite Horizon LQ Optimal Output Tracking Problem, in Proc. of Multi-Conference on Systems and Control 2008, San Antonio, Texas, USA, 2008.
- [13] PÉTER BAUER: The properties of an infinite horizon LQ optimal tracker with time varying references, in Proc. of Vehicle System Dynamics Identification and Anomalies 2008, Budapest, Hungary, 2008
- [14] PÉTER GÁSPÁR – ALEXANDROS SOUMELIDIS – BÉLA LANTOS – ZOLTÁN PROHÁSZKA – PÉTER BAUER: Embedded computer based nonlinear vehicle control: a quadrotor helicopter experiment, in Proc. of Vehicle System Dynamics Identification and Anomalies 2006, Budapest, Hungary, 2006
- [15] ALEXANDROS SOUMELIDIS – PÉTER GÁSPÁR - PÉTER BAUER – BÉLA LANTOS - ZOLTÁN PROHÁSZKA: Design of an embedded microcomputer based mini quadrotor UAV, in Proc. of European Control Conference 2007, Kos, Greece, 2007.
- [16] RITZINGER GYÖRGY: Szitakötő négyrotoros helikopter szabályozása állapotviszacsatolás és állapotbecslő alkalmazásával, Diplomaterv, Budapest; 2007.
- [17] PÉTER BAUER – GYÖRGY RITZINGER – ALEXANDROS SOUMELIDIS – JÓZSEF BOKOR: LQ Servo Control Design with Kalman Filter for a Quadrotor UAV, Periodica Polytechnica Transportation Engineering, Vol. 36/1-2, pp. 9-14, 2008.
- [18] PÉTER BAUER – BALÁZS KULCSÁR. – JÓZSEF BOKOR: On the use of proper weighting in reference tracking optimal control with guaranteed DARE solvability. Proceedings of IEEE 16th Mediterranean Conference on Control and Automation. Ajaccio, Corsica, France. 2008. CD pp. 901-906.



Dr. Békési Bertold¹ - Dr. Szegedi Péter²

NYITOTT VÍZSZINTES ALAPÚ INERCIÁLIS NAVIGÁCIÓS RENDSZEREK

Jelen cikk a Repüléstudományi Közlemények 2008/1 és 2008/2 számaiban megjelent Inerciális navigációs rendszerek I és II. cikkek [1, 2] egyenleteit és ábráit felhasználva a nyitott vízszintes alapú inerciális navigációs rendszereket mutatja be.

Mint ismeretes a (4) egyenlet³, a nyitott inerciális navigációs rendszerben a gravitációs mező \bar{g} intenzivitásának vektora, amely majd a fedélzeten más műszerek segítségével lesz megmérve és az objektum koordinátáinak kiszámításánál vesszük figyelembe. Nézzük meg hogy, mihez vezet a \bar{g} vektor figyelembe vétele, ha a nyitott inerciális rendszer a vízszintes koordináta-rendszerben működik. A vízszintes koordináta-rendszerben⁴ g_x, g_y egyenlő nullával, ezért a vízszintesen elhelyezett axelerométerek mutatásaiba w_x és w_y -ba⁵ (lásd (24) és (25) egyenleteket) a \bar{g} vektor nem számít bele úgy, mint a földrajzinál valamint az azimutálisan szabad koordináta-rendszer esetében sem.

Következésképpen, ha a nyitott inerciális rendszer a vízszintes koordináta-rendszerben működik, akkor a \bar{g} vektor figyelembe vétele az alap stabilizálásához vezet a vízszintes síkban a fedélzeti műszerek segítségével — az axelerométerek mutatásait nem tartalmazzák —, amelyek az alapon vannak elhelyezve.

Mint azt már korábban említettük, a \bar{g} vektor figyelembe vétele az arányszám alapján a magasságmérő segítségével végezhető el, azokban az esetekben, amikor a függőleges csatorna hiányzik, vagy amikor a repülési magasság viszonylag nem nagy.

Ezután a megjegyzés után áttérünk a nyitott inerciális rendszerek közvetlen tanulmányozására vízszintes alapokkal.

VÍZSZINTES ALAPÚ AZIMUTÁLISAN SZABAD NYITOTT INERCIÁLIS NAVIGÁCIÓS RENDSZEREK

Ilyen alapot akkor kapunk, ha stabilizáljuk a vízszintes síkban valamilyen fedélzeti műszer szerinti függőlegessel és az azimutban pedig azimutálisan szabad pörgettyű segítségével.

¹ okleveles mérnök alezredes, ZMNE BJKMK Repülő és Légvédelmi Intézet Fedélzeti Rendszerek Tanszék, egyetemi docens, tanszékvezető, 5008 Szolnok, Pf.: 1., Email: bekesi.bertold@zmne.hu

² okleveles mérnök őrnagy, ZMNE BJKMK Repülő és Légvédelmi Intézet Fedélzeti Rendszerek Tanszék, egyetemi docens, dékánhelyettes, 5008 Szolnok, Pf.: 1., Email: szegedi.peter@zmne.hu

³ A Repüléstudományi Közlemények 2008/3 számában megjelent Inerciális navigációs rendszerek II. cikk alapján.

⁴ A Repüléstudományi Közlemények 2008/2 számában megjelent Inerciális navigációs rendszerek I. cikk 4. ábrája alapján.

⁵ Lásd a Repüléstudományi Közlemények 2008/3 számában megjelent Inerciális navigációs rendszerek II. cikk (24) és (25) egyenleteit

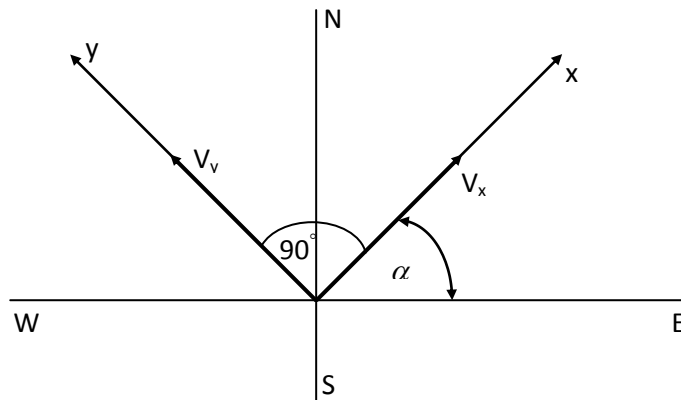
Ebben az esetben a vízszintes axelerométerek mutatói a (27) egyenlet⁶ alapján egyenlő \dot{V}_x és \dot{V}_y . Ha ezeket a mutatókat az időben integráljuk a kezdeti feltételek segítségével megkapjuk a V_x és V_y összetevőket a \bar{V} abszolút vízszintes sebesség x és y tengelyei mentén:

$$V_x = V_{x0} + \int_{t_0}^t \dot{V}_x(\tau) d\tau$$

$$V_y = V_{y0} + \int_{t_0}^t \dot{V}_y(\tau) d\tau$$

A $V_x(t)$ és $V_y(t)$ értékek alapján az objektum pillanatnyi koordinátáinak kiszámítását elvégezhetjük, bármilyen alkalmas koordináta-rendszerben, például: földrajziban.

Tételezzük fel, hogy az xyz azimutálisan szabad koordináta-rendszert nyissuk széjjel az NE (észak—kelet) rendszer szerint α -szögre. (1. ábra)



1. ábra. xyz azimutálisan szabad koordináta-rendszer az NE (észak—kelet) rendszer szerint α -szögre szétnyitva [3] [Szerk.: Dr. Békési Bertold – MS Word]

Továbbá a z tengelyhez képest az xy nem végez forgó mozgást, az EN földrajzi koordináta-rendszer

$\frac{V_E}{R} \operatorname{tg}\varphi$ szögsebességgel forog és kapjuk:

$$\dot{\alpha} = \frac{V_E}{R} \operatorname{tg}\varphi \quad (1)$$

$$\alpha(t) = \alpha_0 + \int_{t_0}^t \frac{V_E(\tau)}{R} \operatorname{tg}\varphi(\tau) d\tau \quad (2)$$

Így, ha a kezdeti szög $\alpha_0 = \alpha(t_0)$, akkor $\alpha(t)$ bármely időpillanatban számítható és az (1. ábra) alapján a repülési sebesség északi és keleti összetevői meghatározhatók:

⁶ Lásd a Repüléstudományi Közlemények 2008/3 számában megjelent Inerciális navigációs rendszerek II. cikkben.

$$\begin{aligned} V_N &= V_x \sin \alpha + V_y \cos \alpha \\ V_E &= V_x \cos \alpha - V_y \sin \alpha \end{aligned} \quad (3)$$

Ha a repülőgép abszolút sebességének keleti irányú összetevőjéből V_E kivonjuk a Föld kerületi sebességét $R\omega_F \cos \varphi$, kiszámoljuk a repülőgép keleti és északi irányú útsebességét:

$$\begin{aligned} V_{NU} &= V_N \\ V_{EU} &= V_E - R\omega_F \cos \varphi \end{aligned} \quad (4)$$

ahol:

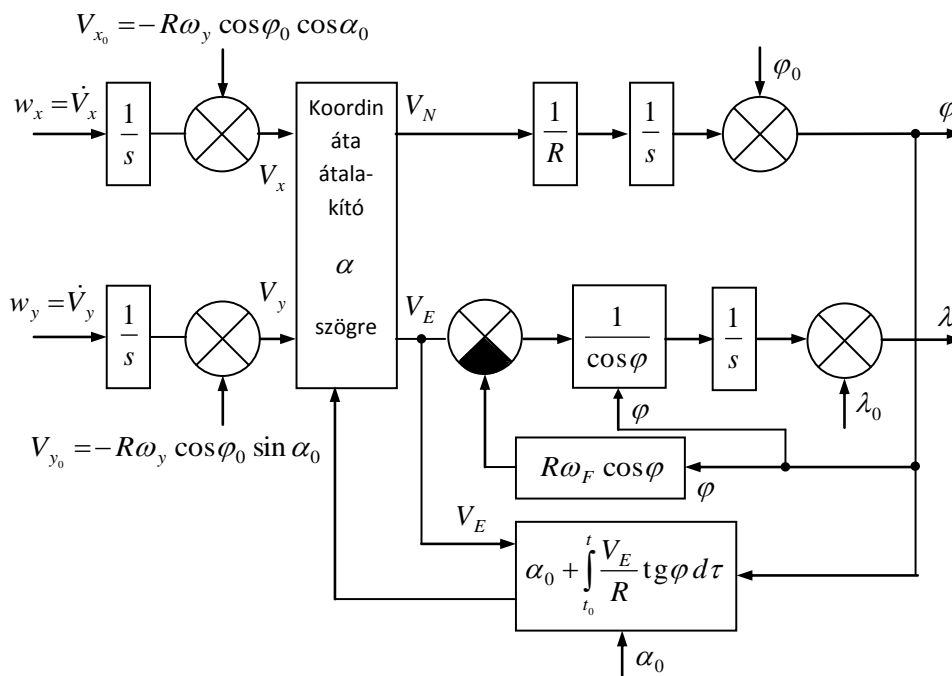
V_{NU} — északi útsebesség

V_{EU} — keleti útsebesség

Végül megkapjuk a repülőgép földrajzi koordinátáit:

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{1}{R} \int_{t_0}^t V_{NU}(\tau) d\tau \quad (5)$$

$$\lambda = \lambda_0 + \int_{t_0}^t \frac{V_{EU}(\tau)}{R \cos \varphi(\tau)} d\tau \quad (6)$$



2. ábra. Nyitott vízszintes alapú azimutálisan szabad inerciális navigációs rendszer hatásvázlata [3] [Szerk.: Dr. Békési Bertold – MS Word]

Az (2)—(6) egyenletekből következik a nyitott vízszintes alapú azimutálisan szabad inerciális navigációs rendszer hatásvázlata (2. ábra), amely a repülőgép földrajzi koordinátáit határozza meg.

Az 1. ábrából nem nehéz megérteni, hogy a \vec{V} vektor kezdeti vetületei az x és y tengelyekre, a Föld (periférikus mozgásával) kerületi sebességével határozható meg az indulási pontban, amely egyenlő

$$\begin{aligned} V_{x0} &= R\omega_F \cos\varphi_0 \cos\alpha_0 \\ V_{y0} &= -R\omega_F \cos\varphi_0 \sin\alpha_0 \end{aligned} \quad (7)$$

mivel a kezdőpontban

$$\begin{aligned} V_{N_0} &= 0 \\ V_{E_0} &= R\omega_F \cos\varphi_0 \end{aligned} \quad (8)$$

Tehát a nyitott navigációs rendszerek lehetőséget adnak a repülőgép tartózkodási helyének és sebességének pillanatnyi értékének meghatározására.

NYITOTT VÍZSZINTES FÖLDRAJZI ALAPPAL RENDELKEZŐ INERCIÁLIS NAVIGÁCIÓS RENDSZEREK

A (24) egyenletből⁷ következik, hogy az axelerométerek jelzéseit közvetlenül integrálni az „északit” és a „keletit” a keleti és északi összetevők abszolút sebességének kiszámításakor tilos. Mielőtt elvégeznénk az integrálást az axelerométerek mutatásából, ki kell vonni az úgynevezett „módszeres hibákat”.

A hibák értéke:

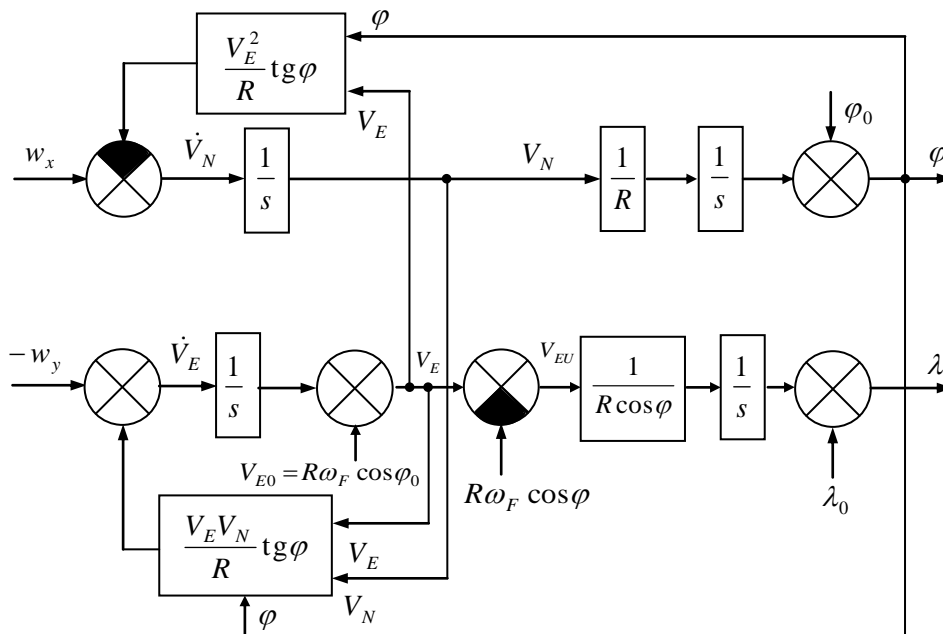
$$\frac{V_E^2}{R} \operatorname{tg}\varphi; \frac{V_E V_N}{R} \operatorname{tg}\varphi \quad (9)$$

Továbbá a vizsgált inerciális rendszer hatásvázlata (3. ábra), elvi értelemben nem különbözik a fentebb említettől. Érdeemes kiemelni, hogy az azimutálisan szabad kivételével valamennyi vízszintes alapú nyitott inerciális navigációs rendszer rendelkezik módszeres hibával a függőleges z tengely körüli forgás következtében⁸.

Ezeket a hibákat kompenzálni kell. Az azimutálisan szabad axelerométerekben a módszeres hiba hiánya az előnye ennek a rendszernek. A nyitott inerciális navigációs rendszereknek nagy hátránya van, amely leszűkíti az alkalmazását. Lényege, az, hogyha az alap nem pontosan van beállítva a kiválasztott koordináta-rendszer tengelyeire xyz , akkor a rendszer ebből eredő hibája az idővel gyorsan nő.

⁷ lásd a Repüléstudományi Közlemények 2008/3 számában megjelent Inerciális navigációs rendszerek II. cikkében.

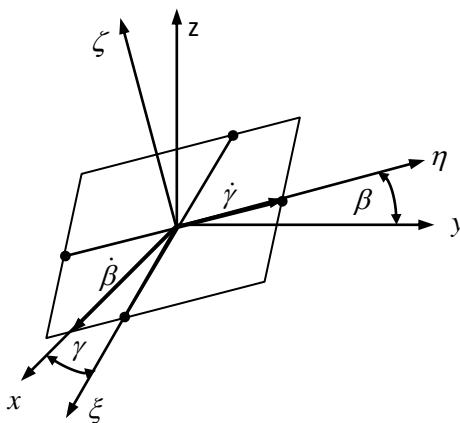
⁸ lásd a Repüléstudományi Közlemények 2008/3 számában megjelent Inerciális navigációs rendszerek II. cikk (24) egyenletét).



3. ábra. Nyitott vízszintes földrajzi alappal rendelkező inerciális navigációs rendszer hatásvázlata [3] [Szerk.: Dr. Békési Bertold – MS Word]

Ezeknek a hibáknak a képződési folyamatát a vízszintesen azimutálisan szabad alapú inerciális navigációs rendszereken vizsgáljuk meg.

Legyen az ilyen alapú inerciális rendszer eltérítve az x és y vízszintesen azimutálisan szabad koordináta-rendszerben kis β és γ szögekre (4. ábra).



4. ábra. az x és y vízszintesen azimutálisan szabad koordináta-rendszer kis β és γ szögekre eltérítve [3] [Szerk.: Dr. Békési Bertold – MS Word]

Az alap ξ, η, ζ és az axelerométerek tengelyei egybeesnek. A w_x, w_y és w_z vektorokat a ξ és ζ tengelyekre levetítve kapjuk a w_ξ és w_ζ axelerométerek jelzéseit, amely az alapon van elhelyezve.

A 4. ábrából könnyen megkaphatjuk, ha a β és γ szögek kis értékűek, akkor:

$$w_\xi = w_x - w_z \gamma \quad (10)$$

$$w_{\xi} = w_y + w_z \beta \quad (11)$$

illetve figyelembe véve a (27) összefüggést⁹

$$w_{\xi} = \dot{V}_x - g' \gamma \quad (12)$$

$$w_{\eta} = \dot{V}_y + g' \beta \quad (13)$$

Következésképpen a w_{ξ} és w_{η} axelerométerek mutatása, eltér a w_x és w_y mutatásától $-g' \gamma$ és $g' \beta$ értékekre. Ebben az esetben V_x és V_y sebességek és az x és y mozgó objektum koordinátáinak kiszámítása hibákkal történik.

$$\delta V_x = - \int_{t_0}^t g' \gamma d\tau; \delta V_y = \int_{t_0}^t g' \beta d\tau \quad (14)$$

$$\delta x = - \int_{t_0}^t \int_{t_0}^{\tau_1} g' \gamma d\tau d\tau_1; \delta y = \int_{t_0}^t \int_{t_0}^{\tau_1} g' \beta d\tau d\tau_1 \quad (15)$$

Tehát a nyitott inerciális rendszerek hibái az idővel nőnek. Ráadásul állandó hiba esetén az alap helyzetének a hibája a sebesség meghatározásában az idővel egyenes arányban, a koordináta meghatározási hibák az idővel négyzetes arányban nőnek. Hasonló jellegű lesz más koordináta-rendszerben stabilizált alapon elhelyezett axelerométerek hibája is.

Ha az alap helyzetének hibája az idővel arányosan nőne, akkor a sebesség meghatározásában a hiba az ő négyzetével arányosan nőne és a koordináták meghatározási hibája — a köbvel arányosan. Nem nehéz belátni, hogy a nyitott alapú inerciális navigációs rendszerek hibái, ha valamely más koordináta-rendszerhez képest vannak stabilizálva, mint a megvizsgált esetben, akkor azok hibái teljesen analógok lesznek a fentebb említettekkel.

A hibák gyors növekedése miatt a nyitott inerciális navigációs rendszereket csak olyan eszközökön alkalmazzák, ahol a repülési idő meglehetősen rövid. Például a nyitott inerciális navigációs rendszereket széles körben használják a ballisztikus rakéták sebesség és koordinátáinak meghatározására a repülés aktív szakaszában.

Felhasznált irodalom

- [1] Dr. Békési Bertold: Inerciális navigációs rendszerek I. Repüléstudományi Közlemények On-line folyóirat, Szolnok, 2008/2 szám. HU ISSN 1789-770X
- [2] Dr. Békési Bertold: Inerciális navigációs rendszerek II. Repüléstudományi Közlemények On-line folyóirat, Szolnok, 2008/3 szám. HU ISSN 1789-770X
- [3] О. А. Бабич, В. А. Боднер, М. С. Козлов, М. Д. Потапов, В. П. Селезнев: Авиационные приборы и навигационные системы. ВВИА им. проф. Н.Е.Жуковского, Москва, 1969.

⁹ lásd a Repüléstudományi Közlemények 2008/3 számában megjelent Inerciális navigációs rendszerek II. cikkében.



Dr. Békési László¹

AZ EGY-FORGÓSZÁRNYAS FAROK-LÉGCSAVAROS HELIKOPTEREK IRÁNYÍTHATATLAN FORGÁSA FÜGGÉSKOR, AZ ELFORDULÁS SZÖGSEBESSÉGÉNEK HATÁRÉRTÉKEI

BEVEZETÉS

Az egy-forgószárnyas farok-légcsavaros helikopterek függési üzemmódján találkozhatunk a függőleges tengely körüli spontán elfordulás jelenségével.

Azoknál a helikoptereknél, amelyeknél a forgószárny forgásiránya felülről nézve az óramutató járásával megegyezik, az irányíthatatlan elfordulás jelensége a helikopter balra való elfordulásában nyilvánul meg.

Bizonyos szögsebesség esetén a jobb pedál teljesen az ütközőig való elmozdítása sem elegendő ahhoz, hogy megállítsuk a forgást, amely $\omega = 0,6 \div 1, 1/\text{sec}$ szögsebességgel folytatódik.

A helikopter kivétele ebből a függőleges tengely körüli forgásból akkor sikerülhet, ha a botkormány előre való elmozdításával áttérünk haladó repülésre, azaz áttérünk a forgószárny tengelyirányú átáramlási üzemmódjáról a ferde átáramlási üzemmódra, illetve (ha a helikopter külső terhet visz) a teher ledobásával.

A helikopter függőleges tengely körüli irányíthatatlan forgásának vizsgálatának egyik módszere az, hogy megvizsgáljuk az útirányú egyensúly grafikonjait.

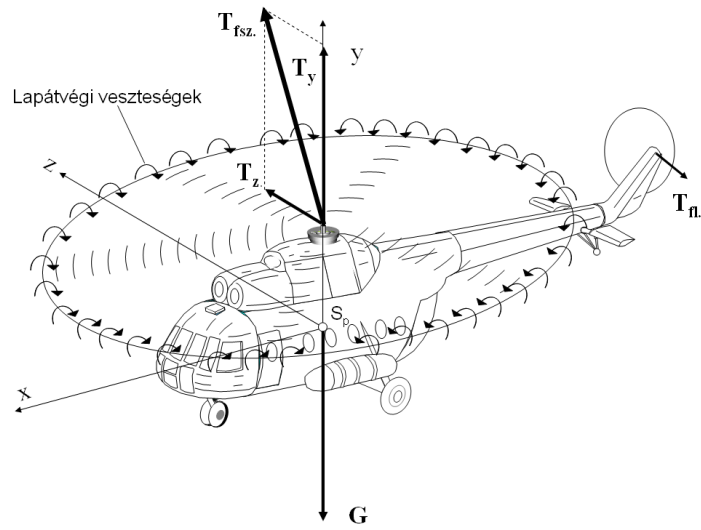
FÜGGŐLEGES REPÜLÉSI ÜZEMMÓDOK

A függőleges repülési üzemmódokat a következőképpen osztályozhatjuk:

- repülési üzemmódok működő hajtómű mellett (függés, függőleges emelkedés, függőleges süllyedés);
- Függőleges és ferde pályán való süllyedés a forgószárny önforgási üzemmódjával.

¹ ZMNE BJKMK Repülő és Légvédelmi Intézet Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék, egyetemi docens, 5008 Szolnok, Pf.: 1., Email: bekesi.laszlo@zmne.hu

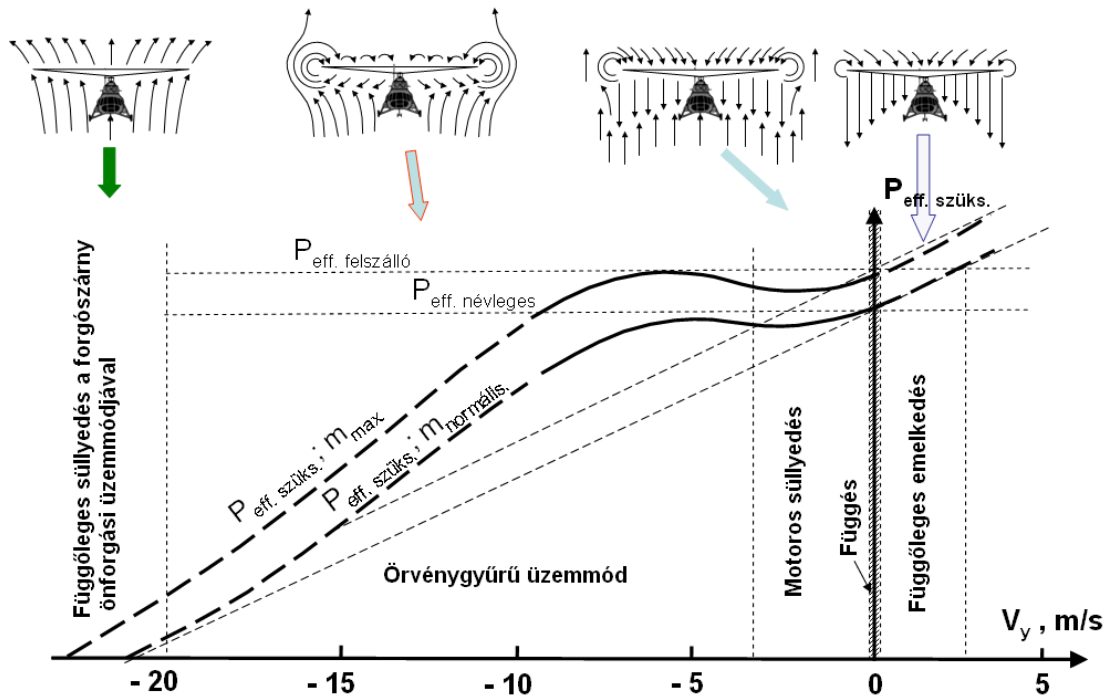
Függőleges repülési üzemmódokon az 1. ábrán látjuk a helikopterre ható erőket.



1. ábra

A 2. ábrán a függőleges süllyedés eseteit látjuk.

Függőleges süllyedés esetei



2. ábra

A HELIKOPTER FÜGGÉSI ÜZEMMÓDJA

A helikopter repülésének olyan üzemmódját nevezzük függésnek, amikor annak Földhöz viszonyított sebessége zérus. Ha függéskor szembe szél fúj, akkor a helikopter gyakorlatilag a szél sebességével vízszintesen repül, miközben a Földhöz viszonyított sebessége nulla, viszont ilyenkor a helikopter forgószárnya ferde átáramlási üzemmódban dolgozik.

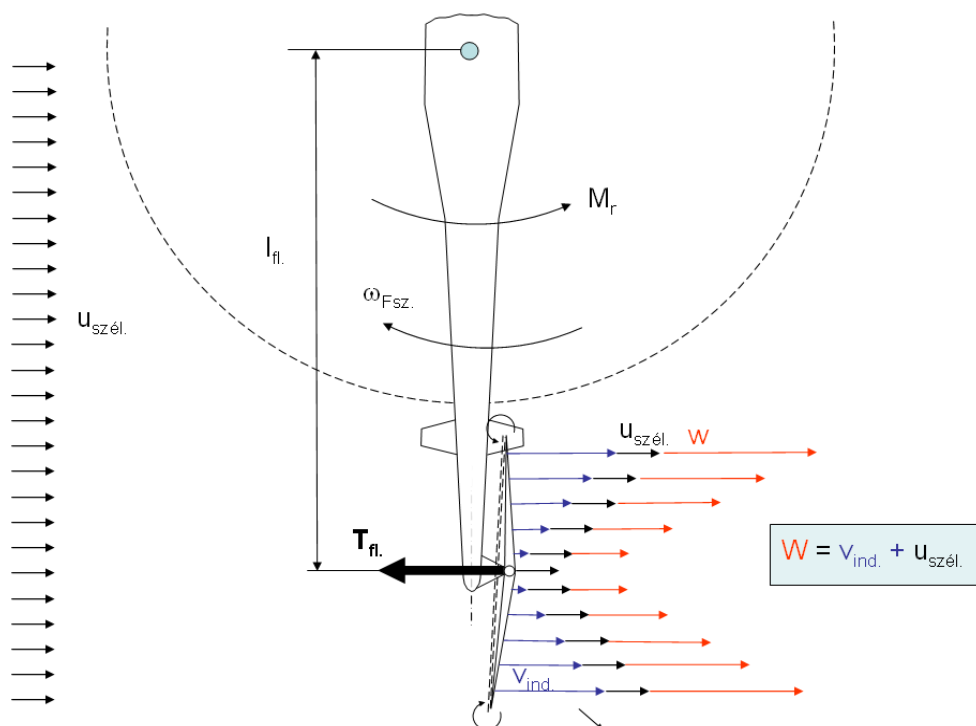
A helikopter függése az egyik alapvető repülési üzemmód, ugyanakkor a helikopterszerű leszállás egyik fontos eleme is.

Függés végrehajtásakor a forgószárny és a farok-légcsavar igénybevétele és terhelése nagy, így a hajtómű nagy teljesítményére van szükség. Ezért függési üzemmódban ellenőrzik a hajtómű(vek) és a kormányszervek működését, valamint a hajtóművek teljesítmény tartalékát minden repülés előtt.

A függés végrehajtása, annak bonyolultsága miatt a helikoptervezetőtől (különösen kikapcsolt robotpilótánál) fokozott figyelmet és pontosságot igényel.

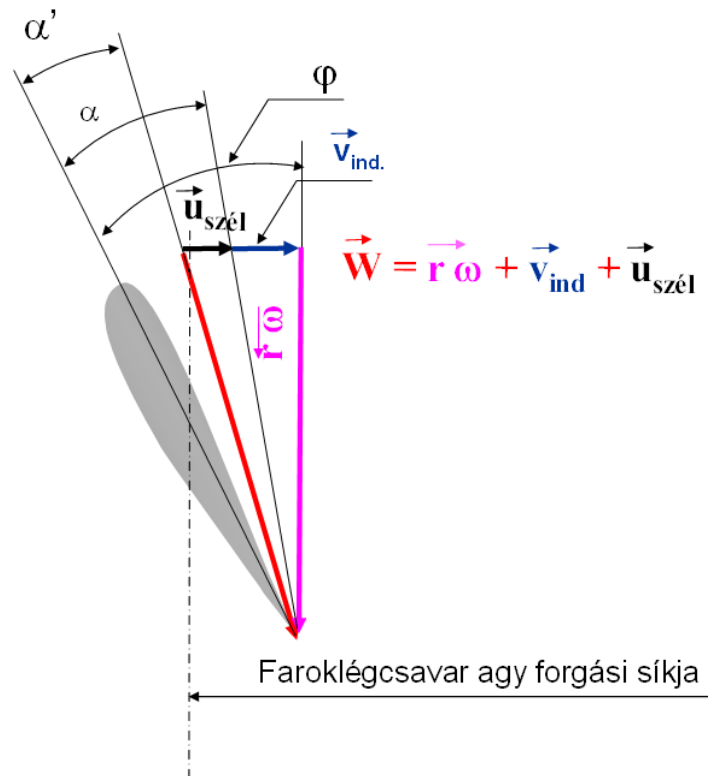
Függés oldalszélben, ha a szél, lökésszerűen balról éri a gépet.

Függés végrehajtásakor ilyen irányú szélnél a farok-légcsavar tengelyirányú átáramlási üzemmódban dolgozik (3. ábra).



3. ábra

A szél sebességének hirtelen megnövekedésekor a farok-légcsavar lapátelemeinek állásszöge lecsökken (lásd a 4. ábrát), így csökken a rajta keletkező erő nagysága is. Az útirányú egyensúly megtartásához, azaz a farok-légcsavar vonóerejének növeléséhez, a lapátelelemek állásszögét növelni kell, amit a pilóta a jobb pedál előre történő elmozdításával, azaz a farok-légcsavar lapátok beállítási szögének növelésével ér el.



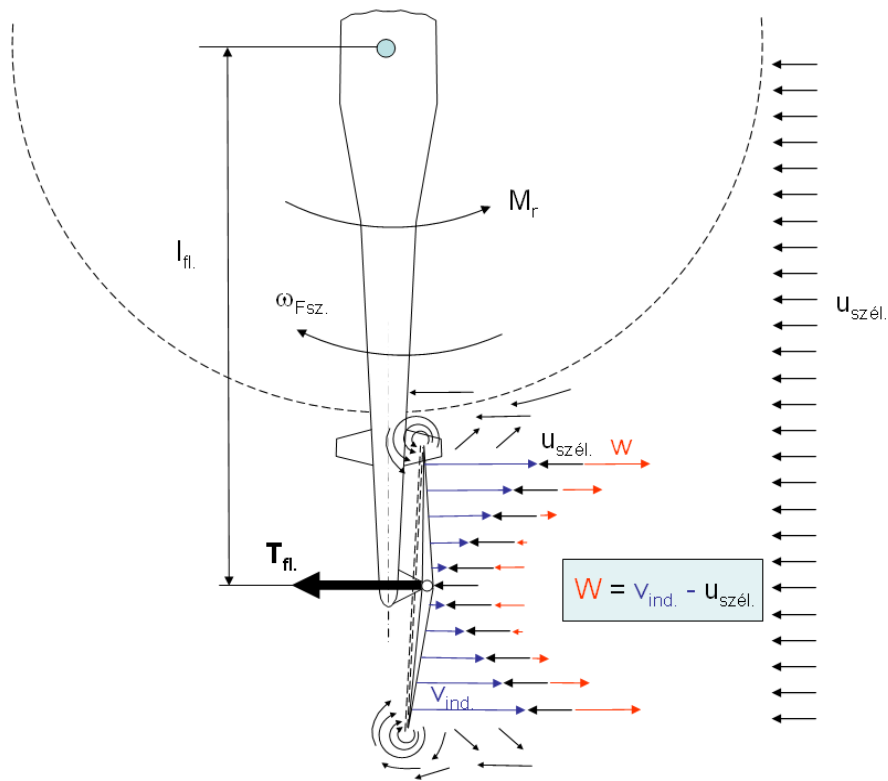
4. ábra

Függés oldalszélben, ha a szél, lökészerűen jobbról éri a gépet.

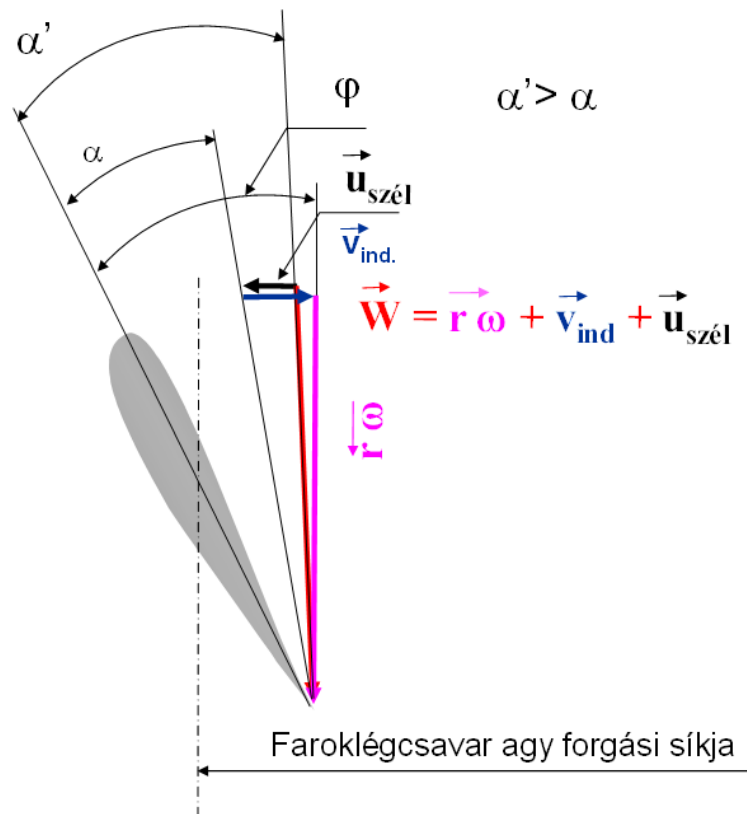
Függés végrehajtásakor ilyen irányú szélnél a farok-légcsavar tengelyirányú átáramlási üzemmódban dolgozik (5. ábra).

A szél sebességének megnövekedésekor a farok-légcsavar lapátelemeinek állásszöge növekszik, és nő a rajta keletkező erő is (6. ábra).

Amennyiben a szél sebessége nagy ($u > 10$ m/s) akkor a farok-légcsavar lapátelelemek állásszöge oly mértékben megnőhet az útirányú egyensúly megtartásához szükséges jobb pedál előremozdításával, hogy leválik az áramlás róla, emiatt csökken a farok-légcsavar vonóereje, és a forgószárny reakciónyomatéka a helikoptert balra fordítja el.



5. ábra



6. ábra

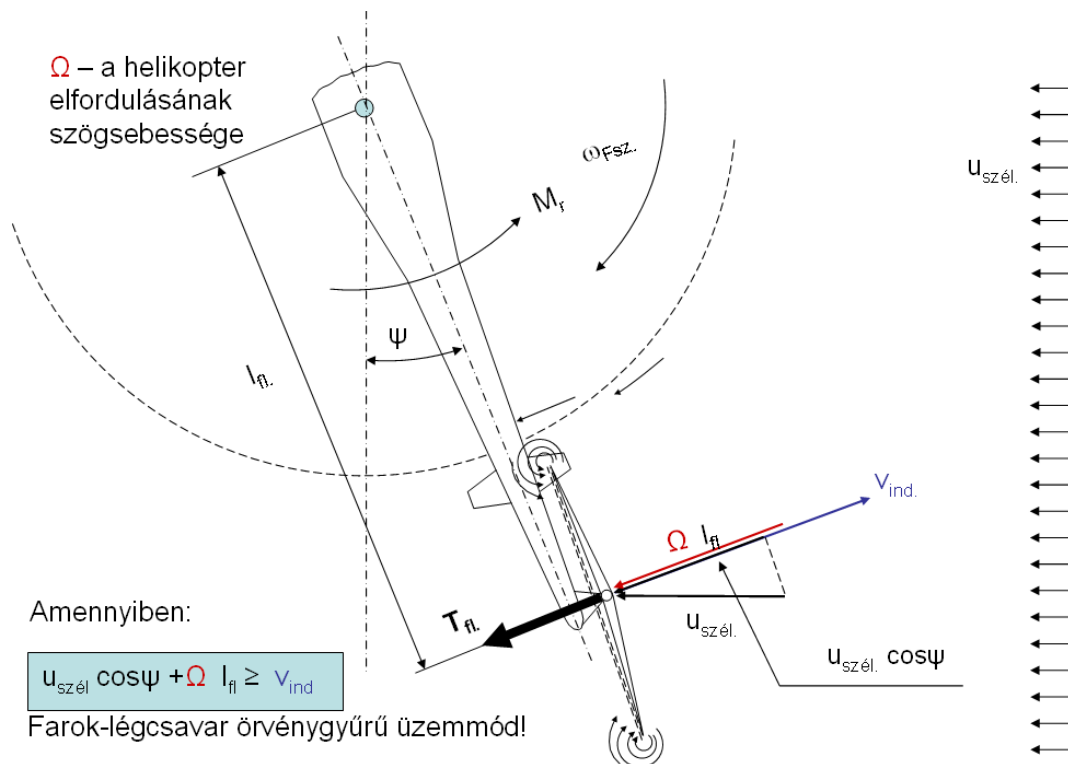
Tehát a helikopter függésekor kapott lökészerű oldalszél jobbról, ha meghaladja a határértéket, a jobb pedál egészen az ütközőig történő elmozdítása azt eredményezi, hogy megnő a farok-légcsavar forgatásához szükséges teljesítmény (ezt az áramlásleszakadás eredményezi), emiatt a forgószárny fordulatszáma csökken, ami a farok-légcsavar vonóerejének további csökkenéséhez vezet és a helikopter a pilóta akaratától függetlenül önállósítva magát, bal fordulóba kezd a forgószárny reakciónyomatékának hatására.

A helikopter balra való elfordulásakor a szél sebességéhez hozzáadódik a helikopter elfordulásából adódó kerületi sebessége (7. ábra). A két sebesség összegződik, így még nagyobb az esély arra, hogy a farok-légcsavaron, kialakuljon az örvénygyűrű üzem mód.

A farok-légcsavar vonóerejének csökkenése egyúttal a forgatáshoz szükséges teljesítmény növekedését okozza.

Amennyiben a szél sebessége megegyezik a farok-légcsavar indukált sebességének nagyságával a farok-légcsavar örvénygyűrű üzem módja alakul ki, ilyenkor nincs átáramlás tengelyirányban a farok-légcsavaron, tehát erő sem keletkezik rajta. A forgószárny reakciónyomatéka pedig, balra fogja elfordítani a helikoptert.

Probléma van tehát akkor, ha a szél jobbról váratlanul és a határértéket meghaladó erősségű.



7. ábra

A HELIKOPTER SPONTÁN ELFORDULÁSA

Az egy-forgószárnyas farok-légcsavaros helikopterek függési üzemmódján találkozhatunk a függőleges tengely körüli spontán elfordulás jelenségével.

Azoknál a helikoptereknél, amelyeknél a forgószárny forgásiránya felülről nézve az óramutató járásával megegyezik, az irányíthatatlan elfordulás jelensége a helikopter balra való elfordulásában nyilvánul meg.

Bizonyos szögsebesség esetén a jobb pedál teljesen az ütközőig való elmozdítása sem elegendő ahhoz, hogy megállítsuk a forgást, amely $\omega = 0,6 \div 1$ /sec szögsebességgel folytatódik.

A helikopter kivétele ebből a függőleges tengely körüli forgásból akkor sikerülhet, ha a botkormány előre való elmozdításával áttérünk haladó repülésre, azaz áttérünk a forgószárny tengelyirányú átáramlási üzemmódjáról a ferde átáramlási üzemmódra, illetve (ha a helikopter külső terhet visz) a teher ledobásával.

A helikopter függőleges tengely körüli irányíthatatlan forgásának vizsgálatát kezdjük azzal, hogy megvizsgáljuk az útirányú egyensúly grafikonjait, majd ezen adatok birtokában felvázoljuk a helikopter függésekor az elfordulás matematikai modelljét.

A helikopter útirányú egyensúlya függési üzemmódban

Az egyensúlyi grafikonokat kétféle módon határozhatjuk meg:

- a helikopter függésekor a Földhöz viszonyítva, különböző szélirányoknál;
- a helikopter mozgásakor a levegőhöz viszonyítva különböző sebességek és különböző csúszási szögek esetén.

Mindkét módszer meglehetősen bonyolult, mivel az egyensúlyi görbék bizonyos irányszögek esetén jelentősen változnak.

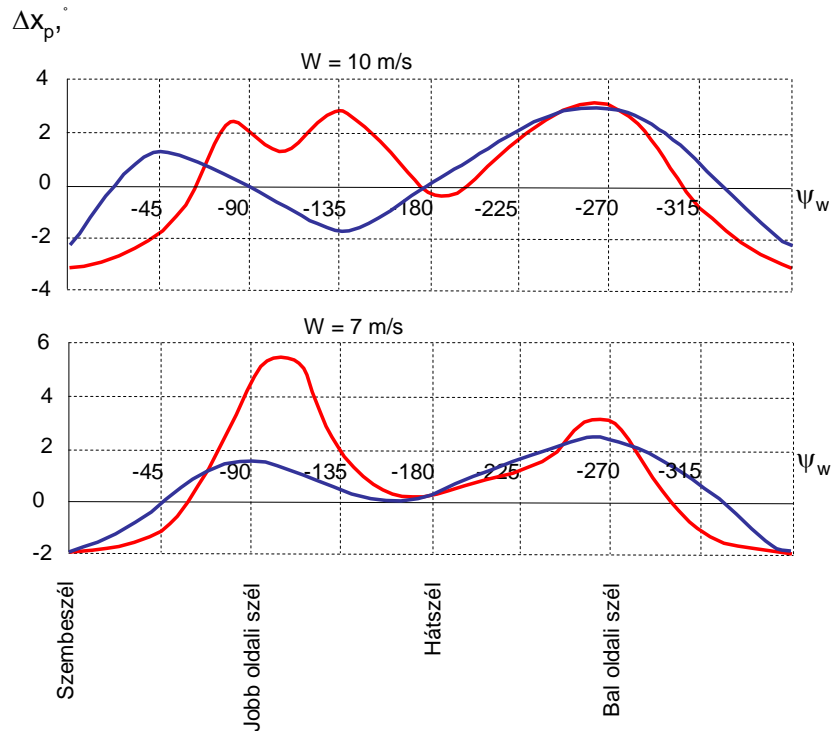
Az első módszer akkor alkalmazható, ha a szélesség iránya és nagysága állandó, a második, pedig akkor, ha biztosan meghatározható a megfúvási sebesség kismértékű változásának nagysága és iránya.

Az 8. ábrán az első módszer eredményei láthatók, a lábpedál kiegészítő kitérítésének nagysága a szél irányának függvényében.

A piros színnel ábrázolt görbék olyan farok-légcsavaros helikopterre vonatkoznak, amelyeknél a farok-légcsavar forgásiránya olyan, hogy felülről haladnak előre (a későbbiekben a jelölés legyen: F - E).

A kék színnel ábrázolt görbék pedig, ugyanerre a helikopterre vonatkoznak, azonban a farok-légcsavar forgásiránya olyan, hogy fentről hátrafelé irányuló (a későbbiekben a jelölés legyen: F - H).

A grafikonokból az látszik, hogy a jobb lábpedál - $\Delta x_p = 5.5^\circ$ -al való elmozdítása lesz a legnagyobb a vizsgált esetek közül, akkor, ha a szél sebessége jobb oldali szél esetén $w = 7$ m/sec, és a farok-légcsavar forgásiránya F-E. Amennyiben a farok-légcsavar forgásiránya F - H, akkor ilyen hirtelen változást nem látunk, azaz a farok-légcsavar lapátok beállítási szöge nem fog jelentősen növekedni.



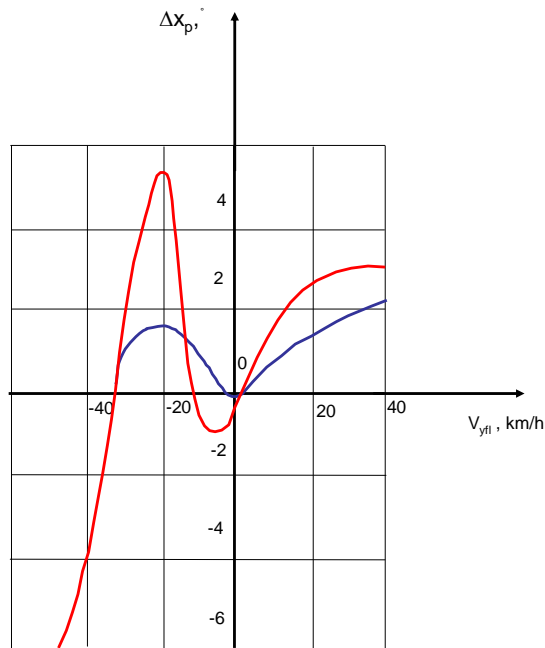
8. ábra

A $\Delta x_p = f(\psi_w)$ görbe azt mutatja, hogy a helikopter jobb oldali fordulókör statikusan stabil a szélesebbég irányának $\psi_w = -360^\circ \div -270^\circ$ közötti értékeinél, mivel ekkor az egyensúly fenntartásához szükséges farok-légcsavar lapátok beállítási szöge nő. Ez pedig arról tanúskodik, hogy a lábpedál változatlan helyzetében a farok-légcsavar vonóereje csökken, így a kiegyenlítő nyomaték is csökken.

Bal fordulónál (Ha szélesebbég iránya $\psi_w = -30^\circ \div -90^\circ$) és a farok-légcsavar forgásiránya F-E, statikusan a helikopter instabil, mivel az egyensúlyi helyzet fenntartásához szükséges a farok-légcsavar lapátok beállítási szöge hirtelen növekszik.

A 9. ábrán a lábpedál kiegészítő kitérítése látható a farok-légcsavar tengelyirányú átáramlási sebességének függvényében.

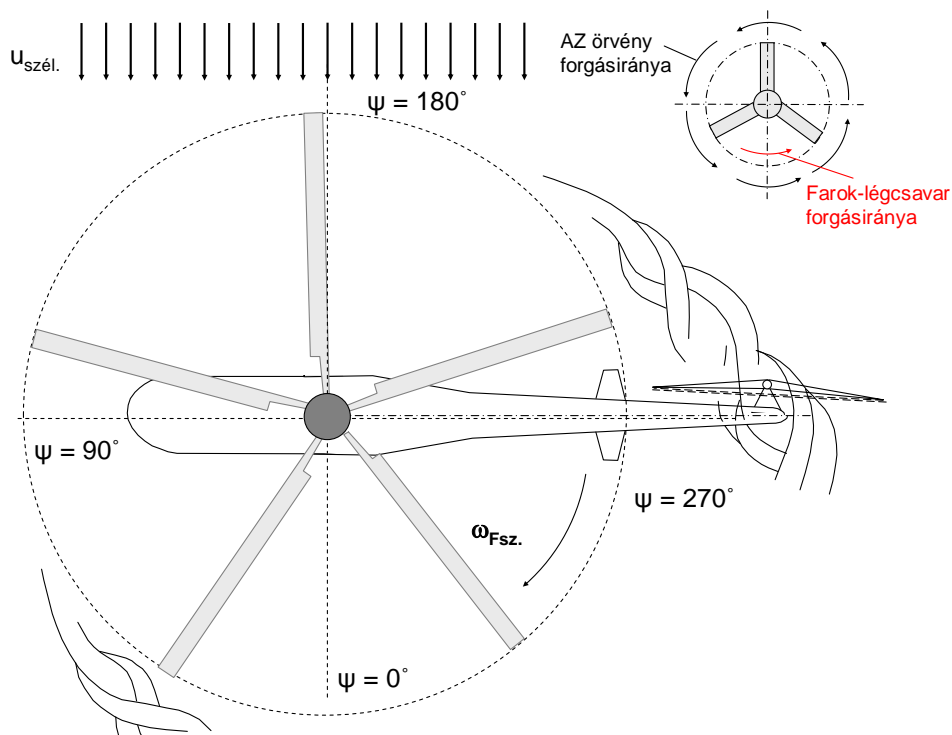
Az ábrából következik, hogy ha $T_{fl} \sim \text{constans}$ esetén a lábpedál kitérítésének csökkenése $v_{y.fl.} = -35 \text{ km/h}$, vagyis 10 m/sec jobboldali szélesebbég esetén kezdődik. Jobboldali szél esetén a szélesebbég iránya azonos a farok-légcsavar vonóerejének irányával. Amennyiben a szél sebességének nagysága megegyezik a farok-légcsavaron átáramló tengelyirányú sebesség nagyságával, akkor, mivel ezen sebességek iránya ellentétes, fellép a farok-légcsavar örvénygyűrű üzemmódja.



9. ábra

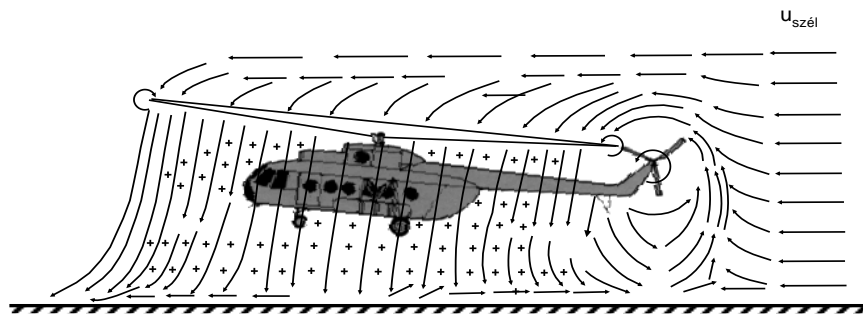
A forgószárny hatását a fark-légcsavarra szélesatornában vizsgálták, ennek képe a 10. ábrán látható. Jobb oldali szél esetén a fark-légcsavar a forgószárnyról leváló örvénylésbe kerül.

Ha a fark-légcsavar forgásiránya F-E, akkor a lapátok forgásiránya egybeesik a forgószár által létrehozott örvény forgásirányával, következésképpen a fark-légcsavar lapátok eredő megfűvási sebessége csökken, így a fark-légcsavar vonóereje is. A forgószárny reakciónyomatéka pedig spontán elfordulásra kényszeríti a helikoptert.



10. ábra

A légpárnahatás zónájában való függéskor egy hátszél (11. sz. ábra), a forgószárny és a farok-légcsavar átáramlásának együtt hatásaként olyan helyzetet teremt, amelyben a toló farok-légcsavar (F-E.) erejének egy részét elveszti annak következtében, hogy a lapátok mozgásiránya egybeesik a forgószárny átáramlásának irányával, így csökken a lapátelemek eredő megfúvási sebessége, és áramlás leválás is bekövetkezik. Ezért ilyen esetben növelni kell a jobb pedál kitérítését. A jobb pedál kitérítési tartalékának növelése érdekében egyes helikoptereken ellentétes forgásirányú farok-légcsavart alkalmaznak.



11. ábra

Így az előbbieik eredményeképpen a helikopter megsüllyed és elfordul balra. Rövid idő elteltével a függőleges süllyedő sebesség nagysága és a helikopter elfordulásának szögsebessége állandósul.

ÖSSZEFOGLALÁS

A spontán elfordulás a helikopter forgószárny forgásirányának figyelembevételével balra, a reakciónyomaték hatására és irányában történik.

Spontán elfordulás történhet akkor, ha az oldalszél meghaladja a megengedett értéket, illetve forduló végrehajtásakor, ha a forduló szögsebessége nagyobb, mint amennyit az adott típusra előírtak.

A megengedett minimális sebességhez közeli sebességgel való manőver végrehajtásakor spontán elfordulhat a helikopter, ha az egyesített vezérlő kart (EVK), a botkormányt és a bal lábpedált hirtelen elmozdítjuk. Ekkor a forgószárny fordulatszáma csökkenni fog.

Függéskor jobb oldali szélnél, amelynek nagysága meghaladja az üzemeltetési utasításban megadott megengedett értéket, különösen a megengedett maximális tömegnél, az összes egy-forgószárnyas helikopterre jellemző, hogy igyekezik balra elfordulni.

Amennyiben a jobb oldali pedál az ütközőn van, elegendő a jobb oldali szél kismértékű növekedése ahhoz, hogy a helikopter elkezdjen balra fordulni.

Erős impulzus-szerű jobboldali szélökésnél megnő a farok-légcsavar forgatásához szükséges teljesítmény, ugyanilyen ütemben csökken a forgószárny forgatásához szükséges teljesítmény. Amennyiben a hajtómű nem rendelkezik megfelelő teljesítmény-tartalékkal, azonnal csökken a forgószárny fordulatszáma. Ha van teljesítmény-tartalék a fordulatszám-szabályozó hatására rövid időn belül helyreáll a fordulatszám. Azonban a fordulatszám rövididejű csökkenése elegendő ahhoz, a forgószárny és a farok-légcsavar vonóereje csökkenjen.

Oldalszélben történő leszálláskor a botkormány szél ellenébe történő kitérítése és az ellentétes lábormány előrenyomása biztosítja a helikopter pályáját. Függeszkor a helikopterrel, széllal szembe kell fordulni, hogy a függőleges süllyedést már így hajtsuk végre.

Szükség esetén 5–10 m/sec-nál nem nagyobb, a leszállási irányra merőleges oldalszélben is végrehajtható a leszállás.

Abban az esetben, ha a függésből leszállás nélkül újabb körre kell menni, a botkormány enyhe előrenyomásával és a beállítási szög növelésével kell átvinni a helikoptert vízszintes repülésbe, majd ferde pályán történő gyorsuló emelkedésbe.

Néhány szóban foglaljuk össze a gázturbinás hajtóművel felszerelt helikopterek leszállási tulajdonságait a dugattyús motorokhoz képest. Mivel a gázturbina gyorsuló képessége rosszabb, mint a dugattyús motoroké, a felgyorsulási idő megnő (kb. 10–15 sec). Ezért kilebegtetéskor és közvetlenül talajfogás előtt a beállítási szög késedelmes vagy túl hirtelen növelése a hajtómű és a forgószárny fordulatszámának csökkenéséhez vezet, egyes esetekben a hajtómű leállítását is okozhatja. Ekkor a vonóerő gyorsan csökken, a helikopter erősen merül, erős út— és keresztirányú kiegyensúlyozatlanság jelentkezik, ami igen durva leszállást eredményez, és a helikopter felborulásával is végződhet. Ezt a hátrányos tulajdonságot különösen akkor kell figyelembe venni, ha függésből újabb körre kell menni. Ezért a beállítási szöget a fordulatszám növekedésének megfelelő ütemben szabad csak növelni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BARNES W. MC CORMICK: Aerodynamics, aeronautics, and flight mechanics, Canada, 1995.
- [2] BÉKÉSI LÁSZLÓ: A multimédia alkalmazása az aerodinamika és a repülésmechanika tantárgyak oktatásában. Pályázati anyag, multimédia az oktatásban konferencia, 2001. május 30 – június 01. ZMNE, Budapest.
- [3] J. GORDON LEISMAN: Principles of Helicopter Aerodynamics 2 nd. Ed. Cambridge Aerospace series. 2006.
- [4] POKORÁDI László: Aerodinamika. I., II., III. főiskolai jegyzet, MH. Szolnoki Repülőtisztai Főiskola, 1993.
- [5] ROMASZEVICS V.F.-SZAMOLJOV G.A.: Prakticseszkaja aerodinamika vertoljotov. Vojennoe izdatyelsztvo, Moszkva, 1980.
- [6] BRAVERMAN A. SZ. -VAJNTRUB A.P.: Dinamika vertoljota, pregyelnije rezsími poljota. Masinosztroenije, Moszkva, 1988.



Beneda Károly Tamás

TELJES HATÁSKÖRŰ DIGITÁLIS GÁZTURBINA SZABÁLYZÁS (FADEC¹) FEJLESZTÉSE KISMÉRETŰ SUGÁRHAJTÓMŰVES BERENDEZÉSHEZ

BEVEZETÉS

A BME Repülőgépek és Hajók Tanszékén továbbfejlesztés alatt áll a megépült kisméretű, kísérleti sugárhajtómű. A berendezés oktatási és kutatási célokra történő alkalmazása megköveteli a lehető legmagasabb fokú üzembiztonságot, ezen felül a kevés tapasztalattal rendelkező felhasználók számára a minél egyszerűbb üzemeltetési feltételek megteremtése is fontos. Ezért munkálatok elsősorban a sugárhajtómű rendszerei közül a szabályzórendszer alapvető áttervezésére, továbbfejlesztésére irányulnak. A rendszer a katonai, valamint polgári repülésben széleskörűen elterjedt teljes hatáskörű, digitális szabályzórendszerek (FADEC) alapján készül egy egyedi megoldású, a kísérleti és oktatási jelleg figyelembevételével.

A GÁZTURBINÁK SZABÁLYZÁSÁNAK ALAPJAI

Bevezető gondolatok

A gázturbinák működése alapvetően függ a környezeti paramétereiktől, melyeket a matematikai modell bemenő mennyiségei között, illetve megzavarásként definiálhatunk. Bármilyen célra is használjuk a gázturbinát, elengedhetetlen követelmény, hogy a gép a kezelő által beállított üzemmódon működjék, és külső behatásokra a munkapontba való visszatérést meg tudja valósítani. A beállított munkapontbeli üzemelés lényege, hogy a beavatkozó szerv azonos állásánál minden körülmények között (közel) azonos legyen a gázturбина teljesítménye, sugárhajtómű esetén a tolóereje. Ez alapfeltétele az egységes repülőgép-vezetési technikának.

Hidraulikus és hidromechanikus szabályzás

A gázturbinák szabályzása a kezdetekben (az 1930-as évektől az 1950-es évekig) a teljesen hidraulikus, illetőleg hidromechanikus egységeken alapult, amelyek a betáplált tüzelőanyag-mennyiség megfelelő változtatásával voltak képesek az előírt fordulatszámot tartani, és a beállított munkapontot tolórudakon keresztül tudta a repülőgép-vezető befolyásolni. A hidraulikus esetben egy

¹ FADEC – Full Authority Digital Engine Control – Teljes hatáskörű, digitális gázturбина szabályzás

forgó tüzelőanyag-oszlop felszínének fordulatszámfüggő formáját használták fel a szabályzásra, de ez nem volt kielégítő, hiszen a folyadékra ható centrifugális erő függ a folyadék sűrűségétől, vagyis a szabályzó nem tudott korrektül megbirkózni a tüzelőanyag sűrűségének üzem közben bekövetkező változásával. A hidromechanikus szabályzók forgó folyadékoszlop helyett röpsúlyt alkalmaznak, mely (fix súly lévén) kiküszöböli az előző megoldás sűrűségváltozásból adódó problémáját. [2]

Hibrid szabályzórendszerek

Az elektronika térhódításával együtt a gázturbinák szabályzásában is egyre inkább részt vettek különböző áramkörök, melyek a hidromechanikus egységek funkcióit fokozatosan kezdték kibővíteni, majd átvenni. [1]

Tipikus képviselői ennek a generációnak egy teljesen kiépített hidromechanikus szabályzórendszer mellett tartalmazzák az elektronikus beavatkozás lehetőségeit, melyek alapvetően csak finomhangolást képesek elvégezni a hajtómű működésében a környezeti és hajtómű paraméterek figyelembevételével. Meghibásodásuk csupán ennek a finomhangolásnak a kiesését, azaz valamekkora hatásfok-csökkenést, de nem a teljes rendszer működésképtelenségét jelenti, a gázturbina üzeme továbbra is biztosított.

Digitális, elektronikus szabályzórendszerek

Az 1980-as évek közepén jelentek meg – az elektronikai eszközök megbízhatóságának és sokoldalúságának, integráltságának további növekedésével – az angol betűszóval egyszerűen FADEC-ként említett, teljes hatáskörű, digitális alapokra helyezett elektronikus gázturbina szabályzó rendszerek.

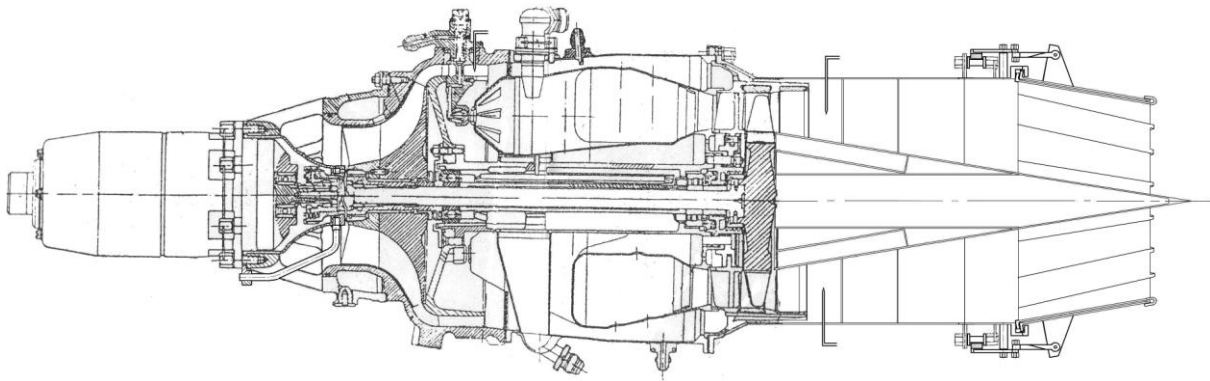
Ezekben a rendszerekben a szabályzás már a számítógépen belül, szoftveres úton történik, minden, a gázturbina körfolyamat szempontjából szükséges paraméter figyelembevételével.

A digitális, elektronikus szabályzással rendelkező gázturbinák esetében figyelembe kell venni, hogy a szabályzórendszer az elektronika működésképtelensége esetén teljesen üzemképtelen, azaz a gázturbina sem működhet tovább. Természetesen ez gyári megoldások esetében nem probléma, hiszen a szigorú engedélyeztetési eljárás része.

Talán túlzásként hat mind a digitális, mind az elektronikus jelző egyidejű említése, de gondoljunk bele, hogy digitális rendszer megoldható nem elektronikus, pl. mechanikus módszerekkel is, illetve elektronikus rendszer elképzelhető volna analóg alapokon is. Érdekessége a számítástechnika fejlődésének, hogy bár a műveleti erősítőkkel felépített analóg számítógépek lényegében valós időben képesek működni, mégis a digitális processzorok váltak egyeduralmukodóvá, miután sebességük a hasonló feladatok ellátásához kellő mértéket öltött.

A GÁZTURBINÁS SUGÁRHAJTÓMŰ

A gázturbinás sugárhajtómű a TSz-21 indító gázturбина gázgenerátor egységének felhasználásával jött létre (1. ábra). Ez az indító gázturбина a Magyar Honvédség kötelékében az 1980-as, '90-es években szolgálatot teljesítő MiG-23, valamint a Szu-22 harci repülőgépek fedélzetén volt rendszeresítve.



1. ábra. A sugárhajtómű hosszmetsete, változtatható fűvócsóvel

A TSz-21 a hajtómű forgórészét szabadturbinájának forgási energiájával hajtotta meg egy bolygóműves áttételen és egy tengelykapcsolón keresztül. A szabadturбина és a kihajtásház moduláris egységként eltávolítható volt, így a gázturбина egyszerűen átalakítható volt sugárhajtóművé.

A későbbi, több üzemmódból álló üzemeltetések céljából egy változtatható keresztmetsetű gázsebesség-fokozó (GSF) redőnyzet készült, melynek első üzemi próbái óta tökéletesen működik. Maga a GSF redőnyzet a MiG-21 hajtóművéhez hasonló elven épül fel. A gázszugár kilépő keresztmetsetét 12-12 darab külső, illetve belső lamella szabályozza, amelyek a 2. ábrán látható módon egymáshoz kapcsolódnak.



2. ábra. A GSF redőnyzet nyitott (bal) és csukott (jobb) állapotban



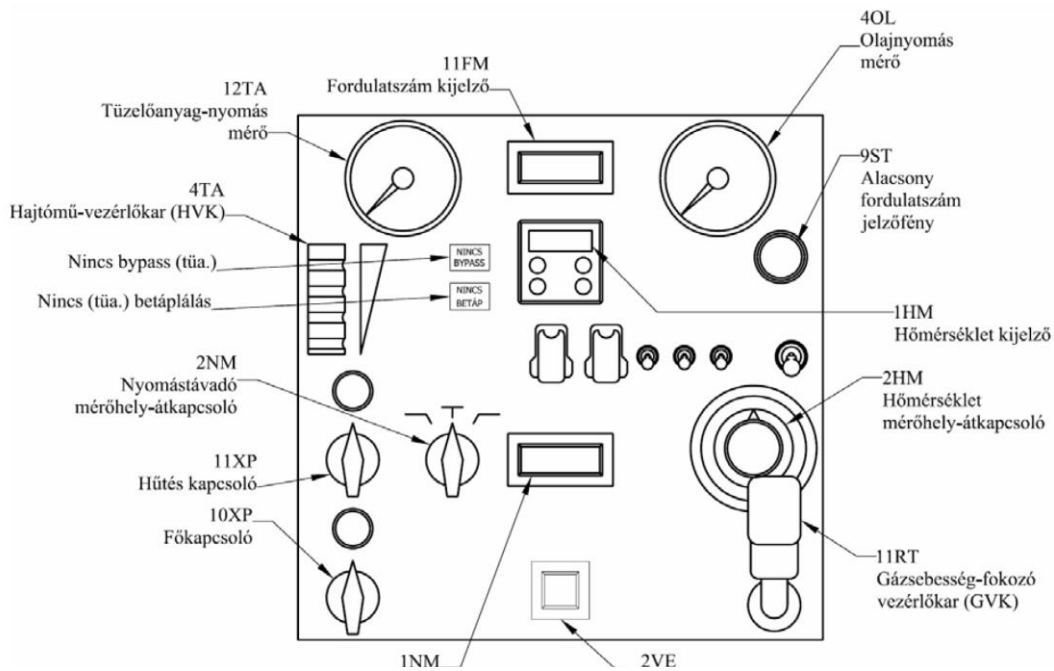
3. ábra. A gázturbinás sugárhajtóműves próbapad a Tanszék laborjában

A MÉRŐRENDSZER

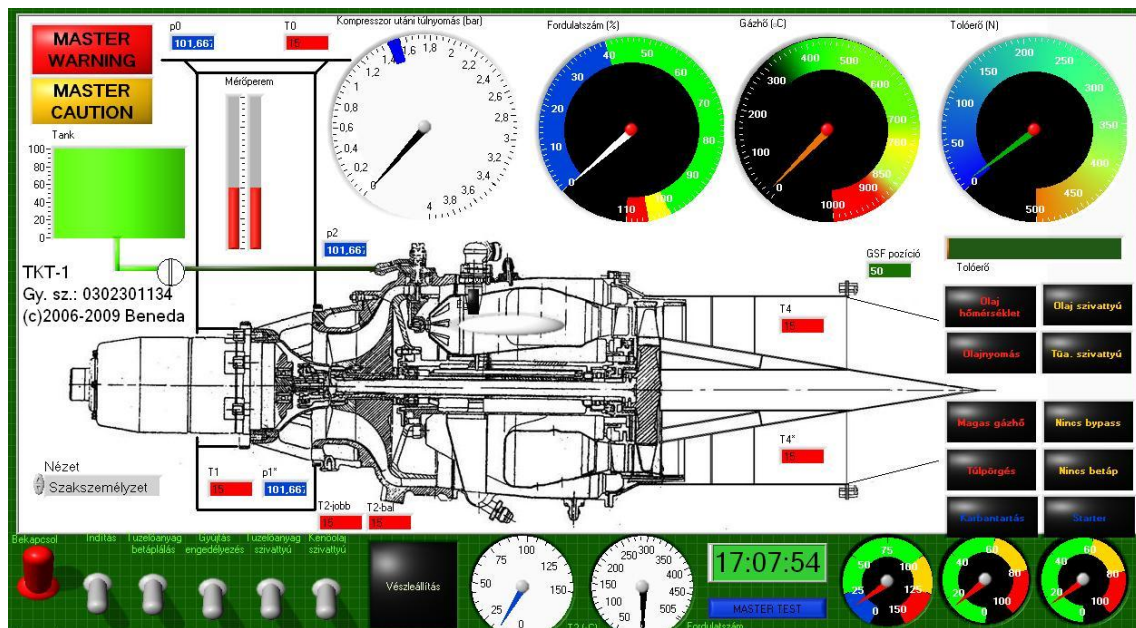
Általános jellemzők

A gázturbinás sugárhajtómű legfontosabb paramétereit automatikus mérő- és adatgyűjtő rendszer érzékeli, dolgozza föl, és jeleníti meg a kezelők részére.

Jelen kiépítésében a kijelzés alrendszere rendelkezik egy elkülönített megjelenítési felülettel, az eredeti vezérlőpulttal. A fejlesztés során megvalósított számítógépes kijelzés pedig emellett párhuzamosan képes a mért adatok megjelenítésére. Ez a rendszer annyiban nyújt többet a hagyományos, vezérlőpulton elhelyezett műszerekkel szemben, hogy míg azok csak egy érték megjelenítését teszik lehetővé egy időben, addig a számítógép egy megfelelően megtervezett felhasználói felületen az adott feladathoz szükséges mennyiségű adat kijelzésére alkalmas. Ez a két rendszer figyelhető meg a 4. és az 5. ábrákon.



4. ábra. A sugárhajtóműves berendezés kezelőpultja



5. ábra. A mérő/adatgyűjtő szoftver képernyője

A rendszer egységesítése, és kizárólag digitális alapokra történő felépítése, mely a korábbiakban felmerült, a berendezés használhatósága szempontjából elmaradt, hiszen a számítógépes adatgyűjtő rendszer nélkül, a legszükségesebb paraméterek vezérlőpulton történő megjelenítésével a gázturбина üzemeltetése biztosított, így ezen rendszer megszüntetése nem lett volna megfelelő.

A mérőrendszer magába foglalja a gázturbinás sugárhajtómű vizsgálatához szükséges alapvető érzékelőket, azok jelfeldolgozó egységeit és a megjelenítést végző kijelző műszereket, valamint a számítógépes alrendszert. Mivel kísérleti, illetve oktatási célú berendezésről van szó, értelemszerűen a

mindennapos gyakorlatban elterjedt műszerezettségénél a rendeltetésből adódóan többről van szó, mint egy általános repülőgép-fedélzeti felhasználás esetében.

Hőmérséklet-mérés

A gázturbina működésével kapcsolatos legtöbb hőmérséklet mérését hőelemek teszik lehetővé, melyekből 8 darab került elhelyezésre:

- egy a kompresszor előtt,
- kettő a kompresszor után, melyek egyike statikus, másik pedig torlóponthi hőmérsékletet érzékel,
- kettő a turbina után, a kompresszor utániakhoz hasonlóan egy statikus, egy torlóponthi érzékelő,
- egy a kenőolaj tartályban,
- egy-egy a két szivattyúegység villanymotorján.

Az első öt jel fontos információkat hordoz a gázturbina körfolyamatáról. A magas olaj-, illetve szivattyú hőmérsékletek a gázturbina működésének korlátozója lehetnek, ezért elengedhetetlen ezen mennyiségek ismerete. Az szivattyúmotorok két hőeleme T típusú (réz-konstantán), és a szivattyú elektromotor fémházára lett ragasztás útján rögzítve, a többi K (nikkel-krómnikkel) típusú 1,5 mm átmérőjű köpenyhőelem, melyek a mérendő hőmérsékletű térbe benyúlnak.

A vezérlőpult egy digitális műszert és egy forgatógombot tartalmaz a hőmérsékletjelek egyikének megjelenítésére. Az adatgyűjtő rendszer természetesen mindegyik jelet rögzíti, egy ICP 7018 típusú 8 csatornás analóg/digitális (A/D) konverter segítségével.

Természetesen a gázturbina körfolyamat szempontjából elengedhetetlen a környezeti hőmérséklet ismerete, ezt jelenleg az adatgyűjtő egységben elhelyezett hidegponthi kompenzáló áramkör szolgáltatja, mely nagy stabilitású, félvezető hőmérséklet-érzékelővel rendelkezik.

Nyomásmérés

A nyomásmérés alrendszere piezoelektromos elven működő nyomásérzékelőkön alapul. Ezek az elektromos jelet szolgáltató eszközök a következő helyekről vett nyomásokat kísérik figyelemmel:

- környezeti nyomás,
- kompresszor előtti nyomás (MPX5010DP),
- kompresszor utáni nyomás (MPX4250DP),
- turbina utáni nyomás (MPX5050DP).

A nyomásmérő rendszer Motorola gyártmányú érzékelők különböző fajtáit alkalmazza. A környezeti nyomást egy abszolút nyomást érzékelő MPX4115A, míg a többi a különböző méréshatárokat figyelembe véve differenciális érzékelők konvertálnak villamos feszültséggé. A differenciális érzékelők egyik nyomásvevő csomakja a mérendő térrel, a másik pedig az atmoszférával van összeköttetésben. Ennek megfelelően az adatgyűjtő szoftver az abszolút értékek számításánál a környezeti nyomást is hozzáadja a mért differenciális értékhez.

Az érzékelők a nyomással arányos feszültséget szolgáltatnak, amit az adatgyűjtő rendszer feldolgoz, és Pa mértékegységben rögzít, valamint a kezelőpulton elhelyezett feszültségmérőn üzem közben ellenőrzés céljából megjeleníthető a forgatógombbal kiválasztott jel.

A tömegáram mérése

Szervesen kapcsolódik a nyomásmérés alrendszeréhez a tömegáram mérése is, hiszen a DIN szabvány szerint kialakított kis veszteségű ($\alpha = 0,955$) beszívó mérőszáj által létrehozott, az adott keresztmetszetben áramló közeg tömegáramával arányos nyomáscsökkenést egyszerű mérni, és ez alapján a gázturbina aktuális tömegárama egyszerűen számítható. A viszonylag kis nyomáskülönbségek miatt itt is egy MPX5010DP került beépítésre.

Fordulatszám-érzékelés

A fordulatszám mérése volt a legkritikusabb. Egyrészt, minthogy alapvetően ez a jellemző határozza meg a gázturbina üzemállapotát, másrészt, mert a TSz-21 esetében nem volt adott konstrukciós lehetőség az amúgy hiányzó eszköz megvalósítására.

A legegyszerűbb a kompresszor előtti áramvonalazó burkolaton belülre került fotoelektronikus elven működő érzékelő volt, így ez került kivitelezésre. Az áramvonalazó kúp kompresszor egy felé eső vége eltávolításra került, helyére pedig egy olyan alkatrész került felhegesztésre, amely magában foglalta az érzékelők tartógyűrűjének felső felét, így az addigi műanyag gyűrűkkel végzett kísérletek során tapasztalt hátrányok (igen szűk hely, bonyolult rögzítési lehetőségek) egy csapásra kiküszöbölhetőek voltak. Csak a gyűrű alsó fele különálló alkatrész, amely az érzékelők rögzítését biztosítja. Ez utóbbi alumíniumból készült és három csavarral rögzíthető az áramvonalazó kúphoz.



6. ábra. A fordulatszám-érzékelő elhelyezése az áramvonalazó kúpon belül

Az eszköz működése az érzékelő alatt forgó kétféleképpen festett kompresszoragy által visszavert jel erősségén alapul. A lényeg a jel változása, amelyet egy megfelelően illesztett tranzisztoros erősítőfokozat alakít tápfeszültség és földpotenciál közötti, fordulatonkénti billenésre. Ez a jel egy komparátorra, illetve egy Schmitt-triggerre kerül, amelyeket közvetlenül digitális bemenetként dolgoz fel az USB-4750 digitális I/O² eszköz két számláló áramköre. Ezen kívül egy LM2917 segítségével a frekvenciával arányos feszültségjel is előállításra kerül, melyet a kezelőpulton elhelyezett panelműszeren lehet megjeleníteni, valamint a feszültségjelek között ez is rögzítésre kerül az ICP 7017 7. csatornáján.

Egyéb analóg mennyiségek mérése

A gázturbina munkafolyamat szempontjából van még néhány fontos jellemző, amely mérése 0-5V feszültségtartományban történik, ezek a tolóerő és a GSF rendszer visszacsatoló jelei.

Tolóerő mérése

A tolóerő egy digitális mérleg erőmérő cellájának felhasználásával kerül mérésre, mely egy nagy pontosságú műszererősítőn keresztül kerül felerősítésre, és az ICP 7017 eszköz egyik csatornáján keresztül számítógépen rögzítésre és kijelzésre.

A számítógépes szoftver kezelőfelületén egy szimbolikus műszer és egy oszlopos folyamatjelzőn kerül megjelenítésre.

Gázsebesség-fokozó Vezérlő Kar (GVK) visszacsatolás (fúvócső keresztmetszet)

A sugárhajtómű üzemének nagyon fontos paramétere az aktuális fúvócső kilépő keresztmetszet, mely a GVK állással egyértelmű függvénykapcsolatban áll, így tehát kézenfekvő volt egy lineáris tolópotenciométerrel a fő tolórúd elmozdulását elektromos jellé alakítani, amely az ICP 7017 egyik csatornájára került bekötésre.

A szoftver kezelőfelületén elhelyezett metszeti képen a GVK visszacsatoló jelnek megfelelően a program futás közben változtatja a fúvócsövet szimbolizáló csonka kúp nyílásszögét.

Digitális jelek mérése

A gázturbina működése során fontos lehet különféle digitális jelek figyelemmel kísérése (szivattyúk, mágnesszelepek bekapcsolt állapotai, stb.). Ezeket egy Advantech USB-4750 digitális I/O eszköz gyűjti össze és továbbítja az adatfeldolgozó számítógép felé. A számítógép ezen jelek felhasználásával különböző szimbolikus tablókat, illetve ábrákat (pl. láng az égéstérben, tüzelőanyag beeresztő mágnesszelep szimbolikus ábrája) működtet, melyekkel a kezelő személy kap információt a gázturbina működéséről.

² I/O: Input/Output – Ki-/bemenet

A SZABÁLYZÓRENDSZER

Általános jellemzők

Mivel a kísérleti berendezés esetében a környezeti paramétereket tekintve nincs olyan széles üzemmód-tartomány, mint egy repülőgépre épített sugárhajtómű esetében. Másik oldalról viszont jelen van a gázkartól teljesen függetlenül működtethető gázsebesség-fokozó rendszer, amely pedig rugalmasan változtatható terhelés képében billenti a képzeletbeli mérleg nyelvét a bonyolultság irányába.

A szabályzórendszer alapvetően a TSz-21-est kiszolgáló 924-es berendezésre és annak eszközeire alapul. A szivattyúegység ugyanis – fordulatszám-érzékelő híján – a kompresszor utáni nyomás megfelelő értékeire beállított külső nyomáskapcsolók, valamint a beépített szelencés szabályozható fojtás segítségével befolyásolta az égéstérbe juttatott tüzelőanyag mennyiségét. Ez a szabályozás azonban lényegében fordított módon működött, mint a hagyományos gázturbinák esetében, ahol a forgórészsel mechanikai kapcsolatban lévő szivattyú kimenetét kell szabályozni. A TSz-21 esetében ugyanis a fedélzeti hálózatról meghajtott szivattyú szállítását csak a tápfeszültség korlátozta, ez pedig állandónak tekinthető, így tehát a rendelkezésre álló maximumot jelentősen megcsapolva indult a gázturbina, és gyorsítás közben a szabályozható fojtáson egyre kevesebb tüzelőanyagot engedve vissza a szivattyú bemenetére növelte a betüzelést a rendszer.

Ez a megoldás azonban feltételezi a munkaturbinát és a hajtómű forgórészének jelentős tehetetlenségét, mint terhelést.

Jelenlegi kialakítás

Indítás

Az indítórendszer automatizálása volt az első lépcsőfok a teljes hatáskörű elektronikus rendszer megvalósítása irányában. Alapvető célja, hogy helyettesítse a TSz-21-eshez tartozó elektromechanikus programot, amely a repülőgépre építve volt hivatott a gázturbina biztonságos és gyors indítását elősegíteni.

A korszerű elektronika segítségével az újonnan megalkotott indító automatika már integrált (de még analóg) áramkörökön alapuló programvezérlést, és a sugárhajtómű sajátosságait figyelembe vevő beavatkozó szerveket, reléket tartalmaz.

A bemenetek most is még a kompresszor járókerék utáni keresztmetszet torlóponti nyomásával működtetett nyomáskapcsolók, illetve a starter motor röpsúlyos kapcsolója. Az előbbiekre a tüzelőanyag-betáplálás kezdete, valamint a megkerülőág nyitása történik meg, az utóbbi az indítási ciklus végét befolyásolja.

Az indítás a következőképpen zajlik le:

- Az üzemeltetést végző személy elindítja a szivattyúkat, engedélyezi a gyújtást és a tüzelőanyag-betáplálást.

- Az indító nyomógomb megnyomásával kezdetét veszi az indítási ciklus.
- Egy időzítő áramkör 15 másodpercre engedélyezi a starter motor és a gyújtóegységek tápellátását.
- A motor forgatni kezdi a gázturbinát, és ha a fordulatszám eléri az első beállított értéket (kb. 15%), ahol a kompresszor utáni első nyomáskapcsoló működésbe lép, megkezdődik a tüzelőanyag-betáplálás.
- Az égéstérben beindul az égés, a stabilizálódó láng hatására a turbina is gyorsít a forgórészen.
- Egy akkora fordulatszámra, amit a starter motor egymaga nem képes elérni, a második nyomáskapcsoló is működésbe lép (ekkor a fordulatszám kb. 30%-a a névlegesnek), a rendszer megnyitja a tüzelőanyag-visszavezetést (bypass).
- A starter motorba épített röpsúlyos kapcsoló a névleges fordulatszám kb. 40%-ánál bont, ezzel a motor és a gyújtás áramköre kikapcsolásra, az időzítő áramkör pedig alapállapotba kerül.

Megjegyzések:

- Amennyiben az indítási kísérlet 15 másodpercen belül nem ér véget, az időzítő automatikusan megszakítja a folyamatot.
- Ha hideg átforgatást kell végezni, a tüzelőanyag- és gyújtórendszer kikapcsolt állapota mellett ez ugyanúgy az indítás nyomógomb megnyomásával megtörténhet, ekkor az időzítővel beállított 15 másodpercig zajlik az átforgatás.



7. ábra: Az indító automatika

Normál üzem kézi vezérléssel

Mivel a kísérleti sugárhajtómű terhelés nélkül indítandó, ezért a kompresszornyomás odavezetését meg kellett változtatni, létre kellett hozni a szabályozhatóságát.

Először egy kézi vezérlésű csap került a vezérlőpulton elhelyezésre, melynek segítségével, mint változtatható fojtás lehetett a vezérlőnyomást manuálisan állítani a kívánalmaknak megfelelően. Amennyiben a csapot zárjuk, egyre több vezérlőnyomás jut a 924-es berendezés túszelepére, mely csökkenti a bypass mennyiségét, tehát növeli az égéstérbe betáplált tüzelőanyagot. Ez természetesen fokozott figyelmet kívánt, hiszen a terhelés nélküli indítás egyúttal a csap teljesen nyitott állapotát igényli, másrészt a teljesen elzárt csap a teljes terhelés mellett biztosítana elegendő betüzelést, viszont a GSF jelenlegi kivitele csak egy mérsékelt, közel 50%-os terhelést jelent, így a teljes zárás is mindenképpen kerülendő volt.

Összegezve a kézi vezérlés oktatási célra való használhatóságát, jól látszik, hogy egyáltalán nem biztosított, a kezelő képes igen egyszerűen a gázturbina károsodását előidéző veszélyes üzemmódot kiváltani. Ennek fényében a kézi vezérlés kizárólag a gázturbina fejlesztésében játszhatott átmeneti szerepet, amikor még csak a gázturbina üzemeltetésében jártas személyek végezték a kísérleti indításokat.

Normál üzem elektronikus vezérléssel

A számítógépes rendszer bővülésével egy proporcionális szelep egészíti ki a szabályzást. A csappal párhuzamosan került beépítésre, tehát amennyiben a számítógépes rendszer működésképtelen, vagy más okból szeretnénk a beavatkozását elkerülni, a csapot kinyitva felül lehet bírálni a szoftver törekvéseit futás közben is.

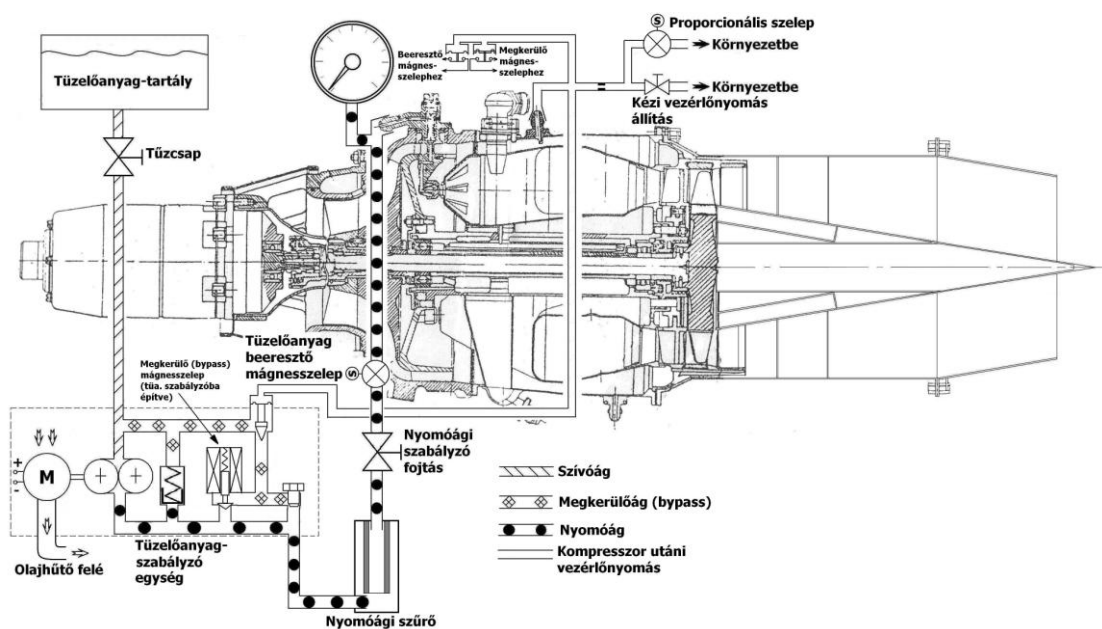
A szelep lényege, hogy segítségével a számítógépes program is közbe tud avatkozni. Például hallgatói gyakorlat alatt vagy kísérlet közben lehet érdekes a fordulatszám állandó értéken tartása, miközben a terhelést a GSF segítségével változtatjuk. Ekkor a proporcionális szelepet fokozatosan zárva egyre több vezérlőnyomást juttatva a szelencés szerkezetre növelhetjük a bejuttatott tüzelőanyag mennyiségét, egészen addig, amíg a fordulatszám az előzőleg beállított értéket tartani tudja.

Jelen állapotában a szoftver csak egy potenciométerről vett értékkel képes a beavatkozásra, tehát lényegében a biztonság szempontjából ebben a konfigurációban nem érzékelhető még jelentős előrelépés, ami azonban a szelep megléte már lehetővé tesz. Természetesen a szoftver továbbfejlesztésével ez megoldható, melyről a következő fejezet tartalmaz részleteket.

Az arányos szelep elhelyezését a 8., a rendszer elvi felépítését a 9. ábra mutatja.



8. ábra. Az arányos szelep elhelyezése



9. ábra. A tüzelőanyag-rendszer a szabályzás eszközeivel

Továbbfejlesztés a teljes hatáskörű szabályzórendszer kialakítása érdekében

Alapvető koncepciók

A FADEC rendszer megvalósítására számos út kínálkozik, mindegyike rendelkezik különféle előnyökkel, illetve hátrányokkal. Ezek közül két lehetőség, mint példa:

- Legkézenfekvőbb megoldásként kínálkozik a jelenlegi számítógépes konfiguráció ilyen irányú továbbfejlesztése, azaz PC-alapú, elosztott rendszer valósítaná meg a feladatokat, ahol az érzékelés, jelfeldolgozás, digitalizálás, elég jelentősen elkülönülne a tényleges programot futtató hardvertől.

- Ettől teljesen eltér, egy új célhardver megalkotása, mely önmaga egy mikrovezérlővel ellátott egységként képes lenne a gázturbina jeleit fogadni, kondicionálni, feldolgozni, és a szükséges beavatkozásokat elvégezni.

Közös hátrányként lehet felhozni, hogy mindkét esetben a számítástechnikai eszköz (legyen az akár egy hagyományos PC, akár egy 8051, vagy PIC mikrovezérlő) a Neumann-, illetve Harvard-struktúrákon alapulnak [3], és ennek megfelelően a soros parancsvégrehajtás és adatkezelés jellemző rá, tehát egy nagysebességű, sok jelen alapuló kifinomult szabályzás valósidejű megvalósítására nem a legalkalmasabbak. Figyelembe véve azonban azt, hogy egy ilyen fejlettségű párhuzamos feldolgozást megvalósító elektronikát igénylő korszerű gázturbina általában sokfokozatú, állítható terelőlapátsorokkal felszerelt kompresszort, aktív részvezérléssel ellátott turbinát és sok más olyan megoldást alkalmaz, amelyek a TSz-21 és a belőle készült sugárhajtóműnél nincsenek jelen, tehát kijelenthető, hogy egy ilyen egyszerű gázturbinás berendezés teljes hatáskörű szabályzására a fent említett megoldások minden bizonnyal alkalmasak lehetnek.

A szabályzás a kísérleti sugárhajtóműnél jelentős eltérést fog mutatni hagyományos, repülőgép-fedélzeti rendszerekkel szemben:

- elsőként a környezeti paraméterek jelen esetben csak atmoszférikus jellemzők lehetnek, így tehát az ezek változásából adódó szabályzási feladatokat nem lehet jelen körülmények között tanulmányozni. Ennek ellenére célszerű a szabályzási törvényszerűséget a programban megvalósítani, hiszen más tanszékekkel, intézetekkel való együttműködés esetén akár erre is lehetőség nyílhat a későbbiekben.
- a hallgatók annél szélesebb körű tudást gyűjthetnek, minél többféle szabályzási törvényszerűséget lehet a gázturbinával megvalósítani. Ennek megfelelően a programnak a lehetőséghez mérten több szabályzási törvényszerűséget is tartalmaznia kell, amelyek közül azután kiválasztható az aktuálisan vizsgálni kívánt. Egy ilyen megvalósítás esetén pl. egy GVK beavatkozás vizsgálhatóvá válik állandó fordulatszám, állandó T_3^* , stb. törvényszerűségek mellett, és összehasonlíthatóvá válnak, mellyel a hallgatók értékes tapasztalatot nyerhetnek.

Mivel a digitális elektronikus rendszer a sugárhajtómű összes fontos paraméterét figyelemmel kíséri, ebből fakadóan nemcsak szabályzási funkciói lehetnek, hanem a kiterjesztett adatfeldolgozás a következő új, hibakezelési feladatköröket teszi lehetővé a hagyományos hidromechanikus rendszerekkel szemben:

- Érzékelés – az figyelemmel kísért jelek nem megengedett tartományba való esésekor detektálni tudja a hibát,
- Tűrés – megfelelő válaszlépésekkel a hiba ellenére is (bizonyos hibák esetében) biztonságos működést tud garantálni (ellenkező esetben vészleállítást kell kezdeményezni),
- Behatárolás – segít a karbantartásnál a hibát okozó lehetséges komponens megtalálásában, rövidítve ezzel az állásidőt,

- Rögzítés – a hiba tényének és körülményeinek rögzítése nagyon fontos, hogy a gázturbina üzemeléséről visszakereshető adatokkal rendelkezünk, ennek ismeretében trendeket állíthatunk fel, melyekkel előre is jelezhetők a parametrikus meghibásodások nagy része,
- Kijelzés – az üzemeltetést végző személy részére biztosítja a hiba egyértelmű jelzését, illetve a szükséges lépéseket a hiba elhárítására, vagy pedig a hibával való üzemelés folytatására.

A PC-alapú megoldás továbbfejlesztése

A rendszer jelen kiépítettségében tartalmaz analóg áramköröket, melyek igen jelentős funkciókat valósítanak meg (pl. indító automatika), melyek egy FADEC rendszerbe a digitális kritérium okán nem tartozhatnak bele. A számítógépnek kellene ezeket a funkciókat átvenni, hiszen például a starter motor röpszerűs kapcsolója jelen állapotban a motor és gyújtás bekapcsolását végző relé áramkörét szakítja, ezzel szüntette meg a motor és a gyújtás tápellátását. Teljes hatáskörű digitális szabályzó esetében a kapcsoló állapotát a számítógép felügyeli, és a megfelelő jelre az előírt szubrutint hajtja végre.

A PC-alapú rendszer aránylag gyorsan továbbfejleszhető a rendszer teljes kézbentartására, így ennek megfelelően kis befektetéssel rövid idő alatt üzemképes rendszer hozható létre ezzel a megoldással.

Lehetőség van még az analóg áramkörök meghagyásával egy elektronikus, de nem teljes hatáskörű szabályzórendszer megvalósítására, ez tulajdonképpen csak annyi továbbfejlesztést igényel, hogy hardver oldalon kiépítésre kerüljön az arányos szelep PWM³ áramköre, valamint a szoftvert ki kell egészíteni ennek megfelelően.

Mikrovezérlőn alapuló megoldás

Az utóbbi években igen elterjedté váltak a különböző egyszerű, gyors hardver és szoftver fejlesztés révén üzembe helyezhető mikrokontrollerek, melyek őse az Intel 8051 típusú, 8 bites, csökkentett utasításkészletű (RISC⁴) processzor volt. Mára ezek a digitális integrált áramkörök könnyen kezelhető Flash programmemóriával, az eredeti 256 bájthoz képest már több kilobájt RAM-mal, programozható A/D konverterrel, PWM kimenettel rendelkeznek. Ezen tulajdonságaik és kedvező áruk (pár ezer Ft) közkedvelté tette ezeket az eszközöket az egyszerű elektronikus egységekben, ahol viszonylag bonyolult problémákat kell megoldani. Analóg áramkörökkel ezeket a feladatokat már igen körülményesen lehetne csak megvalósítani, a PC-k és a hozzájuk kapható professzionális megoldások viszont túlzottan költségesek volnának.

A mikrokontrolleres megoldás esetében a következő alapkövetelményeket kell tudja teljesíteni a kiválasztott integrált áramkör:

- a gázturbina digitális jeleinek száma legalább 16 bemeneti vonalat tesz szükségessé
- a gázturbina analóg jeleinek száma legalább 12 bemeneti vonalat tesz szükségessé

³ PWM: Pulse Width Modulation = Impulzusszélesség-moduláció

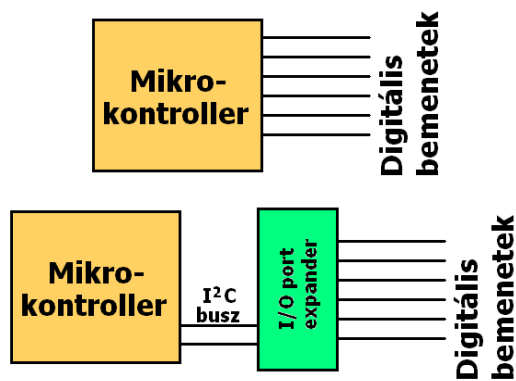
⁴ RISC: Reduced Instruction Set Computer

- a gázturbinán ki-/bekapcsolandó rendszerek legalább 8 digitális kimeneti vonalat igényelnek
- a gázturbina szabályzása a tüzelőanyag-betáplálás speciális kialakítása miatt az arányos szelep részére PWM jelet előállító kimenetet igényel.

A mikrokontrollerekben található A/D konverterek legnagyobb hátránya a jelen alkalmazás számára alacsony felbontás, valamint a multiplexeléses technológia. Egy átlagos mikrovezérlő mindössze 10 bites A/D-vel rendelkezik, ez már sajnos nem megengedhető, %-os nagyságrendbe eső hibát képes bevinni a mért eredmény digitalizált értékébe. A másik probléma, hogy az összes bemenet egyetlen áramkörös osztozik, amely így csak időben eltolva képes az analóg jelek digitalizálására. Ez a két tulajdonság nem megfelelő a kritikus analóg jel, a turbina utáni gázhő digitalizálására, így egy mikrokontrolleres szabályzóegység esetén mindenképpen különválasztva kell a bejövő analóg jeleket átalakítani:

- az időben lassan, vagy egyáltalán nem változó jelek kerülhetnek feldolgozásra a mikrokontroller saját, legalább 12 bites A/D eszközén keresztül.
- az időben gyorsan változó jelek közül a legkritikusabb, a gázhő különálló A/D konverterre kerül, mely legalább 16 bites felbontással, valamint a mikrovezérlővel való kommunikációra korszerű soros buszos kapcsolattal (SPI⁵, I²C⁶) rendelkezik.

A mikrokontrollerek lábainak nagyfokú multiplexelése okán célszerűnek mutatkozik a digitális ki- és bemenő jelek esetében úgynevezett I/O port expander áramkör alkalmazása, amely szintén SPI, vagy I²C buszon keresztül kommunikál a szabályzásért felelős mikrokontrollerrel. Ezek az áramkörök a digitális ki- és bemeneteik állapotát soros kommunikáción keresztül továbbítják a vezérlő integrált áramkörnek, amelynek ily módon csupán a kommunikációt kell lefolytatnia, cserébe viszont jelentős számú bemenet egyszerű kezelése válik lehetővé, amint azt a 10. ábra is mutatja.



10. ábra. Digitális bemenetek illesztése közvetlenül (fönt),
illetve port expander áramkörös keresztül (lent)

A digitális jelek közül is ki kell emelni egy kritikus fontosságút, ez pedig a fordulatszám. Bár jelenlegi formájában a rendszer előállít a négyszögjelből egy, annak frekvenciájával egyenesen

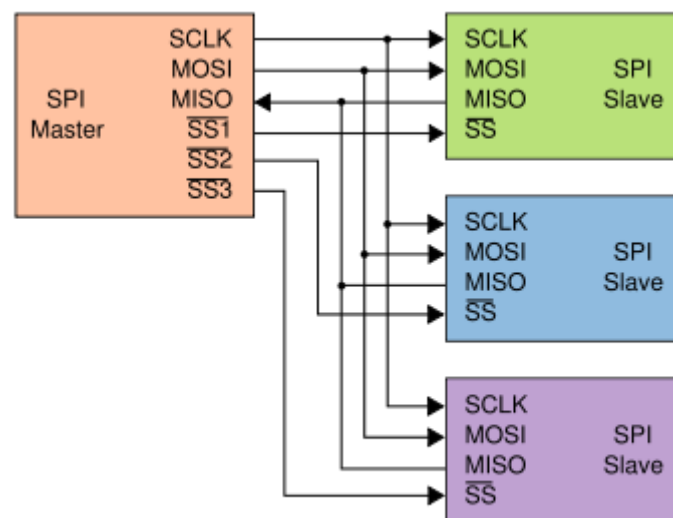
⁵ SPI: Serial Peripheral Interface Bus – Soros Periféria Interfészbusz

⁶ I²C: Inter-Integrated Circuit: Kétvezetékes soros kommunikációs szabvány

arányos feszültségelet is, de ez a kétszeres konverzió (négyzögjel, mint digitális forrás → analóg villamos feszültség → digitalizálás A/D konverterrel) olyan hibahalmozó hatással rendelkezik, hogy ez a jel mindössze kiegészítő funkcióval rendelkezik, ez nem lehet alapja a szabályzásnak. A fordulatszámot tehát eredeti négyzögjel formájában kell egy különálló, kizárólag ezt a célt szolgáló mikrokontrollerrel feldolgozni, és a nyert számértéket soros kommunikációval a szabályzást végző egységnek továbbítani.

A mikrovezérlős megoldás esetében tehát mindenképpen szükség van valamilyen soros protokollon keresztül az adatfolyam kontrollálására. Ezért szükséges néhány szót ejteni a lehetséges megvalósításokról.

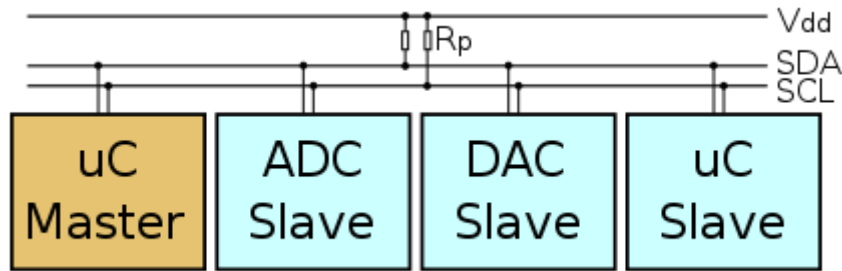
Az SPI busz egy mester (pl. mikrovezérlő) és egy vagy több szolga (pl. A/D konverter) közötti szinkron soros kommunikációt lehetővé tévő szabvány. A buszon történő kommunikáció szabvány szerint négy vezetékkel igényel, egy órajel (SCLK), két adatvezeték (MOSI – Master Output Slave Input és MISO – Master Input Slave Output) és egy, a szolga kiválasztását végző jel (SS – Slave Select) szükséges. A mikrovezérlőkben megvalósított SPI interfész általában ez utóbbit nélkülözi, így ezt valamilyen mesterséges módon (pl. I/O kimenet felhasználásával) kell előállítani. A busz logikai felépítése a 11. ábrán látható.



11. ábra. Az SPI protokoll kialakítása [4]

Az I²C soros busz szintén szinkron soros kommunikációs szabvány, de több mester és több szolga is jelen lehet a rendszerben. Ez abban az esetben lehet érdekes, ha duplikált rendszert kívánunk felépíteni, ahol azonos eszközökön osztozik a két számítógépes. Az I²C busz két vezetékkel tartalmaz, melyeket alapállapotban ellenállásokon keresztül tápfeszültségre húzunk. Az egyik a soros adatvezeték (SDA – Serial DATA), a másik a soros órajelvezeték (SCL – Serial CLock). Az I²C szabvány az SPI protokollal ellentétben különálló vezetéseken keresztül, hanem az adatvonalon elküldött 7 bites címdekódolást alkalmaz, azaz egy buszon maximálisan 128 egység helyezhető el. Ez

messze több mint amennyi a sugárhajtómű kapcsán várható lesz. A busz architektúrája a 12. ábrán figyelhető meg.



12. ábra. Az I²C kommunikáció vázlata [5]

Összefoglalva a két kommunikációs protokoll által kínált lehetőségeket, a rugalmasabb továbbfejleszthetőség érdekében célszerű az I²C buszt előnyben részesíteni, mert itt tulajdonképpen szoftver kérdése csupán a bővítés, míg SPI busz esetében újabb kiválasztó vonalakat kellene (hardveresen) létrehozni, illetőleg fenntartani a későbbi fejlesztés okán.

Összegzés

Amint ebből a fejezetből kiderült, számos megoldási lehetőség kínálkozik a rendszer továbbfejlesztésére, melyekből összefoglalva a következők megvalósítása tűnik reálisnak:

- elsőként a PC-alapú rendszer kibővítése tűnik célszerűnek, hiszen a mérő- és adatgyűjtő rendszerhez a sugárhajtóműves kísérleti berendezés esetében mindössze a tüzelőanyag-betáplálás változtatását kellene, mint szabályzási lehetőséget hozzáadni. A rendszer így elesik ugyan a teljes hatáskörű jelzötől, de már olyan biztonsági elemeket hordozhat, melyek a hallgatói mérések esetén igen fontosak lehetnek.
- másodsorban egy duplikált mikrokontrolleres FADEC elven működő szabályzórendszer létrehozása a cél. Ennek előnye, hogy a hallgatók megismerkedhetnek a repülésben igen széleskörűen alkalmazott duplikált rendszerek működési elvével, egy lehetséges gyakorlati kialakítással, illetve annak üzem közbeni viselkedésével.

ELÉRT EREDMÉNYEK

Megvalósult a mérő- és adatgyűjtő rendszer digitalizálása, valamint ennek továbbfejlesztése gyanánt a számítógép a gázturbina üzemeltetésének egyszerűbbé és biztonságosabbá tétele érdekében beavatkozó szerveken keresztül a szükséges változtatást létre tudja hozni a körfolyamatban.

Kibővült tehát mind hardver, mind pedig szoftver oldalról a rendszer, jelen formájában tulajdonképpen a számítógépes vezérlés teljes körűen, a szabályzás pedig részlegesen kidolgozásra került.

Jelen formájában a berendezéssel néhány hallgatói mérésre is sor került, a gázturbina üzemeléseivel jelen lévő repülőgépes hallgatók a számítógépes adatgyűjtés segítségével igen fontos tapasztalatokat szereztek a gázturbina üzemállapatairól, valamint a működés műszaki vonatkozásairól.

TOVÁBBFEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

Lévn, hogy megállapításra került, hogy a legkisebb befektetéssel a PC alapú rendszer alakítható át teljes hatáskörű szabályzórendszerre, így a közeljövőben ennek a megvalósítása kerül előtérbe.

A szoftver és hardver környezet távlati továbbfejlesztése alapvetően a mikrovezérlő által felügyelt különálló elektronikus szabályzás irányába célszerű folytatódjon. A PC alapú rendszer pedig ebben az esetben kizárólag az adatgyűjtés feladataival lenne felruházva.

A sugárhajtóműves kísérleti berendezés egyik lehetséges felhasználási területe az oktatás. A biztonságos, és kevés tapasztalattal rendelkező üzemeltetők számára egyszerű üzemeltetést biztosító szoftver mind a felső-, mind pedig a szakmai középfokú oktatásban kiemelt szerephez juttathatja a berendezést, mint bemutató eszköz, amelyen a hallgatók tapasztalatot szerezhetnek a korszerű repülőgép-hajtóművek működéséről, felépítéséről, üzemeltetéséről. Ezzel igen nagy jelentősége lesz a repülőgépszerelők és –mérnökök szakmai ismereteinek megalapozásában.

A közeljövőben egy „Gázturbinák mérés technikája” című, választható tantárgy kerül bevezetésre a Repülőgépek és Hajók Tanszék kínálatába, amelynek keretében a hallgatók a korszerű mérések kivitelezésének alapjai mellett a sugárhajtómű üzemeltetésével is megismerkedhetnek.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] ROLLS-ROYCE Plc.: The Jet Engine. Derby, 1996.
- [2] MANGHAM, E. és PEACE, A.: Jet Engine Manual. London, 1961.
- [3] THOMPSON, Haydn A.: Parallel Processing for Jet Engine Control. Springer, London, 1992.
- [4] WIKIPEDIA cikk az SPI buszról: http://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface_Bus
- [5] WIKIPEDIA cikk az I²C buszról: <http://en.wikipedia.org/wiki/I2c>
- [6] WIKIPEDIA cikk a Harvard architektúráról: http://en.wikipedia.org/wiki/Harvard_architecture



Bera József

REPÜLŐTÉR LÉTESÍTÉS ÉS KÖRNYEZETI ZAJVÉDELEM

Az emberi tevékenységekhez, akár termelésről vagy munkavégzésről, akár szabadidő eltöltéséről vagy tengerparti nyaralásról legyen szó, szervesen kapcsolódik valamilyen közlekedési eszköz igénybevétele. Így van ez a honvédelmi tevékenységek körében is, ezen belül a békefenntartói- vagy a speciális kiszolgálási feladatok esetében, amikor légi támogatással történik az adott feladat végrehajtása. Gyakran a szállítások, vagy a speciális tevékenységek —többek között a katonai-, a tűzoltási-, vagy az egyéb katasztrófavédelmi feladatok végrehajtása— légi járművek használatát igényli. Emellett a kiképzéshez és oktatáshoz elengedhetetlen a gyakorló repülések végrehajtása. Eközben a repülőterek és leszállóhelyek működtetése során a repülési eljárásokban bekövetkezett változásokat is figyelembe véve mind a katonai, mind a polgári repüléssel szemben igényként fogalmazódott meg a környezetben okozott környezetterhelés mérése és ellenőrzése, erre alapozva a kíméletes környezethasználat megvalósítása. Erre mutatnak rá a világ számos országában, így Magyarországon is folytatott vizsgálatok eredményei.

A légi forgalomtól származó környezetterhelés hatásaival és annak lakossági megítélésével kapcsolatos kutatások eredményei rámutatnak arra, hogy repülőterek, illetve le- és felszállóhelyek környezetében a települések fejlődése és a légi forgalom folyamatos növekedése miatt a környezeti hatások közül a repülési zaj hatása egyre nagyobb a lakóterületeken, illetve jelentősen növekedett az érintett területek nagysága, ami a lakosság érzékenységét is fokozta.

Repülőterek létesítése, majd későbbi működtetése során tehát meghatározó tényező, ha a létesítmény olyan települési környezetben helyezkedik el, ahol a szomszédos területek zaj elleni védelmét is biztosítani kell. Előfordul, hogy egy-egy területen a repülési műveletszám korlátozása szükséges, vagy a leszállási és kirepülési útvonalak pontos kijelölése, betartása és folyamatos ellenőrzése jelenti a zajvédelmi követelmények teljesítésének egyik feltételét. Mindezt természetesen már a tervezés és előzetes vizsgálatok folyamatában is érvényesíteni kell. Ugyanakkor fel kell oldanunk a szinte minden esetben jelentkező problémát, miszerint a legnagyobb zajszint értékek és a zaj egyéb jellemzői miatt fellépő zavaró jelleg minősítése elmosódik az időegységre vetített értékelésben, és emiatt nincs megfelelő válasz a kellemetlen zavaró hatás megszüntetésére vagy csökkentésére. Szükség van tehát a továbbiakban a zajjellemzők részletesebb vizsgálatára és a zajterhelés értékeléséhez szükséges egyéb környezeti tényezők feltárására, ami a repülőtér létesítés, fejlesztés vagy korszerűsítés folyamatában hozzá járulhat az előzetesen becsült konfliktus helyzet kialakulásának megelőzésében vagy későbbi kezelésében. Ehhez nyújthat segítséget a repülésre vonatkozó zajmérési eredmények olyan felhasználása és alkalmazása, ami zajcsökkentési tervek

készítéséhez ad információt már a repülőtér létesítésének első fázisában, a tervezés és az engedélyezés, illetve a döntéshozatal időszakában.

KÖRNYEZETI ZAJHELYZET ÉS A REPÜLÉS KAPCSOLATA

Repülőterek és leszállóhelyek létesítéséhez és működtetéséhez a zajvédelmi követelmények előírása, és a helikoptertől származó zaj értékelése a következő tényezők alapján történik:

- Repülőgéptől származó leszállási-, átrepülési- és felszállási zajszint. Vagy a légi jármű zajbizonyítványában szereplő adat, vagy egyedi vizsgálattal meghatározott érték;
- Repülési műveletek száma az adott időegységre vonatkoztatva;
- Repülési eljárások módja és jellemzői, repülési magasság megválasztása;
- Légi jármű és a terhelési pontok közötti távolság, zaj ellen védendő terület jellemzői.

A repülőtér működésével igénybe vett, illetve a létesítésre kijelölt terület és környezetének adottságai, annak kiterjedése és az ott meghatározott területhasználatok (pl. lakóterület vagy beépítetlen külterület), a zaj ellen védendő építmények távolsága és elhelyezkedése alapvetően meghatározza a létesítés és a későbbi üzemeltetés feltételeit. Mindezt természetesen annak figyelembe vételével kell teljesíteni, hogy a repülésre vonatkozó egyéb, pl. az alapvető repülésbiztonsági előírásokat is érvényesíteni kell. A repülési eljárások alkalmazása, az adott repülőtér működtetése és az üzemeltetői igények, valamint a környezeti zajvédelem követelményei a repülőtér számára kijelölt terület alapállapotára vonatkozó zajhelyzettel összefüggésben vannak. A követelmények meghatározása ugyanakkor a határértékek előírásán alapul, ami elsősorban a védendő területek használati funkcióját és övezeti besorolását veszi figyelembe.

A zajhelyzet értékelésénél és a minősítésnél az egyedi átrepülésektől származó zaj átrepülési időre vonatkozó, méréssel megállapított értékei a mérvadók. A vonatkozó jogszabályokban előírt követelmények szerinti minősítés esetében azonban már a nappali 16 óra és az éjszakai 8 óra megítélési idővel számolunk, ami a rövid idejű, de magas hangnyomásszintet okozó átrepülések esetében kisebb értéket ad, a legtöbb esetben a határértékek teljesülését eredményezi. Így van ez akkor is, ha egy-egy repülési műveletnél a zajszint-változás vagy a maximum értékek alakulása a vizsgált időszakban kimagasló jelleget mutat.

Alapzaj, háttérterhelés és repülési zaj

Különböző időpontokban végzett zajmérések eredményei jól mutatják, hogy mennyire változott a környezeti zajterhelés egy vizsgált területen, milyen mértékben csökkent vagy növekedett az alapzaj, illetve a háttérterhelés. A települések zajvédelmi szempontú összetettsége miatt a repülőterek létesítése és későbbi minősítése során az alapzaj helyett egyre inkább a háttérterhelés vizsgálatára helyezük a hangsúlyt, ami napjainkban már a jogalkotásban is megjelent. De mi a különbség az alapzaj és a háttérterhelés között, és milyen tényezők határozzák meg az észlelt zajhatásokat?

Amennyiben a fogalmi meghatározásban keressük a megoldást, a következő választ kapjuk, figyelembe véve a rendelkezésre álló műszaki előírásokat és jogszabályba foglalt követelményeket:

- Az alapzaj olyan, a mérést zavaró zaj, melyet a mérés helyén, a mérési idő alatt nem a vizsgált zajforrás okoz, és zavaró hatása mérés technikailag nem küszöbölhető ki;
- A háttérterhelés a környezeti zajforrás hatásterületén a vizsgált zajforrás működése nélkül érvényesülő, a forrás típusának megfelelő zajterhelés.

Mérési tapasztalataink szerint a városokban, lakóházakkal sűrűn beépített környezetben magas, az előírt határértékekhez közeli háttérterhelés mutatható ki. A másik zajforrás azonosítása egyre nagyobb problémát okoz, mert az észlelt zajszintek ellenére csak nehezen deríthető fel annak telepítési és működési helye.

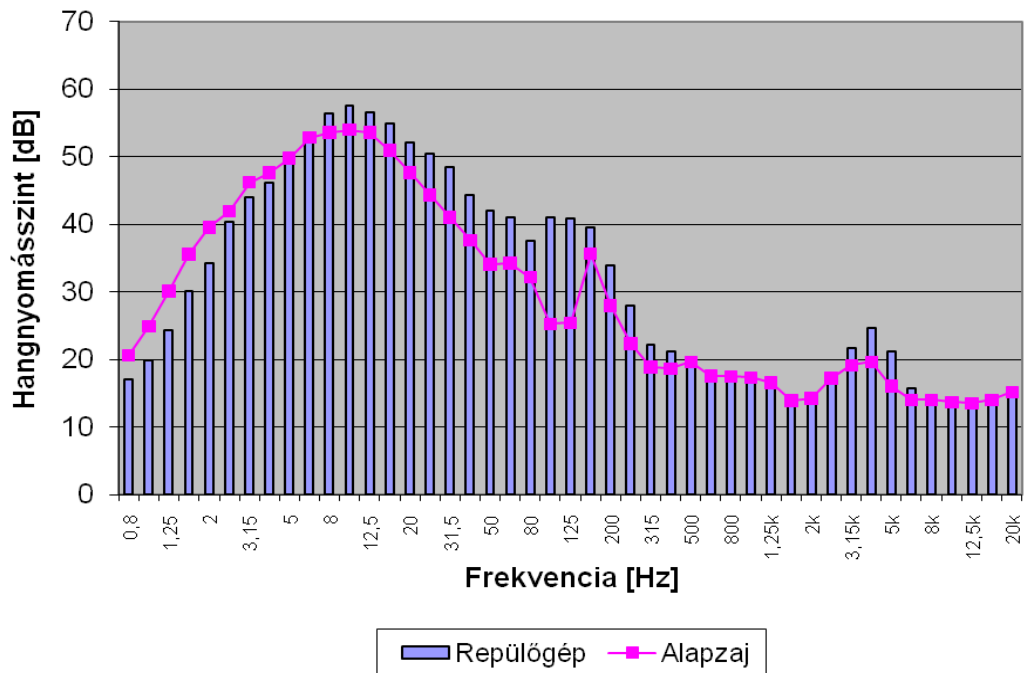
A repülőterek és leszállóhelyek környezetében emiatt nem csak a repülőgépektől származó zajt, hanem az összegződő közlekedési vagy települési zajterhelést mérjük. Ez a mérésekkel ténylegesen kimutatott zajterhelés értékelését, minősítését, és a felhasznált adatok torzítását okozhatja. Ugyanakkor a vizsgálatok keretében el kell dönteni, hogy a repülőtéren környezetre jellemző háttérterhelés függvényében a repüléstől származó zajt hogyan értékeljük. Tapasztalataink szerint a következő szempontok meghatározóak:

- A háttérterhelés elfedi a repüléstől származó zajt, így az méréssel nem mutatható ki, de a hanghatás mégis zavarónak minősül;
- A repülési zaj és a háttérterhelés közötti különbség kicsi, kimutatható zajterhelés mellett is teljesülnek a határértékek, a hanghatás zavarónak minősül;
- A vizsgált repülési zaj nagyvárosban méréssel nem mutatható ki és nem észlelhető, a repülési műveletek kisvárosban vagy települések szélén alacsony háttérterhelés mellett már zavaró hanghatást okoznak.

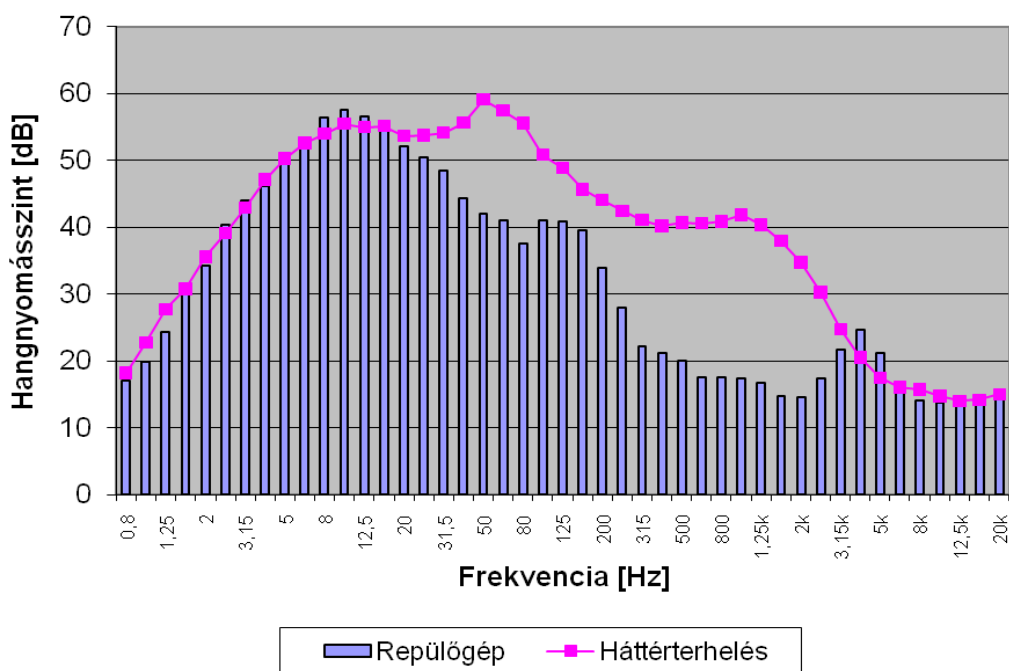
Az alapzaj és az esetleges háttérterhelés, valamint a repülési zaj értékeléséhez elsődlegesen meg kell vizsgálnunk, hogy a távoli vagy nem azonosítható zajforrásoktól származó zaj jellege és a vizsgált repülési művelet hogyan befolyásolja a természeti eredetű zajokat. Ennek céljából méréseket végeztünk kertvárosi és falusias lakóterület szélén és nagyvárosi lakókörnyezetben, valamint egy kijelölt helikopter leszállóhely mellett. A vizsgálati eredmények alapján megállapítható, hogy a csendesnek tartott, közlekedési- és gépzaj nélküli környezetben a repüléstől származó zajterhelés jól elkülöníthető módon észlelhető, meghatározza a környezeti zajhelyzetet.

Kertvárosias és falusias lakóterület szélén rögzített alapzaj és utazó magasságon átrepülő utasszállító repülőgép miatt fellépő terhelési szint frekvencia függvényét mutatja az 1. ábra. Látható, hogy „csendes” környezetben, ahol az alapzaj értéke $L_{Aeq} = 34-36$ dB, a nagy magasságban végzett repülés is kimutatható zajterhelést okoz, amire az adott frekvenciasávokban érvényesülő zajszint a jellemző. Amennyiben a vizsgált területen állandó háttérterhelés érvényesül, a hangnyomásszintek jellegét a beépítettség és az együttesen érvényesülő, elsősorban közlekedési zajhatások befolyásolják.

Erre mutat példát a 2. számú ábra, ami nagyvárosi beépítettség mellett, elsősorban a közúti és repülési zaj által meghatározott háttérterhelést és a repülési zajszinteket szemlélteti.

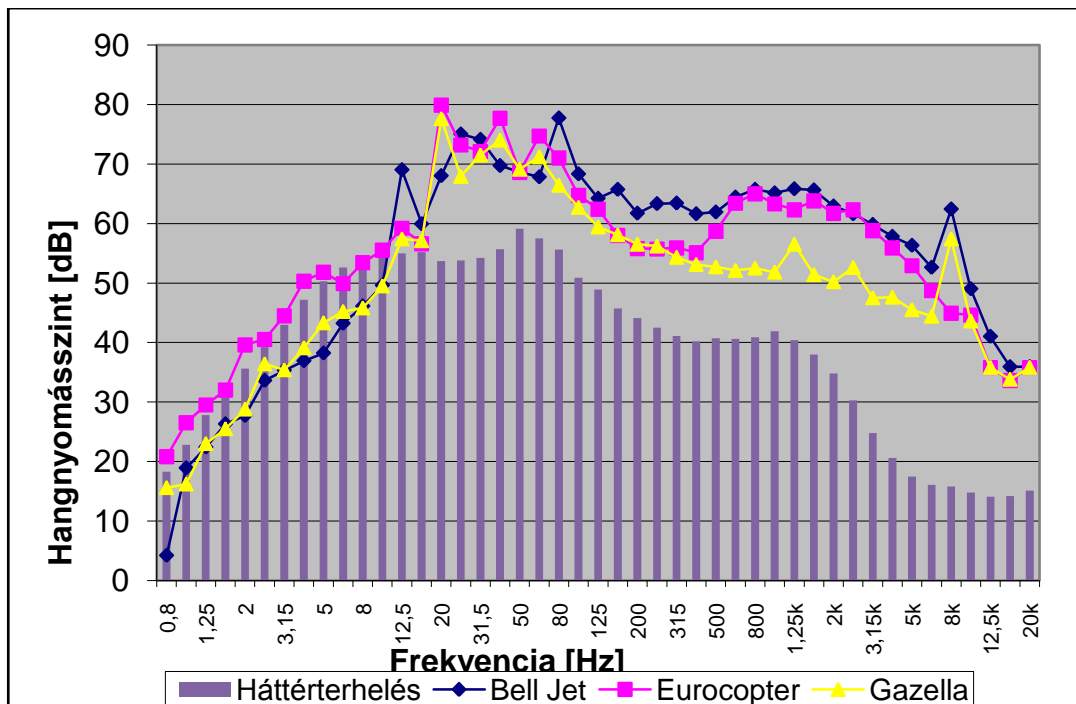


1. ábra. Alapzaj kertváros szélén és a repülési zaj



2. ábra. Háttérterhelés nagyvárosban és a repülési zaj

A repülési zajterhelés kialakulását az alapzaj és a háttérterhelés döntő módon befolyásolja. Azonban alacsony repülési magasság, illetve a repülőtér vagy a leszállóhely közvetlen környezetében megváltozik a helyzet, amit egy kijelölt leszállóhelytől számított 50 m-re vizsgáltunk, helikopterek leszállása, állóhelyi üzem és felszállás során. Az eredményeket a 3. számú ábra mutatja.



3. ábra. Helikopterzaj és háttérterhelés

Az eddigi mérési eredmények jól mutatják, hogy a repülőtér környezetének zajhelyzete alapvetően meghatározza a repülési zajszintek érvényesülését és az értékelést. Nem lehet a repüléstől származó zajterhelést pontosan meghatározni, majd minősíteni az egyéb forrástól származó közlekedési zaj ismerete nélkül. Ez felveti azt is, hogy adott környezetben a korábban létesített zajforrások miatt a repülési zaj már nem lesz meghatározó mértékű, illetve nem a repülés nem okoz kimutatható zajhatást.

Követelmények és előírások

A zaj- és rezgésvédelmi szempontú előírásokat és követelményeket, valamint a vizsgálati és az engedélyezési eljárások szabályait több, egymással is összefüggő jogszabály és műszaki előírás tartalmazza, amit az 1. számú táblázatban foglaltunk össze.

A környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól szóló 284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet 6. § (1) bekezdés szerint a létesítmény zajvédelmi szempontú hatásterületének (a környezeti zajforrás hatásterületének) határa az a vonal, ahol a zajforrástól származó zajterhelés:

- 10 dB-lel kisebb, mint a zajterhelési határérték, ha a háttérterhelés is legalább 10 dB-lel alacsonyabb, mint a határérték;
- egyenlő a háttérterheléssel, ha a háttérterhelés kisebb a zajterhelési határértéknél, de ez az eltérés nem nagyobb, mint a határérték;
- egyenlő a zajterhelési határértékkel, ha a háttérterhelés nagyobb, mint a határérték;
- zajtól nem védendő környezetben —gazdasági területek kivételével— egyenlő a zajforrásra vonatkozó, üdülőterületre megállapított zajterhelési határértékekkel;
- gazdasági területek zajtól nem védendő részén nappal 55 dB, éjjel 45 dB.

Jogszabály száma	Jogszabály leírása
284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet	a környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól
93/2007. (XII. 18.) KvVM rendelet	a zajkibocsátási határértékek megállapításának, valamint a zaj- és rezgés-kibocsátás ellenőrzésének módjáról
27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet	a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról
43/2002. (VIII. 12.) HM-KvVM együttes rendelet	az állami repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének részletes műszaki követelményeiről
25/2004. (XII. 20.) KvVM rendelet	a stratégiai zajtérképek, valamint az intézkedési tervek készítésének részletes szabályairól
176/1997. (X. 11.) Korm. rendelet	a repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének szabályairól
18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendelet	a repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének részletes műszaki szabályairól

1. táblázat. Alkalmazott jogszabályok

A repülőtér működésétől (légi közlekedéstől és a létesítménytől) származó zaj terhelési határértékeit a zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról szóló 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet 3. számú melléklete alapján, a zajtól védendő területekre vonatkozó zajvédelmi kategória figyelembe vételével adhatjuk meg. Eszerint olyan repülőterek, vagy nem nyilvános fel- és leszállóhelyek környezetében, ahol 5,7 tonna maximális felszálló tömegnél kisebb, légszaváros repülőgépek, illetve 2,73 tonna maximális felszálló tömegnél kisebb helikopterek közlekednek, a 2. számú táblázat szerinti határértékeknek kell teljesíteni. Olyan repülőterek, vagy nem nyilvános fel- és leszállóhelyek környezetében, ahol 5,7 tonna maximális felszálló tömegű vagy annál nagyobb, légszaváros repülőgépek, 2,73 tonna maximális felszálló tömegű vagy annál nagyobb helikopterek, valamint sugárhajtású légijárművek közlekednek a 3. számú táblázat szerinti határértékeknek kell teljesíteni.

Az érintett terület zajvédelmi kategóriába sorolását minden esetben a használati funkció, illetve az érvényes szabályozási tervekben jóváhagyott építési övezet alapján kell meghatározni. Ez a besorolás a közlekedési zajszintekre vonatkozik, és az észlelési pontban fellépő zajterhelés követelményértékeként kell érvényesíteni.

Terület jellege	Zajvédelmi kategória	Határérték	
		Nappal (6-22 h)	Éjjel (22-6 h)
Üdülőtérületek, kórházak és gyógyhelyek	Üdülőtérület, egészségügyi területek	55 dB	45 dB
Települések lakóterületei (kertes családi házak)	Kisvárosias és falusias lakóterület	60 dB	50 dB
Települések lakóterületei (nagyváros, városközpont)	Nagyvárosias vegyes lakóterület	65 dB	55 dB
Települések külterületei (mezőgazdasági övezetek)	Gazdasági terület	65 dB	55 dB

2. táblázat: Zajterhelési követelmények (5,7 tonna > repülőgép, 2,73 tonna > helikopter)

Terület jellege	Zajvédelmi kategória	Határérték	
		Nappal (6-22 h)	Éjjel (22-6 h)
Üdülőtérületek, kórházak és gyógyhelyek	Üdülőtérület, egészségügyi területek	55 dB	45 dB
Települések lakóterületei (kertes családi házak)	Kisvárosias és falusias lakóterület	60 dB	50 dB
Települések lakóterületei (nagyváros, városközpont)	Nagyvárosias vegyes lakóterület	65 dB	55 dB
Települések külterületei (mezőgazdasági övezetek)	Gazdasági terület	65 dB	55 dB

3. táblázat: Zajterhelési követelmények (5,7 tonna < repülőgép, 2,73 tonna < helikopter)

Zajgátló védőövezet a repülőtér környezetének az a része, amelyen a repülőtér üzemeltetéséből számított mértékadó zajterhelés meghaladja a közlekedésből származó környezeti zajnak külön jogszabályban 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. Az övezetek felsorolását a 4. számú táblázat tartalmazza.

Övezet	Számított mértékadó zajterhelés [$L_{eq, M}$]	
	Nappal (06-22)	Éjszaka (22-6)
A jelű övezet	$L_{eq, M} > 75$ dB	$L_{eq, M} > 65$ dB
B jelű övezet	75 dB $\geq L_{eq, M} > 70$ dB	65 dB $\geq L_{eq, M} > 60$ dB
C jelű övezet	70 dB $\geq L_{eq, M} > 65$ dB	60 dB $\geq L_{eq, M} > 55$ dB
D jelű övezet	65 dB $\geq L_{eq, M} > 60$ dB	55 dB $\geq L_{eq, M} > 50$ dB
E jelű övezet	60 dB $\geq L_{eq, M} > 55$ dB	50 dB $\geq L_{eq, M} > 45$ dB

4. táblázat: Zajgátló védőövezetek

Zajgátló védőövezettel kapcsolatban hangsúlyozottan kell kezelnünk azt a tényt, hogy a védőövezet megnevezésével ellentétben nem „véd”, illetve nem akadályozza a zaj terjedését. A kijelölt védőövezet a területre vonatkozó beépítési és hasznosítási korlátozásokat jelent annak függvényében, hogy mekkora a repüléstől származó mértékadó zajterhelés.

ZAJTERHELÉS MEGHATÁROZÁSÁNAK ÖSSZEFÜGGÉSEI

Repülőtér, vagy le- és felszállóhely környezetében érvényesülő, a létesítést követően várható környezeti zajterhelést az előzetesen becsült forgalmi adatok, valamint a légi járművekre jellemző hangnyomásszintek felhasználásával, számítással határozhatjuk meg. Az előzetes vizsgálat keretében a következők figyelembe vétele szükséges:

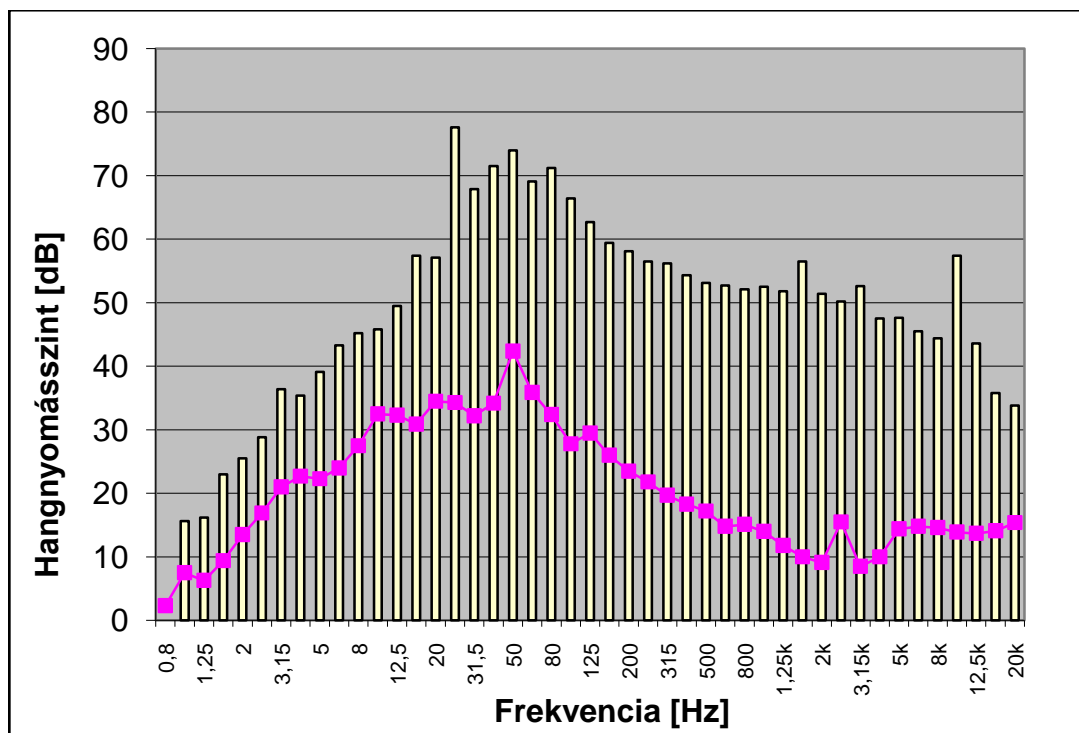
- repülési eljárások alapján az igénybe vett légtér és az érintett terület;
- repülési útvonalak és zaj ellen védendő területek közötti távolság;
- repülési műveletek megoszlása, ki- és berepülési útvonalak a tevékenység jellege szerint.

A légi járművek hangnyomásszintjét a felszálló tömeg figyelembe vételével a 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendelet 2. számú melléklete alapján is meghatározhatjuk. A jellemzők alapján kimutatott zajszint értékeket az 5. számú táblázat tartalmazza. Helikopterre jellemző hangnyomásszint érték 150 m-es referencia távolságban, a repülőgépekre jellemző hangnyomásszint érték 300 m-es referencia távolságban érvényes.

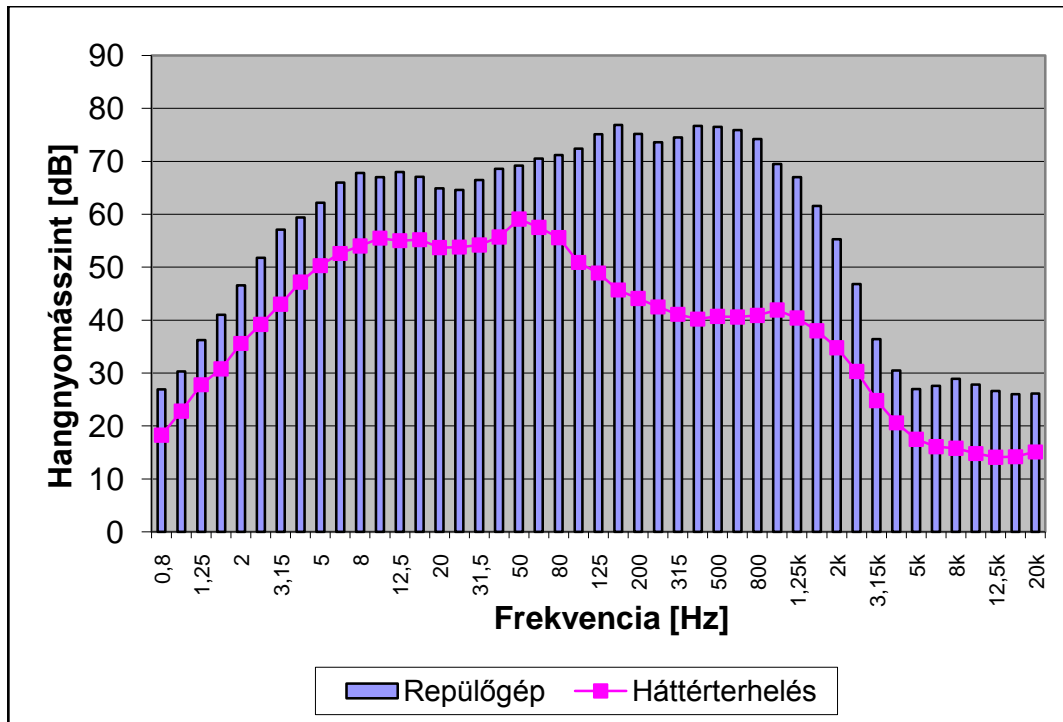
Légi jármű jellemzője	Hangnyomásszint
Helikopterek, felszálló tömeg > 2,73 t	$L_{eq\ 150\ m} = 86\ \text{dB}$
Repülőgép, felszálló tömeg < 100 t	$L_{eq\ 300\ m} = 98,5\ \text{dB}$
Repülőgép, felszálló tömeg > 100 t	$L_{eq\ 300\ m} = 95\ \text{dB}$
Repülőgép, felszálló tömeg 150 t - 340 t	$L_{eq\ 300\ m} = 93\ \text{dB}$
Repülőgép, felszálló tömeg > 340 t	$L_{eq\ 300\ m} = 96,5\ \text{dB}$

5. táblázat: Légi járművekre jellemző zajszint értékek

Abban az esetben, amikor ismert a légi jármű típusa, helyszíni mérésekkel meghatározott hangnyomásszint értékek alkalmazására is lehetőség nyílik, amire saját méréseink alapján mutatunk példát. A méréseket szokásos repülési körülmények mellett, már működő repülőter környezetében végeztük el átlagos beépítettségi viszonyok között. Elsőként a 4. számú ábrán a helikopter 50 m-es magasságban végzett átrepülésére jellemző hangnyomásszint értékeket —az oszlopdiagram a helikopterzajt, a pontvonal az alapzajt mutatja— szemléltetjük a frekvencia sávok függvényében, majd egy Gripen típusú vadászrepülőgép felszállása során rögzített zajszint-frekvencia jellemzőt mutat az 5. számú ábra. A helikopter érkezése, állóhelyi üzem és a kirepülés műveletre jellemző referencia egyenértékű hangnyomásszint érték: $L_{Aeq} = 72,0\ \text{dB}$.



4. ábra. Helikopterzaj jellege 50 m-es átrepülésnél



5. ábra. Gripen vadászrepülőgéptől származó zaj

A Gripen típusú vadászrepülőgép felszállása során kimutatott egyenértékű hangnyomásszint érték: $L_{Aeq} = 80,4$ dB. A vizsgálati pontot a repülőtérhez közeli lakóterületen jelöltük ki, hogy érzékeltesük a nagyobb távolság és a beépített terület hatását is. Ebben az esetben a felszállási útvonal és a terhelési pont távolsága 1200 m volt.

Mértékadó zajterhelés

Amennyiben rendelkezésünkre állnak az üzemeltetni kívánt légi járművekre jellemző zajsztint adatok és az előzetesen becsült repülési műveletszámok, számítással meghatározhatjuk a repülőtér környezetében várható mértékadó zajterhelést a következők szerint.

$$L_{eq,M} = 10 \lg \left(10^{0,1L_{eq,R}} + 10^{0,1L_{eq,F}} \right) [dB] \quad (1)$$

ahol: $L_{eq,R}$ — levegőben végzett gépmozgásokra vonatkozó, számított egyenértékű zajterhelés [dB];
 $L_{eq,F}$ — földön végzett műveletektől származó, számított egyenértékű zajterhelés [dB].

A repülőtér környezetének valamely pontján a levegőben végzett gépmozgásokra vonatkozó, egyenértékű zajterhelés:

$$L_{eq,R} = 10 \lg \left(\frac{T_0}{T_m} \sum_i 10^{0,1L_{AE,i}} \right) [dB] \quad (2)$$

ahol: i — összegzés futóindexe az összes légi jármű mozgás figyelembe vétele;

$L_{AE,i}$ — az i -edik eseményhez tartozó A-súlyozású zajeseményszint;

T_m — megítélési idő;

$T_0 : T_0$ — 1 sec vonatkoztatási idő.

Az $L_{AE,i}$ meghatározása:

$$L_{AE,i} = L_{Amax,i} + 10 \lg \left(\frac{\tau_i}{2 \cdot T_0} \right) [dB] \quad (3)$$

ahol: $L_{Amax,i}$ — a zajeseményhez tartozó, számított maximális A-hangnyomásszint;

τ_i — a zajeseményhez tartozó átrepülési idő;

$T_0 : T_0$ — 1 sec vonatkoztatási idő.

Földön végzett műveletekből származó zajterhelés:

$$L_{eq,F} = 10 \lg \left(\frac{1}{T_m} \sum_k T_k 10^{0,1 L_{Aeq,k}} \right) [dB] \quad (4)$$

ahol: $L_{Aeq,k}$ — a T_k időtartamra vonatkoztatott egyenértékű A- hangnyomásszint;

T_k — zajesemények összegzett hatásideje a teljes T_m megítélési idő alatt.

A mértékadó zajterhelés meghatározásához felhasznált (1), (2) és (3) egyenletek alkalmazásánál meghatározó tényező a zajeseményhez tartozó A-hangnyomásszint, a vonatkoztatási idő és a zajesemények összegzett hatásideje. A számítási eljárás keretében pontosítani kell a zajeseményekhez tartozó átrepülési időt is, amit mérés-technikai szempontból több környezeti tényező is befolyásol, mint például a területre jellemző háttérterhelés mértéke. Az ebből adódó bizonytalanság a számított mértékadó zajterhelés módosulását okozhatja, így a rész-eredmények számítását befolyásoló jellemzőket körültekintően kell alkalmazni.

KIMÉLETES KÖRNYEZETHASZNÁLAT LEHETŐSÉGEI

Repülőterek és leszállóhelyek létesítéséhez a korábbiaktól eltérő, több olyan zajvédelmi szempontot kell figyelembe vennünk, melyek helyszíni mérések eredményein alapulnak. Azonban ezek a vizsgálati eredmények rámutatnak arra is, hogy egy adott repülőtér működtetésénél, vagy egy új repülőtér létesítésénél milyen szempontokat kell figyelembe vennünk, hogy elkerülhetőek legyenek az engedélyezési eljárásoknál tapasztalt, üzemeltető és lakosság közötti konfliktusok. Elsődlegesen megállapítható, hogy nem törvényszerű a repülőtér környezetében a kellemetlen zavaró hatás kialakulása vagy a határértékek túllépése, a kialakuló zajterhelés jellemzőinek feltárása és a repülési eljárásoknál alkalmazott környezetkímélő megoldás eredményre vezethet a probléma megoldásában. A továbbiakban az elvégzett vizsgálataimra és az alkalmazott számítási eljáráshoz felhasznált összefüggésekre alapozva szeretném bemutatni azt a helyzetet és feltételrendszert, ami a repülőterek létesítése és a környezeti zaj elleni védelemre vonatkozó igény és lehetőségek között fennáll.

Javaslatok a repülési zaj csökkentésére

A zavarás megítélésére vonatkozó eddigi vizsgálatok tapasztalatai alapján, lakóterületen létesített leszállóhelyek környezetében a megkérdezettek 75 %-a nagyon, vagy meglehetősen zavarónak ítélte a légi forgalomtól származó zajt. Ezért az előzetes környezeti vizsgálatoknál és a várható zajterhelés értékelésénél indokolt az adott zajeseményre jellemző, minimum és maximum értékek közötti különbségek figyelembe vétele, a környezeti alapzajhoz viszonyított zajterhelés növekedés és az okozott változás kimutatása.

Az egyedi átrepülésektől származó zajterhelés időszakos változásai, az alapzajtól vagy az esetleges háttérterhelésből való kiemelkedés miatt a repülési műveletszám mellett a környezeti alapzajhoz képest kiemelkedő terc-hangnyomásszintek miatt fellépő hatás értékelési módszerbe történő beépítése szükséges a tercsávban jelentkező maximális zajszint érték figyelembe vételével.

Természetesen a mért hangnyomásszintek és a frekvencia közötti kapcsolat, vagy a frekvenciasávokban kimagasló zajszint értékek vizsgálata során felvetődik az is, hogy milyen eredményre vezet, amikor ezt az értékelési szempontot alkalmazzuk az alapzaj vagy a háttérterhelés esetében is. A további vizsgálatok keretében célszerű elemezni a kérdést, hogy az objektív mérési eredmény és a szubjektív megítélés közötti különbség minél kisebb legyen, a minősítéshez felhasznált vizsgálati eredmény az észlelt zajhatást tükrözze. Emellett a mérési időtartam és ezzel összefüggésben a megítélési idő megválasztása is döntő szerepet játszik a zajterhelés értékelésében, a követelmények teljesítésében és a zajvédelmi intézkedések megfogalmazásában.

Az elvégzett vizsgálatok eredményei alapján a repülési zaj értékeléséhez, illetve minősítéséhez olyan követelményrendszer kidolgozása indokolt, ami együttesen alapul a zajforrás jellemzőin és a környezetben okozott zajterhelés jellegén, emellett az adott környezetben kimutatott háttérterhelést a hangnyomásszint-frekvencia jelleg alapján veszi számításba. Ez feltételezi azt is, hogy a leszállóhelyek zajvédelmi szempontú értékelésénél a légi járművek zajkibocsátása adott típusra és kialakításra vonatkozó egyedi adatként áll rendelkezésünkre. Ehhez a jövőben szükség lesz az üzemelő típusok zajkibocsátási adatainak gyűjtésére, célszerű feldolgozására és az egyéb műszaki adatok mellett történő közlésére.

A zajforrásra vonatkozó zajkibocsátási adatok felhasználása mellett a repülőterekre vagy az aktuális leszállóhelyekre a környezeti adottságok és a hangterjedést módosító jellemzők felhasználásával egyedi határértékek megállapítása lenne indokolt. Ennek keretében a jelenleg alkalmazottnál rövidebb vonatkoztatási idő előírásával —pl. 6 óra egy-egy kirepülési irány esetén— lehet a mértékadó zajterhelést meghatározni. Ekkor a megítélési időre vonatkozó legnagyobb hangnyomásszintekhez közelítve lehet a későbbiekben a zajeseményre vonatkozó követelményértéket előírni a (3) összefüggésben szereplő, a zajeseményhez tartozó számított maximális $L_{Amax,i}$ A-hangnyomásszint értékhez igazodva. A ki- és berepülési irányokat ezután a rövidebb vonatkoztatási idő figyelembe lehet vételével módosítani. A zajesemények T_k összegzett hatásideje a teljes T_m

megítélési időn belül az átrepülések számával növelhető, ha a megítélési időt a hatásterület módosításával többször módosítjuk. Ezzel az érintett területeken a repülési zajjal nem terhelt hosszabb időszakok alakulnak ki, ami kedvezőbb környezethasználathoz vezet.

IRODALOM

- [1] BARBARA GRIEFAHN, ANKE MARKS, SIBYLLE ROBENS: Noise emitted from road, rail and air traffic and ther effects on sleep, *Journal of Sound and Vibration* 295, 2006., p. 129-140.
- [2] POKORÁDI, L., BERA, J.: A jövő század repülésének környezeti kihívása *Repüléstudományi Közlemények* XI. évf. 26. szám, Szolnok, 1999. p. 121-129.
- [3] BERA JÓZSEF - DR. POKORÁDI LÁSZLÓ: A repülési zaj mérésének aktuális kérdései. *Járművek* 47. évfolyam, Budapest, 2000/1-2, 25-30. o.
- [4] BERA JÓZSEF: Repülési zaj értékelése, *Műszaki Füzetek* IV., 2008., Debrecen, p. 5-14.,
http://store1.digitalcity.eu.com/store/clients/release/musz_fuz_jo_04.pdf



Dr. Bottyán Zsolt¹

A REPÜLÉSRE VESZÉLYES MEZO-SKÁLÁJÚ METEOROLÓGIAI JELENSÉGEK MODELLEZÉSÉNEK ASPEKTUSAI - NUMERIKUS PROGNOZTIKAI MEGKÖZELÍTÉS

1. Bevezetés

Közismert tény, hogy a nem rakétaelven alapuló repülést, a repülőtestet magában foglaló levegő és a repülőtest között létrejövő sebességkülönbségből származó aerodinamikai emelőerő teszi lehetővé. A repülőgép típusától, feladatától függően a repülési útvonal teljes egészében vagy jelentős részben az atmoszféra alsó, 8-12 km vastag rétegében (*troposzféra*) helyezkedik el, amely egyben az időjárási jelenségek, folyamatok színtere is. A fel- és leszállások – melyek egyben a repülés legveszélyesebb fázisai – pedig a *planetáris határréteg* mintegy 800-1500 méteres kiterjedésű vertikális tartományát érintik. A repülések során azonban az atmoszféra állapota időben és térben egyaránt változik. Az említett változások között vannak jól ismert, kiszámítható, statikus légköri jellemzők (pl. a légnyomás exponenciális csökkenése a magassággal), de a repülésre igazán veszélyesek, a nehezen előre jelezhető, térben és időben egyaránt kis léptékű, gyorsan változó időjárási folyamatok (pl. zivatar, szélnyírás, turbulencia, CAT stb.). Ezeknek az időjárási folyamatoknak minél pontosabb előrejelzése a repülésmeteorológia egyik – ha nem a legnagyobb – kihívása. A repülésmeteorológiában alkalmazott *rövid távú előrejelzések* (nowcasting) készítéséhez nélkülözhetetlenek a térben és időben megfelelően nagy felbontású modellek segítségével előállított, numerikus előrejelzési produktumok. Az ilyen előrejelzések készítésének azonban számos elvi és gyakorlati korlátja van, melyeket szeretném röviden áttekinteni ebben a munkában.

2. A légköri folyamatok térbeli és időbeli nagyságrendjeiről

Légkörünk egy rendkívül összetett mozgásrendszer, melynek térskálája a 10 ezer km-es karakterisztikus méretű planetáris hullámoktól a néhány cm-es portölcsérekig terjed. Az említett folyamatok méretskálája természetesen folytonos, mégis megfigyelhetünk jellegzetes mozgásformákat adott méret- és térskálával. A légköri mozgásjelenségek mérettartománya és időtartama között igen erős kapcsolat figyelhető meg, melynek fontos tulajdonsága, hogy minél nagyobb kiterjedésű a folyamat annál tovább marad fenn az atmoszféránkban (1. ábra). Ugyanakkor, összefüggés mutatható ki a légköri mozgások előbb említett jellemzői és geometriájuk, valamint energetikájuk között is.

¹ ZMNE BJKMK Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék, egyetemi docens, okl. meteorológus, H-5008 Szolnok Kilián u. 1., E-mail: bottyan.zsolt@zmne.hu

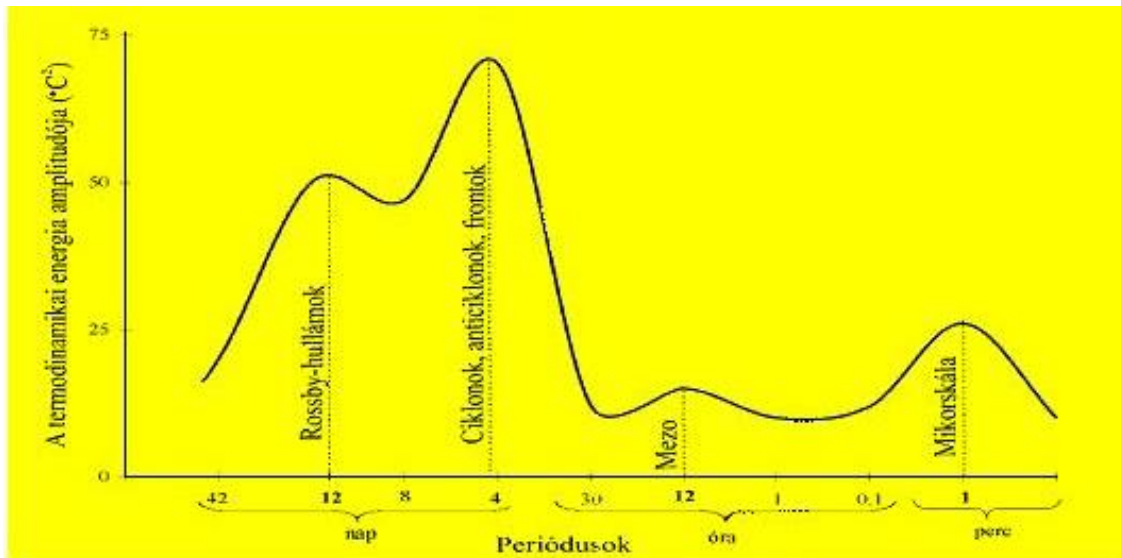
Időtartam / térbeli kiterjedés	Hónap/hét	Nap	Óra	Perc / másodperc	
10000 km	Planetáris hullámok				Makro α
2000 km	Baroklin hullámok Ciklonok Anticiklonok				Makro β
200 km	Frontok Hurrikánok				Mezo α
20 km			Low level jet Squall line		Mezo β
2 km			Zivatar CAT Városi hatás		Mezo γ
200 m			Tornádó Konvekció Hegyi hullámok		Mikro α
20 m				Termik	Mikro β
				Turbulencia	Mikro γ
	Klimatológiai skála	Szinoptikus skála	Mezo-skála	Mikroskála	

1. ábra. A légköri mozgásrendszerek tér- és időskálája (Sándor és Wantuch, 2005.)

A légköri mozgásrendszerek *nagyságrendi osztályozásának* matematikai alapját a Fourier-sorok elmélete képezi. Az atmoszférában alapvetően előforduló - periodikus vagy kvázi-periodikus - hullámjellegű mozgásokat közelíthetjük *Fourier-sorokkal*, így az adott mozgások jellemző tulajdonságainak spektrál-analízisével lehetőségünk nyílik arra, hogy becslést kapjunk a különböző kiterjedésű légköri mozgásrendszerek *karakterisztikus idejére* vonatkozóan.

Nyilvánvaló ugyanis hogy, a spektrumban megjelenő lokális maximumokhoz tartozó periódusidejű légköri folyamatok kialakulásához leginkább kedvezőek a dinamikai feltételek az atmoszférában. Ha ezek után megvizsgáljuk a légköri folyamatok termikus energiaspektrumát, megállapíthatjuk, hogy négy lokális maximum jelentkezik a spektrumban, melyeket alapvetően három nagy meteorológiai skálacsoportba helyezhetjük el (2. ábra).

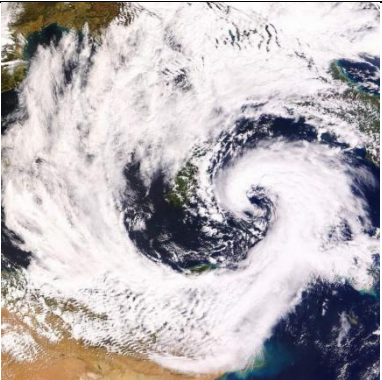


A 12 és a 4 napos periódusidő az ún. nagytérségű (szinoptikus) légköri folyamatok (Rossby-hullámok, ciklonok, anticiklonok) átlagos karakterisztikus ideje. Ezek a jelenségek alkotják a *makro* skálát. Jellemző rájuk, hogy horizontális méretük (1000-3000 km) jóval meghaladja a vertikális kiterjedésüket (10-18 km) és ezért alapvetően hidrosztatikai szempontból kiegyensúlyozottnak tekinthetők. Jellemző rájuk a középpontos szimmetria (3.a ábra).



2. ábra. A légköri mozgásrendszerek termikus energiaspektruma (Práger, 2008)

A következő periódusidő-maximum már az óra nagyságrendbe esik, átlagosan 12 óra. Ez a tartomány a meteorológiai *mezo-skálát* fedi le. Az ebbe a skálába tartozó jelenségek már nem hidrosztatikusak, horizontális méretük csak kb. 5-szöröse a vertikálisnak és bennük jelentős függőleges sebességek és gyorsulások tapasztalhatók. A skála legjellegzetesebb képviselői a konvektív mozgásrendszerek (zivatar, squall-line, tornádó, MCC stb.) (3.b. ábra).

A harmadik meteorológiai skála a *mikro* tartomány, melynek karakterisztikus periódusideje átlagosan 1 perc. A mikroléptékű mozgásokat maximum néhány száz méteres kiterjedés jellemzi és alapvetően a határréteg folyamatai tartoznak ide (tereptárgyak körül kialakult áramlások és a turbulencia) (3.c. ábra). Nagyon gyorsan változó jelenségekről van szó, melyek átmenetet jelentenek a rendezett és a sztochasztikus légköri mozgások között (Práger, 1992.)

Makro skála	Mezo skála	Mikro skála
		
a. mérsékelt övi ciklon	b. zivatar	c. turbulencia

3. ábra. A meteorológiai skálák jellemző mozgásrendszerei

3. A repülés és a mezo-skálájú légköri folyamatok kapcsolata

A repülési feladatokra leginkább azok a légköri (meteorológiai) folyamatok hordozzák a veszélyt, melyek viszonylag hirtelen alakulnak ki, képesek gyorsan helyzetüket megváltoztatni, nagy energiákat mozgatnak meg és hatásterületük összemérhető a repülési út vertikális és horizontális méretével. Általában a repülési feladatok időben karakterisztikusan néhány órát fednek le, a térbeli kiterjedésük pedig horizontálisan kb. 10-1000 km-es, míg vertikálisan néhány km-es nagyságrendben mozog.

A légkörben fellépő mozgásrendszerek időbeli és térbeli kiterjedését, a bennük felszabaduló energia mennyiségét, a repülőeszközök tulajdonságait és a repülési feladatok jellegét figyelembe véve elmondhatjuk tehát, hogy a repülésre leginkább veszélyes meteorológiai jelenségek a mezo-léptékű tartományban helyezkednek el (1. ábra). Nagy veszélyt jelentenek ezek a képződmények a repülés *felszállási* (take-off) és különösen a *megközelítési* (final approach) valamint az ehhez kapcsolódó *leszállási* (landing) fázisában, amikor alacsony a sebesség, kicsi a magasság és a repülőgép térbeli helyzetének szabadsági foka rendkívül alacsony. Ezek a korábban már említett mezo-méretű mozgásrendszerek néhány órás élettartamuk alatt óriási mennyiségű energiát szabadítanak fel és számos, a repülésre igen veszélyes fizikai jelenség kíséri megjelenésüket.

A fent említett mezo-tartomány egyik igen fontos és viszonylag gyakran előforduló jelensége a *zivatar*, mely magában hordozza a repülésre nagyon veszélyes:

- alacsony meteorológiai, repülési valamint ferde látástávolság értékeket,
- vertikálisan és horizontálisan egyaránt erős turbulenciát és szélnyírást,
- intenzív hajtómű és felületi jegesedést,
- nagy intenzitású folyékony és szilárd halmazállapotú csapadékhullást,
- időben és térben gyakori villámlásokat,
- erős, gyakran viharos erősségű változó irányú szelet.

Egy másik – a repülésre szintén életveszélyes – jelenség, a *köd* megjelenése is igen gyakran a mezo-skálához köthető. A rendkívül gyors látástávolság-csökkenéssel járó áramlási ködök dinamikáját is a mezo-tartományban zajló folyamatok írják le és a radiációs ködök kialakulása is előfordul ezen a meteorológiai mérettartományon (persze gyakran a *mikro-skálán* találkozunk ezzel a ködtípussal). Mind a zivatar, mind a köd előrejelzése a legnehezebb feladatok közé tartozik, ugyanakkor életbevágóan fontos a minél pontosabb prognosztizálásuk!

Elmondhatjuk tehát, hogy előrejelzési és repülésbiztonsági szempontból egyaránt alapvető fontosságú, hogy a légköri mozgásrendszerek közül a mezo-léptékű tartományra vonatkozóan is rendelkezünk numerikus modell produktumokkal az operatív prognosztikai munka során. A gyakorlatban alkalmazott mezo-skálájú numerikus modellek (MM5, WRF, ALADIN, és jelenleg kísérleti stádiumban az AROME) komoly eredményeket mutatnak az említett mozgásrendszerek előrejelzésében, de néhány alapvető elméleti és gyakorlati probléma rendkívül megnehezíti ezen a skálán a modellfejlesztést. Másfelől, a fentebb említett problémák miatt, a jelenleg futtatott modellek bizonyos

– gyakran a repülésre veszélyes jelenségeket magában foglaló - meteorológiai szituációk előrejelzésében nem adnak megfelelő eredményt. A továbbiakban ezekről a problémákról ejtünk szót röviden.

4. A numerikus előrejelzés általános prognózis-feladata és problémái

4.1. A légköri rendszer fizikai-matematikai általános modellje

Ahhoz, hogy képesek legyünk számszerű időjárás-előrejelzést készíteni, első lépésben meg kell alkotnunk a légkör egy megfelelő fizikai modelljét, melyet célszerűen matematikai apparátussal írunk le. Ez nem jelent mást, mint formularizálni az atmoszférában zajló **legfontosabb** hidro- és termodinamikai folyamatokat valamint kölcsönhatásokat. A modell megalkotásánál figyelembe kell venni, hogy a modell a valós légkör egyszerűsített leképezése, melynek meg kell őriznie az atmoszféra fontos fizikai tulajdonságait, törvényeit és jól kell kezelnie a légkörben zajló időjárás alakító folyamatok összességét is (Práger, 1992.).

A fentieket figyelembe véve, adhatjuk meg a jól ismert modellt a légkörre vonatkozóan, amely matematikai szempontból egy **parciális differenciálegyenlet-rendszer** (PDER) (1)-(5), fizikailag pedig a megmaradási törvények rendszere az atmoszférára vonatkozóan. A kapott modellt leíró egyenletrendszert a légkör **hidro-termodinamikai egyenletrendszerének** (HTER):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{v}) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = -\frac{1}{\rho} \text{grad}(p) + \vec{g} - 2\vec{\Omega} \times \vec{v} \quad (2)$$

$$\frac{1}{\rho} Q = c_p \frac{dT}{dt} - \frac{RT}{p} \frac{dp}{dt} \quad (3)$$

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{1}{\rho} M \quad (4)$$

$$p = \rho RT \quad (5)$$

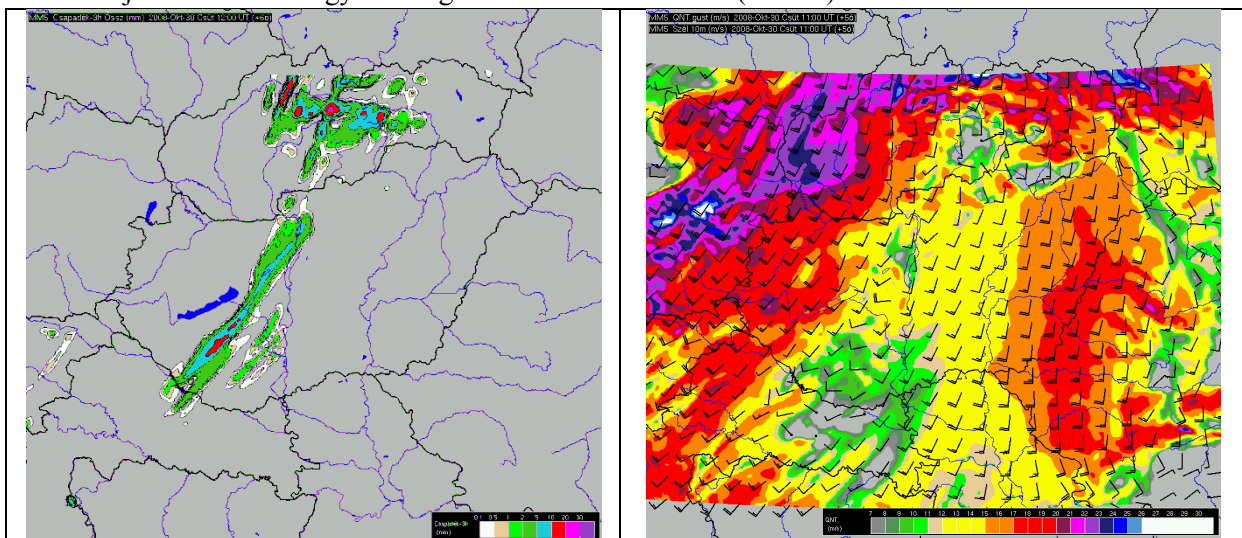
Az egyenletrendszerben szereplő változók, a ρ levegősűrűség, p légnyomás, T abszolút hőmérséklet, q specifikus nedvesség és a \vec{v} áramlási sebességvektor. A Q és M a termodinamikai kölcsönhatásokat írja le (kényszerek), \vec{g} a gravitációs gyorsulás vektora, $\vec{\Omega}$ a Föld forgásának szögsebesség-vektora, R a gázállandó és c_p pedig a levegő állandó nyomáson mért fajhője. Az egyenletek **zárt rendszert** alkotnak, azaz, ha rendelkezünk korrekt kezdeti és peremfeltételekkel, akkor az egyenletrendszer egyértelműen megoldható (matematikai értelemben ún. vegyes feladat). A **prognózis-feladat** tehát nem más, mint a HTER megoldása adott kezdeti- és peremfeltételek esetén egy meghatározott előrejelzési tartományra és időintervallumra vonatkozóan.

4.2 A numerikus előrejelzési produktumok készítése

A számszerű előrejelzések készítéséhez a HTER-t bizonyos feltételek mellett meg kell oldani. Az (1)-(5) egyenletrendszer megoldását jelentő állapotváltozó-függvényeket azonban nem lehetséges analitikus (zárt) formában megadni, amiből következik, hogy csak **közelítő eljárások** alkalmazásával juthatunk eredményre. A megoldások előállítására leginkább az ún. **véges differenciák** módszerét használják, melynek során az egyenletekben szereplő differenciálhányadosokat véges különbségekkel közelítik.

A megoldásfüggvények értékeinek meghatározását az előrejelzési intervallumban adott t időpontban egy – az előrejelzési tartományhoz rögzített, célszerűen választott - konkrét 3 dimenziós rácson lévő pontokban kell elvégezni. Ebből következik, hogy a HTER megoldásához szükséges kezdeti változó-értékeket is biztosítani kell a t_0 időpillanatban, ugyanezen a rácson. Ezeket a kiindulási értékeket a globális meteorológiai mérőhálózat által – különböző módon és rendkívül inhomogén területi eloszlás mellett - észlelt és mért adatai és korábbi időpontra számított modellfuttatások eredményei (**first guess** vagy **background**) együttesen testesítik meg. Azt az eljárást, melynek során a rendelkezésre álló meteorológiai adatokból megfelelő, a rácspontokra interpolált kezdeti értékek lesznek, **adatasszimilációnak** nevezzük.

Miután megtörtént az adatasszimiláció, az ún. **inicializáció** (melynek során gondoskodni kell a nyomási és a szélmező kezdeti összehangolásáról, egyensúlyáról) és a **peremfeltételek meghatározása** következik, majd ezután az egyenleteket kell numerikusan integrálni adott időlépcső (Δt) alkalmazásával. Ennek eredményeként adott t időpontban meghatározhatók a változók értékei a korábban definiált rácson. Végül az **elő- és utófeldolgozás** során elkészülnek azok a produktumok, amelyek eljutnak a felhasználókhöz (előrejelzőkhöz). Ezek szemléletesen mutatják az előre jelzett mezők alakulását, nagyrészt valamilyen grafikus megjelenítési mód alkalmazásával, de természetesen még további numerikus feldolgozást is elvégeznek a kapott nyers adatokon (pl. egyéb paraméterek származtatása). Példaként egy, az MM5 numerikus modell alkalmazásával készített csapadék- és szélelőjelzés látható Magyarország területére vonatkozóan (4. ábra).



4. ábra. Az MM5 mezo-skálájú modell csapadék- és szélelőjelzése Magyarország területére 2008.10.30-án, 12.00 UTC-kor (HAWK megjelenítés)

4.3. A számszerű előrejelzések készítésének néhány problémája

A korábban felírt HTER a légkör összes mozgásrendszerét magában foglalja, vagyis egy ún. *nem szelektív* rendszert reprezentál. Ez – a modellre nézve kedvező – tény azonban a gyakorlati numerikus modellezés területén három rendkívül fontos problémát vet fel.

1. **A HTER megoldásához szükséges kezdeti feltételek megadásának kérdése.** Ahogy korábban említettük, a HTER megoldásához szükséges minél pontosabb kezdeti feltétel-mező megadása a számítási rácsra vonatkozóan. Ezeket az adatokat azonban jelentős részben a meteorológiai mérőhálózat által szolgáltatott – térben és időben egyaránt rendkívül egyenlőtlen eloszlású - értékekből kell a rácspontra interpolálni. A felszíni és távérzékelési rendszerek által szolgáltatott meteorológiai adatok azonban egyrészt eleve *pontatlansággal terheltek* másrészt, pedig a légkör óriási méretéhez képest viszonylag kevés értéket jelentenek, azaz bizonyos *légköri mozgások reprezentációja nem megfelelően* történik meg (különös problémát jelent a függőleges sebességvektorhoz tartozó kezdeti feltételek meghatározása, mivel a változó közvetlen mérése nem megoldott).
2. **A numerikus produktumok előállításához használt számítási eljárások kérdése.** A HTER megoldására rendelkezésre álló numerikus eljárások (közelítő algoritmusok, melyek mindig hibával terheltek) rendkívül *nagy számításigénnyel jelennek meg*. Tovább nehezíti a produktumok előállítását az alkalmazott 3 dimenziós rácshálózat pontjainak igen magas száma is. Így az előrejelzések elkészítése (modellek futtatása) időben hosszú folyamat, valamint számítástechnikai (hardware és software) szempontból komoly költséggel jár. A térbeli rácsfelbontás növekedése mellett fontos szempont a numerikus integrálásnál alkalmazható időlépcső mértéke is, hiszen a *CFL* (Courant-Friedrichs-Lewy) *stabilitási kritérium* értelmében, a numerikus sémában alkalmazott rácsávolság és időlépcső arányának felül kell múlnia a légkörben fellépő hanghullámok sebességét (~ 340 m/s). Ellenkező esetben a számítási eljárásunk „felrobban” és a prognosztizált változók irreális értékűek lesznek, hasonlóan Richardson 1922-es kísérletéhez (Lynch, 2004). Példaként tekintsünk egy 900x600 km-es területet, melyet különböző felbontású ráccsal reprezentálunk. A CFL-kritériumból számított időlépcsők, és a 24 órára történő előrejelzéshez szükséges számítási ciklusok valamint az összes szükséges alapművelet száma jól mutatja, hogy a számításigény robbanásszerűen nő a térbeli felbontás növekedésével (1.táblázat)! Az említett tényekből adódóan, a világ nagy teljesítményű supercomputerei szinte kivétel nélkül, az időjárás numerikus előrejelzési feladatain is dolgoznak. A számítási algoritmus további problémájáról később még szólunk.

Horizontális felbont. (km)	Vertikális felbont. (km)	Rácspontok száma	Alkalmazható időlépcső(s)	Számítási ciklus száma	Összes alapl művelet
50	1	4320	~ 3	28800	$2,7 \times 10^{10}$
10	0,2	540000	~ 0,6	144000	$1,7 \times 10^{13}$
2	0,2	13500000	~ 0,6	144000	$4,2 \times 10^{14}$

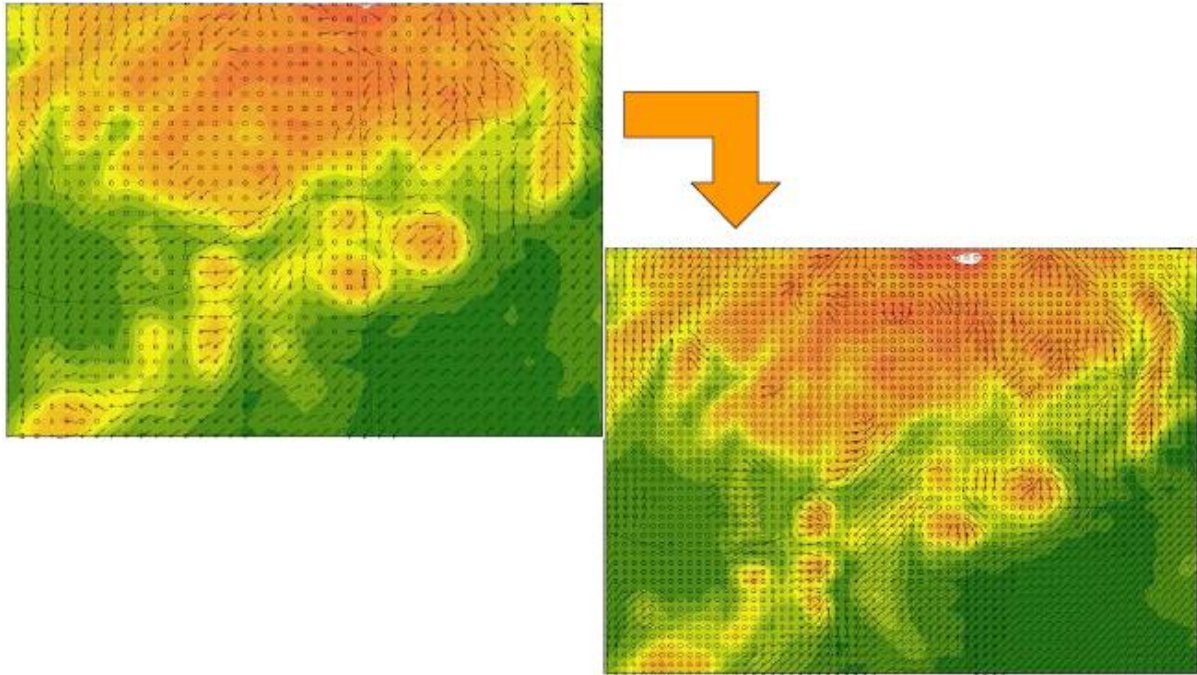
1. táblázat. A numerikus modellek térbeli felbontásának növekedéséből adódó számításigény változása

3. **A meteorológiai folyamatok paraméterezésének kérdése.** A HTER-ben szerepelnek olyan mennyiségek is, melyek változásait illetve a légkörben felvett értékeit a felszín és a légkör kölcsönhatásai (kényszerek) határozzák meg (hóáram, nedvességáram). Ezek a kölcsönhatások azonban az ún. *turbulens diffúzió* folyamatán keresztül hatnak, melynek nagyságrendi skálája a mikro- tartományba esik. Tekintve, hogy a folyamat sok szempontból nem ismert pontosan, így a HTER megoldásakor csak ún. *paraméterezési eljárással* vehető figyelembe. Ennek lényege, hogy „az explicite nem kezelhető, az adott ráccsal már nem felbontható, ún. *szubgrid* folyamatoknak a vizsgált skálára kifejtett hatását a modell paramétereinek a függvényében *statisztikailag* vesszük figyelembe” (Götz, 1976). A paraméterezésnél az adott hatás statisztikai átlagértékeit alkalmazzuk, vagy az adott hatás folyamatának erősen leegyszerűsített, empirikusan formulázott változatával dolgozunk (Práger, 1992). Meg kell említeni még a *felhőfizikai folyamatokat* és a *sugárzás elnyelődés folyamatát* is, melyeket szintén csak paraméterezéssel vehetünk figyelembe a HTER megoldásánál.

5. A mezo-skálájú folyamatok numerikus előrejelzésének további aspektusai

A repülésre leginkább veszélyes meteorológiai folyamatok – mint korábban említettük – a mezo-skálán jelennek meg, melyeknek numerikus prognosztizálása a nowcasting folyamat alapvető eleme. Nyilvánvaló tehát, hogy a mezo-léptékű modelleknek tudniuk kell ezeket a jelenségeket nyomon követni a kialakulásuktól a felbomlásukig, vagyis egy nagyon komoly térbeli és időbeli *felbontási kritériumnak* kell megfelelnie az adott modellnek.

A felbontás növelése azért szükséges, mert egy adott L hosszúságú hullám (mintegy 10%-nál kisebb hibával történő) reprezentációjához legalább $L/10$ lineáris méretű rácshálózatra van szükség (Kreiss & Olinger, 1972). Ebből következik, hogy a mezo-léptékű folyamatok leírásához szükséges rács lineáris mérete jelentősen kisebb a globális numerikus modelleknél alkalmazott rácsméretnél (ami pl. az ECMWF globális modellnél 25 km-es a felbontás, így ez a modell elvileg sem képes a 250 km-nél kisebb karakterisztikus méretű folyamatokat kezelni). Másfelől, a globális modellek a makro-tartományon dolgoznak és a bennük alkalmazott *kvázi-statisztikus közelítéssel* (jelentős egyszerűsítés a számításban, hiszen pl. a konvekció ezzel ki van zárva) felépített modell-egyenletek miatt *eleve nem is képesek* a mezo-léptékű jelenségek reprezentációjára!



5. ábra. Az OMSZ ALADIN rövidtávú numerikus modellje (balra fent), mint oldalsó peremfeltétel az AROME modell (jobbra lent) számára. Jól látható a szélmező sokkal finomabb felbontása az AROME modell esetén, ami a lényegesen kisebb rácsméretnek köszönhető (Kullmann, 2008)

A mezo-léptékű folyamatok leírásához szükséges sűrűbb rács (általában 2-5 km-es horizontális rácselem) és a *nem-hidrosztatikus HTER* miatt a modell-egyenletek integrálása további jelentős számítási igény-növekedéssel jár. Ezért a mezo-skálájú modelleket egy adott kisebb térbeli tartományra vonatkozóan futtatják, azaz *korlátos tartományú* modellek, melyek a futtatáshoz szükséges oldalsó peremfeltételeket egy másik – az említett területet is magában foglaló - előrejelzési tartományú modell futtatásának eredményeiből nyerik. Pl. az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSZ) használt AROME modellt, egy Magyarországot lefedő 2,5 km-es horizontális rácson futtatják és a peremfeltételeit az ALADIN korlátos tartományú 8 km-es felbontású modellből kapják (5. ábra). Ebből adódóan érvényességi területük is csak az a szűkebb régió, amelyen definiálva vannak.

Szólnunk kell még a numerikus modellek outputjának *időbeli érvényességi intervallumáról* is, hiszen minden egyes modell output előállítás jelentős előkészületeket igényel és így lényeges, hogy egy adott időszakra vonatkozóan hány futtatást kell elvégezni. Az operatív numerikus előrejelzésben négyféle modellt különböztetünk meg attól függően, hogy mennyi időnként futtatják őket (2. táblázat). A jelen munkánkban vizsgált mezo-léptékű modellek esetében a modell outputok érvényességi ideje 24-36 óra, de a jövőben ez az intervallum várhatóan csökkenni fog akár kb. 6-12 órára! Ezek az érvényességi intervallumok összhangban vannak a repülésre elsődlegesen veszélyes, mezo-skálájú meteorológiai jelenségek karakterisztikus idejével, másrészt időbeli rövidegük miatt *csak rövid időintervallumra* van prognosztikai értékük! A rövidebb output-érvényességi idő miatt a mezo skálán

dolgozó modellek futtatása sűrűbben kell, hogy megtörténjen, ami a számítási igény és költségek vonatkozásában további növekedésével jár.

	Éghajlati	Középtávú	Rövidtávú	Ultrarövid távú
Elsődleges modell	ALADIN-Climate	ECMWF	ALADIN	AROME
Horizontális felbontás	10-25 km	25 km	8 km	2-3 km
Output időintervallum	30 év	10 nap	2 nap	24 óra

2. táblázat. Az OMSZ egységes numerikus előrejelző rendszerének elemei

(Horányi, 2008 nyomán módosítva)

Külön említést kell tennünk a mezo-léptékű modellek parametrizációs problémáiról. Ezt a kérdéskört csak röviden „per tangentem” tárgyaljuk, mert e cikk keretei nem teszik lehetővé a mélyebb elemzést. Két területet kell kiemelnünk, nevezetesen a **konvekció** és a **nedvesség** illesztését a modellekbe. A két meteorológiai tényező összekapcsolódik egymással és együtt felelősek a **konvektív felhőrendszerek** és a hozzájuk tartozó – sokszor a repülésre rendkívül veszélyes – jelenségek kialakulásáért. A konvekció parametrizációjában nagy nehézséget okoz a **függőleges légáramlás nagyságának** meghatározása, hiszen a felemelkedő légréteg sebességét sok tényező befolyásolja: a talaj minősége, a növényzet, a domborzat, az adott légtömeg stabilitási viszonya, a nedvességtartalom stb. Ugyanakkor, a nedvességtartalom vertikális eloszlásának viszonylag pontos ismerete nélkül az előbbi paraméter nem is határozható pontosan meg! Ezzel el is érkeztünk a mezo-skálájú modellezés egyik legnagyobb kihívásához, mely a **nedvességtartalom három dimenziós eloszlásának a becslését** jelenti. Tekintve, hogy a légköri nedvesség eloszlása térben és időben egyaránt nagyon szélsőséges értékek között mozoghat, a mezo-skálájú modellek „elszállásának” gyakori forrása az elégtelen térbeli nedvességi és hőmérsékleti előrejelzés. Ebből a problémából fakad a **ködök** előrejelzésének nehézsége is, hiszen többször előfordult, hogy pl. az MM5 modell akár 10000 km² nagyságú területen kialakult, majd advektálódott ködöt nem prognosztizált! Persze ez a leírtak fényében nem meglepő, de tény és az előrejelzőnek ezt a problémát kezelnie kell. (Erre az esetre marad a műhold és az OMSZ klímaállomás-hálózata, vagy adott esetben kizárólag az előrejelző tapasztalata...)

6. Összefoglalás

A mezo-léptékű időjárási rendszerek jelentik a legnagyobb veszélyt a repülésre, ezért numerikus prognosztikai megközelítésük alapvető fontosságú a rövid távú előrejelzésben. Ezen jelenségek mérettartományának megfelelő felbontású mezo-léptékű modellek azonban

számos nehézséggel kezelhetők csak. Ezek közül néhányat említettünk meg munkánkban, melyek elvi és gyakorlati problémák:

- A HTER megoldásához szükséges kezdeti feltételek megadásának kérdése
- A numerikus produktumok előállításához használt számítási eljárások kérdése
- A meteorológiai folyamatok paraméterezésének kérdése
- A felbontási kritérium kérdése
- A mezo-léptékű modellek parametrizációs problémáinak kérdése.

Irodalom

- [1] Götz G. (1976): Léggöri folyamatok dinamikus modellezése. *Időjárás*. 27-41.
- [2] Horányi A. (2008): A numerikus előrejelző modellek fejlesztése és alkalmazása az Országos Meteorológiai Szolgálatnál. Meteorológiai Tudományos Napok.
- [3] Kreiss H.-O., Olinger J.(1972): Comparison of accurate methods for the integration of hyperbolic equations. *Tellus*. Vol. 24. 199-215.
- [4] Kullmann L.(2008): Az ALADIN numerikus előrejelző modell a rövid távú előrejelzés szolgálatában. Meteorológiai Tudományos Napok.
- [5] Lynch P.(2004): A century of numerical weather prediction: The view from Limerick. *Weather*. Vol. 59. No. 12. p 331.
- [6] Práger T.(2008): A szinoptikus és numerikus időjárás-előrejelzés elméleti hátterének fejlődéséről. Meteorológiai Tudományos Napok.
- [7] Práger T.(1992): Numerikus prognosztika. Budapest.
- [8] Sándor V. és Wantuch F.(2004): Repülésmeteorológia. Budapest

Kísérlet egy repülőgép-katasztrófa meteorológiai viszonyainak rekonstrukciójára - a Malév HA-MOH repülőgépek balesete

1. BEVEZETÉS

Közismert tény, hogy a repülőgép-katasztrófákat több, egymás után bekövetkező - a baleset irányába ható - történés okozza. A baleseti kivizsgálók jelentésükben - amennyiben lehetőségük van rá - meg is nevezik ezeket a történéseket. Számos esetben azonban nem sikerül egyértelműen megnevezni a katasztrófa kiváltó okát (okait), csak hipotézisek maradnak a kivizsgáló bizottság jelentésében. Ebbe a körbe tartozik a Malév HA-MOH lajstromjelű (Helén becenévre hallgató), IL-18V típusú repülőgépek ferihegyi balesete is, mely 1975. január 15-én történt.

Munkánkban kísérletet teszünk az MA-801/A járat utolsó útjának **meteorológiai viszonyainak** bemutatására a berlini felszállástól a ferihegyi katasztrófaig. Tesszük ezt azért, mert a baleseti kivizsgálók által készített jegyzőkönyvben fellelhető információk értékelése után jó okunk van feltételezni, hogy a katasztrófa egyik alapvető tényezője a rendkívül gyorsan változó (romló) **időjárási helyzet** volt. Dolgozatunkban a MS Flight Simulator X program segítségével vizuálisan is be fogjuk mutatni a repülés végső fázisában tapasztalható környezetet, ahogyan a személyzet több mint 34 évvel ezelőtt láthatta azt. A repülés meteorológiai viszonyainak rekonstrukciójához az alábbi adatokat, információkat és forrásokat használtuk fel:

- a katasztrófa kivizsgálásakor készült jegyzőkönyvet, a benne foglalt részletes meteorológiai adatokkal (METAR-ok, TAF-ok az útvonal által érintett repülőterekre vonatkozóan) [1],
- az OMSZ meteorológiai napijelentéseinek és SYNOP táviratainak adatait [2],
- az ECMWF ERA-40 reanalízis mezőinek adatait [3] és
- a MS Flight Simulator X programot.

Szeretnénk leszögezni, hogy célunk nem a személyzet vagy bárki más felelősségének taglalása, megállapítása, hanem sokkal inkább a tények bemutatása és elemzése, hogy a jövőben a repülés még biztonságosabb legyen!

2. A HA-MOH utolsó repülésének általános leírása

A Malév 801/A járata 9 fős személyzettel, utasok nélkül indult Berlin Schönefeld (ETBS) repülőtérrel Budapest Ferihegyre (LHBP) 1975. január 15-én 15.50 LT-kor. A repülőgép a szovjet gyártmányú IL-18V volt, amely akkoriban a Malév légiflottájának egyik alaptípusa (*1.ábra*).



1.ábra

A Malév HA-MOH lajstromjelű IL-18V repülőgépe a stockholmi repülőtéren

A járat az utat az NDK, Csehszlovákia és Magyarország légtereiben tette meg, pontosan a Berlin-Fürstenwalde-Beeskow-Boxberg-Hermsdorf-Prága-Benesov-Polna-Brno-Nyitra-Párkány-Tápióság-Budapest útvonalat repülve. Az utazó magasság 7600 méter volt. A gép a jelzett útvonalat egészen a ferihegyi megközelítésig minden probléma nélkül tette meg, semmilyen rendkívüli esemény nem történt. A járat ILS eljárással és radar bevezetéssel repült a 31-es leszállópálya felé és a leszállási fázis megszakítása közben a pálya előtt a földnek ütközött és felrobbant. Sajnos a szerencsétlenséget senki nem élte túl. A katasztrófa feltételezett időpontja: 17.21.53 LT.

3. Az időjárás alakulása a repülési útvonalon és Ferihegyen

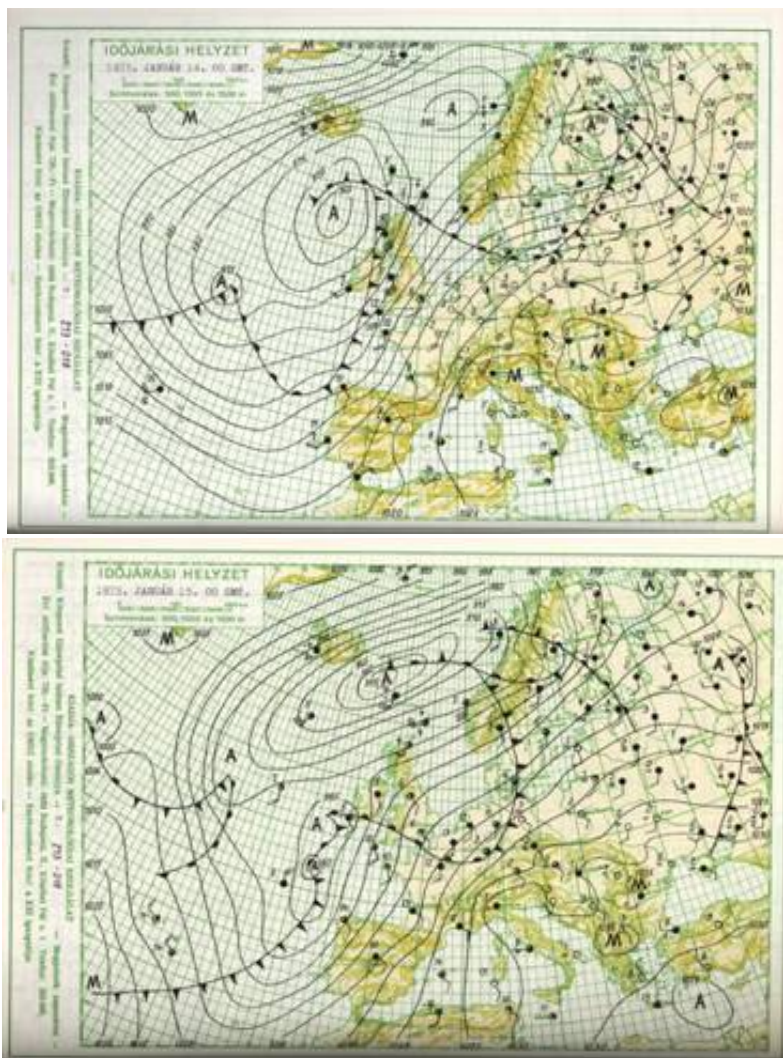
Bár a járat már két napja vesztegelt Schönefeld repülőtérén a budapesti rossz idő miatt, a berlini indulás előtt úgy tűnt, hogy Ferihegyen **javul a meteorológiai helyzet**. Ezt alátámasztotta a budapesti TAF előrejelzés (érvényes 14.00 LT-23.00 LT) is, mely szerint gyenge szél (3 m/s) 100 fokról, 900 méter látástávolság és 60 méteren teljes borultság várható, de 14.00 LT és 16.00 LT között, a látástávolság 1200 méterre nő és a felhőzet teljes borultságban felemelkedik 90 méterre. Sőt, az előrejelzés szerint, 20% valószínűséggel, felhőtlen éggel és 4000 méteres látással találkozhatnak a repülőtéren a jelzett időszakban. A berlini időjárással semmi probléma nem volt, ahogy azt az indulási adatokból tudjuk: 180 fokról 5 m/s-os szél, 7000 méteres horizontális látás, 3 okta Ac 3900 méteren és 5 okta Ci felhőzet 7800 méter magasban és további javulást vártak a látástávolságban.

Azonban, a személyzet felszállás előtt közvetlenül rádión a **budapesti időjárás romlásáról** kapott tájékoztatást, mely szerint Ferihegyen gyenge szél mellett a látás 700 méter, az RVR 1700 méter és a 8 okta St felhőzet 40 méter magasan észlelhető. Tekintve, hogy a prágai és különösen a debreceni kitérő repülőtereken a meteorológiai helyzet lényegesen jobb volt, elindultak hazafelé. Meg kell említeni, hogy az IL-18V repülőgép időjárási minimuma 1000 méteres látástávolság és 90 méteres felhőalap volt akkoriban.

Az útvonalon nem volt ugyan probléma a meteorológiai viszonyokkal sem, de cseh szlovák légtérben 16.07 LT-kor a személyzetet a **ferihegyi időjárási helyzet további romlásáról** tájékoztatták: a látás 500, az RVR 1000 méterre csökkent, a korábbi nyitott köd bezárult és csak függőleges látást lehetett megállapítani, melynek értéke 30 méter volt! 16.45 LT-kor a MA 801/A járaton szolgálatot teljesítőek megkapták a budapesti 16.30 LT-kor mért adatokat, melyek szerint a horizontális látástávolságot már 300, az RVR-t (erősen ingadozva) 1700 méterre, a függőleges látást, pedig 30 méterre észlelték! Ugyanekkor Debrecenben a látástávolság 6000 méter és 220 fokról 1 m/s-os szél fúj, ami nagyságrendekkel kedvezőbb időjárás a budapestinél. Ezen adatok birtokában a személyzet tovább repült Ferihegy felé azzal a meggondolással, hogy ha nem tudnak leszállni ott, akkor Debrecenbe mennek.

17.06 LT-kor kapják az utolsó teljes METAR táviratot Budapest Approach-tól, melyben a **horizontális látás továbbra is 300, az RVR 1500, a függőleges látás 30 méter, szél 70 fokról 2 m/s**. Az utolsó meteorológiai adat, amit a személyzet kapott 17.20.35 LT-kor érkezett és 1500 méteres RVR-ról tájékoztattott, mintegy másfél perccel a katasztrófa előtt.

4. Az időjárási helyzet elemzése

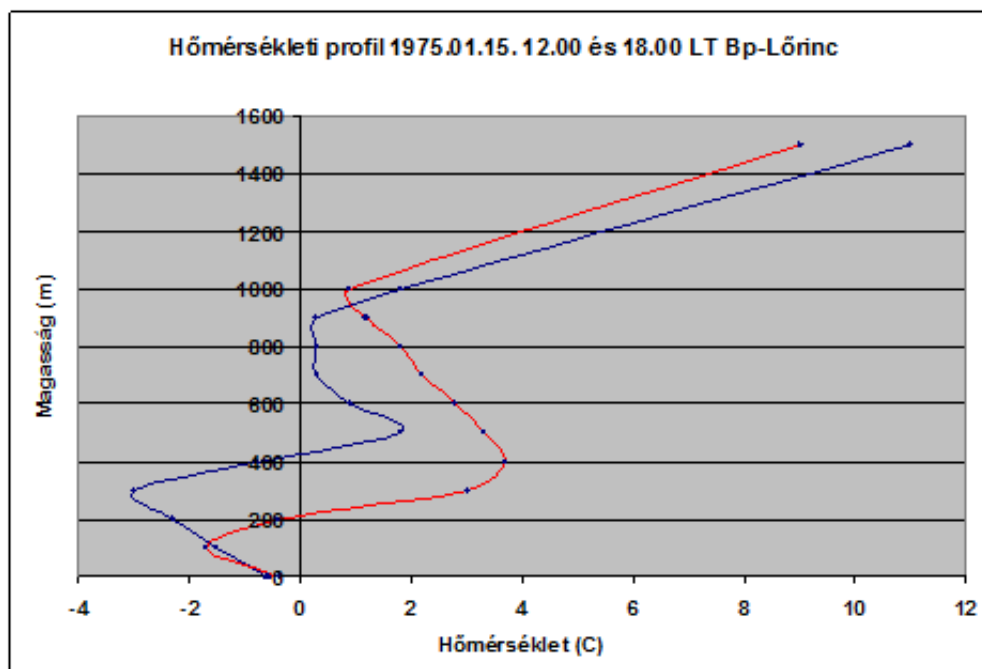


2. ábra

A szinoptikus helyzet alakulása a katasztrófa előtti napon (1975. január 14., felső kép) és a katasztrófa napján (1975. január 15., alsó kép) 00 GMT-kor.

A szinoptikus meteorológiai helyzetet Európában az adott (és az azt megelőző) napon, az **izlandi ciklon** előoldalán történő, rendezett nagytérségű enyhe légtömegeket mozgató feláramlás, valamint a Balkán-félsziget felett uralomra jutott, alapvetően leáramlást generáló **anticiklon** határozta meg (2. ábra). Közép-Európában (így hazánkban is) az időjárást alapvetően az anticiklon alakította, melynek hatására gyenge légmozgás és erős kisugárzás volt megfigyelhető, ami rendkívül kedvezett szinte az egész Kárpát-medencében a **talajközeli kisugárzási ködök** kialakulásának.

Ugyanakkor, a magasabb régiókban erőteljes **meleg advekció zajlott** a nap folyamán, aminek eredményeképpen a 12.00 LT-kor Budapest-Lőrincen felbocsátott rádiószonda 1100-1500 méter között egy rendkívül erős (több mint 10 °C-os!) **inverziót** észlelt! Az anticiklonális helyzetnek köszönhetően, volt egy másik inverzió is, mely a talaj felett kb. 300 métertől mintegy 500 méterig volt észlelhető (3. ábra). Az alsó 450 méteren a réteg hőmérséklete negatív tartományban volt, ráadásul 100%-os relatív nedvesség mellett, melyben adva voltak az erős **felületi és hajtómű jegesedés** feltételei.

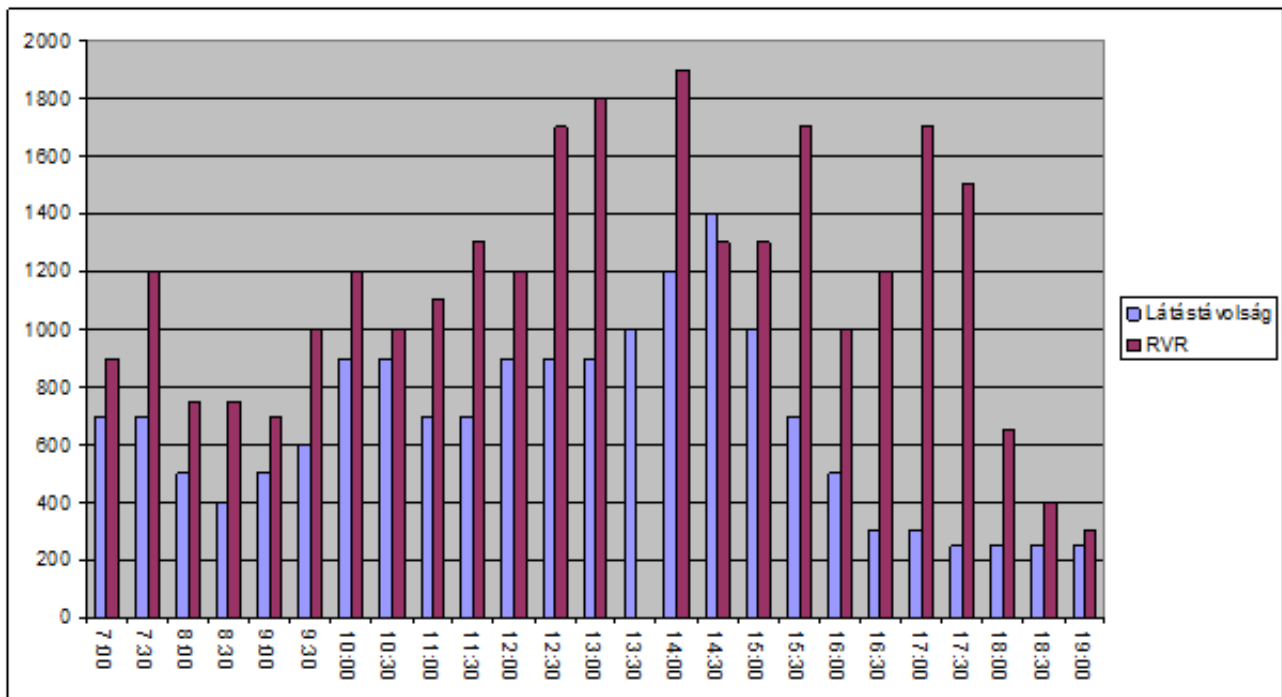


3. ábra

A hőmérsékleti profil alakulása Budapest-Lőrincen 1975. január 15-én 12.00 LT-kor (kék görbe) és 18.00 LT-kor (piros görbe)

A 18.00 LT-kor felbocsátott szonda mérési eredményét megvizsgálva elmondhatjuk, hogy a katasztrófát megelőzően - az alsó 300 métert kivéve - az erős meleg advekció a **pozitív hőmérsékleti tartományba** toltta el a felszállási görbét (3. ábra). Fontos megállapítani, hogy az alsó 800-1000 méteren telített volt a levegő, felette viszont kiszáradás zajlott. Ebből adódóan a talaj felett kis magasságban napközben alacsony felhőalappal rendelkező **stratus (St) réteg alakult ki**, majd a naplemente közeledtével teljesen lesüllyedt a talajig. A stratus teteje kb. 500 méter magasan volt és az alsó 250-300 méteres szintben egész nap 0°C alatt maradt a hőmérséklet.

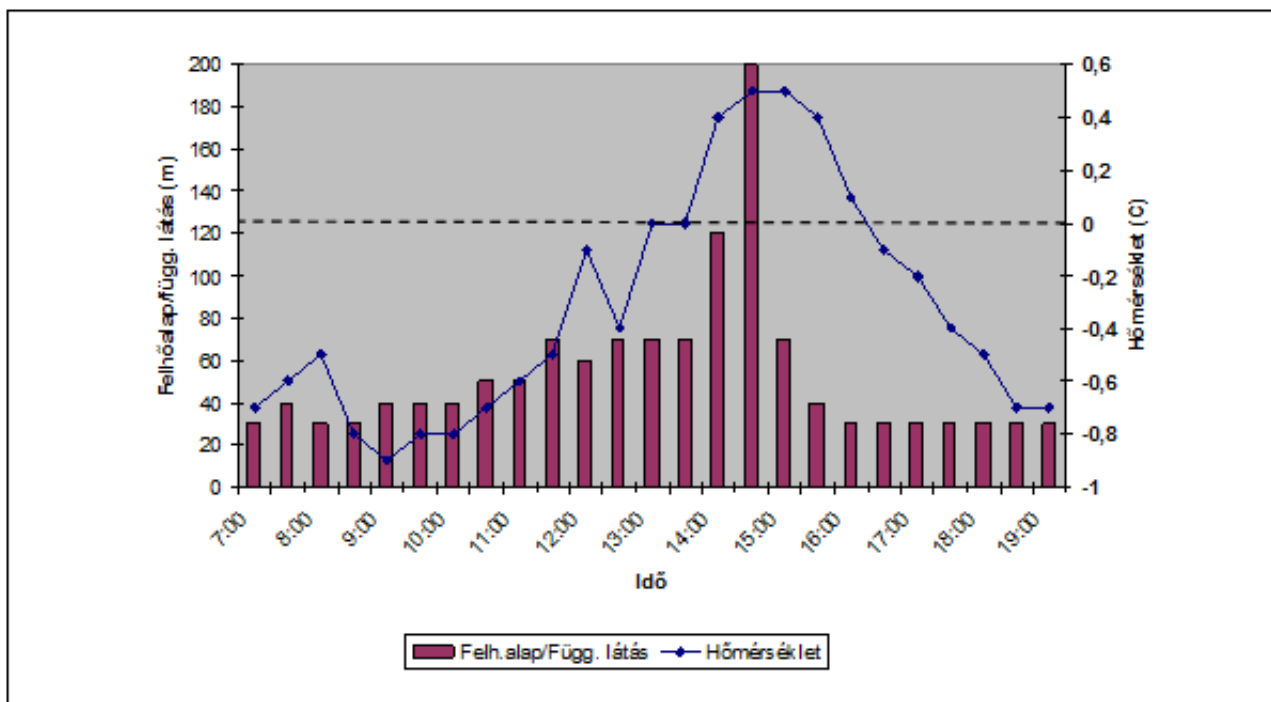
Jóllehet, az adott napon az ország D-DK-i területein az enyhe levegő áramlása miatt a felszín közeli régiókban is megszűnt a köd (pl. Debrecenben is CAVOK időjárás volt a délutáni órákban), Ferihegy - az Alföld felől lassan emelkedő domborzat hatása és a városi tagolt felszín geometriája miatt - egész nap megmaradt ködben [4]. A nap folyamán **ingadozó látástávolság** és felhőalap értékek arra engednek következtetni, hogy a repülőtér **a ködös terület határához közel** helyezkedett el és a D-DK felől érkező melegebb és nedvesebb légtömeg keveredett az ottani hidegebb levegővel. Az átkeveredés tovább erősítette a ködöt, amit igazol az a tény is, hogy Ferihegyen a nap során a legmagasabb horizontális látástávolság érték mindössze 1400, az RVR pedig 1700 méter volt (3. ábra). Az is világosan látható - amint ezt korábban már jeleztük - hogy a fentebb említett okok miatt 14.30 LT-tól kezdve, a horizontális látás gyorsan csökkent 1400 méterről 300 méterre (2 óra alatt 1100 métert)! A látástávolság és az RVR értékek ingadozása a levegő keveredéséből, mozgásából adódó, rendkívül **inhomogén eloszlású** lebegő vízcseppeknek köszönhető. A horizontális látás és az RVR értékek közötti különbség, pedig az intenzív pályafények megvilágító hatásából és az észlelések eltérő helyéből, környezetéből fakad.



3. ábra

A horizontális látástávolság és a pályamenti látástávolság (RVR) alakulása Ferihegyen 1975. január 15-én 07.00 LT- 19.00 LT-ig.

A meteorológiai állapotjelzők közül a **felhőalap** magasságának és a **hőmérsékletnek** a napi menetét láthatjuk a 4. ábrán. A felhőzet alapja egész nap rendkívül alacsonyan helyezkedett el, de 13.30 LT és 14.30 LT között hirtelen magasabbra emelkedett (egészen 200 méterig, bár foszlányok maradtak ekkor is 120 méteren), majd ugyanolyan gyorsan vissza is csökkent! A hőmérséklet napi menete is ebben az időben mutatta a maximumot (+0,5 °C), de nagyrészt **fagypont alatti** értékeket mértek. Az átkeveredés és az alsó, mintegy 300 méteres rétegben tapasztalható negatív hőmérsékleti érték miatt ebben a légrétegben, a katasztrófa időpontjában relatíve nagy mennyiségben lehetnek **túlhűlt vízcseppek** (SLD, Supercooled Large Droplet), ami a jegesedés szempontjából rendkívül veszélyes faktor! Fontos azonban megjegyeznünk, hogy az adott magasságban kialakult stratus (St) felhőzet rendkívül éles határvonallal jelenik meg a felhőtetőnél, ami azt jelenti, hogy a **folyékony** - esetünkben nagyrészt túlhűlt - **víztartalom** (LWC, Liquid Water Content) a felhőbe való berepüléskor hirtelen megnő! Ez a meteorológiai feltétel a hajtóműre akár több fokkal a fagypont feletti hőmérséklet esetén is rendkívül veszélyes. Ugyanakkor, 0 C alatt a felületi, szerkezeti jegesedést is magában hordozza [5]. Sajnálatos módon, hasonló ködös időjárási körülmények szenvedett katasztrófát egy MD-500-as helikopter, szintén Ferihegy közvetlen közelében 1994. november 22-én. Ennél az esetről egyértelműen kijelenthetjük, hogy a katasztrófa alapvető oka a nem várt, rendkívül gyors **hajtómű-eljegesedés** okozta teljesítmény-csökkenés volt. A ködbe való besüllyedés után az ott lebegő 10-15 µm átmérőjű felhőelemek (vízcseppek) nagy száma miatt robbanásszerűen megkezdődött a jég kiválása a hajtómű oldalán [4].



4. ábra

A felhőalap/függőleges látás és a hőmérséklet alakulása Ferihegyen 1975. január 15-én 07.00 LT-19.00 LT-ig.

(A szaggatott vonal a 0 °C-os hőmérsékletet jelzi.)

5. Az időjárási körülmények hatása a repülés utolsó fázisára

A repülési útvonal meteorológiai szempontból csak a ferihegyi megközelítéskor kezdett problémássá válni. Korábban, a gép utazómagasságon (7600 méter) mintegy -33 °C és -38 °C közötti hőmérsékleti tartományban haladt (kb. 70-75 percig volt a gép ezen az alacsony hőmérsékleten), de más említésre méltó időjárási körülmény nem állt fenn. A magassági előrejelzésekből kiolvasható, hogy Budapest térségére a 0 °C-os izoterma magassága 3000 méter körül volt, köszönhetően a már korábban említett **magassági meleg advekciónak** (1. táblázat).

Repülőtér	Magasság (m)	Hőmérs. (C)	Szélirány (fok)	Széleseb. (km/h)
LKPR	3000	-1	240	80
	5500	-19	240	90
	7000	-32	240	110
LHBP	3000	0	VRB	25
	5500	-19	VRB	30
	7000	-32	260	50

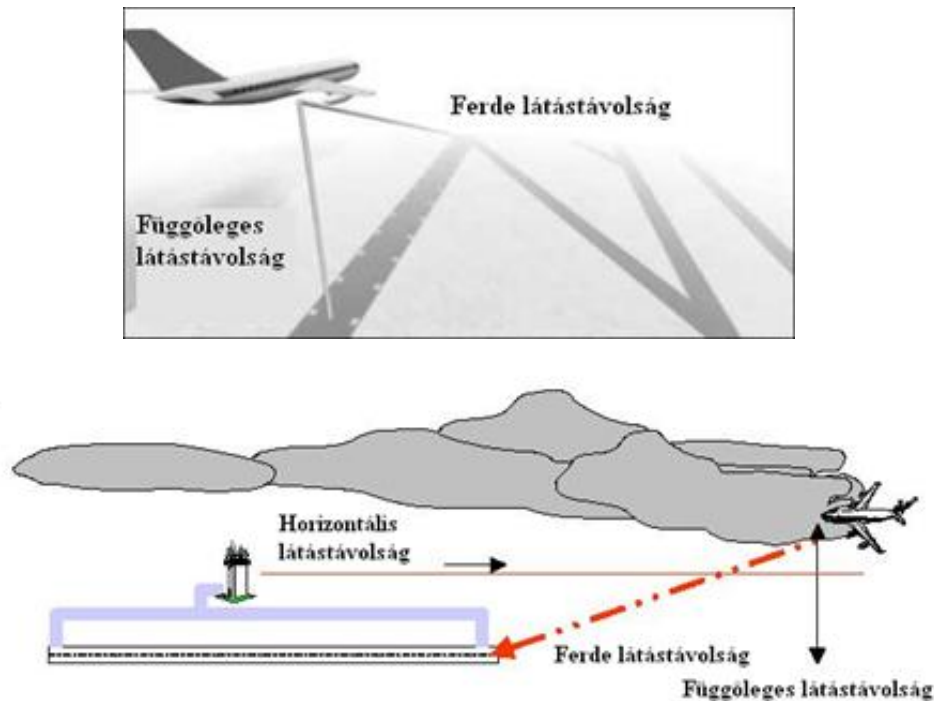
1. táblázat

Magassági hőmérséklet és szélelőrejelzés a katasztrófa napjára LKPR (Prága, Ruzyne) és LHBP (Budapest, Ferihegy) repülőterekre. Érvényesség: 12 GMT - 21 GMT.

Tény, hogy a repülőgép a katasztrófa pillanatát megelőzően csak kevesebb, mint 15 perccel került pozitív hőmérsékletű tartományba, valamint útjának utolsó 6-8 percében ismét fagypont körüli vagy az alatti rétegben repült. Az ismert meteorológiai helyzet és repülési útvonal alapján feltételezhető, hogy a gépen **jegesedési folyamat** zajlott, melynek intenzitása kezdetben alacsony lehetett (esetleg a személyzet nem is vette észre, hiszen a napnyugta 16.20 LT-kor megtörtént), de a folyamat felgyorsulhatott a felszín feletti stratus (St) felhőzetbe való besüllyedéskor. Természetesen nem állíthatjuk, hogy a gép szerkezetén nagyon vastag jégréteg rakódott volna le ennyi idő alatt, de tudjuk, hogy bizonyos alkatrészek (antennák, Pitot-csövek, szélvédők, belépő élek stb.) különösen ki vannak téve a jegesedés veszélyének. A gép és az irányítás közötti párbeszédben ugyan nem esik szó a

jegesedésről, vagy arra utaló tényről, de a kritikus utolsó 6-8 percben a folyamat **gyorsan és észrevétlenül** mehetett végbe. Ronthatta a helyzetet, hogy az adott hőmérsékleti tartományban az **átlátszó, tiszta jégbevonat** (clear ice) kialakulásához voltak kedvezőek a feltételek, melynek detektálása a legnehezebb a különböző típusú jégbevonatok közül. Másfelől, ez a jegesedési típus a legveszélyesebb, mert tapadása a felülethez rendkívül erős és nagy felületre kiterjedhet a hatása [6] [7].

Amennyiben az érzékelők jegesedése **valóban megtörtént**, nagy valószínűséggel, a baleset előtti kritikus 0-3 percben a sebességmérő hibás adatot jelzett! (Ennek azért van jelentősége, mert a fedélzeti adatrögzítő szerint, a repülés utolsó percében látszólag indokolatlan (érthetetlen) manőverek történtek és a kivizsgálási jegyzőkönyvben nem találtak rájuk magyarázatot.) A hibás sebességi adat odavezethetett, hogy a gép áteséshez közeli állapotba került a leszállás utolsó fázisában, és a pilótának nem volt már lehetősége ennek korrigálására (sem magassága, sem sebessége nem volt az egyensúly visszaállítására).



5. ábra

A repülésmeteorológiában használt látástávolságok.
Az alsó kép jól illusztrálja a horizontális és ferde látás közötti különbséget pl. alacsony rétegfelhő (stratus) esetén

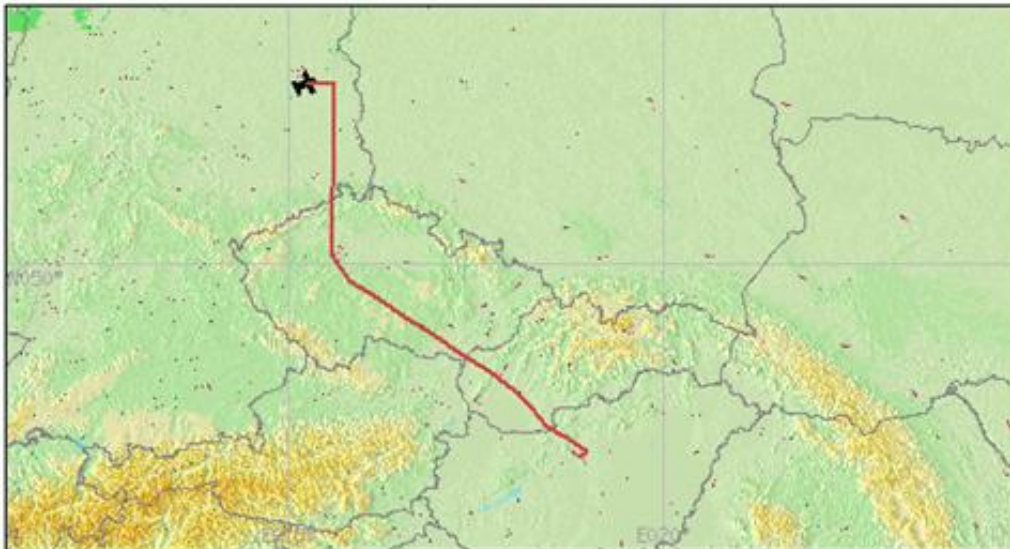
A másik nagyon fontos meteorológiai tényező a **látástávolság és annak időbeli változása**, mely szintén fontos szerepet játszott a katasztrófa bekövetkezésében. A repülésben használatos látástávolság értékek mindegyike lényeges információt hordoz a hajózó személyzet számára. A vizuálisan észlelt **függőleges, vízszintes és ferde látástávolság** (slant visibility) kapcsolata az 5. ábrán látható. (Fontos megjegyeznünk, hogy az IL-18V repülőgéppel a végső megközelítési és leszállási repülési fázist robotpilóta nélkül hajtották végre, azaz a pilóta manuálisan vezette a gépet, figyelve a radarbevezetés adatait és az ILS berendezést. Ilyen körülmények között a személyzet összehangolt munkája alapvetően fontos a repülőgép vezetése közben.) Mivel a repülés utolsó 6-8 percét leszámítva, a horizontális, vertikális és ferde látás rendkívül jó volt a repülőgépből nézve, a meteorológiai feltételek lehetővé tették a VFR repülést. A nem túl vastag felhőzetten keresztül **ferdén vagy függőlegesen** átlátszottak a települések fényei is, ahogyan azt más személyzet jelentette is. Am ahogy elérték a mintegy 450-500 méter magasan kezdődő felhőzetet és belesüllyedtek, a látástávolság egy szemvillanás alatt drasztikusan lecsökkent minden irányban! Innentől kezdve csak a műszerekre és a radarbevezetés információira hagyatkozhattak, azaz tisztán IFR körülmények közé kerültek, a repülés legveszélyesebb fázisában. A vizuális kontaktus a leszállópályával, már nem történhetett meg, hiszen már korábban a földhöz csapódott a repülőgép.

A látástávolság hirtelen lecsökkenése (pl. sűrű felhőzet vagy köd miatt), az egyik legjelentősebb faktor a **térbeli tájékozódás elvesztéséhez** vezető úton. Kimondottan veszélyes helyzetet hordoz magában, ha ez éjszaka (napnyugta után) történik, leszállás közben. A látás elvesztése mellett nagy probléma, hogy **optikai csalódások** is felléphetnek ilyen helyzetben, melyek tovább rontják a korrekt térbeli helymeghatározás esélyét. Nem zárhatjuk ki, hogy a HA-MOH személyzete szintén küzdött ezekkel a problémákkal is.

6. A repülés utolsó fázisának vizuális rekonstrukciója

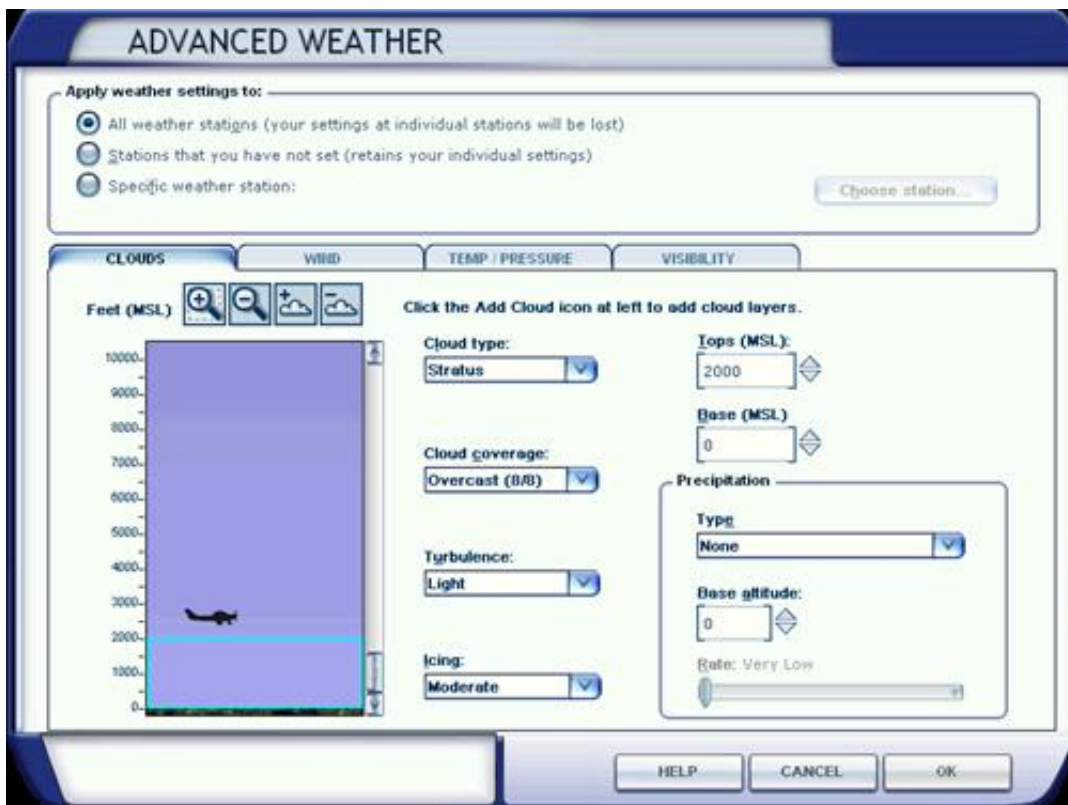
Annak illusztrálására, hogy milyen látási viszonyok uralkodhattak a katasztrófát szenvedett repülőgép

vezetése során, a Microsoft Flight Simulator X szoftver segítségével **rekonstruáltuk a repülési útvonal környezetét**. A szimulátor, melynek rendkívül fejlett vizualizációs (grafikai) és meteorológiai alrendszere van, - véleményünk szerint - alkalmas ilyen jellegű problémák vizsgálatára is. Munkánkban csak a ferihegyi 31-es pályára történő megközelítés során fellépő, jelentős látástávolság-változással járó fázisokat mutatjuk be, mert a részletes elemzést egy későbbi munkánkban végezzük el.



6. ábra
A HA-MOH repülőgép útvonala Berlinből Budapestre,
a MS Flight Simulator útvonaltervező paneljében

A rendelkezésre álló adatok alapján előállítottuk a pontos repülési útvonalat (6. ábra). Ennek mentén - minden olyan pontban, ahonnan volt meteorológiai adatunk - elvégeztük a meteorológiai helyzethez tartozó adatok beállítását (felhőzet, szél, nyomás, hőmérséklet, látástávolság több szintben). A 7. ábrán látható a szimulátor program meteorológiai jellemzőinek beállítási lehetőségeit tartalmazó panel. A meteorológiai adatok hozzárendelése után a konkrét dátum és idő beállítását is elvégeztük, melynek eredményeként a szoftver a csillagászati jellemzőket is beállítja (pl. napnyugta időpontja). Az adatok pontosítása után végigrepülhető az útvonal az adott környezeti körülmények között.



7. ábra

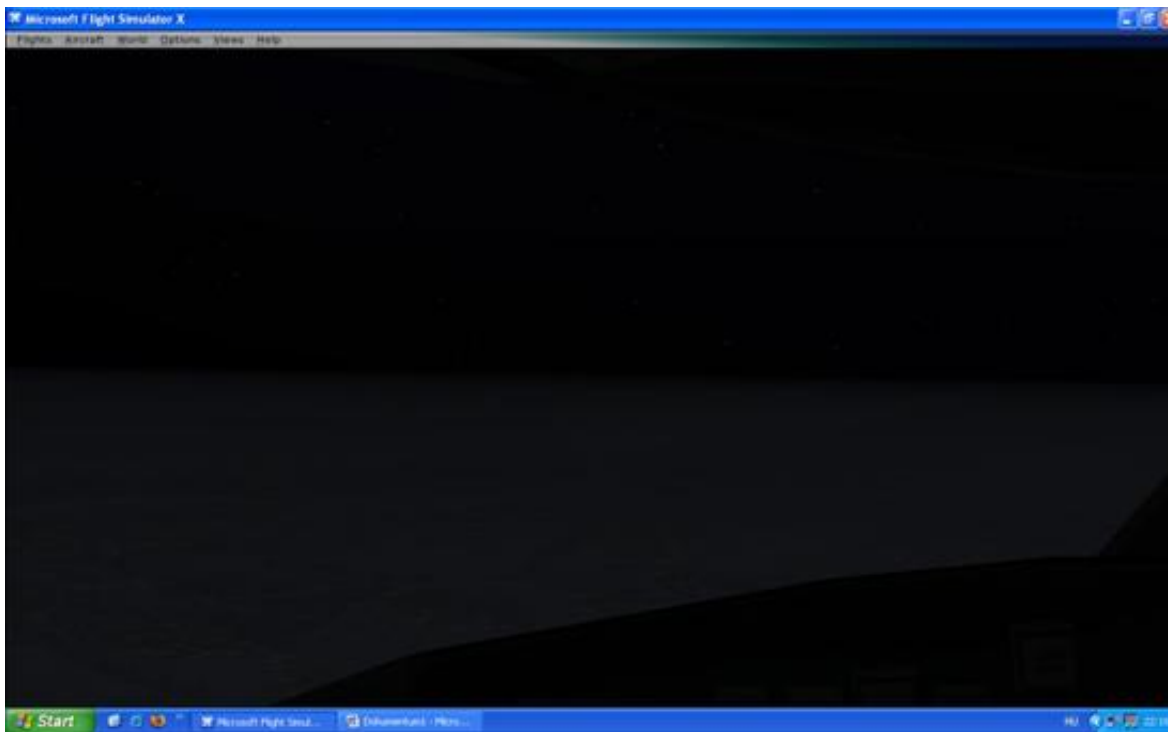
A MS Flight Simulator X szimulátor program meteorológiai adatainak vezérlő panelje

A HA-MOH repülési útvonalának végső megközelítési fázisát vizsgálva, a **személyzet által tapasztalható látástávolság alakulásáról** a következőket tudjuk elmondani:

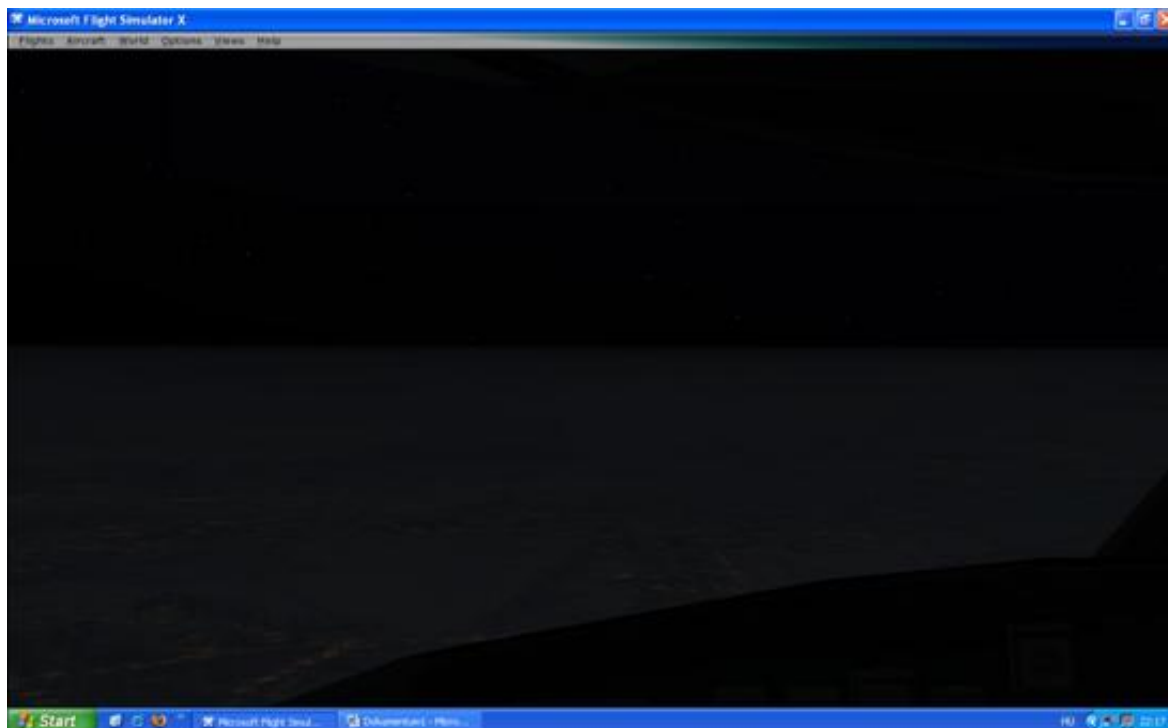
- a személyzet vízszintes és ferde látástávolsága rendkívül nagy a 2000 láb feletti repülési magasság felett. Ahogy a 8. a. ábrán látható, 2300 láb magasságon a települések fényei ferdén

vagy közel vízszintesen átlátszanak a relatíve vékony startus felhőzeten keresztül, ahogy ez tapasztalható is a valóságban.

- A magasság csökkenésével - még a felhőzet felett - a ferde átlátszóság egyre nő, a felhőzet alatti kivilágított objektumok (települések) **jobban láthatóak** (8. b. ábra).
- Ahogy a repülőgép eléri a felhőzet éles határral jellemezhető tetejét a látás minden irányban, **hirtelen elromlik** (9. a. ábra). A homogén szürke-fekete látvány miatt innentől kezdve a személyzetnek már **nem lehetett vizuális kontaktusa** semmilyen tereptárggyal. Tehát az esetleges térbeli tájékozódási zavar innentől kezdve végzetessé válhatott!
- A 9. b. ábrán bemutatjuk, hogy csak kb. 130 láb magasságon láthatták volna meg a pályaküszöb fényeit! A katasztrófa bekövetkeztéig csak műszer szerint repülhettek és - ahogy korábban említettük - nem zárható ki, hogy a műszerek működésével is probléma volt.



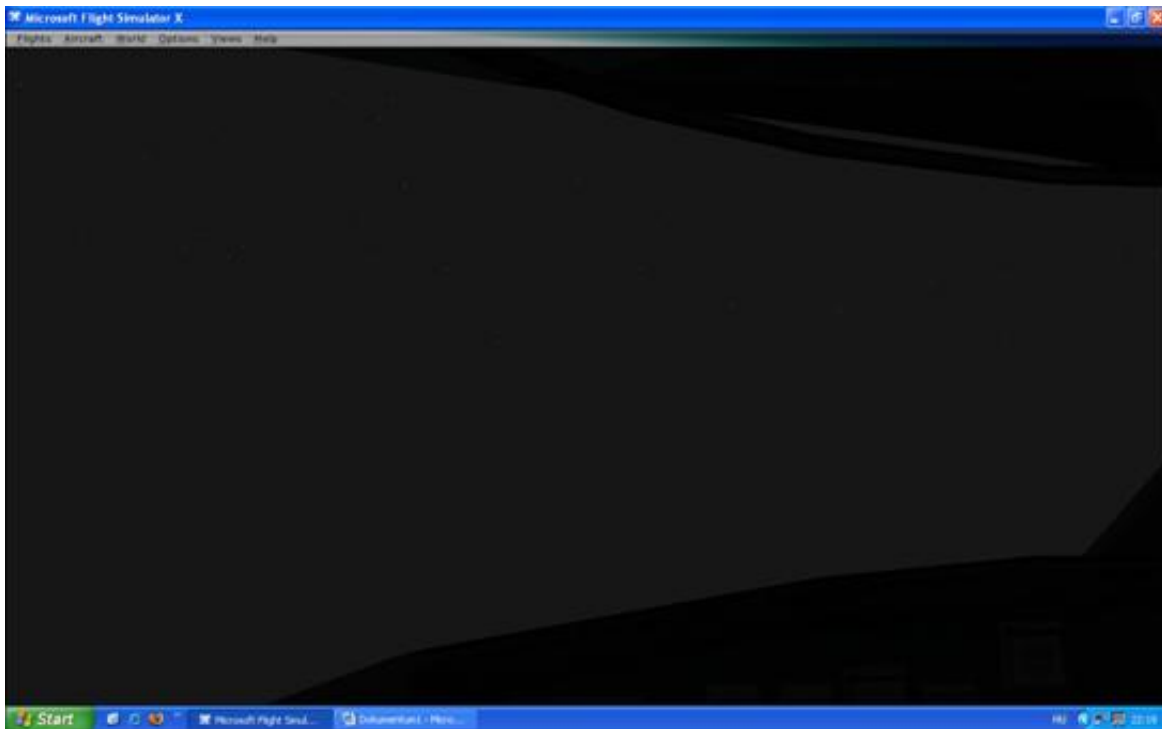
8. a. ábra Magasság 2300 láb



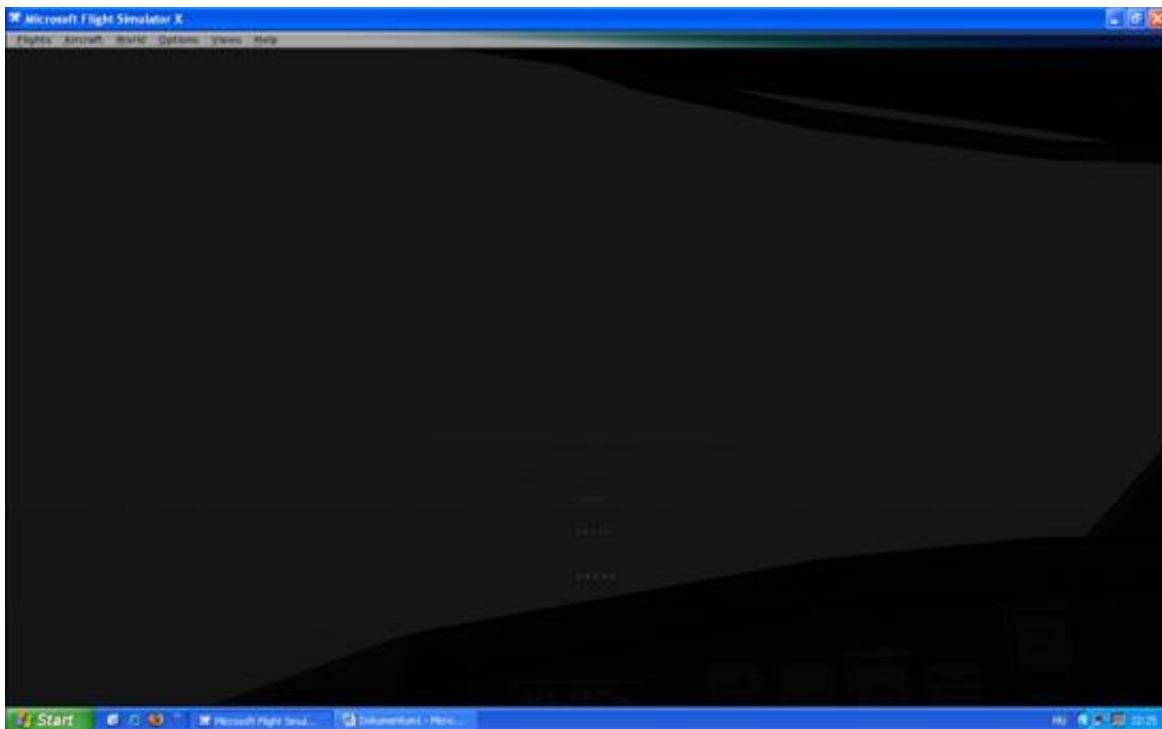
8. b ábra Magasság 2100 láb

8. ábra

A repülés végső megközelítési fázisának vizualizációja a MS Flight Simulator X program segítségével, a felhőbe történő besüllyedés előtt



9. a. ábra Magasság 2000 láb



9. b. ábra Magasság 130 láb

9. ábra

A repülés végső megközelítési fázisának vizualizációja a MS Flight Simulator X program segítségével, a felhőbe történő besüllyedés után és a pályaküszöb észlelésekor.

7. Összefoglalás

Az MA 801/A járat katasztrófájának meteorológiai körülményeit megvizsgálva elmondhatjuk, hogy a nagytérségű (szinoptikus) meteorológiai helyzetből és mezo-léptékű hatásokból fakadóan, Ferihegyen a kora délutáni javulás után **az időjárás jelentős romlása következett be**. A személyzetet a romló meteorológiai körülményekről (még felszállás előtt illetve útközben) értesítették és megkapták a debreceni kiterő repülőtér adatait is. Korábban már említettük, hogy a ferihegyi vízszintes látástávolság a gép berlini indulásától kezdve folyamatosan romlott, az RVR pedig jelentős mértékben ingadozott (3. ábra). Ugyanakkor Debrecenben még 16.30 LT-kor is 6000 méter volt a meteorológiai látástávolság, amikor Ferihegyen már csak 300 méter jelentettek. Ezeknek az adatoknak a birtokában a személyzet mégis a ferihegyi leszállás megkísérlése mellett döntött.

A katasztrófa idején a repülőtér felett egy kb. **450-500 méter vastag stratus felhőzet** volt észlelhető, melyben adva voltak a feltételek a **jegesedéshez**. Ugyanakkor a felhőréteg a magasból ferdén

átlátható volt, de belesüllyedve a **látástávolság rendkívül gyorsan lecsökkent** minden irányban. A felszín közelében a vízszintes látástávolságot csak 30 méternek mérték a kialakult, gomolygó ködben és függőlegesen is csak 30 méterre lehetett látni.

Ilyen körülmények között ILS és radarbevezetés mellett a gép az utolsó mintegy 2-3 percben - első látásra - indokolatlan manővereket végrehajtva, mintegy 1300 méterrel a küszöb előtt a földnek ütközött. Feltételezésünk szerint a katasztrófában jelentős szerepet játszhattak az eljegesedett külső érzékelők hibás adatai (elsősorban hibás sebességi érték), a személyzet térbeli tájékozódásának elvesztése és a gép egyensúlyi helyzetének ezekből fakadó - az adott magasságon korrigálhatatlan - végzetes megbomlása. Ez utóbbi magyarázatot adhat a katasztrófa bekövetkezése előtti mintegy egy percben történt szokatlan manőverekre, melyek a pilóta kétségbeesett erőfeszítései lehettek a gép egyensúlyának visszaállítására.

A látástávolság adott körülmények közötti alakulásának modellezését elvégezve, a MS Flight Simulator X szoftverrel készült képek jól mutatják, hogy mennyire gyors volt a felhőbe süllyedés után a **látástávolság degradációja minden irányban**, ami a térbeli tájékozódás elvesztéséhez vezethetett.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk kifejezni köszönetünket a Nemzeti Közlekedési Hatóság Légiközlekedési Igazgatóság Repülésbiztonsági Osztály munkatársainak - különös tekintettel Gárdus Tibor úrnak - a segítségért, mellyel támogatták munkánkat.

Felhasznált irodalom

- 1]** A MALÉV HA-MOH repülőgépének katasztrófájának jegyzőkönyve. Meteorológiai összefoglaló. 1975. Budapest.
- 2]** Időjárás napijelentés. 1975. január 14-15. Országos Meteorológiai Szolgálat. 1975. Budapest.
- 3]** ERA-40 reanalízis adatbázis. ECMWF. http://data-portal.ecmwf.int/data/d/era40_daily/
- 4]** BOTTYÁN Zs., HÁMORI I., SÁRKÖZI Sz.: A "mozgó sekély köd" jelenség első ismertetése, mint a repülést veszélyeztető elem - egy helikopter-katasztrófa elemzése. **Repüléstudományi közlemények**, 29, (2000), 239-248.
- 5]** COOPER W. A., SAND W. R., POLITOVICH M. K. and VEAL D. L.: Effects of Icing on Performance of a Research Airplane. **J. Aircraft**, 21, (1984), 708-715.
- 6]** SÁNDOR V. és WANTUCH F. : Repülésmeteorológia. **Tankönyv**. OMSZ, 2004.
- 7]** BRAGG M. B. : Effect of Geometry on Airfoil Icing Characteristics. **J.Aircraft**, 21, (1984), 505-511.

Vissza a tartalomhoz >>>



Bozóki János okleveles mérnök ezredes*

A MAGYAR KÖZTÁRSASÁG HATÁRAIN KÍVÜLI VÁLSÁGREAGÁLÓ ÉS BÉKETÁMOGATÓ MŰVELETEKBEN ALKALMAZOTT LÉGIJÁRMŰVEK HARCTÉRI SÉRÜLÉSES JAVÍTÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Amióta a katonai repülés létezik a légierők mögött két világháború és számos háború konfliktusai állnak. Sok repülőeszköz elpusztult, vagy megrongálódott a harcok alatt. Ezek közül rengeteget megjavítottak, hogy ismét hadrafoghatóvá váljanak.

A téma aktualitása és időszerűsége vitathatatlan. Egyrészt azért mert a kétpólusú világrendszer összeomlásával, a terrorizmus elleni harc megjelenésével merőben új feladatokban vesznek részt légi járműveink, mint néhány évvel ezelőtt.

Korunk nemzetközi biztonságpolitikai változásaival összhangban a magyar fegyveres erők is folyamatos változáson mentek keresztül. A Magyar Honvédség tömeghadsereg jellege átalakult egy modern azonnal bevethető haderővé. Mint köztudott a 90-es évekig a haderők nagysága, technikai fejlesztése hatalmas méreteket öltött. Mindkét fél a totális háborúra készült, így a mérnök-műszaki tevékenység is ezt az irányvonalat követte.

Korunk megváltozott biztonsági környezetben a katonai szembenállást és a háborúkat korábban jellemező lineáris gondolkodásmód és a veszteségokozásra épülő katonai tervezés egyre kevésbé adekvát a mind bonyolultabbá váló nemzetközi környezet leírására. A szimmetriát felváltotta az aszimmetria, mely utóbbi a társadalom globalizálódásával párhuzamosan az egész világra kiterjedt. A változás folyamatában döntő momentumot jelentett az Amerikai Egyesült Államok ellen 2001. szeptember 11-én végrehajtott terrorista támadás, amely végérvényesen lezárta a lineáris gondolkodásmód korszakát és valószínűleg hosszú időre átfőrtálmálta a nemzet államoknak a katonai erő szervezéséről korábban alkotott elképzelését.

Az új biztonsági környezet jellemzője, hogy a növekvő számban előforduló konfliktusok általában nem záródnak le a katonai tevékenységek befejezésével, hanem a folyamat részévé vált a társadalom összes rendszereit átfogó stabilizáció is, következésképpen a tevékenység több dimenzióssá formálódott, s a katonai erőfeszítések a különböző kölcsönhatásokon alapuló egyetemes rendszer részeivé váltak, amelyben az állami és nem kormányzati szereplők, egyének és csoportok, valamint különböző szociális résztvevők tevékenykednek.

* MH Légi jármű Javítóüzem parancsnoka

A megváltozott környezetben a haderők által végrehajtandó feladatok is átalakultak, s ma a fegyveres erőknek olyan ellenfelekkel szemben kell felvenniük a harcot, melyek települési körzete földrajzilag nem behatárolható, szabadon, minden korlátozás nélkül mozognak nemcsak egy adott országon belül, de az államhatárokon keresztül is. A klasszikus frontvonalak eltűntek, és a siker értékelésére korábban alkalmazott mérték, a megvédett vagy meghódított terület nagysága, értelmét veszítette, s következésképpen a hagyományos katonai fölényen alapuló koncepció, stratégiai és hadműveleti elgondolás is elavult. Olyan tényezők váltak dominánssá, mint az ellenségnek a hagyományos harc megvívására való szándéka, vagy azok a körülmények, amelyek lehetővé tették részére az aszimmetrikus hadviselés eszköztárának hatékony alkalmazását.

Amikor a terrorizmus elleni küzdelemről beszélünk, akkor olyan ellenséggel állunk szemben, akinek nincs repülőgépe, páncélozott harcjárműve és lehetne sorolni, hogy mi mindennel nem rendelkezik, viszont van kézfegyvere, improvizált robbanóeszköze és mérhetetlen, fanatikus elszántsága. Vagyis minden ellent mond a klasszikus hadviselésnek, melyre légijárműveinket az elmúlt évtizedekben tervezték és alkalmazták. A megváltozott körülmények az aszimmetrikus hadviselés időszakában és új kihívások ellenére pontosan tudnunk kell, hogy a légijárműveinken keletkezett sérülések után mi a teendők. Lehetőleg olyan mélységben, amint azt a korábbi tapasztalatok, a gyártók útmutatásai, és a mai tudományos kutatási eredmények alapján lehetséges.

Egy sérült géppel kapcsolatos hatékony mérnök-műszaki tevékenység az előrelátást, előkészítést a gép ideiglenes majd végleges javítását illetően nem egyszintű. Tartalmaz feladatokat az alegység parancsnoktól a legfelső parancsnoki szintig.

Miután a Magyar Honvédség aktív résztvevője a NATO¹ műveleteknek (Boszniában, Koszovóban, Afganisztánban és Irakban, továbbá az NRF² műveletek), ezért mindenképpen meg kell vizsgálni milyen feladatokat, hajtanak végre légijárműveink és a Magyar Köztársaság felajánlásainak figyelembevételével milyen alkalmazásokban, vesznek részt a közeljövőben.

A téma szempontjából meghatározó jelentőséggel bír a NATO FP 2000 haderő fejlesztési célok közül az EA 4262 jelű feladat a „repülőgépek harci sérüléseinek javítása”(Aircraft Battle Damage Repair³, ABDR) elméletének kidolgozása.

A Magyar Honvédség légijárművei több évtizede hajtanak végre nemzetközi feladatokat határainkon túl. Külföldi éles lövészetek, nemzetközi gyakorlatok, PFP⁴ feladatok, harcászati légi szállítási feladatok. A fent említett nemzetközi feladatok során előforduló „események”, a légijárművek sérüléseinek javítási tapasztalatai eddig nem kerültek kutatásra. A tapasztalatok feldolgozása figyelembe véve a kialakult nemzetközi trendeket is, elősegítheti a kijelölt alegységek a végrehajtásra kerülő feladatnak legjobban megfelelő és optimális mennyiségű technikai eszközzel történő ellátását és felkészítését a jövőben. A NATO felajánlás keretében békefenntartó, béketámogató

¹ NATO = Észak-atlanti Szerződés Szervezete

² NRF = NATO Response Force = NATO Reagáló Erő

³ (ABDR) = Aircraft Battle Damage Repair = repülőgépek harci sérüléseinek javítása

⁴ (PFP) = Partnership of Peace = Partnerség a békéért

műveletekben is részt vehetnek hadműveleti területen, ezen feladatok hatékony végrehajtásához elengedhetetlen a felkészülés a sérülések hatékony, gyors magas színvonalon történő javítására.

A HARCÍ SÉRÜLÉSEK JAVÍTÁSÁNAK REPÜLŐ MÉRNÖK MŰSZAKI FELADATAI

1. Repülőgép szerkezeti kialakítása

Ahhoz hogy a légi járművek sérülések javítását sikeresen végre lehessen hajtani előrelátásra, hatékonyságra és komoly előkészítő munkára van szükség. Ha egy gépet találat ér illetve valamilyen sérülést szenved (madárral ütközik, durva leszállást hajt végre) akkor fogalmazhatok úgy, hogy megszűnt a „szerkezeti integritása”. Vizsgáljuk meg melyek azok a tényezők, amelyek meghatározzák a „szerkezeti integritás” megszűnése vagy csökkenés szempontjából. Ha ez a találatot egy rakéta okozta, illetve a sérülés katasztrófával végződik, tehát a repülőgép megsemmisül akkor természetesen nem sok eredménye, van annak a gondolkodásmódnak, amit ebben a fejezetben ki akarok fejteni.

1.1. Tervezési sajátosságok

Az eddigi statisztikák szerint arra lehet számítani, hogy a harci repülőgépek sérüléseinél a golyó által a gépen okozott szerkezeti rongálódás maximuma 10 %. A törekvés, hogy a szerkezet tervezésénél figyelembe vegyenek egy ilyen rongálódási mértéket nem járható út, mert csökkenti a gép repülési teljesítményeit (nehéz gépet eredményezne). A tervezési megoldás tehát kétirányú a rongálódások szempontjából:

- szerkezeti integritás olyan mértéke, amely mellett adott külsőbehatás minimális szerkezeti feszültség növekedéséhez vezet;
- az üzemeltetők számára olyan „Sérült repülőgép üzemeltetési kézikönyv” kidolgozása (Battle Damage Manuel)⁵, amelyből a rongálódás mértékétől és jellegétől függő üzemeltetési és javítási teendők kiolvashatók és előírhatók.

Mit tud megengedni egy ilyen kézikönyv egy sérült gépnél a sértetlen gép előírásaihoz képest? Természetesen a tervezési tartalékokat éli fel.

Egy ilyen kézikönyvből az üzemeltető mérnök meghatározhatja és elfogadhatja, hogy változó harci körülmények között mi a gépen a rongálódás mértékének felső határa. Ismert azonban, hogy az egyes szerkezeti részekben belül az azonos rongálódás (pl. egy 12,7-es lövedék) nagyon különböző feszültség szintekhez vezet.

Természetesen a szerkezetben van tartalék. Ennek nagysága a szerkezet, a repülőgéptípus függvénye. Sérülések javításához ezek nagyságának előzetes ismerete elengedhetetlen. [1]

⁵ Battle Damage Manuel = Sérült repülőgép üzemeltetési kézikönyv

1.2. Sebezhetőség, sérülékenység

1.2.1. Sebezhetőség és tervezés

A lényeges kérdés: milyen érzékeny egy repülőgép a sérülésekre, különféle lövedék behatásokra. A kérdés vizsgálata a következő állításokhoz vezethet.

Ha egy gép megsérült vagy találatot kapott, akkor:

- továbbra is teljesen üzemképes;
- csak a feladatot tudja befejezni;
- a feladatot redukálni kell;
- a gép tovább nem repülőképes.

A gyártó cégek sok kísérletet végeztek különféle lőszerrel, különféle gépeken és a gép szerkezetén előidézett különféle találati helyekkel. Ezeket, a tapasztalatokat összegyűjtve, rendszerezve megosztják a repülőeszközt üzemeltetőkkel. Nem egy esetben még reklámozzák is az általuk gyártott technika magas túlélőképességét. [1]

1.2.2. A sérülékenység fejlődési tendenciái

Természetesen a sérülékenységre tehetünk szélsőséges megállapításokat is: ha egy adatbuszt eltalál egy lövedék, az katasztrofálisan csökkenti a repülőképességet. A megállapítás igaz, de így nem vezet sehova, nem ad irányt további vizsgálatokhoz.

Ha e helyett azt állítjuk, ami szintén igaz, hogy a repülőgép rendszerek korszerűsítése következtében pl. a műszerek száma, csökken és a centralizált kijelző tablók, veszik át a szerepüket, akkor részletezhető, hogy egy adott elektronikus góc milyen találati érzékenységet hoz létre egy repülőgépen.

Mint ismeretes folyik egyes légierők gépeinek modernizálása. Ez alatt a még rendszerbe állított, de régebbi géptípusok hadrafoghatóságának, repülőképességének növelését értjük a legkülönbözőbb módszerekkel, illetve üzemeltetési és fenntartási költségek csökkentését. Ezek igen célravezető módszerek:

- tolóerő növelés hajtóműtípus cserével,
- fülke digitális avionikai berendezésekkel való felszerelése;
- légi adatfeldolgozó telepítése;
- szintetikus képalkotó radar, melynek kamerái rossz időben, kevés fénynél is alkalmazhatóak;
- kormányok átépítése „fly by wire”⁶ - rendszere.

A „modernizálásnak” van egy fejlődés történeti háttere: nem döngetjük mostanában a sebesség plafont. A cél a repülő üzemeltetési költségeinek csökkentése illetve kommunikációs és fegyverrendszereinek a modernizálása. Ebbe a képbe nagyon jól beilleszthetők a korábbi típusok, mert

⁶ fly by wire = elektromos kormányrendszer vezérlés

nem alapvetően a sárkányt kell átalakítani. Vagyis modernizálás fél költséggel, negyed idővel, nagyobb mennyiségű repülőgép ismét korszerű repüléstechnikai jellemzőit eredményezi.

A számítások szerint pl. 2014-ig az US. Army 450 darab Chinook (CH-47D) helikopter modernizálását hajtja végre 2010 végéig. Ez már önmagában is célszerűsítene a fenti törekvéseket. De ettől jóval kiterjedtebb ez a folyamat. [2]

Néhány rövid részlet az alábbiakban.

A Mig RSK cég a Mig-29 Fulcrum vadászrepülőgépekbe a Mig-29K haditengerészeti vadászrepülőgépek nagyobb teljesítményű Klimov RD-33 (módosított) hajtóműveit építik a legutóbbi gyártású Fulcrum változatokba. [3]

A modernizált MI-24 PN harci helikopterek melyek a szolgálatban lévő szabvány MI-24 P változathoz kerülnek kialakításra képesek éjszakai támadó feladatok végrehajtására, s magába foglalják a BREO-24 fedélzeti fegyverrendszert. A Zarevo előrelátó infravörös-radar rendszer, valamint a Ramenszkoje RPKB által gyártott új avionikai berendezések is beintegrálásra kerültek. A Strum és Ataka típusú irányított szuperszonikus harckocsi-elhárító rakétákkal, nem irányított rakétákkal, és egy a 23mm-es ikergéppályút tartalmazó konténerrel felszerelve, éjszakai támadás végrehajtására is képes. [4]

Növelik-e ezek az átépítések egy adott repülőgép sérülékenységét bevetésben?

A szakirodalom szerint az átépítések során az egyes rendszerek elemeinek száma (pl. műszerek, vezetékek száma) csökken, de legalábbis nem növekszik. Alapvető azonban az új rendszerek kialakításánál, hogy a mikroelektronika segítségével a rendszerelemek méretei csökkenthetők és így védelmük könnyebben biztosítható. [1]

Ezt az állítást néhány ábrával is illusztrálom.

Az 1. ábra a műszerek nyilvánvaló koncentrációs törekvéseit jelzi, a 2. ábra egyetlen műszeren azonos információ mennyiségét jeleníti meg.



1. ábra. Régi fülke műszerezettség



2. ábra. Új fülke műszerezettség

Természetesen a technika technológiák fejlődése nyomonkövethető de nehezen megvalósítható. A leggazdagabb országok a szuperhatalmak, amelyek hadseregei rendelkeznek a kor színvonalát képviselő eszközökkel. A fejlődési tendenciák azonban érzékelhetőek. Nézzünk erre néhány példát természetesen a teljesség igénye nélkül.

- a.) Az UAV-k (Unmanned Aerial Vehicle)⁷ jelentik a korszerű harctevékenység terén az igazi változást a jövő fegyveres konfliktusaiban. Tulajdonképpen a pilótanélküli repülő a harcrepülőgépek újabb fejlődési szakaszát jelentik. Természetesen a robotrepülőgépek és konstrukcióik jelenleg ismert és használt típusaikkal együtt folyamatos fejlesztésen mennek keresztül, főleg hatótávolságuk, és levegőben tarthatóságuk-fegyverzetük szempontjából. A mai korszerű UAV-k beprogramozásuk után jellemzően teljesen önirányításúak. Képesek önállóan felszállni, feladatot teljesíteni, és leszállás után visszatérni a megadott helyre.

A Boeing cég X-45A jelzésű hadműveleti pilótanélküli harci repülőeszköze (Unmanned Combat Air Vehicle- UCAV)⁸ képes a támadó fegyverzet leoldása után visszatérni a kiinduló bázisra. (3. ábra) [3]

- b.) A Lockheed Martin Aeronautics Co. Bemutatta az üzembentartási hibák földi üzembentartási szervek részére történő közlésének lehetőségét a kereskedelmi Irídium műholdas adatátviteli rendszer felhasználásával. A hibákat mesterségesen állították elő egy F-16 repülőgépen repülés közben. Ezeket elválasztották a repülőgép egyéb adatokat jelentő rendszerétől, és leadásra kerültek a földi üzembentartó személyzet számára az Irídium kommunikációs hálózaton keresztül, amelyet nem korlátoz a VHF/UHF hullámtartományra vonatkozó közvetlen rálátási távolság. A hibákon kívül a rendszer képes jelenteni a tüzelőanyag tartalmat, valamint a fedélzeti fegyverek és a védelmi ellentevékenységeket biztosító fedélzeti berendezések állapotát. A kapott információk alapján a földi üzembentartó személyzet még a repülőgép leszállása előtt áttekinti az üzembentartási

⁷ Unmanned Aerial Vehicle = Pilóta nélküli repülőeszköz

⁸ Unmanned Combat Air Vehicle (UCAV) = Pilóta nélküli harci repülőeszköz

utasításokat, és előkészíti a szükséges szerszámokat, tartalék alkatrészeket és egyéb anyagokat. [5]



3. ábra. Global Hawk

2. Repülőgép szerkezeti kialakítása

A szerkezetek sérülése, a szerkezet működőképességének, szilárdságának vagy egyéb jellemzőjének csökkenésével, romlásával jár. A szerkezet rongálódik.

A sérülékenység tehát adott külső behatás esetén, különféle szerkezetek rongálódási mértékét fejezi ki. Sérülékenyebb szerkezet ugyanazon külső behatásnál nagyobb rongálódás.

2.1 A rongálódás okai

1. Békeidőben véletlenszerű okokból keletkező rongálódások.
 - a.) repülés közben:
 - madárral való ütközés;
 - másik repülőgéppel való ütközés;
 - b.) földi helyzetben:
 - idegen tárgy (kavics, ruhadarab);
 - földi kiszolgáló berendezés;
2. Harci körülmények között a regenerálódás okai főként az alábbiak.
 - a.) repülés közben:
 - lövedék találat a repülőgép valamely részén (külső szerkezeti behatás vagy deformáció);
 - repesztalálat a repülőgép valamely részén;
 - légnyomáshatás egy gépközeli robbanásból;
 - b.) földi helyzetben:
 - légitámadás (közeli robbanás, repesz, rakéta) álló gép ellen;
 - más géprészre ért külső behatástól származó közvetett rongálódás.

2.2. A rongálódás mechanizmusa

Egy szerkezeten lövedék találat esetén különféle károsodások lehetségesek. Jellegzetes esetek:

- lövedék behatol és perforál szerkezeti részeket;
- héjban vagy annak felületén a robbanástól lökéshullám hatások lépnek fel;
- belső nyomásnövekedés lép fel a szerkezetben;
- repesz behatolás és perforáció;
- hidraulikus lökés (tartályban találat), stb.

Ezeket a hatásokat valóságos és modell kísérletekkel vizsgálják. A valóságos kísérletekből a szerkezeti kialakítása függvényében statisztikus-következtetések vonhatók le a károsodás mértékére.

A további teendőkre nézve két változat kínálkozik:

- a.) szerkezet csökkent szilárdságát megmérni,
- b.) szerkezeti szilárdság csökkenését számítással ellenőrizni,
- c.) összehasonlító méréseket végezni (egy eredeti és a sérült szerkezeti elemeken).

Az „a” változat pontos de teljesen egyedi eredményekhez vezet. A „b” és „c” eset bármilyen szerkezetre és bármilyen károsodás mellett eredményhez vezet. Ez utóbbi tehát, a számítási modellek. A lövedék fajtájától függően, a találati feltételezésekkel egy olyan tervezési szilárdsági modell kiegészítői, amelyben a számított szerkezet tulajdonságai (merevség, kihajlás, feszültségek, stb.) már a tervezési számításokból rendelkezésre állnak, így a károsodás által csökkent szilárdság is meghatározható, ha a rongálódás kiterjedésének értékeit a modellbe bevisszük.

Mindhárom módszer igen komoly szakmai felkészültséget igényel és természetesen a gyártó által rendelkezésre bocsátott műszaki adatok elengedhetetlenek. (pl: anyag szilárdság)

2.3. A rongálódás jellege

Legyen a rongálódás egy 12,7 lövedéktől. Kézenfekvő, hogy a rongálódás jellege egészen más, ha a lövedék a törzshéjt, a kormányrudazatot, egy hidraulikus rendszer vezetékét vagy egy elektromos kábelt ér.

A jelleg tehát véletlenszerű okoktól függ (érheti ezt is, azt is). A gép típusától, a rongálódás okaitól és egyéb tényezőktől függően valószínűsíthető, hogy milyen szerkezeti részek, rendszer elemek rongálódnak többször és milyen gyakorisággal. A válasz pontosan nem adható meg, de statisztikus feldolgozását, a repülőgépet üzemeltetők és gyártók végzik. Ennek adatai azonban, mivel repülőgép típustól függő és csak típusra érvényes adatok nem hozzáférhetőek.

A szovjet irodalomban található utalások a kérdésre, de a megállapítások nem részletesek. A rongálódás jellegére a hivatkozott irodalom megállapítja, hogy az „Komplex” a rongálódás gyakoriságára pedig: „nem jelentős, gyenge, közepes, erős” kategóriákat használ. [6]

Mivel a Magyar Honvédség kötelékébe rendszeresített repülőeszközök rongálódási jelleg adatainak statisztikus feldolgozása nem áll rendelkezésre, vagyis a rongálódások jellegére (pl. javító és raktár bázis irányú) előzetes felkészülés tényadatok alapján nem lehetséges.

2.4. A rongálódás kiterjedése

A rongálódás kiterjedésének kérdése, műszaki háttérénél fogva jobban művelhető, mint a rongálódás jellege.

Egy adott találati helyen főleg a találati pont környékének a szerkezet kialakítása és az alkalmazott szerkezeti anyag dönti el a rongálódás kiterjedtségét. A hagyományos héjépítés mód azonnal szolgáltat egyszerű példát a találati hely következményeire.

A találati hely szerkezeti anyaga a rongálódás kiterjedtségét, főként az anyag szilárdságával és struktúrájával befolyásolja.

A dural anyagok kivétel nélkül repedezett környezetet és éles hajszálrepedések hálózatát adják a rongált területen. [7]

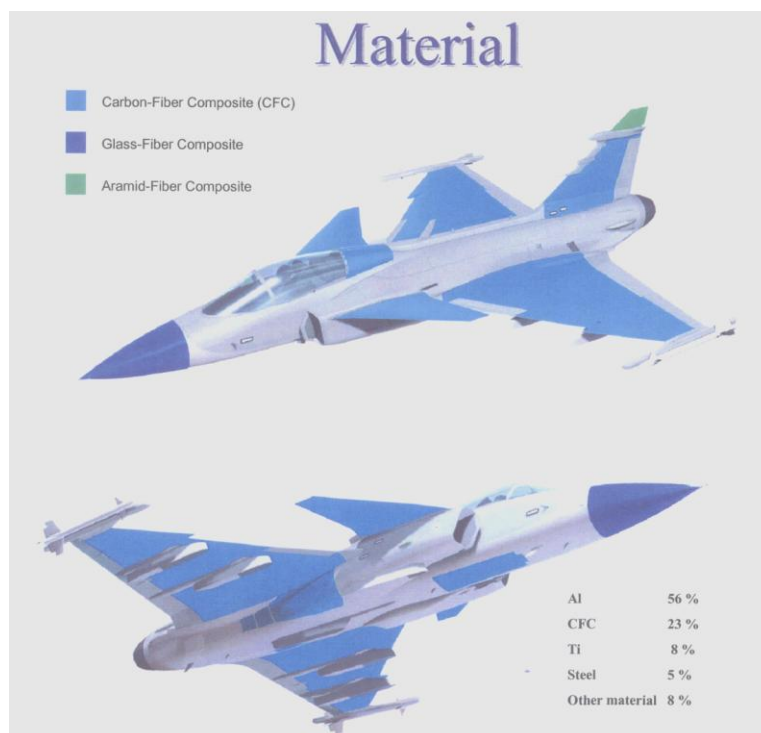
A szálas anyagok rongálódási kiterjedtsége merőben más (kedvezőbb).

Egy Boron-epoxi lemezt ért találat átmérője akkora, mint a lövedék keresztmetszete mérete és a kiterjedtség alakja is megegyezik a lövedék geometriájával.

Igen fontos anyagi jellemző a rongálódás szempontjából az ún. Exit-effektus vagy egyszerűen a kilépő hatás.

A találati hely azonban gyakran a kiterjedtségtől függetlenül is eldöntheti egy gép további légi alkalmasságát. (pl. egy bekötési csomópont találata esetén)

A tapasztalatok és mérések szerint a szálas anyagok robbanás tűrése ugyancsak jobb; amit az ismert nagy deformáció képességük mellett annak is tulajdonítanak, hogy az anyag saját csillapítása is nagy. Többek között ezért is alkalmaznak kompozit anyagokat egyre nagyobb százalékban, a repülőgép



4. ábra. JAS-39 EBS HU Gripen repülőgép sárkány szerkezetén a kompozit anyag elhelyezkedése

iparban. A felhasznált szerkezeti anyagok között a repülőeszközök építésében egyre nagyobb mértékben jelennek meg a kompozit anyagok, ami például a JAS-39 EBS HU Gripen repülőgép esetében a sárkányszerkezet összsúlyának megközelítőleg 20 százalékát teszi ki. (4. ábrán) [8].

Az ábrán szereplő feliratok jelentése ⁹

3. Légi-alkalmasság

Találat által bekövetkezett szerkezeti rongálódás valamilyen mértékben rontja a gép repülési tulajdonságait.

Egy találatot kapott gép esetében a gépre korábban kiszabott légi alkalmassági követelményeken módosítani (enyhíteni) lehet, de kell is. A módosítások műszaki alapja a szerkezetben, rendszerben lévő és a korábbiakban tárgyalt szilárdsági, illetve élettartam, túlfeszültség, beszabályozási tűrészhatárok, stb. tartaléka. Ennek a tartaléknak nemcsak a géptípustól, de ezen belül a szerkezeti főrészekről, rendszerekről függően is más - más a mértéke. [6]

De ez a mérték ismert. Ez tehát egy adott típus esetében gondos, - a szerkezetet jól áttekinthető, felmérő munkával jó előre meghatározható, esetleg a rongálódás nagyságával, helyével összefüggésbe hozva, előzetes légi alkalmassági kritériumához is vezethet. Ilyen kritériumok nagyban segíthetnek egy találat, illetve sérülés utáni légi alkalmassági döntés gyors meghozatalában.

Világos azonban, hogy a tárgyalt helyzetben a légi alkalmasság már nem valamiféle „hatósági kérdés”, sokkal inkább egyszemélyi megítélés és döntés. Mindenfajta alkalmassági vizsgálatnak és ilyen irányú előkészületnek tehát ezt az egyszemélyi döntést kell hatásosan megfelelő adatokkal előkészítenie.

A fentiek alapján érthető, hogy ez a típustól és szerkezeti felépítéstől, jogszabályi környezettől függő, meglehetősen nyitott kérdés.

Háborúban, krízisidőszakban és béketámogató műveletekben a feladat végrehajtása a legfontosabb, így nagyobb mértékű kockázat vállalása válik szükségessé, ha azt a hadműveleti igények úgy követelik. A kompromisszumok meghozatalának felelőssége parancsnoki jogkör. [9]

4. Rongálódások javításának tervezése, szervezése

A javítás alapja: a helyes hiba megállapítás, hatékonyságának mértéke: az előzetes felkészülés szintje.

Mindkettő jól tervezhető, ha az igényparaméterek jók.

Vegyük sorra egy rövid áttekintés erejéig mindkettőt.

⁹ Az ábrán szereplő feliratok jelentése: Carbon-Fiber Composit (CFRP) - Szénszálas kompozit anyag; Glass-Fiber Composit (GFRP) Üvegszálas kompozit anyag; Aramid- Fiber Composit (AFRP) Aramid szálas kompozit anyag

4.1. Hiba megállapítás

A rendszerhibáknál egy gép sérülése után általában és elsődlegesen csak a további és nem is hosszúidejű működőképesség megállapítása a cél. Ha a rendszer hibapontja meghatározható, akkor az elem vagy berendezés cserével nagy többségben úgy hárítható el, hogy a teljes üzemképesség visszaáll. [7]

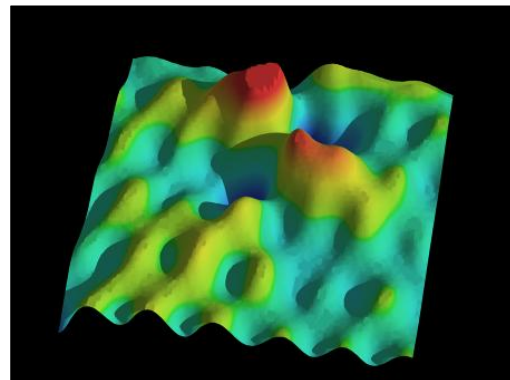
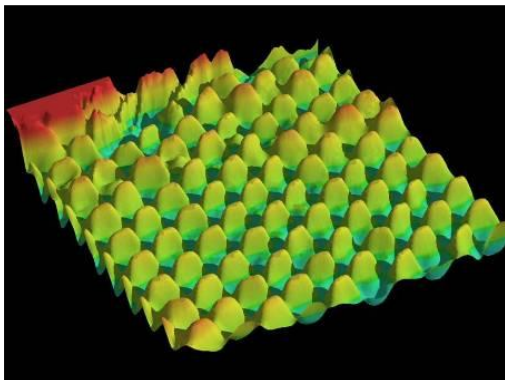
A gép fő szerkezeti részein keletkező hibák túlnyomó része sajnos nem ilyen. A hiba megállapítás nehézsége a szerkezeti hibáknál kettős:

- a rongálódás teljes kiterjedtségének megállapítása okoz nehézséget (hajszálrepedések);
- a rongálódás kiterjedtségének megállapítása és a javítás módja között egy minimális számítási és tervezési feladat jelentkezik (a kiesett szilárdság meghatározása és visszaállításának módja).

A kiterjedtség megállapítására alapvetően az NDT¹⁰ (Non Destructive Testing) roncsolásmentes anyagvizsgálat berendezéseit alkalmazzuk.

A 5.a,b ábra egy olyan hiba felvételező berendezést tüntet fel amellyel, méhsejt építménnyel készült héjszerkezeti (fékszárny, orr segéd szárny, forgó szárny lapát stb.) belső, kívülről nem megállapítható sérüléseit határozhatja meg. [10]

A 6. ábra endoszkóppal készült felvételt mutat be turbina lapátsérüléséről.



5. a, b ábra Roncsolásmentes anyagvizsgálat által nyújtott képek a méhsejt héjszerkezetről



6. ábra Endoszkópos felvétel a turbina lapát sérüléséről

¹⁰ (NDT) – Non Destructive Testing – roncsolásmentes anyagvizsgálat

4.2. Előzetes felkészülés a javításra

A találatot kapott repülőgép leszállása után, a rongálódott részek javításának folyamata a normál javítási tevékenységtől sok tekintetben eltér.

Vizsgáljuk meg mik is ezek az eltérések:

1. javítási igény ideiglenes, kis javítási kapacitású repülőtéren jelentkezik,
2. a hiba jellege (főleg szerkezeti hibánál) speciális szakembert igényel,
3. hiányzanak a nagyobb teljesítményű vizsgáló berendezések, illetve a nagyobb méretű csere alkatrészek;
4. a gép a találat jellege miatt esetleg nem repülthető nagyobb bázisra.

Ezek és további eltérések fokozottabb és eltérő követelményeket jeleznek a rongálódott gép javítására, mint a normál üzemeltetés és javítás működő rendszerében.

Az ilyen felkészülés általános tapasztalatai a gép jelenlegi korszerűsége mellett azt jelzik, hogy a berendezés, eszköz és alkatrész hiány a legjobb előrelátással sem szüntethető meg az adott helyen. Ezért nem a helyi raktár ellátás javítására kell törekedni, hanem az ellátó szervek operativitásának fokozására.

Ugyancsak nyilvánvaló, hogy a speciális szakemberek hiánya nem oldható meg a gép körüli létszám bármilyen mértékű növelésével sem. A megoldást ez esetben is inkább a speciális brigádok operativitásának (mozgékonyosság, jármű és alkatrész készlet, kommunikáció, stb.) biztosítása adhatja.

5. Összegzés

Az előzőekben a rongálódott repülőgép további üzemét légi alkalmasságát, javítását meghatározó kérdésekkel foglalkoztam.

A jelenlegi helyzetben a teljes komplexumot (találat, rongálódás, repülőképeség, javítás, további üzemeltetés) áttekintve az tűnik elő, hogy a találati érzékenység, a rongálódás találat összefüggése, a szerkezeti szilárdsági tartalék, stb. kérdések elméleti és gyakorlati vizsgálatai jól művelhetők a Magyar Honvédség által régóta üzemeltetett légijárművek esetén. A JAS-39 EBS HU Gripen repülőgép esetében viszont sok a megoldásra váró kérdés. Az új rendszerek technológiák anyagok (kompozitok), új kihívásokat jelentenek az üzemeltetésben résztvevők számára. Azonban ezen XXI. századot technikai színvonalát képező negyedik generációs repülőgépek üzemeltetése megköveteli, hogy a svéd terminológia szerinti úgynevezett „specialistákat” alkalmazzunk, kompozit javító, stb. A szakembereknek a szükséges jogosításokat, a gyártó által minősített tanfolyamokon kell megszerezni. A magabiztos gyors szakszerű munkavégzéshez viszont elengedhetetlen a gyakorlati tapasztalat. [11]

Fontos arra a kérdésre a választ megfogalmazni melyek azok a szolgáltatások, amit meg kell vásárolni és melyek azok a feladatok, amiket a Magyar honvédség alakulatainak kell megoldani. A NATO SANAG-2407 és STANAG-2418 képességeket sorol fel. Mivel kell rendelkezni az országnak,

azt határozzák meg. Azt hogy hogyan, honnan rendelkezik ezen képességekkel azt a Magyar Honvédség határozza meg [12] [13].

Béketámogató műveletekben hadműveleti területen alkalmazott bármely technikai eszköz műszaki kiszolgálása igen bonyolult komoly szakmai felkészülést igénylő feladat.

Ebben a rendkívül gyors változási folyamatban alapvető kérdésként merül fel, hogy hogyan lesz képes a Magyar Honvédség a 21. század egyre nyilvánvalóbbá váló új szemléletet kívánó kihívásaihoz alkalmazkodni. Óriási dilemmát jelent ez napjainkban a haderő átszervezése során, hisz bizonyos katonai képességek, fegyvernemek felszámolása viszonylag könnyű, de ha azokat a közeljövőben esetleg újra létre kellene hozni, akkor az szakértők szerint is 20-25 évet jelenthet.

Biztonságpolitikai szempontból egy adott válsághelyzetben esetleg lenne-e rá idő? Egy nemzeti haderő csak egyetlen módon lehet képes az új kihívások kezelésére, ha hajlandó elfogadni és végrehajtani azokat a változásokat, amelyeket a hadviselés forradalmának technikai eredményei lehetővé tesznek, és amelyek alapján egy teljesen más jellegű hadsereg kerül létrehozásra, mint az a közelmúltban volt. Ez természetesen nem egy egyszerű szervezeti átalakítást jelent, nem a jelenlegi haderő foltozgatását, hanem számos területen akár radikális változásokkal is járhat, amely egyes kultúrák teljes eltűnését és újak, feltűnését eredményezheti.

Vizsgálataim, elemzéseim alapján azt a következtetést vontam le, hogy a repülő technika előregedése, a korszerűsítések elmaradása eredményeképpen a mai alkalmazásunk erősen korlátozva lenne egy szövetséges együttműködés során, mivel a fedélzeti rendszerek nem teszik lehetővé a teljes körű együttműködést, illetve a gépek önvédelmi rendszere nem elégíti ki a mai kor követelményeit. Ezek a tények viszont azt eredményezik, hogy lényegesen nagyobb a valószínűsége a harci sérülések bekövetkezésének

A 2008-ban rendszeresített JAS-39 EBS HU Gripen repülőgép a magyar igények szerint lett kifejlesztve. A magyar igények megegyeznek a NATO követelményekkel, vagyis ez a repülőgép minden szempontból alkalmas arra, hogy koalíciós műveletekben részt vegyen. Valamennyi fedélzeti rendszere képes együttműködni a szövetség legmodernebb harcvezető, harcirányító rendszereivel

A légierő haditechnikai eszközeinek elemzése eredményeként meg kell állapítani, hogy a jelenleg üzemeltetett orosz légi járművek alkatrészellátási problémái nem megoldottak. Az alkatrészellátás viszont sarkalatos pontja bármilyen harci sérülés javításának.

Megállapításra került hogy nem lehet előre jelezni, hogy mikor milyen sérülések fognak bekövetkezni. Éppen a logisztikai rendszer rugalmasságát operetivitását lehetne ilyen helyzetekben kihasználni, aminek természetesen gátat szab a szállító. Ez igencsak kiszolgáltatott szituációt eredményez. Megoldást jelenthet a raktárkészletek feltöltése, illetve a rendszerben lévő gépek alkatrészeként való felhasználása. Mindkét változat igen költséges és hosszabb távon nem vezet eredményre.

A JAS-39 EBS HU Gripen repülőgépek esetén a harci sérülések javítási képességet a lízing szerződés értelmében és érvényessége alatt a gyártó cég biztosítja. A szerződés lejárt utáni időszakra a repülő mérnök műszaki szakterületen a harci és nem harci sérülések javítás kérdéskör megoldásra vár.

Összefoglalva, a Magyar Honvédség alegységei Repülő mérnök műszaki szakterületen, megfelel a XXI. század kihívásainak.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. STEIGER István: Szerkezeti rongálódás, repülőképeség a katonai repülőgépeknél
- [2] AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY, 2004. április 5. 43. o.
- [3] Flight International, 2002. május 28.-június 3. 12. o.
- [4] Flight International, 2004. január 20. - 26. 18. o.
- [5] AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY, 2002. október 7. 34. o.
- [6] Re/1222, Módszertani segédlet a repülőtechnika sérülések és csapatjavításának megszervezésére II. rész
- [7] Re/1232, Segédlet a sérülések javításokhoz. A fő részek csereszabotossági jegyzéke. A javítás lehetőségének megállapítása I. kötet
- [8] Gripen Familiarisation Course JAS 39EBS Hu
- [9] ATP-33B NATO Légierő doktrína
- [10] TOLMÁCS örvényáramos anyagvizsgáló berendezés kezelési és kiszolgálási utasítása
- [11] POGÁCSÁS Imre: A korszerű repülőeszközök alkalmazásával összefüggő repülőterei és repülőműszaki biztosítás időszerei kérdései. Repüléstudományi közlemények, Szolnok, 2008 április 11
- [12] NATO SANAG-2407
- [13] NATO STANAG-2418



Csermely Ildikó - Dr. Wantuch Ferenc

AZ IDŐJÁRÁS HATÁSA A ZAJTERJEDÉSÉRE A FERIHEGYI NEMZETKÖZI REPÜLŐTÉR KÖRNYEZETÉBEN

A LÉGIKÖZLEKEDÉSI ZAJ

A környezetvédelem egyik legmostohábban kezelt területe a különböző zajok és rezgések csökkentése károsító hatásuk elkerülése. Ennek oka, hogy a károsodások többnyire jelentős időkéssel jelentkeznek. Az emberi környezet zajossága a technikai fejlődéssel olyan mértékben terjed, hogy nagyon sok esetben nemcsak egészségi szempontból elviselhető határt lépi túl, hanem sok esetben ellenőrizhetetlenné válik olyan értelemben, hogy átlépi a környezet növekvő zajosságának az elviselhető határ alatti tartásának műszaki gazdasági lehetőségeit. Magyarországon a lakosság közel 40 % - a él olyan területeken, ahol a környezeti zaj nagyobb a kívánatosnál. Egyes tudományos értekezések szerint a zajpanaszok jelentős része a légi közlekedésből származik, melyeknek mérése és eredményes csökkentése a környezeti zajvédelem sajátos részét képezik.

Repülőgépek keltette zajnak tekintik a repülőgép - hajtóművek és különféle rendszerek és segédberendezéseinek a működése során, valamint a szerkezeti elemek dinamikus terhelésekor és a repülőgép körül vevő levegő zavarásakor keletkező, az emberi fül számára hallható lég-, azaz hanghullámokat. Szubszonikus repülőgépeknél viszont az aerodinamikai zaj, a hangrobbanás okozza a jelentős területeket érintő zajszennyezést. Az új generációs zajcsökkentett gépek gyártásának kezdetekor és a légi alkalmasság megítélésénél előtérbe került a zaj szempontú minősítés kérdése. Az idő előre haladtával egyre szigorúbb zajkibocsátási határértékeket szabtak az újabb típusokra. Közben persze a zaj szempontú minősítés mérési módszere is finomodott, fejlődött.

A Nemzetközi Polgári Légiközlekedési Szervezet fő környezetszennyezési célpontja a zajemisszió. A repülési zaj értékelése és a zavaró hatás mérlegelése során az egyedi repülési zajesemények keltette zajnak az átrepülési időre vonatkozóan, méréssel megállapított egyenértékű zajszint értékei a mérvadók.

Az időben változó szintű zajok jellemzésére az egyenértékű A – hangnyomásszintet használjuk, azaz meghatározzuk azt a szintet, amelynek hatása az emberre ugyanaz, mint a vizsgált változó zajé. Az egyenértékű zajszint a repülőterek környékén kialakuló zajhelyzet jellemzésére hivatott. Cél egy olyan számérték előállítása, amely a repülőtér környékén egy adott pontban a zajhatást átlagosan jól jellemzi.

A repülőgépek zajszennyezése minden esetben egyszerre több zajforrás által keltett, a hangmagaságban és intenzitásban egymástól különböző, időben és térben gyorsan változó hanghullámok együttes hatására alakul ki. Azonos zajterhelésű helyek közül 60 dB zajterhelés alatt a repülési zaj kevésbé zavarja az embereket, mint az utcai járműforgalom zaja, de 60 dB felett ez a viszony megváltozik és

magasabb zajszintek esetén a lakosok a repülési zajt kevésbé viselik el, mint az ugyanolyan zajszintű utcai zajokat.

A polgári légiközlekedés zaja legfőképpen a repülőterek környezetében jelent problémát. Egy adott magasság fölé emelkedve, és utazómagasságon repülve ugyanis a légijárművek zajának csak egy csökkentett hangintenzitású, alacsony frekvenciás összetevője jut le a földfelszínig, és annyira alacsony zajszintet okoz, hogy a gyakorlatban elhanyagolható.

A Ferihegyi Nemzetközi repülőtér környezetében keltet zajterhelés alakulásával foglalkozom különböző időjárási körülmények között. Mérési eredmények alapján szeretnék megoldást találni, arra hogy, hogyan lehetne ezen információkat figyelembe véve a repülőtér forgalmát úgy koordinálni, hogy azzal csökkentsük a zajpanaszok számát.

A téma aktualitását és egyúttal fontosságát az adja meg, hogy napjainkra életünk elválaszthatatlan részévé vált a repülés. A repülőgép közlekedési és munkaeszköz, de a sport területén is bebizonyította életre valóságát. A levegőbe emelkedő ember újra meg újra tapasztalja, hogy a légköri jelenségek egyrészről segítik, másrészről megnehezítik, sőt eseteként lehetetlené teszik repülési feladat végrehajtását. Ezért a meteorológia és a repülés igen szoros együttműködésre lépett egymással.

1. A Zaj terjedése

A hangforrások körül kialakuló hangteret elsősorban a hangforrás alakja (pont, vonal, sík) és a tér jellege (szabad, zárt) határozza meg. A hangforrást az általa kisugárzott hangteljesítmény, a hangteret a bármely pontjában mérhető hangnyomás jellemzi.

Környezetünkben pontszerű, vonalszerű, és felületi sugárzóként működő zaj források hatását észleljük. Környezetünkben *pontforrásnak* tekinthetjük a kisméretű motorokat, gépeket, az egyes járműveket, de nagyobb, pl. 100 m távolságban már egy üzemi épület, vagy zajt sugárzó homlokzata is pontszerű zajforrásnak számít.

Vonalforrás például a közút, ahol a forgalom elég nagy és folyamatos, hasonlóképpen például egy nagyon hosszú csővezetékhez, amelyben az áramló gáz vagy folyadék zajt okoz. A vonalforrásoktól távolodva kétszeres távolságnál a hangnyomásszint fele olyan mértékben csökken, mint pontsugárzó esetén.

Környezetünkben felületi *síksugárzónak* tekinthető például egy néhány méter távolságban lévő üzemcsarnok homlokzata

Akadálytalan, szabad térben a hangenergia a távolsággal gyorsan csökken. A hangnyomás csökkenést a levegő elnyelése, ill. az ezt befolyásoló meteorológiai viszonyok (hőmérséklet, nedvességtartalom, a szél nagysága és iránya) módosítják.

A hanghullámoknak a levegőből a vízbe való behatolásánál 0,24 a víznek a levegőre vonatkoztatott hangtörés mutatója. Ha beesési szög nagyobb $\sin \alpha / \sin 90^\circ = 0,24$ egyenletből adódó $\alpha = 14^\circ$ határszögnél, akkor a vízfelületén törés helyett teljes visszaverődés következik be. A törésnek és a teljes visszaverődésnek jelentős szerepe van a szabad légkörben való hangterjedésénél. Ha vízszintesnek feltételezett légrétegek hőmérséklete s ezzel a hangsebesség felfelé növekszik, akkor ferdén kiinduló

hangsugarak folytonos törések és teljes visszaverődés folytán „visszahajlanak” a földre, s ezért a hang nagy távolságra is elhallatszik. **(Budó et. al, 1962)**

Ha a hangforrás és az észlelési pont között hangakadály, pl. épület, domb, fal van, a hangterjedés módosul. A hanghullám energiája az útjában lévő akadályról (pl. falról) részben visszaverődik (hang-reflexió), részben behatol a falba. Ennek az energiahányadnak egy része a falban hővé alakul és „elvész”, míg másik része „átjut” a falon, és a fal felülete lesugározza.

Ha a hangsugár kisebb terjedési sebességű anyagból lép a nagyobb terjedési sebességűbe bizonyos határszögeken túl teljes visszaverődés keletkezhet. A hangsugár azért törik meg, mert az újközegben a terjedési sebesség más értékű. Ha csak a közeg hőmérséklete változik, a melegebb közegben a hang általában nagyobb sebességgel terjed. Már néhány Celsius fok is észrevehető sebességváltozást idéz elő. Két különböző hőmérsékletű közeg határfelületén a hang úgy szenved törést, hogy a melegebb közeg irányában haladva a beesési merőlegetől törik. Ha a hőmérsékleti gradiens megfordul, a hang beesési merőleges felé törik, tehát egykettőre elvész a levegőben. Ilyenkor a hang igen kis távolságig hallatszik. A felülettel haladó hullámok akadályokba ütköznek és hamar elnyelődnek, ferdén kiindulók pedig magasba vesznek. Az atmoszférában többszörösen előfordulhat hőmérsékletváltozás. Felhők alatt erősen hűl, fölötte melegszik a levegő, ilyen helyen tehát 1,5-2 km távolságból visszafordulhat a hang a föld felé. Magasabban még bonyolultabb a helyzet, ugyanis a hőmérséklet 20 km magasságig -50°C -ra csökken, de aztán újra emelkedni kezd és 50 km magasságban $+50^{\circ}\text{C}$ -ra növekszik. Nagy intenzitású hangok ebből a magasságból fordulnak vissza és a földön széles „süket zóna” kihagyása után 200 km távolság környékén ismét hallhatóvá válnak. A jelenség nagyon fontos a sztratoszférában végrehajtandó hangnál gyorsabb repülés szempontjából. Különös terjedési jelenséget tapasztalhatunk szélben. Mivel a súrlódás a föld felületén a legnagyobb a szélesebbesség ott a legkisebb, és fölfelé általában növekszik. A szélirányban a szélesebbesség a hangterjedési sebességéhez mindig hozzáadódik, azaz a visszafordulás esete következik be. Az ellenkező irányban fölfelé mind nagyobb sebesség vonódik ki a hangterjedési sebességéből, vagyis a csökkenő hőmérsékleti gradiens esetével van dolgunk: hang térbe vész. Nagy magasságokban nem szabályszerű a változás. A légáram sebességének növekedése mintegy 12-14 km magasságig tart. További magasság növekedéssel csökkeni, kezd, majd 22 km magasságban ismét megfordul és 50 km magasságban már eléri a 200 km/óra sebességet. Mindez a nagy magasságú repülésben is, meg a hang terjedési viszonyaiban is bőven érezteti hatását. **(Tarnóczy, 1984)**

A hangterjedésével kapcsolatos további jelenségek közül fontos megemlíteni a hang interferenciát. Ilyenkor állóhanghullámok jönnek létre. Míg minden irányban egyenletesen terjedő gömbhullámok intenzitása a távolság négyzetével fordított arányban csökken addig azokban az esetekben, amikor a hang csak egy felület mentén vagy lényegében egy irányban terjed, a távolsággal való csökkenés kisebb mértékű.

A doppler hatás, amely mindenfajta hullámnál felléphet, de az akusztikában figyelhető meg a leggyakrabban abban áll, hogy a hullámforrás és a megfigyelő relatív mozgása az észlelt rezgések frekvenciáját befolyásolja. Közismert példa, hogy amikor egy fűtyülő mozdony vagy dudáló gépkocsi

mellettünk elhalad-, vagy ha gépkocsival haladunk el a hangforrás mellett -, a távolodáskor mélyebb hangot hallunk, mint közeledéskor. (Budó et. al, 1962)

2. A Ferihegyi repülőtér környezetének zajterhelése

A Budapest-Ferihegy Nemzetközi repülőtéren működő zajmonitor-rendszer megfelel a kor elvárásainak, és európai szinten is minőségi adatszolgáltatást tesz lehetővé. A repülőtéren először 1985-ben helyeztek üzembe zajmonitor-rendszert, amely hat ponton kihelyezett berendezéssel mért.

A rendszer a repülőgépek egyedi zajkibocsátást mérte a 90 dB A-s küszöbérték fölött. Csak az ennél nagyobb túllépéseket rögzítette, és ezeket minősítette zajeseménynek. A repülési események és a zajadatok megfeleltetése csak manuálisan, a menetrendi és a zajadatok egyenkénti egyeztetésével volt lehetséges, a rendszer nem volt közvetlen kapcsolatban az irányítás radarszolgálatával.

2004 tavaszán fejeződtek be az új zajmonitor-rendszer üzembe helyezésének munkálatai. Az új rendszer ugyanazon helyszíneken mért, mint az 1985-ben üzembe helyezett, de fejlettebb technológiával mér.



1. ábra. Ferihegyi repülőtér zajmonitor pontjainak elhelyezkedése

Zajmérő állomások helyszínei:

1. állomás: X. kerület, Venyige u.
2. állomás: XVIII. kerület, Csévészó u.
3. állomás: XVII. kerület, Rákóczi u.
4. állomás: Vecsés, Vigyázó F u.
5. állomás: X. kerület, Keresztúri út
6. állomás: Üllő, Széchenyi u.

A Brüel & Kjaer gyártmányú berendezések beállított küszöbértéke 67 dB (A), e fölött az érték fölött kezd el mérni az adott zajmérő pont a hangnyomásszintek időbeli változását. A rögzített adatokat egy

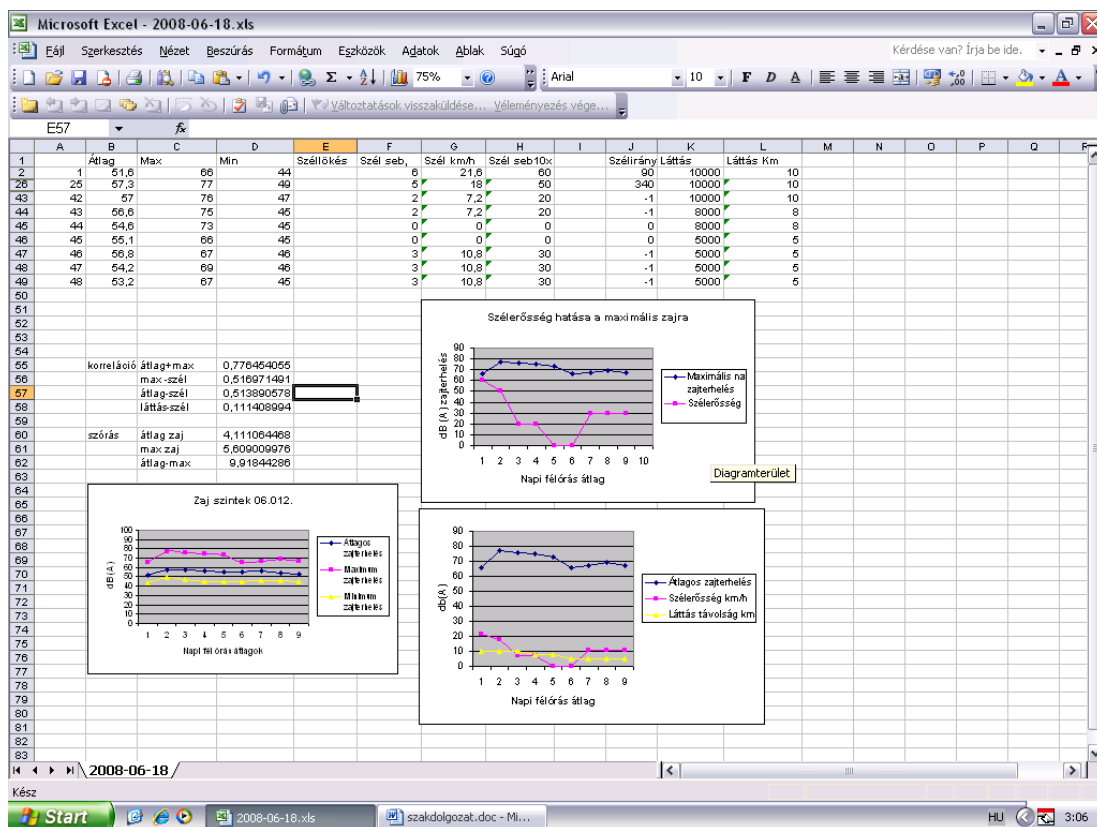
központi adatfeldolgozó rendszernek továbbítja telefonos kapcsolaton keresztül, ahol nem csak az egyes zajesemények lefutása, de az egyenértékű zajszintek is kiszámításra kerülnek. A hat ponton mért értékekből approximációs módszerrel kerülnek a köztes pontok zajszintjei meghatározásra.

A monitorrendszer kapcsolatban van az irányítás radarszolgálatával, és így lehetővé válik az automatikus zajesemény – repülési esemény összerendelés. A kapcsolódó informatikai háttér lehetővé teszi a tervezést és optimalizálást is. A rendszerhez egy panaszkezelő szoftver kapcsolódik, amely segítségével lehetséges az adatok oly módon való feldolgozása, hogy a panaszos személyre szabott információkat kaphat a lakóhelyét érintő zajterhelésről. A Budapest-Ferihegy Nemzetközi repülőtéren most működő monitor-rendszer megfelel a kor elvárásainak, és európai szinten is minőségi adatszolgáltatást tesz lehetővé.

Ferihegyi repülőtér meteorológiai jellemzőit figyelembe véve megállapítható, hogy extrém, abnormális időjárási viszonyok nem lépnek fel csak rövid időszakokban. Vizsgálataim során a repülőtér zajcsökkentő eljárásait, preferált futópálya használatot, uralkodó szélirányt és a zajmonitor mérőpontjainak elhelyezkedését figyelembe véve 5-ös zajmonitor pont, amely X.kerületben a Keresztúri úton és a 6-os zajmonitor pont, amely, Üllőn, a Széchenyi úton helyezkedik el, mérési adatait dolgoztam föl az időjárás függvényében. A vizsgált időszakra vonatkozóan rendelkezéseimre álltak napi bontásban az 5-ös és 6-os zajmérő állomás maximális-, minimum-, átlagos zajterhelésének adatai másodperces lebontásban. Mivel a rendelkezéseimre álló adatmennyiség hatalmas volt és a zajmonitor rendszer mérőállomásai mindennap 00.00-kor és 12.00-kor kalibrálják magukat, mely 10-15 másodpercig tart, a kalibrálásakor mért igen magas értékeket ki kellett szűrni. Mivel a kalibráció néhány másodpercet vagy akár egy percet is csúszhat, ezért célszerű volt saját programot fejleszteni, ami a kalibrációból eredő hibás adatokat kiszűri. Program írását indokolta még a mérési adatok igen nagy száma. Az egy hónap során mért másodpercenkénti zajadatok száma több min 2,5 millió adat feldolgozását jelentette. Ebből az óriási adatmennyiségből 30 perces átlagokat, maximumokat, minimumokat illetve egyéb statisztikákat képeztem az erre a célra fejlesztett szoftverrel. A félórás időtartamú feldolgozást azért végeztük, mert a rendelkezésre álló meteorológiai adatbázis is félórás bontású és így lehetőség nyílt egyesített adatbázis létrehozására. A program segítségével txt típusú fájlkká alakítva az adatokat Microsoft Excel programba konvertálva tudtam végrehajtani a vizsgálataimat. Miután a konvertálás megtörtént, 30 napra vonatkozóan külön-külön az 5-ös és 6-os állomás zajadataihoz illesztettem, a szélirány-(m/s-, km/h-ban) szélesség-, látástávolság adatait.

Összefüggéseket vizsgáltam kapcsolatot keresve az:

- 1) Átlagos zajterhelés és a maximális zajterhelés között
- 2) Maximális zajterhelés és a szélesség között.
- 3) Átlagos zajterhelés és a szélesség között
- 4) Látás távolság és a szélesség között



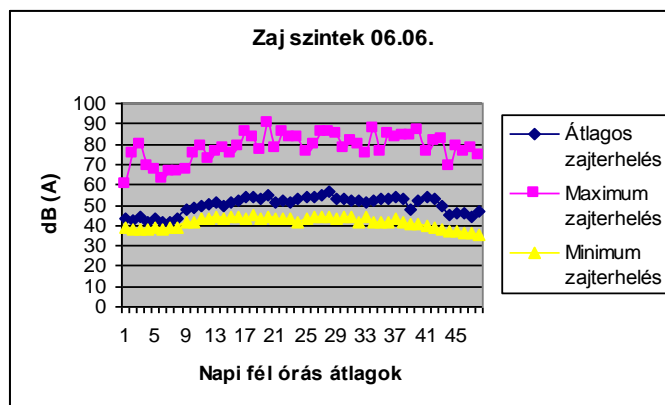
2. ábra. Zajterhelés és az időjárás hatásának vizsgálata

Majd külön diagramon ábrázoltam az:

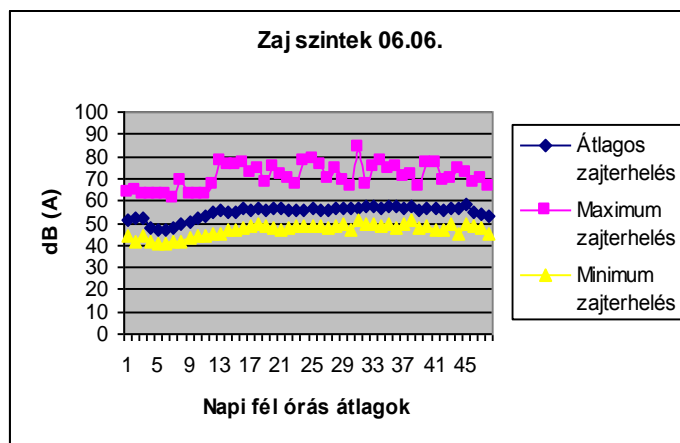
- 1) maximum, minimum és az átlagos zajterhelés adatait
- 2) maximális zajterhelés és a szélerősség adatait
- 3) maximum zajterhelés, szélerősség, látás távolság adatait

30 napra vonatkozóan külön külön az 5-ös és 6-os állomás zajadatait figyelembe véve.

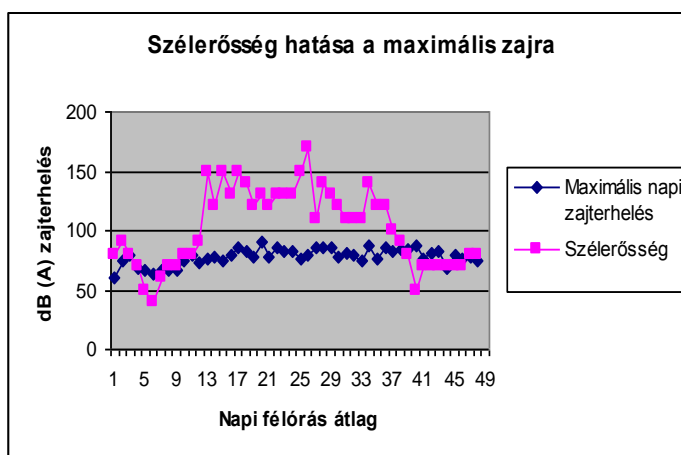
A következőkben be mutatom, amelyeknél találtam kiugró korrelációt a zajterjedése és az időjárás hatása között.



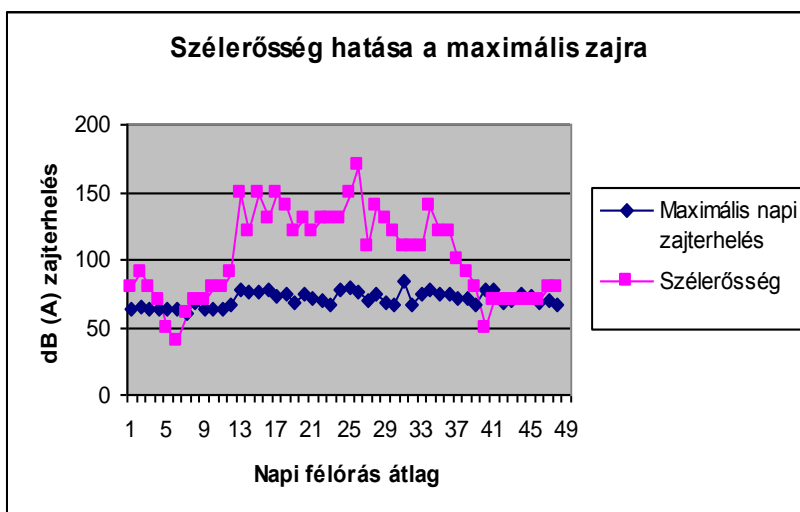
3. ábra. 6-os zajmonitor pont zajterhelésének alakulása 06.06-án



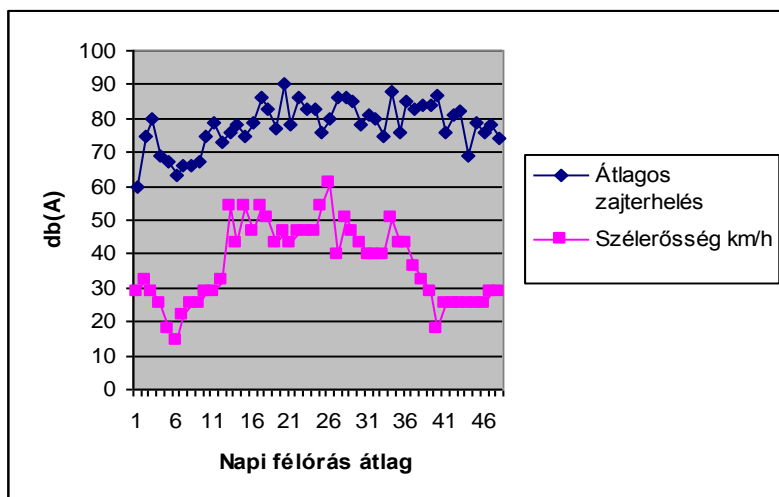
4. ábra. 5-ös zajmonitor pont zajterhelésének alakulása 06.06-án



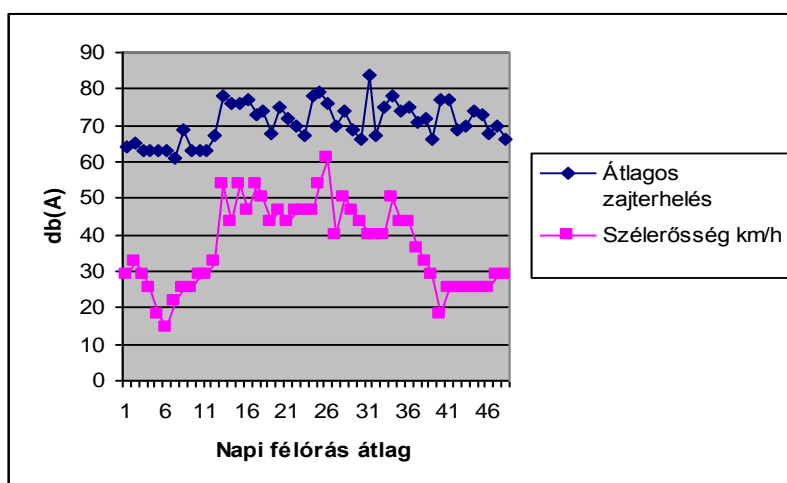
5. ábra. 6-os zajmonitor pont maximális zajterhelésének alakulása 06.06-án



6. ábra. 5-ös zajmonitor pont maximális zajterhelésének alakulása 06.06-án



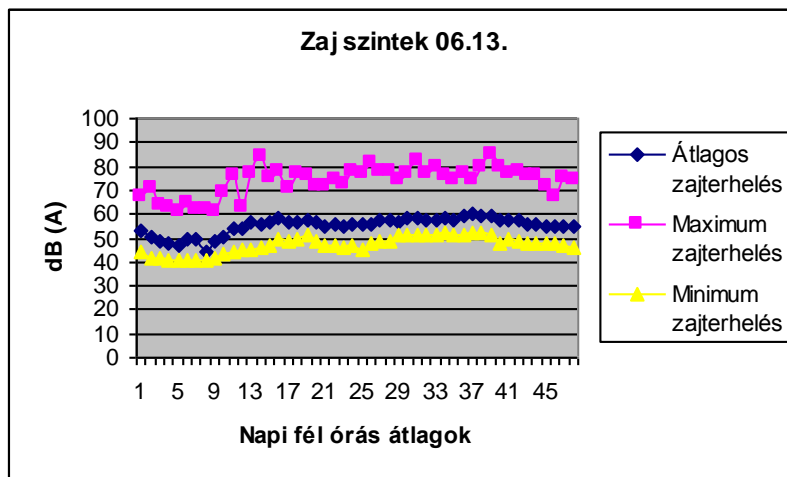
7. ábra. 6-os zajmonitor pont átlagos zajterhelésének alakulása 06.06-án



8. ábra. 5-ös zajmonitor pont átlagos zajterhelésének alakulása 06.06-án

A korrelációs számításaim elvégzése után megállapítottam, hogy a 6-os mérő adatait figyelembe véve szoros kapcsolatról beszélhetünk a maximum zajterhelés és az átlagos zajterhelés valamint az átlagos zajterhelés és a szélereőssége között. A maximum zajterhelés és a szélereősség között közepes kapcsolat volt megfigyelhető. Az időjárásra ezen a napon nagyrészt „CAVOK” volt jellemző, de volt eső is és felhős időszak is. A napi szélereőssége 8-15 m/s között változott.

Az 5-ös mérőállomás esetében mért adatok alapján közepes kapcsolatot tudtam megállapítani a maximum zajterhelés- szélereősség és az átlagos zajterhelés- szélereősség között, míg a maximum és az átlagos zajterhelés között szoros kapcsolatot. Ezen a napon a domináns szélirány a 6-os mérőállomás iránya volt. A légi járművek a nap nagy részében ezen irányba hajtották végre a felszállást és bár az 5-ös mérőállomás egyenértékű zajterhelés nagyobb, mert a szél elfújja a zajt addig a 6-os állomás maximális zajterhelése nagyobb, mert a légi járművek ebben az irányban hajtották végre a felszállást.



9. ábra. Zaj szintek vizsgálata

Ezen a napon esős felhős szeles idő volt. Az átlagos és a maximális zajterhelés között **0,83** volt a korrelációs együttes, amely szoros kapcsolatot jelent. Most már egyértelműen megállapítható, hogy a napi maximális zajterhelés befolyásolja a napi átlagos zajterhelés alakulását, és ha ehhez párosul esős, szeles, felhős időjárás akkor még inkább szorosabb kapcsolatról beszélhetünk a két tényező között. Hiszen esős időben nagy a relatív páratartalom és emiatt a hang csillapítása kisebb lesz, és ha ehhez párosul még egy erősebb szél, amely befolyásolja a mozgó tárgyaknál a doppler hatást, az nagymértékben hozzájárul a zajterhelés alakulásához.

Vizsgálataim során egyértelműen kimutatható, hogy mindenképpen a maximális zajterhelés befolyásolja a napi átlagos zajterhelés alakulását. Az előző vizsgált napokban már sikerült rámutattam arra is, hogy ha esős időben, ha nagyobb szeleket figyelhetünk, meg egy-egy napon az már befolyással van a napi átlagos zajterhelés alakulására. A napi átlagos zajterhelést, ahogy már említett pedig befolyásolja a maximum zajterhelés, tehát ebből csak következtetni tudtam a fizika törvényei szerint, hogy a szél mind az átlagos, mind a maximum zajterhelésre hatással van.

Azt hogy, milyen erősségű szél van, hatással a zajterjedésére képet kellett kapjak az uralkodó szélirányról ezért szektorokra bontottam a repülőtér környezetét:

- 1 szektor 315° - 45°
- 2 szektor 45° - 135°
- 3 szektor 135° - 225°
- 4 szektor 225° - 315°

A megfigyelések azt mutatják, hogy a szélirány eloszlások nagyon homogének egész hónapban. A repülőtér és környékén 2 fő szélirány dominál, melyek közül az egyik a leggyakoribb. A fő szélirány és a fő érkezési és indulási irányok többé kevésbé megegyeznek.

A szektorok meghatározása után az 5-ös és 6-os állomás átlagos és maximális zajterhelésének adatait egyesítettem és szektorokhoz rendeltem a 30 napot vizsgálva.

6.állomás	5.állomás						
Max zaj	Max zaj	Szél seb	315-45	45-135	135-225	225-315	
0,61434551	0,67414248	0,51668547	0,55324434				
75	50,4	78	56,3	8			240
80	49,4	75	55	7			240
85	49,8	79	56,8	8			220
72	48	82	58,4	7			240
77	49,8	83	56,8	8			260
84	49,6	75	57,5	7			260
89	50,9	74	57,8	7			260
92	51,1	78	57,5	7			240
82	51,9	77	56,9	6			220
83	51,4	73	57,7	7			220
74	51,5	76	56,1	7			230
79	51,5	82	58,7	5			220
84	51,2	73	59	5			200
75	49,2	72	57,7	5			200
74	50,2	74	58,4	5			200
73	51,2	82	57,2	4			200
71	50,3	85	58,7	0	0		
81	49,8	76	58,2	0	0		
71	49,5	75	57,1	0	0		
72	45,6	71	55,8	0	0		
75	47,2	79	56,2	0	0		
72	45,4	73	56,2	0	0		
75	47,6	73	55,4	0	0		
71	45	70	54,8	0	0		

10. ábra. A szélerősség vizsgálata szektoronként napi bontásban 06_10-én

Ezek után korrelációs számításokat végeztem naponta az átlagos, a maximális zajterhelés kapcsolatát vizsgálva a szélerősségével. 12 napon tudtam valamilyen összefüggést, kapcsolatot kimutatni. Amint az a 10.ábra alapján megállapítható, hogy 4.szektor szerint szélirány is volt 06.12-én, amely azt jelenti hogy a légi járművek a az 5-ös zajmonitor pont irányába széllel szembe szálltak föl, azaz a 31R vagy 31 L futópálya volt használatban. Továbbá látható, hogy ha nincs légi jármű forgalom akkor a maximális zaj a 6-os állomásnál nagyobb azaz a szél elfújja a zajt az 5-ös állomásról a 6-os állomás felé. Látható egy kiugró maximális zajérték az 5-ös állomásnál is ez valószínűleg felszálló légi jármű lehetet ugyanis sokkal nagyobb az eltérés a két állomás maximális zajértéke között. De összességében vizsgálva a monitor pontokat hiába látszik, hogy a szél elfújja a zajt a 6-os mérőállomás felé az 5-ös mérőállomás egyenértékű zajterhelése nagyobb. Ez amint már a fentiekben említettem a napi futópálya használatból addódik.

6.állomás	5.állomás						
Max zaj	ÁTLAG	Max zaj	Átlag	Szél seb	315-45	45-135	135-225
0,68708062	0,66217636	0,4958091	0,73592835				
75	52,8	75	57,5	4			160
74	50,5	72	57,3	4			160
69	48,9	75	55,9	4			170
75	48,2	75	58,6	5			190
77	49,9	71	57,8	5			160
82	51,1	70	58,2	5			200
85	50,2	78	58,6	7			170
78	49,3	78	58,7	8			160
87	50,6	77	59,1	10			180
86	54,7	85	58,5	9			170
79	49,9	81	57	8			180
86	49,1	88	57,9	8			210
84	51,7	67	57,1	8			190
80	50,4	69	56,7	10			170
75	54,4	68	57,6	10			180
84	50,1	73	58,7	10			180
78	51,2	74	58,7	10			180
80	51	70	59,4	9			190
76	53,2	79	59	8			180
85	52,2	72	58,7	10			180
87	52,7	69	59,1	10			170
90	52,2	71	58,1	8			160
86	51,8	80	59,9	8			160
86	52,2	84	59	9			170
88	53,4	70	58,7	8			180
86	49,7	69	57,9	9			170
86	54,9	71	57,5	7			140
88	50,2	71	59,3	6			140
86	50,3	71	57,8	5			140
76	49,1	71	55,6	6			160

11. ábra. A szélerősség vizsgálata szektoronként napi bontásban 06_16-án

A 11. ábra alapján a megállapítható, hogy a 3 szektor szerinti oldalszél esetén is az 5-ös monitor pont egyenértékű zajterhelése lesz a nagyobb.

Tehát az 1, 3 és 4 szektor szelei esetén is a 5-os monitor pont zajterhelése lesz a nagyobb, a kidolgozott zajcsökkentő eljárást figyelembe véve és a preferált futópálya használhatnak köszönhetően. A fizika törvényei alapján, 2-es szektorú szél esetén, 13L vagy 13 R irányú pálya használat esetén a fent említett megállapítások ellenkezője lesz igaz, mert akkor a szél a 5-ös állomás felől a 6-os állomás irányába fogja vinni a zajt.

Következő lépésként, hogy megállapítsam milyen erősségű szél van hatással a zajterjedésére, kiszűrtem azokat a napokat, ahol kapcsolatot találtam a zajterhelés és a szélerősség között. A 12. ábra szerinti megosztásban már külön-külön szélirány függvényében, szektoronként végeztem az adatok csoportosítását.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2	6. állom	5. állom	1szektor	2. szektor	3. szektor	4. szektor	5. szektor								
3	MAX	ÁTLAG	MAX	ÁTLAG	MAX	ÁTLAG	MAX	ÁTLAG	MAX	ÁTLAG	MAX	ÁTLAG	MAX	ÁTLAG	MAX
4	0.201349	0.140562	0.288856	0.343723	315.45	0.094701	-0.03395	0.109455	-0.09897	15.135	0.074283	0.127244	0.244365	0.481759	135.225
5	76	45	71	48,1	6	76	45	75	57,4	6	73	48,7	74	52,2	7
6	62	42,9	62	44,7	5	74	44,5	75	56,6	5	83	50,2	72	51,6	9
7	80	43,5	72	48,4	6	77	45,7	73	55,2	7	69	49,2	73	53,9	6
8	63	50,4	66	46,9	5	79	46,7	66	54,2	7	75	50,5	76	52,4	4
9	73	49,8	66	51,2	5	74	50	67	52,9	7	77	48,6	77	54,1	3
10	77	49,2	74	55,4	6	73	42	75	51,4	9	85	50,7	66	53,4	5
11	74	49,6	68	54,2	9	61	42,9	86	50,8	10	88	48,6	66	52,7	5
12	74	50,5	78	56	10	61	42,8	63	49,3	11	73	49,5	67	51,4	4
13	80	51,3	83	55,2	8	68	42	65	47,5	8	80	49,9	77	56,4	7
14	74	49,1	77	54,9	10	73	51,4	72	56,9	10	75	52,3	77	57,4	7
15	88	51,4	76	55,5	8	80	51,3	73	55,1	10	77	50,7	84	56,3	8
16	82	51,3	76	55,4	7	78	51,5	75	54,9	9	76	50,4	79	57,7	5
17	76	51,4	80	55,1	5	49,1	80	55,2	75	6	76	49,8	71	56,8	7
18	91	54,9	72	54,9	10	50,7	85	56,1	76	7	88	50,8	81	58,4	8
19	60	43,1	64	51,4	8	51,5	86	57,6	78	7	85	51,3	77	57,9	9
20	75	42,8	65	52,2	9	48,7	87	55,4	75	8	83	50,5	79	57,6	9
21	80	44,6	63	52,1	8	50,5	79	55	79	8	86	55,4	78	57,8	9
22	69	42	63	48,1	7	51,4	79	55	72	10	91	51,5	83	57,8	7
23	67	43,4	63	46,7	5	51,3	86	56,2	82	7	73	51,4	80	58,4	9
24	63	41,2	63	46,9	4	54,1	89	56,5	77	9	77	50,9	77	58,5	11
25	66	41,5	61	47,7	6	52,2	88	55,3	77	9	77	49,1	82	57,7	13
26	66	43,2	69	49,8	7	78	51,3	71	55,4	10	80	49,4	77	59,5	15
27	67	47,9	63	50,3	7	84	52,2	67	54,3	10	81	49,7	78	58,4	8
28	75	48,8	63	52,1	8	83	52,3	68	54,2	12	76	52,9	75	58,1	9
29	79	49,4	63	52,9	8	84	52,9	73	53,8	11	86	53,5	78	58,1	7
30	73	50,2	67	54,9	9	84	51,5	74	54,6	11	82	52,1	76	57,7	7
31	85	53,4	73	59,5	8	86	53,7	65	54,4	11	84	51,3	77	58,9	8
32	81	52,2	72	57,7	7	81	55,3	65	54,4	10	87	51,2	71	58,1	5
33	74	53,2	73	57	7	88	55	68	53,6	10	86	50,6	74	55	9

12. ábra. A szélerősség vizsgálata szektoronként

A 12. ábra szerinti csoportosításkor már csak a 6 m/s—os szélerősségtől vettem figyelembe szektorok szerint a zajterhelést. Majd korrelációs számítását végeztem szektoronként a maximális zajterhelés és átlagos zajterhelés kapcsolatát vizsgálva a szélerősséggel. Az előző vizsgálataim alapján már volt információ arról, hogy egy erősebb szelesek időben a korrelációs számítását elviszik negatív irányba a kisebb erősségű szelek. Ezért a következő esetekben, ahol már megfigyeltem legalább 13 m/s-os szélerősséget ott már csak 9 m/s –tól kezdtem el foglalkozni a szélerősséggel. Majd szűrőpróba szerűen folyamatosan hagytam el a kisebb erősségű szeleket minél nagyobb kapcsolatot keresve.

Vizsgálataim során rámutattam arra, hogy az esős idő általában növeli a környezet zajterhelését. Nagyon nehéz azonban leválasztani az egyes meteorológiai elemek hatását mivel azok szeszélyes el-

oszlásban egyszerre lépnek fel és hatásuk összegződik. A hangsebesség a hőmérséklettől és a szélről függ. A legdöntőbb hatások nyilvánvalóan a levegő hőmérsékleti rétegződésének sajátosságaiból származnak.

Vizsgálataim során továbbá rámutattam még arra is, hogy a Ferihegyi repülőtér a Ferihegyi repülőtér környezetében az ÉNy-i szélirány a domináns, ebből kifolyólag 5-ös mérőállomás egyenértékű zajterhelése lesz nagyobb, mert számos esetben a preferált futópálya, a 31 R vagy 31 L.

- zajt elfújja a szél.
- a napi maximális zajterhelés befolyásolja a napi átlagos zajterhelés alakulását.
- a magas páratartalom miatt a hang csillapítása kisebb lesz, és ha ehhez párosul még egy erősebb szél, amely befolyásolhatja a mozgó tárgyaknál a doppler hatást, az nagymértékben hozzájárul a zajterhelés alakulásához
- 9-11 m/s illetve az ennél nagyobb erősségű szél befolyásolja a zajterjedését a Ferihegyi Nemzetközi repülőtér környezetében.
- 1, 3 és 4 szektor szelei esetén is a 5-ös zajmonitor pont egyenértékű zajterhelése lesz a nagyobb, a kidolgozott zajcsökkentő eljárást a preferált futópálya használatot figyelembevév.
- A látástávolság és a szélerősség között közepes kapcsolatot egyetlen napon figyeltem meg.

Saját tapasztalataim és a Légiközlekedési Igazgatósághoz benyújtott panaszok egyértelműen azt mutatják, hogy a lakosságot a maximális zajterhelés és annak gyakorisága zavarja.

Azt tudomásul kell venni, hogy az Európai szabályozást a zajnak nem a maximális értékére, hanem az egyenértékre hozták meg a jogalkotók.

A repüléssel járó zajterhelés egyike azon urbanizációs zajártalomnak, amely modern életünk és az urbanizáció fejlődése kapcsán az egyéb előnyök élvezete mellett el kell viselnünk. A zaj az iparilag fejlett országokban növekvő környezeti terhelést okoz és hatásai elsősorban a légkör közvetítésével érvényesülnek. A szuperszónikus repülés, a korszerű rakéatechnika, műholdak felbocsátásakor és visszaérkezésekor felmerülő irányítástechnikai problémák új igényeket támasztanak a hang légköri terjedési sebességének minden rétegre és övezetre kiterjedő pontos feltérképezése és előrejelzése iránt.

A nagyobb távolságra terjedő hangok (repülőtéri- és közúti zajok, stb.) esetében a hatékony és gazdaságos védekezési módok kifejlesztése szükséges, amely a légköri akusztikával foglalkozó szakértők számára ad feladatokat.

Időjárástól függően javaslom a szélirány szerinti pályahasználatot. A két futópálya között nagy eltérések lehetnek, mert több kilométer egyes küszöböknek a távolsága egymástól.

A pálya használat esetében az egyik legfontosabb szempont maga a szélkomponens. Ez több órára, de esetleg több napra is meghatározza a felszállási leszállási irányokat.

Felszállási zajt erősen lehet csökkenteni, ha a szembeszél hatását figyelembe vesszük, mivel a repülőgép ugyanolyan teljesítménynél meredekebben emelkedik. Ezért felül kell vizsgálni azokat a meteorológiai tényezőket is, hőmérséklet, páratartalom, sűrűség, amelyeket figyelembe veszünk a később-

biekben felhasználható rövid távú zajövezetek számítására, amely mindenképpen a lakosság igazságosabb zajterhelését eredményezi.

Ugyancsak figyelembe kell venni a tervezhető légi jármű javításoknál a meteorológiai viszonyokat, mivel a hajtóművezés (karbantartási hajtóműpróba) szintén meteorológiai körülményektől függő. E miatt a meteorológiai viszonyok miatt szükségesnek tartom zajtompítás céljából külön hangár kiépítését.

Kialakult az a paradox helyzet, amely szerint a repülés fejlődése, teljesítményének növelése nemzetgazdasági érdek, ugyanakkor a lakossági ellenállás növekedése következtében a fejlesztések csak a csatlakozó környezetvédelmi beruházások megfelelő szintje mellett valósulhatnak meg a folyamatosan szigorodó környezetvédelmi előírások betartásával, miközben a lakossági tiltakozások is egyre növekednek az egyes pályák közvetlen környezetében lakók esetében a fel- és leszállások ellen. A repülőtér fel- és leszálló pályáinak környezete beépült. A beépített ingatlanok pálya – tengelyektől való távolsága Rákoshegy irányába kevesebb, mint 1500 méter, Vecsés irányába kevesebb, mint 3000 méter, Üllő irányába, kevesebb, mint 6000 méter Pest felé, kevesebb, mint 3000 méter.

Áttekintve a repülőtér környezetének településszerkezetét, olyan pályahasználatot javaslok, ahol az érintett lakosságnak napi repülési zaj mentes időszakai alakíthatóak ki, illetve alacsony forgalmú időszakokban olyan megközelítési eljárások bevezetésében érdekelt, amelyek lehetőség szerint lakott területeket nem érintenek.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] DR. BUDÓ ÁGOSTON - DR. PÓCZA JENŐ (1962): Kísérleti fizika. Tankönyvkiadó, Budapest 342 p. 346 p. 348 p.
- [2] ICAO ANNEX 3. (2007) International Standards and Recommended Practices, Meteorological Service for International Air Navigation
- [3] ROHÁCS J. (1994): A légi közlekedés hatása a környezetre. Budapest, OMIKK, 6 p., 10-11 p.
- [4] TARNÓCZY T. (1984): Hangnyomás, Hangosság, Zajosság, Akadémia Kiadó, Budapest 33-35 p.
- [5] SOMOGYI R (2004): Légiközlekedés zajmennyiségek mérése, számítása és értékelése. Diplomamunka 14 p. 18p.



Csuka Antal

IRÁNYÍTOTT ENERGIÁJÚ FEGYVEREK HULLÁMJELENSÉGEINEK MODELLEZÉSE ÉS SZÁMÍTÓGÉPES SZIMULÁCIÓJA

A jövő különleges fegyvereinek kutatása, fejlesztése stratégiai fontosságú kérdés a legtöbb fejlett iparral rendelkező országban, ahol ennek a feltételei évtizedek óta adottak. Olyan nagyhatalmak esetében, mint Oroszország és az egykori Szovjetunióból kivált néhány fejlettebb egykori tagállam, valamint Egyesült Államok, Nagy-Britannia, Kína, Németország, Franciaország, Japán, az ilyen kutatásoknak hagyományai vannak. Az Egyesült Államok kimondottan vezető szerepet tölt be, ezen a téren. Az irányított energiájú fegyverek fejlesztésének üteme semmi mással sem hasonlítható össze.

Figyelemre méltóak azok a fizikai jelenségek és alapelvek, amelyek által ezek a fegyverek a célfelületen kifejtik a hatásukat. Elektromágneses és akusztikus hullámok, atomi töltött és semleges részecskék, és ezek útján közvetített energia. Különlegességükhöz, a fizikai elveken kívül, több minden is hozzájárul. A hullámjelenségek fegyverként való felhasználásából következik, hogy kizárólag különleges és nagy teljesítményű hullámkeltők jöhetnek szóba. Hatásuk tanulmányozása és működésük ellenőrzés alatt tartása elképzelhetetlen a számítógépes szimuláció nélkül. Az informatika és számítástudomány a kezdetek óta jelen van ezekben, a fejlesztésekben és hatékonyan szolgálja az ott folyó fejlesztőmunkát. A számítógépes modellezés emellett biztosítja a költség- hatékony fejlesztést is. Belátható időn belül a prototípusgyártás és műszeres mérés teljesen kiszorul és a virtuális mérés, szimulációnak egyeduralma megdönthetlenné válik. A szimulációnak a kutatásfejlesztő, támogató hatása mellett további más előnye is van. Kibővíti az informatikai hadviselés fogalmkörét, integrálja több tudományterület kutatásának eredményeit és egyben tervezhetővé teszi ezeknek, a fegyvereknek a bevetését a közeljövőben. Az informatika eszközeinek műveleti sebessége ma lehetővé teszi azt, hogy valós idejű szimulációról (**RTS- Real Time Simulation**) beszéljünk. A hullámjelenségek (akusztikus, elektromágneses) szimulációja erre a célra készült programok segítségével végezhető el. Ma nagyon sok olyan fejlesztőcég és vállalkozás létezik, amelyek fő profilja az ilyen programok gyártása és fejlesztése. Ez a fajta tevékenység mára valóságos iparággá nőtte ki magát. A kínálat zavarba ejtően nagy. A megvásárolható szimulációs programok sajnos nem tartoznak a legolcsóbbak közé. A világháló egyike azoknak az információs csatornáknak, amelyen keresztül ezek a programok megrendelhetők és beszerezhetőek. Ritkán van értelme, azonban akkora beruházásnak, mint amilyent igényel egy ilyen program beszerzése. Többnyire intézmények engedhetik meg maguknak ezt a luxust, mivel az árak nagyon magasak. Van azonban más megoldás is. Cikkem tárgyát képezi annak bemutatása, hogy milyen lehetőségek jöhetnek szóba, mire kell felkészülnie annak aki, ma a hullámjelenségek szimulációjával szeretne foglalkozni. Röviden kitérek

arra, hogy milyen célszoftverek és általános célú felhasználói programok léteznek, amelyek erre a célra felhasználhatók. Részletesebben csak a MatLab-val foglalkozok. A MatLab alkalmas a hullámjelenségeket leíró differenciálegyenletek feldolgozására, a megfelelő egyenlet-transzformációkat követően. Mint segédprogramot használhatjuk szimulációs célra, de létezik külön ilyen funkciója is. Csak röviden van lehetőségem megemlíteni, hogy milyen más szolgáltatásokat kínál ez a sokoldalú program. A cikkem utolsó harmadában foglalkozok röviden a szimulációs program írásának kérdésével. Ott a hangsúly a hagyományos eszközök használatán lesz, amit azért is tartok fontosnak, mert ez a megoldás kínálja a legtöbb sikerélményt mindamelllett, hogy időigényes, felkészültséget és programozói gyakorlatot igényel. Nem a program megírásnak technikájával szeretnék itt elsősorban foglalkozni, hanem azokkal a metódusokkal, amelyekkel a hullámjelenségeket leíró differenciálegyenletekből a számítógép által feldolgozható algebrai egyenletek nyerhetők.

A MatLab-ban nagyon egyszerűen végrehajthatók azok a modellezések, amelyek trigonometriai függvényekkel megadhatók és leírhatók. Ezek az eljárások teszik lehetővé azt, hogy gyakorlatilag bármilyen természettudományos jelenséggel összefüggő feladat megoldható és adaptálható legyen a PC-s virtuális környezetbe. Cikkem szűk keretein belül mindenből csak néhány fontosnak vélt részletet tudok kiemelni, aminek főként gyakorlati jelentősége lehet nagy, és ami bízom benne, hogy útmutatóként szolgálhat ahhoz, hogy átfogó képet kapjunk, hogy mire is vállalkozunk egyik vagy másik esetben. A programtervezés nehézségei és buktatói ennek a munkának mindenkori velejárója és sajátossága.

Mire használhatók az elektromágneses hullámok szimulációjára alkalmas egy-kettő ill. háromdimenziós számítógépes programok? Egydimenziós programok alkalmasa a közegek határán fellépő jelenségek vizsgálatára, úgymint a behatolás mélysége, visszaverődés, stb. Pontosan meghatározhatóak a mérések alapján, hogy milyen hatást gyakorolnak, amit ismerni kell a „hullámfegyverek” estében. A kettő és háromdimenziós modellek ezt még szemléletesebbé teszik.

SZÁMÍTÓGÉPES SZIMULÁCIÓ ÉS MODELLEZÉS

Nem létezik olyan tudományterület, ahol a számítógépes szimulációnak ne lenne kiemelt jelentősége és szerepe napjainkban. A szimulációs eszközök a '70-es évek közepe óta látványosan fejlődnek, mára képessé váltak arra, hogy a műszaki tudományoktól a gazdasági életen át minden olyan folyamatot modellezhetővé tegyenek a virtuális térben, ami megfogalmazható és leírható a matematika nyelvén. Csak néhány szakterületet említek meg ezek közül, amelyek esetében a számítógépes szimulációnak kiemelt jelentősége van: biotechnológia, műszaki tudományok, logisztika, mezőgazdaság, stb.¹

¹ Biotechnológiai rendszerek: <http://www.winsaam.com/>
Mezőgazdasági termelés előrejelző: <http://www.apesimulator.it/>
Műszaki: <http://www.lmsintl.com/Imagine-Amesim-1-d-multi-domain-system-simulation>
Mesterséges élet- intelligencia: <http://alife.org/links.html>, <http://www.framsticks.com/>
Kockázat becslő és elemző: <http://www.simularsoft.com.ar/>

Az informatika gyors ütemű fejlődésének köszönhetően a dinamikusan fejlődő „hardver platformon”, egyre komplexebb eljárásokat használó virtualizáció egyre több szolgáltatást kínál, és hatásosan hozzájárul a szimulációs programok fejlesztéséhez. Egy bonyolult kapcsolat, amiben a fejlődő szoftvertechnológiai megoldások biztosítják azt, hogy a hardverelemek lassúbb ütemű fejlődése ne lehessen akadálya annak, hogy a növekvő erőforrás igényű felhasználói programokat használatba lehessen venni. A szimuláció egyike azoknak az eljárásoknak, amelyeknek az erőforrásigénye esetenként nagyon nagy lehet és továbbfejlesztésüknek komoly akadálya lehet az, ha a hardver nem fejlődik megfelelő ütemben. Ezen segít újabban a virtualizáció, ami nem egyéb, mint a gépi erőforrások jobb kihasználásának programtechnológiai megvalósítása. A szimulációnak kulcsfontosságú szerepe van a küszöbön álló műszaki és technológiai reformban²³.

A számítógépes szimuláció előnyei és hátrányai

A szimuláció mellett felsorakoztatott néhány, igen komoly érvet fontosnak tartok megemlíteni:

- hibatűrő rendszert eredményez;
- a beruházás költsége kisebb;
- alkalmazásával a fejlesztési idő jelentős mértékben lecsökken.

Legfőbb hátrányaként szokták emlegetni azt a riasztó szám adatot, ami ma a számítástechnika fejlődésének köszönhetően sokat változott. Mégis érdemes megismerni, mert a mai statisztikai adatokkal összevetve, jól érzékelteti, hogy milyen gyors ütemű fejlődésnek lehetünk a tanúi.

A Wisconsin kísérletről van szó, ami azt mutatta ki, hogy a szimuláció esetében hozzávetőleg 10 000-szeres sebességcsökkenéssel kell számolni a valós idejű folyamatokhoz képest. Ez azt jelenti, hogy egy 1 perces valós idejű esemény hozzávetőleg 7 nap szimulációs időnek felel. Egykor ez komoly problémát jelentett, amikor még szóba sem jöhetett a valós idejű jelfeldolgozás és szimuláció. Ez ma már a múlté, a gépi erőforrások gyors növekedésének köszönhetően. A valós idejű szimuláció feltételei ma adottak ugyan, de ez alatt gyakran nem azt értik, amit valójában jelent. Érdemes megjegyezni, hogy bizonyos késleltetéssel minden esetben számolni kell, hiszen végtelenül nagy műveleti sebességről nem beszélhetünk. Jobb esetben is csak olyan szimulációs eljárásról lehet szó, amely esetében az eredmények változatlan késleltetéssel kinyerhetők. A „valós idő” alatt is mást kell érteni, hiszen nem ugyanazt jelenti, mint a valós idejű analízis esetében gyakran emlegetett valós idejű feldolgozás. Gyakran felmerülő kérdés, hogy mennyire tekinthetőek hitelesnek a szimuláció során nyert eredmények. A vélemények megoszlanak, és gyakran képezik vita tárgyát. Többféle eljárás létezik, amelyek a hibák korrekcióját igyekeznek megvalósítani, de ma még egyik sem tekinthető tökéletesnek. Külön kutatás tárgyát képezhetnék azok az eljárások, amelyekről a felhasználó semmit sem tud, de évtizedek óta komoly feladat elé állítják a matematikusokat. Ezek a nehézségek a folyamatos, analóg jelek, digitalizálása, vagyis diszkrét jelekké történő alakítása nyomán merülnek fel.

² JÉKI LÁSZLÓ: Megállapodás az ITER felépítéséről - Fizikai Szemle. 55/8 (2005) 296. old.

³ <http://tech.transindex.ro/?hir=5474> (2009.02.02.)

A hibarány csökkentése csak úgy lehetséges, ha részletekbe menően ismertek a folyamatok háttérében meghúzódó fizikai jelenségek és tudni lehet, hogy a matematikai modellek mennyire pontosan írják le azokat. [2]

A számítógépes modellezés és szimuláció fejlődése

A hardver fejlődésével egyidejűleg, a tudományos számítások elvégzésére alkalmas programeszközök is sokat fejlődtek. Az első ilyen programnyelv a Fortran volt. A Fortran 1950 óta⁴, a C programozási nyelv 1960 óta a mai napig használható a szimulációs programok készítéséhez. Ebből következik az, hogy olyan eszközökről van szó, amelyek figyelmet érdemelnek. A Fortran utolsó változata 1995-ben jelent meg, ez volt a Fortran 95. Egyfajta divatiránzatnak is tekinthető JAVA, XML csak az utóbbi években jutott komolyabb szerephez, alapja egyébként is a C++ programozási nyelv, tehát „nem esett messze az alma a fájától”. Fél évszázadnak kellett eltelnie ahhoz, hogy a számítógépes szimuláció azokat az eredményeket hozza, amelyeket ma ismerünk. A XIX. század közepe óta ismertek és azok a differenciál és integrál egyenletek, amelyekkel akadálytalanul leírhatók a legkomplexebb fizikai folyamatok is. Gondolok itt a Maxwell egyenletekre (1864). Ezekből, az egyenletekből származtathatók a hullámjelenségeket leíró differenciál egyenletek. Az 1950-ben kidolgozott FORTRAN programnyelv az a szoftver, amelyik egyedülállóan alkalmas volt már akkor is a tudományos számítások elvégzésére. 1960-ban megjelent az első didaktikai célú szimulációs szoftver is. Ezt egy nagyon lassú és látszólag vontatott fejlődés követte, akárcsak az irányított energiájú fegyverek esetében. Érdekes a párhuzam. Csak 90-es évek eleje óta van szerepe a szimulációnak és modellalkotásnak a műszaki fejlesztésekben. Fél évszázad múltán a szimuláció még mindig „a kiváltságosok” eszköze, azoké, akik ma ennek az árát képesek megfizetni. A fegyvertechnológiai fejlesztések számítógépes szimuláció nélkül, ma nem képzelhetők el. Alkalmazásuknak szükségességét gazdasági, politikai és társadalmi tényezők egyaránt befolyásolják. Ezek közül csupán egy a költség-hatékony megoldások alkalmazása. A számítógépes szimuláció fontos eszközzé vált az irányított energiájú fegyverek működésének a modellezésében. Alkalmazásának igénye több mint három évtizede megfogalmazódott, azonban ennyi időre volt szükség, ahhoz, hogy a számítástudomány, programozás technika olyan módszereseket dolgozzon ki, amelyekkel végrehajthatók lettek a differenciál és integrál egyenletek transzformációi. Ezek a módszerek és eljárások ma a jól ismert; Fourier, Laplace, Z transzformációk.

A matematika, ha nem is gyors ütemben és túl látványosan, de fejlődik és fejlődésre kényszerült az utóbbi években is, amikor olyan programozás technikai módszereseket dolgoztak ki a fejlesztők, amelyek ma a korszerű objektumorientált programozás alapját képezik.

⁴ <http://www.sdynamix.com/> (2009.03.07.)

A hullámjelenségek számítógépes szimulációja

Az irányított energiájú fegyverek működését leíró hullámjelenségek szimulációjának lépései az alábbiak szerint foglalhatók össze:

- a szimuláció tárgyának meghatározása;
- feladat megfogalmazása;
- szimuláció eszközeinek a kiválasztása;
- matematikai modell megalkotása;
- transzformációk végrehajtása;
- programozás, kódolás;
- hibaellenőrzés;
- szimulációs eredmények kiértékelése.

A szimuláció tárgyának meghatározása

A feladat megfogalmazását minden esetben megelőzi annak a tárgyára vonatkozó elemzés és vizsgálat. Esetünkben el kell dönteni, hogy milyen folyamatokat, jelenségeket kívánunk vizsgálni a számítógépes szimuláció eszközeivel. Más egyenletekből kell kiindulni és matematikai transzformációs metódusokat kell alkalmazni, akkor amikor az elektromágneses, vagy akusztikus hullámok szabadtéri hullámterjedésének a vizsgálata a feladat és egészen másokat, amikor a hullámok más körülmények közti viselkedését kell vizsgálni, úgy mint a rezonátorok, hullámvezetők esetében.

A nagyenergiájú hullámkeltő eszközök, HPM (*High Power Microwave*) csövek szimulációs kísérletei az 1962-es évekig nyúlnak vissza (*Dawson munkássága*)⁵. Ekkor dolgozták ki a részecske és cella alapú szimuláció alapjait, amit ma PIC (*Particle- In- Cell*) szimuláció néven ismerünk. Ez a szimulációs eljárást szokták a HPM források folyamatainak teljes fizikai leírásnak, vagy modellezésnek is nevezni. A '90 évek első felében megvalósult ezeknek, az eszközöknek a 3D-s szimulációja is. Külön hivatal alakult, ami ezt a projektet felvállalta, „DoD's High Performance Computing Modernizations Office's Challenge Project”, a rádiófrekvenciás fegyverek virtuális prototípusainak a kidolgozásával volt megbízva. [3] Két módszer, eljárást alkalmaznak a leggyakrabban a HPM hullámkeltők szimulációjánál. Az egyik a korábban említett PIC szimulációs eljárás, ami a Vlasov – Maxwell egyenletrendszer speciális alkalmazásán alapul. A másik a parametrikus kódok alkalmazása, ahol eszköz specifikus egyszerűsített hipotézisek szolgálják a pontos és gyors értékbecslést, a működést leíró egyenletekben. A HPM modellezéssel foglalkozó szakemberek, ellentétben azokkal, akik a vákuncsőves technológiával foglalkoznak, ma leginkább a PIC modellezést alkalmazzák. [4]

A szimuláció eszközének a kiválasztása

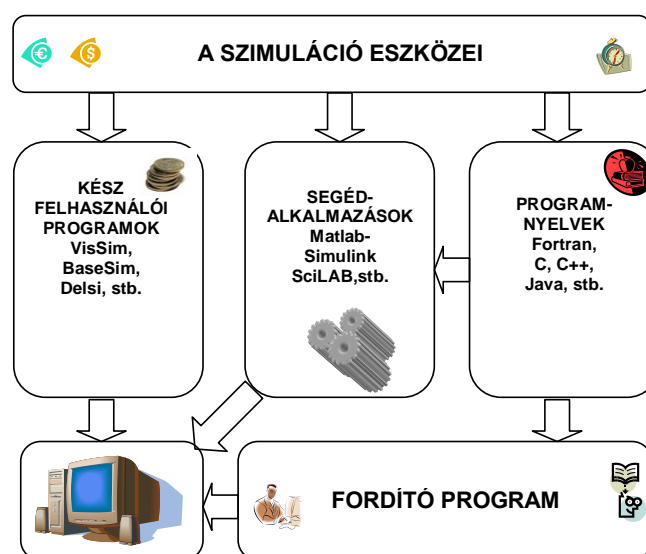
A szimuláció eszköze alatt azt az alkalmazást, felhasználói programot értem, amely alkalmas a vizsgált fizikai jelenség, folyamat virtuális gépi megjelenítésére, modellezésére. Ilyen felhasználói

⁵ IEEE Transactions on Plasma Science, Special Issue on High Power Microwaves, 1998.

programokból a kínálat ma nagyon nagy, attól függően, hogy éppen mire is van szükség, és milyen feladatot kell ellátnia. Célnak megfelelő programot mégsem könnyű olykor találni és esetenként eldönteni sem egyszerű, hogy a például a hullámegyenletek gépi feldolgozásához és szimulációjához, hogy milyen eszközt vegyünk igénybe. Ennek eldöntésében segíthet az 1.ábra. A szóba jöhető megoldásoknak három formáját mutatja be az ábra. Az első megoldás a legkényelmesebb az összes közül. Ha létezik a célnak megfelelő, készen megvásárolható szoftver, akkor annak beszerzése csak a megfizethetőségén múlik. Ha mégsem kapható készen, akkor egészen biztosan akad olyan programfejlesztő cég, amelyik rövid határidővel vállalja az elkészítését.

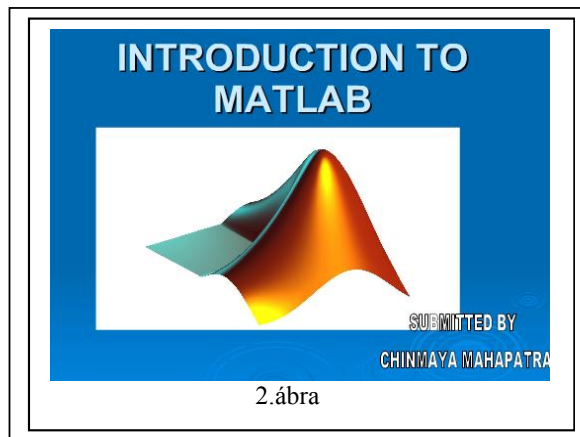
A szimulációs programokat készítő cégek közt nagy múltú vállalkozások is akadnak szép számban, ilyen a VisSim, az iBright, Mesquite, Cedrat, stb. A Cedrat az egyike azoknak, amelyek a szupravezetők alkalmazásának modellezésével is foglalkozik, többek között. Látszólag mindenre van megoldás, legalábbis ezt sejteti a bő kínálat. A kifejlesztett alkalmazások látványos kezelőfelülete és kényelmi megoldásai azonban elfedik a lényegét, azokat az eljárásokat, módszereket, amelyeket csak a programfejlesztő és gyártó ismerhet. Nehezen lehet elképzelni olyan folyamat, amihez ne lehetne szimulációs programot vásárolni, vagy készíteni, mivel ma ehhez minden eszköz adott, és mindenhez létezik megfelelő matematikai, leíró módszer. A folyamatok modellezése még akkor sem ennyire egyszerű. Szimulációs programokhoz ezen kívül más módon is hozzá juthatunk. Vizsgálatom tárgyát kizárólag a legális megoldások képezik.

A második megoldás olyan „segédalkalmazás”, használatát jelenti, amelyik alkalmas arra, hogy a saját grafikus keretrendszerébe illessze, a programozás eszközeivel elkészített forráskódot az ismert programozási technikák (nyomkövetés, fordítás, linkelés) használata nélkül, és közvetlenül feldolgozza, majd megjelenítse az eredményt.



1. ábra

Egy ilyen program rendszerint alkalmas arra, hogy feldolgozzon megfelelően paraméterezett matematikai függvények. Ilyen programok egyike a Mathworks Inc. által kifejlesztett MatLab.

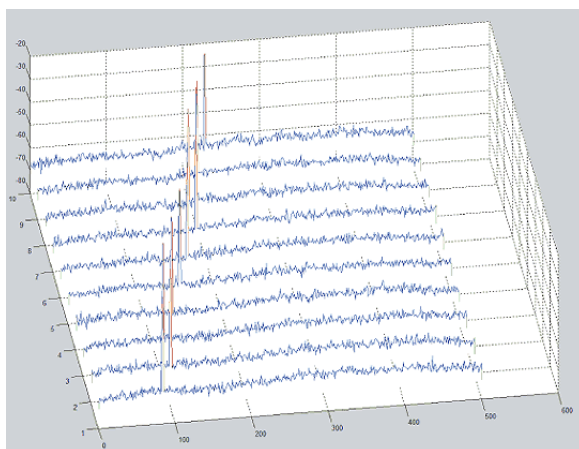


2.ábra

A 2. ábrával szeretném érzékeltetni, hogy egy olyan professzionális, sokoldalú programról van szó, amilyen nem sok van ebben a kategóriában. Csakúgy, mint a legtöbb professzionális grafikus tervező és modellező program, a MatLab is több modulból áll, amelyekből kiválasztható a célnak legmegfelelőbb. Hullámegyenletek

feldolgozására és szimulációjára is kiválóan alkalmas. Alkalmas matematikai műveletek elvégzésére és az eredmények grafikus megjelenítésére (lineáris algebra, mátrix műveletek, egyszerű számítások, stb.), használható továbbá algoritmusok fejlesztésre, modellezés- szimuláció –prototípuskészítésre, adatok analízisére és feldolgozására- megjelenítésére, tudományos számítások grafikus megjelenítésére, alkalmazásfejlesztés- felhasználói grafika interfész készítésére.

A moduljai által ma már képes képfeldolgozásra, mérési adatok feldolgozására és kiértékelésére, írásanalízis, stb. Sokoldalúságát, azt hiszem jól érzékelteti a 3. ábrán látható, többcsatornás RF mérés adatainak „waterfall” típusú megjelenítése⁶. Nem az ábra minőségén van a hangsúly a 2. ábrával összehasonlítva, hanem a mellette látható forrásprogram egyszerűségén. Bármennyire hihetetlen ezzel a néhány soros programmal hozható létre az a ciklus, amelyik elvileg egy interfész 10 bemenetén érkező jeleket beolvassa, és grafikusan megjeleníti. A MatLab nemcsak egydimenziós szimulációra alkalmas, hanem kettő, sőt háromdimenziós felületek is létrehozhatók a segítségével. Egy háromdimenziós színes hálómodellre láthatunk példát a 4. ábrán.



3.ábra

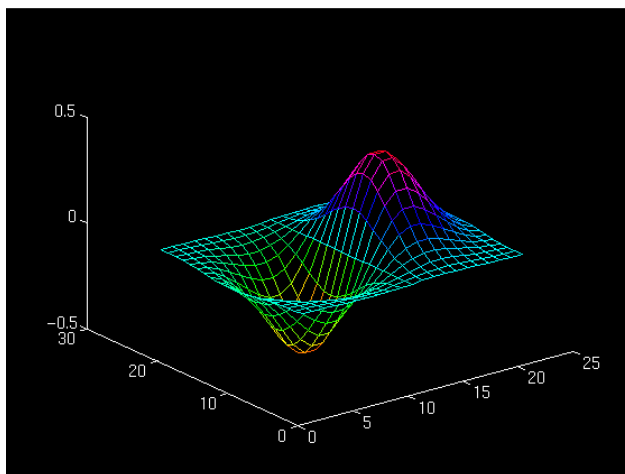
```
for i=1:10
    Tracedata(i,:)=Trace1;
    pause(0.1);
end
waterfall (Tracedata);
```

⁶ http://www.mwrf.com/Files/30/8091/Figure_01.gif

A Matlab egy keretrendszer, amiben saját utasításaival megírt programot illeszthetünk, és azt képes futtatni a program éppen úgy, mint egy programozási nyelvben megírt program. Kezelése viszont jóval egyszerűbb. Képes más programok paramétereinek átvételére és feldolgozására is. Az 1. ábrán látható egyirányú nyíl ezt a kapcsolatot fejezi ki. A Matlab még mindig kevesebbe kerül, mint a legtöbb szimulációs „célszoftver”. Licenc köteles programról van ugyan szó, de létezik ennek a „beta student” változata is, ami ingyenesen letölthető. Felhasználói, ingyenes licenchez is hozzá lehet jutni, bizonyos megkötések és korlátozások mellett⁷. Esetünkben az ingyenes próbaverzió kielégítő megoldást jelent, mert tartalmazza mindazokat a funkciókat, amelyek szükségesek a hullámegyenletek feldolgozásához és azok grafikus ábrázolásához.

Akusztikus hullámok egydimenziós analízise MatLab-val

A MatLab alkalmassá tehető az FDTD⁸ algoritmusok közvetlen feldolgozására és végrehajtására is. Egyszerűbb esetben erre nincs feltétlenül szükség, mert trigonometriai függvények felhasználásával az egyenletek előállíthatók. A jelenséget leíró differenciál egyenletek feldolgozásához egyik lehetőség az FDTD metódus és transzformáció.



4. ábra

Példa a $z(x,y)$ kétváltozós függvény ábrázolása MatLab-ban:

$$z(x,y) = x \exp(-x^2 - y^2)$$

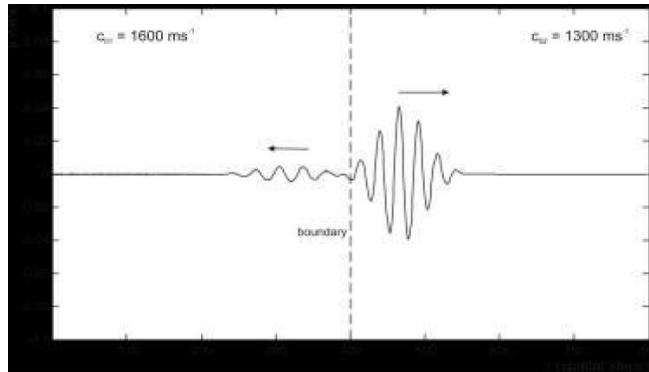
Megadásának formája a MatLab-ban:

```
>> [x,y] = meshdom(-2:.2:2, -2:.2:2);
>> z = x .* exp(-x.^2 - y.^2);
>> mesh(z)
```

Az FDTD módszernek, csakúgy, mint más transzformációs eljárásoknak van egy nagy hátránya, nevezetesen az, hogy a memóriaiigénye nagyon nagy lehet, amikor egy háromdimenziós mátrixot egybe tölt be a memóriába a determináns kiszámításához. Hátránya mellett számtalan előnye is ismert, de ezek részletes ismertetésére jelen cikkem keretein belül nem vállalkozhatok. Egy példán keresztül szeretném röviden bemutatni, hogy miképpen használható a MatLab a hullámformák, ezen belül is egy akusztikus hullám szimulációjához (5. ábra).

⁷ <http://castingoutnines.wordpress.com/2006/11/10/free-beta-of-matlab-student-version-for-intel-macs/>
http://www.mathworks.com/academia/student_version/ (2009.03.08.)

⁸ **FDTD**- *Finite Difference Time Domain*



5. ábra

Itt egy „egydimenziós” szimulációra láthatunk példát, ahol egy $P_0=100\text{kPa}$ hangnyomással keltett 1MHz-es hullám reflexiója és tovaterjedése figyelhető meg, két egymástól eltérő törésmutatójú közeg határán. Megfigyelhetők a másodrendű és harmadrendű felharmonikusok megjelenése. A program alkalmas nemlineáris közegben terjedő hullám modellezésére is, ahol vizsgálhatók a felharmonikusok energiájának a növekedése is. Sok más lehetőséget is kínál. A MatLab segítségével egy hatékony és könnyen kezelhető szimulációs programhoz juthatunk.

Szimulációs program készítésének alapjai

A harmadik megoldás, amivel szimulációs programhoz juthatunk, az a program megírása. A programnyelv kiválasztásának szempontjait én nem tartom annyira fontosnak, ezért részletesebben nem is akarok ezzel foglalkozni. Szimulációs programunk megírásához, véleményem szerint, még mindig kiválóan használható a legtöbb, elavultnak vélt programnyelv. Hogy éppen mit kényszerülünk használni, azt sokkal inkább a fejlesztőkörnyezet határozza meg. A program írásához használható a FORTRAN programnyelv is, ha nem félünk az egyébként megalapozatlan kritikától. A FORTRAN-nak létezik WinXP felületen futó változata is⁹. De éppen olyan jól használható erre a célra a C++ is, akár csak a divatosnak tekintett JAVA programnyelv. A program írását, azaz kódolását megelőzően szükség van a feladat matematikai modelljének megalkotására. Az elektromágneses hullámok differenciálegyenletekkel vannak leírva, esetenként integrátorokkal, de előfordul az is, hogy integrál minimalizálással (pl. a jel energia integrálja). Az időben folyamatosan változó, hullámjelenségek leírására szolgálnak a Maxwell egyenletekből levezetett hullámegyenletek. Ezekből, az egyenletekből kiindulva, azok általános, vákuumra érvényes alakjából, amennyiben töltések nincsenek jelen, azaz $\rho=0$, és áram sem folyik $j=0$, akkor a következő egyenleteket kapjuk:

$$\text{rot}H = \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}, \quad \text{rot}E = -\mu_0 \frac{\partial H}{\partial t}, \quad \text{div}H = 0, \quad \text{div}E = 0. \text{ egyenleteket kapjuk.}$$

A tér és időváltozó szerinti egyenletek egydimenziós alakja a következőképpen néz ki:

⁹ <http://www.star.le.ac.uk/~cgp/fortran.html> (2009.02.04.)

$$\frac{\partial E_x}{\partial z} = -\mu \frac{\partial H_y}{\partial t}, \quad -\frac{\partial H_y}{\partial z} = \varepsilon \frac{\partial E_x}{\partial t}. \quad (1)$$

ahol, E és H egymásra merőleges vektorok.

Kétdimenziós modellhez négy, háromdimenziós modellhez összesen hat egyenletre van szükségünk.

Ezek a következők:

$$\begin{aligned} \frac{\partial H_x}{\partial t} &= \frac{1}{\mu} \left(\frac{\partial E_y}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial y} \right), & \frac{\partial H_y}{\partial t} &= \frac{1}{\mu} \left(\frac{\partial E_z}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial z} \right), & \frac{\partial H_z}{\partial t} &= \frac{1}{\mu} \left(\frac{\partial E_x}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial x} \right), \\ \frac{\partial E_x}{\partial t} &= \frac{1}{\varepsilon} \left(\frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z} \right), & \frac{\partial E_y}{\partial t} &= \frac{1}{\varepsilon} \left(\frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x} \right), & \frac{\partial E_z}{\partial t} &= \frac{1}{\varepsilon} \left(\frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} \right), \end{aligned} \quad (2)$$

Differenciál egyenletek nem tudunk kódolni, nem tudunk belefoglalni a program forráslistájába. Látható, hogy a hullámjelenséget leíró függvények folyamatos független változók értékétől függenek, amiből következik, hogy végtelen sok értéket vehetnek fel. A nehézséget éppen ez jelenti, hogy a számítógép csak olyan sorozatokkal tud dolgozni, amelynek véges számú elemei vannak [5].

Az elektromágneses hullámok differenciál és integrál egyenleteit (Maxwell egyenletek) végtelen elemszámú sorozatok írják le, valós változók esetében. Következésképpen szükség van azok transzformációjára. A transzformáció során nyerhetők azok az algebrai egyenletek, amelyek viszont már kódolhatók, és amelyekre épülhet a gépi program. A programozás, programkészítés részével a cikkem jelenlegi keretein belül nem kívánok foglalkozni, mert az éppen olyan programozói feladat, mint más diszkrét értékek feldolgozására alkalmas program megírása. Addig is, ameddig ezekhez a diszkrét értékekkel dolgozó egyenletekhez eljutunk, végre kell hajtani az említett transzformációkat. Nagyon sok transzformációs módszer közül választhatunk, de ezek közül csak kettőt említek meg, mert ezek a leggyakoribbak:

- véges differenciál (Finite Difference),
 - o determináns : üregrezonátor egyenleteinek megoldása,
 - o Laplace egyenlet: hullámvezetők egyenleteinek közelítő megoldása,
- véges elem (Finite Element).¹⁰

A véges differenciál módszer alatt az FDTD (Finite Difference Time Domain) eljárás értjük. Az összes közül ez a leggyakrabban alkalmazott transzformációs eljárás. Ezt a modellalkotási eljárást Yee dolgozta ki 1966-ban¹¹. A legegyszerűbb módszernek tekinthető, aminek segítségével megoldhatók a Maxwell egyenletek. Kizárólag lineáris egyenletek feldolgozására alkalmas, passzív áramköri elemek esetében ez nem is jelenthet problémát. Abban az esetben, ha nemlineáris egyenletek megoldására kényszerülünk, akkor használni kell a különféle iterációs eljárásokat [6]. Az iterációs eljárások pontatlanabb módszerek, ami nagyszámú művelettel és további „gépi erőforrások” lekötésével jár.

¹⁰ http://en.wikipedia.org/wiki/Finite_element_method

¹¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Finite-difference_time-domain_method

Ezért kerülnek sokkal többe a szupravezetők működését modellező, nemlineáris függvények kezelésére is alkalmas szimulációs programok. De ez csak egy kiragadott példa, a sok közül.

A matematikai modell alapját képező differenciál és integrál egyenletek, más- más formát öltenek, és más metódusok szerint kerülnek feldolgozásra akkor, amikor szabad térben terjedő hullámokról van szó és egészen mást metódus szükséges akkor, amikor a zárt térben való viselkedésüket kell vizsgálni. Lássuk, miképpen jutunk el az algebrai egyenletekhez. Az egyszerűség kedvéért az „egydimenziós” módszerrel folytatom, amelyben a hullámegyenlet összevont formája a következőképpen néz ki:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 E}{\partial x^2},$$

Ezt az alakot az (1) egyenletek átrendezésével, négyzetre emelésével és a

$$c_0 = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

bevezetését követően kapjuk, ahol a c_0 a hullám terjedése az ϵ_0 permitivitású és μ_0

permeabilitású vákuumban.

Az egyenletnek két megoldása van. Ezek közül az egyik hullám pozitív irányba halad. Diszkrét változókat tartalmazó egyenlete a következőképpen néz ki:

$$E(x, t) = E_1(x - ct) + E_2(x + ct)$$

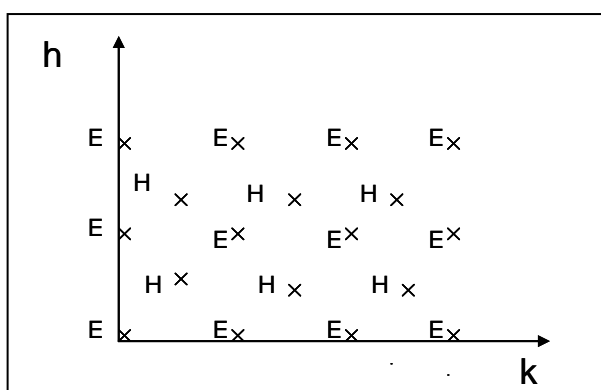
A jobb oldalon álló két függvényt a peremfeltételek és kiindulás feltételek határozzák meg.

A cellákban bevezetve a $h = \frac{x}{N}$ összefüggést, ahol N a cellában alkalmazott osztások száma, kapjuk a

tér egységeket (kvantumokat), majd időben is elvégezve ugyanezt és bevezetjük a δ idő egységet, akkor felírható a következő egyenlet, amelyben az $E(k, n)$ a térváltozó diszkrét alakja.

$$\frac{E(k, n+1) - 2E(k, n) + E(k, n-1))}{\delta^2} = c^2 \frac{E(k+1, n) - 2E(k, n) + E(k-1, n)}{h^2}$$

Az 6. ábrán egy elektromágneses hullám mágneses és sztatikus terének síkbeli eloszlása látható, aminek alapján átírhatjuk, transzformálhatjuk a (1) differenciálegyenleteket.



6. ábra

Egy egységnek tekintve két erővonal közti távolságot, felírhatók a következő parametrikus egyenletek:

$$\frac{E(k+1, n) - E(k, n)}{h} = -\mu \frac{H(k+1/2, n+1/2) - H(k+1/2, n-1/2)}{\delta} \quad \text{és}$$

$$-\frac{H(k+1/2, n+1/2) - H(k-1/2, n+1/2)}{h} = \varepsilon \frac{E(k, n+1) - E(k, n)}{\delta}.$$

Megkaptuk a differenciál egyenletek algebrai alakját. Ez a két egyenlet az „egydimenziós” elektromágneses hullám szimulációs programjához szükséges két alapegyenlet, ahol az időegységeket δ , a léptéket vagy téregységet a h változó jelképezik.

Kettő, illetve háromdimenziós hullám (felület) szimulációs programjához csakúgy, mint a (2) egyenletrendszer esetében négy, illetve hat algebrai egyenletet fogunk kapni. Kezdeti feltételek megadásával, az egyenletben szereplő változók ciklikus értékadásával kirajzolhatóak a görbék. Felületek hálómódelből néhány programozási technikával (élek elrejtése), létrehozhatóak.

Összegzés

A cikkemben összefoglaltam, hogy milyen lehetőségünk van arra, hogy a számítógépes szimuláció eszközeivel vizsgálni tudjuk az irányított energiájú fegyverek működésének alapját képező hullámjelenségeket. Vázoltam három lehetséges formáját annak, hogy szimulációs programhoz jussunk. Ezek közül az első egy kész program megvásárlása, ami a legköltségesebb megoldások egyike. A második olyan többcélú program beszerzése, amelyik vagy képes a matematikai egyenletek feldolgozására és a hullámformák kirajolására, vagy rendelkezik szimulációs, modellező funkcióval. Példaként röviden bemutattam a Mathworks- MatLab programját, ami véleményem szerint kiválóan használható erre a célra. Kezelésének megtanulása nem vesz több időt igénybe, mint a harmadik megoldásként ismertetett programkészítés, ami ráadásul nagy programozási gyakorlatot is megkíván. A cikkem utolsó fejezetében röviden bemutatattam, hogy milyen transzformációs eljárások által juthatunk a számítógép által feldolgozható lineáris algebrai egyenletekhez, a hullámjelenségeket leíró differenciálegyenletekből. Ha ezt sikeresen végrehajjtuk, akkor semmi akadálya sem lehet annak, hogy az elektromágneses és akusztikus hullámok szimulációjára alkalmas programot írjunk mi magunk.

Egy szimulációs program megírása bár nem egyszerű feladat, mégis az egyedüli lehetőség arra, hogy a legrugalmasabb, legkönnyebben továbbfejleszhető és legtöbb sikerélményt nyújtó megoldáshoz jussunk.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] KÁTAI István: Szimulációs Módszerek, Tankönyvkiadó, Budapest 1981
- [2] HEGYESI László-MIHÁLY László: Szimuláció az elektronikában, General Press Kiadó, Budapest, 2002.
- [3] www.hpcmo.hpc.mil (2009.02.11.)
- [4] A. A. Mondeli, B. Levush, J.P. Verboncoeur, C.K. Birdsall: Advances in modeling and Simulation of Vacuum Electronic Devices, IEEE 87, 1999, 804p
- [5] Richard C. BOTTON, Jr. „Computational Methods for Electromagnetics and Microwaves, Wiley publications, New York, 1992, 87p
- [6] Dipl.-Ing. Ayman DUZDAR: Design and Modelling of an UWB Antenna for Pulsed Microwave Radar Sensor, Dissertation, Kassel, 2001, 51-97 pp.



Zelenák János¹ — Nagy Gábor² — Csurgai József³ — Molnár László⁴ — Pintér István⁵ — Baumler Ede⁶ — Solymosi József⁷

A LÉGI SUGÁRFELDERÍTÉS KÉPESSÉGEI ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA ELVESZETT, VAGY ELLOPOTT SUGÁRFORRÁSOK FELKUTATÁSA, ILLETVE SZENNYEZETT TEREPSZAKASZOK FELDERÍTÉSE SORÁN

Kivonat

Jelen munka áttekintést ad a légi sugárfelderítés technológiájáról, harcászati alkalmazhatóságáról, különös tekintettel egy igen speciális feladatra, amely elveszett, vagy ellopott sugárforrások felkutatására irányul. Bemutatásra kerülnek azok a módszerek, melyekkel sikerült igazolni, hogy a légi sugárfelderítés jelenlegi technológiája, eltérően a korábbi években alkalmazottól, lehetőséget ad precíziós mérések végrehajtására. Részletesen ismertetésre kerülnek azok a tesztek, amelyeket különböző domborzati és terepviszonyok között végeztünk, különböző aktivitású és energiájú izotópokkal, és amelyek során meghatározásra került a felderíthető izotópok minimális energiája és aktivitása, valamint kialakult a felderítés módszere.

Abstract

Analysis of the applicability of the airborne radiological reconnaissance in case of searching lost or stolen radioactive sources. Based on own experimental data, this article reviews the technology and tactical applicability of the airborne radiological reconnaissance paying attention to a special task directing to searching lost or stolen radioactive sources. Methods tests are described which proved that the recent technology of the airborne recce gives opportunity to make precise measurement. There will be described tests, which were completed in different terrain and with radioactive sources of different energies. During tests the minimum activity and energy of the sources was determined and the right method of the reconnaissance was developed.

BEVEZETÉS

Az MH és ezen belül a vegyivédelmi csapatok drasztikus csökkentése a 90-es években drámai

¹ MH Görgei Artúr Vegyivédelmi Információs Központ

² SOMOS Kft

³ MH Görgei Artúr Vegyivédelmi Információs Központ

⁴ MH Összhaderőnemi Parancsnokság

⁵ SOMOS Kft

⁶ GAMMA Műszaki ZRt

képességsökkenést okozott: 15 év alatt a földi sugárfelderítés képessége az 1991-es érték 15%-ára csökkent, a légi sugárfelderítési képesség a régi alapeszköz, az IH-31L rendszerből történő kivonása miatt megszűnt, míg az MH-nak az országvédelemmel, és az ONER-ben (Országos Nukleárisbaleset-elhárító Rendszer) kapcsolatos feladatai nem követték ezt a képességsökkenést.

A légi sugárfelderítés, amely a 80-as években már vegyivédelmi harcászati eljárásként került alkalmazásra, a leggyorsabb módszer, azzal az előnnyel, hogy a kezelő állomány kisebb mértékű dózisterhelést szenved el, mint az egyéb felderítési módzatoknál. Hátránya volt azonban, hogy ugyanakkor a legpontatlanabb is volt, ezért az elsődleges légi helyzetfelmérést később egyre pontosabb, de egyre időigényesebb földfelszíni méréseknek kellett követni járműfedélzeti eszközzel, hordozható műszerrel, végül a begyűjtött minták laboratóriumi elemzésével.

A képességsökkenésből adódóan ki kellett alakítani egy megfelelő pontosságú, kis létszámot igénylő, időtakarékos, nagy kapacitású mérési módot/rendszert. A fejlesztés szükségességét ugyanakkor harcászati – hadműveleti kényszer és műszaki technológiai feltételek – fejlesztések is indokolták.

A fejlesztés eredménye lett egy eszköz, amely a mai követelményeknek megfelelő precíziós mérési, helymeghatározási, adatrögzítési és feldolgozási képességekkel bír. Az új eszköz a képességeinek megfelelően új felderítési eljárásrendet követelt amit több éven keresztül tesztek sorával dolgoztunk ki. A feladatrendszer is módosult, ami az alábbi felsorolásból látható:

- A terepszennyezés felderítése. A nagy kiterjedésű kontamináció feltérképezése során számítással meg kell határozni az egyes területek sugárszintjét a repülési magasság, a légköri- és talajviszonyok figyelembevételével.
- Pontszerű radioaktív források behatárolása. A háttérsugárzástól szignifikánsan eltérő pontok indikálásával meg kell határozni a források földrajzi koordinátáit.
- Radioaktív izotópok azonosítása. Energia-szelektív mérésekkel támpontot nyújtani a radioaktív szennyezettség összetételének becsléséhez.

A jelen munkában bemutatásra kerülnek azok a módszerek, melyekkel sikerült igazolni, hogy a légi sugárfelderítés jelenlegi technológiája, eltérően a korábbi években alkalmazottól, lehetőséget ad precíziós mérések végrehajtására. Részletesen ismertetésre kerülnek azok a tesztek, amelyeket különböző domborzati és terepviszonyok között végeztünk, különböző aktivitású és energiájú izotópokkal, és amelyek során meghatározásra került a felderíthető izotópok minimális energiája és aktivitása, valamint kialakult a felderítés módszere.

A SUGÁRFELDERÍTÉS SORÁN IN SITU ESZKÖZÖKKEL FELDERÍTHETŐ RADIOAKTÍV IZOTÓPOK KÖRE

Az alábbi táblázatban olyan izotópok kerültek felsorolásra, amelyek egyrészt ipari, egészségügyi, stb. gyakorlati alkalmazásra kerülnek, másrészt felderítésük lehetséges a bomlásukat kísérő γ sugárzás

⁷ Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem

segítségével:

Izotóp megnevezése	Z	A	Felezési idő	Időegység	Bomlástermék	Dózis-Aktivitás konverziós faktor Kd (Gy*m ² /h/GBq)	Levegő lineáris gyengítési együttható μ (1/m)
K-40	19	40	1,28E+09	y		2,023E-05	9,547E-03
Cr-51	24	51	2,77E+01	d		5,257E-05	1,357E-01
Co-57	27	57	2,71E+02	d		1,433E-04	1,282E-01
Co-58	27	58	7,08E+01	d		1,829E-04	2,816E-02
Co-60	27	60	5,27E+00	y		3,063E-04	1,832E-03
Se-75	34	75	1,20E+02	d		1,491E-04	7,514E-02
Mo-99/Tc-99m	42	99	6,60E+01	h		2,251E-05	6,179E-03
Cd-109	48	109	4,64E+02	d	Ag-109m	3,657E-05	5,838E-02
In-111	49	111	2,83E+00	d		9,024E-05	1,820E-02
I-125	53	125	6,01E+01	d		6,537E-05	4,845E-02
I-131	53	131	8,04E+00	d	Xe-131m	5,301E-05	1,139E-03
Cs-137	55	137	3,02E+01	y	Ba-137m	7,902E-05	3,118E-03
Ba-133	56	133	1,05E+01	y		1,031E-04	2,683E-02
Ba-140	56	140	1,28E+01	d	La-140	5,951E-05	5,423E-02
La-140	57	140	4,02E+01	h		5,951E-05	5,423E-02
Eu-152	63	152	1,36E+01	y	Gd-152	1,585E-04	6,538E-03
Yb-169	70	169	3,20E+01	d		1,476E-04	7,597E-02
Ir-192	77	192	7,40E+01	d		1,139E-04	2,573E-03
Th-232	90	232	1,41E+10	y	Ra-228	1,176E-05	1,658E-01
U-234	92	234	2,45E+05	y	Th-230	1,307E-05	1,662E-01
U-235	92	235	7,04E+08	y	Th-231	5,422E-05	7,280E-02
U-236	92	236	3,42E+06	y	Th-232	1,241E-05	1,664E-01
U-238	92	238	4,47E+09	y	Th-234	1,098E-05	1,664E-01
Pu-240	94	241	1,44E+01	y	Am-241	1,243E-05	1,665E-01
Am-241	95	241	4,32E+02	y	Np-237	4,866E-05	1,324E-01
Cm-244	96	244	1,81E+01	y	Pu-240	1,045E-05	1,667E-01
Cf-249	98	249	3,51E+02	y	Cm-245	6,965E-05	3,438E-02
Cf-251	98	251	9,00E+02	y	Cm-247	6,537E-05	9,863E-02

1 táblázat: A légi felderítéssel detektálható radioaktív izotópok

A FORRÁSOK FELDERÍTÉSÉNÉL ALKALMAZOTT ELJÁRÁSOK

A felderítő konténer adatfeldolgozó moduljába beépítettek előfeldolgozó modulokat, amelyek segítségével a földi felderítéssel gyakorlatilag egyenértékű információt kapunk, mivel azok nyers mérési adatokat 1 méteres referenciamagasságára átszámítják, amelynek során figyelembe veszik a repülés magasságát, valamint a földfelszín és a detektor között légréteg páratartalmát is. A felderítés kezdete előtt a rendszer finomhangolása érdekében beállításra kerül, hogy a mérendő objektum területi, vagy pontszerű forrás jelleggel rendelkezik-e.

Területi forrás beállításakor alkalmazott konverziós faktor

$$P_1 = k_1 \cdot P_h e^{k_2 h} \quad (1)$$

- **P₁** – sugárszint (Gy/h);
- **P_h** – h magasságon mért dózisteljesítmény (Gy/h);
- **h** – mérési magasság (m);
- **K₁** – terepviszony elnyelési faktor (1,7 – 2);
- **K₂** – légkör elnyelési faktor (0,007 - 0,012);

A **K₁** és **K₂** szovjet szakirodalom szerinti értékei által meghatározott két függvény volt a kezelő által beállítható a Varsói Szerződés idején használt IH-31L műszernél. A továbbiakban ismertetett két általunk kifejlesztett eszköznél 24 függvény (12 nagyfelületű – 12 pontszerű forrásra vonatkozó) programozására van lehetőség, a repülés során, vagy az utólagos kiértékelésnél. Megjegyzendő, hogy a STANAG 2112 által ajánlott gyengítési tényező (AGRCF) jó közelítéssel a szovjet irodalom által ajánlott értékek átlagának felel meg (2. táblázat).

(m)	STANAG 2112 (AGRCF= P1/Ph)	VSZ (P1/Ph)
30	2,2	
50	2,9	3-3,6
100	5,1	4-6,5
200		8,0-21,0
300	29	15-71
500		60-806
600	300	118-2523

2 táblázat: A légi gyengítési tényezők összehasonlítása

Pontszerű forrás beállításakor alkalmazott konverziós faktor

$$P_1 = k_3 \cdot P_h h^{k_4} \quad (2)$$

- **P₁** – 1 m referenciamagasságra számolt dózisteljesítmény (Gy/h)
- **P_h** – h magasságon mért dózisteljesítmény (Gy/h)
- **h** – mérési magasság (m)
- **K₃** – terepviszony elnyelési faktor (1 –1,18)
- **K₄** – légkör elnyelési faktor (2 –2,4)

(Megjegyzés: vákuumban ez az ismert négyzetes összefüggés)

Ugyancsak lehetőség van egy magyar szabadalom[2] szerint két, vagy több magasságon mért

dózisteljesítmény adatokból görbeillesztéssel (pl.: legkisebb négyzetek módszere) meghatározni a megfelelő gyengítési tényező függvényt és a továbbiakban a légköri viszonyok változatlansága esetén azt felhasználni a sugárszint meghatározására. Erre egy egyszerű példa egyenletes terepszennyezés esetén h_1 és h_2 magasságokon történő dózisteljesítmény mérésével (k_1 – állandó peremfeltétellel):

$$K_2 = (\ln P_{h_2} - \ln P_{h_1}) / (h_2 - h_1) \quad (3)$$

Az így számított K_2 értéket tekintheti a légköri és szennyezési (spektrális) viszonyok jelentős megváltozásáig a rendszer a sugárszint számítás alapjának.

Utólagos (off-line) adafeldolgozásban alkalmazott eljárás

A dózis és dózisteljesítmény pontforrás körüli számításának matematikai alapjai az alábbiak:

$$P = \frac{K_d * A}{d^2} * \exp(-\mu d) \quad (4)$$

$$D_{\text{calc}} = \frac{K_d * A * t}{d^2} * \exp(-\mu d) \quad (5)$$

K_d – Izotóp specifikus dózis-aktivitás konverziós faktor (Gy*m²/h/GBq),

A – Forrás aktivitás (GBq)

d – A receptor ponttól való távolság (m)

t – Expozíciós idő (h)

μ – A levegő lineáris gyengítési együtthatója (1/m)

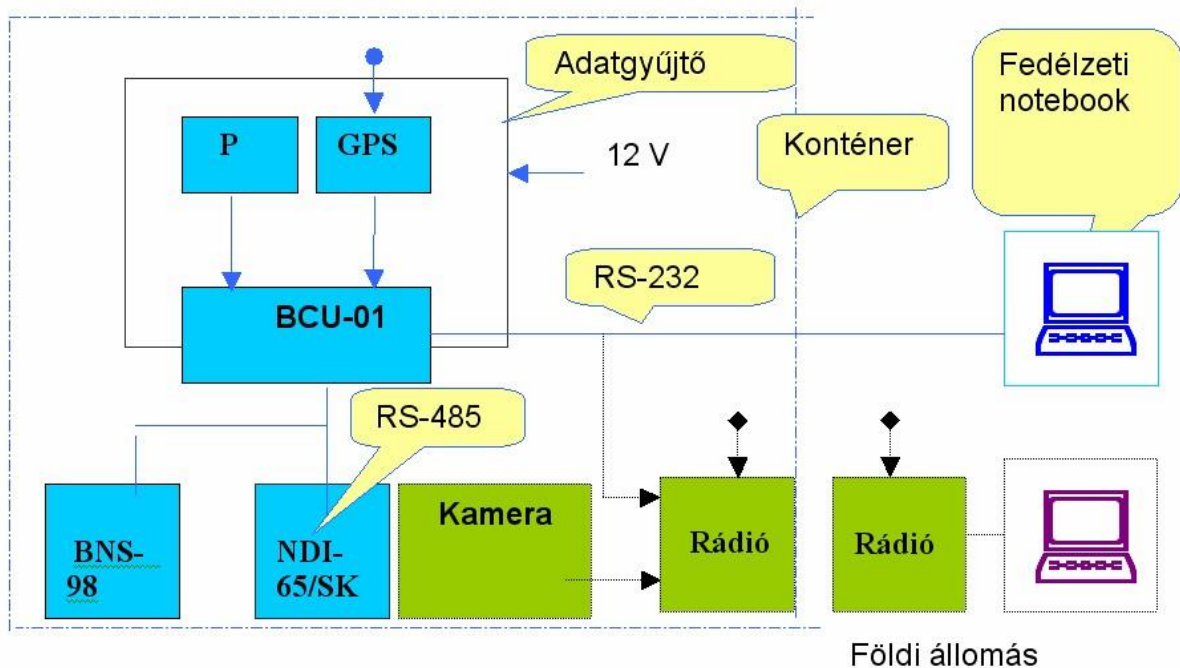
P – Dózisteljesítmény (Gy/h) a receptor pontban,

D_{calc} – Számított dózis (Gy) a receptor pontban,

A LÉGI SUGÁRFELDERÍTÉS TECHNOLÓGIÁBAN ALKALMAZOTT DETEKTOROK ÉS ESZKÖZÖK

A rendszert a HM Technológiai Hivatal, a Gamma Műszaki Rt. és a MH Vegyivédelmi Információs Központ 2001-ben fejlesztette ki. A konténerbe beépítésre kerültek az alábbiak:

- BNS-98 típusú dózisteljesítmény-távadó (GM csöves nukleáris detektor);
- NDI/SK típusú intelligens szcintillációs nukleáris detektor, speciális üreges NaI(Tl) kristállyal, ólom kollimátorban, beépített sugárkapu algoritmussal;
- Adatgyűjtő egység (BCU-01 típusú), amely az alábbiakból áll:
 - barometrikus nyomásmérő termosztátban;
 - GPS helykoordináta meghatározó vevő egység;
 - GPS helykoordináta meghatározó antennája;
- "LegiABV" adatgyűjtő-, megjelenítő- és feldolgozó program.



1. ábra A légi sugárfelderítő rendszer blokksémája

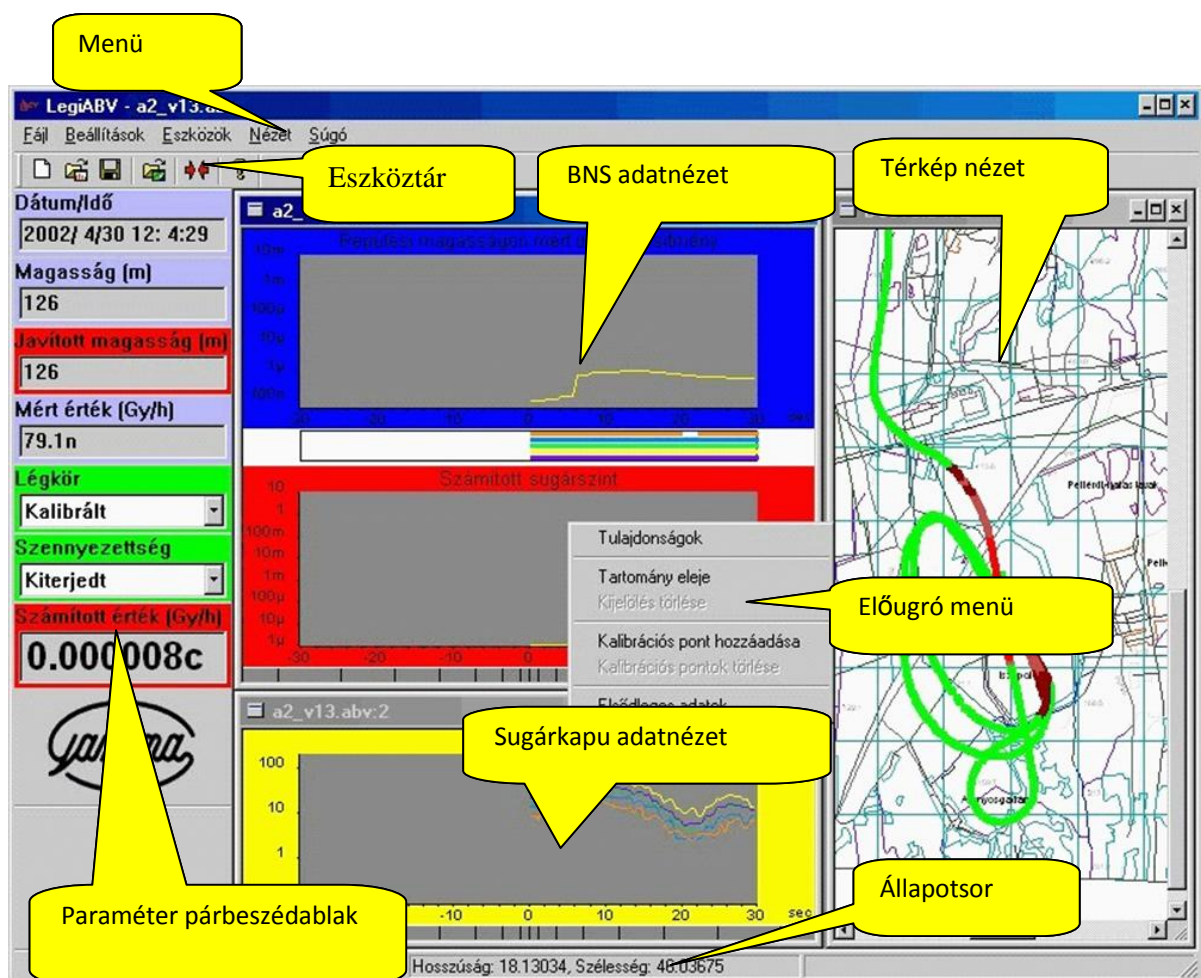
A konténer konstrukciós kialakítása lehetővé teszi, hogy szükség esetén a meglévő alábbi eszközök is beszerelhetők legyenek:

- videokamera;
- digitális rádió;
- fedélzeti akkumulátorok.

A rendszer a földi sugárszint meghatározását egy SZBT-10 nagyfelületű GM-csövet tartalmazó dózisteljesítmény-távadó mérése alapján végzi el. A dózisteljesítmény-távadó önmagában hiteles, a mérési eredményeket RS-485 soros vonalon, lekérdezésre küldi az adatgyűjtőnek. Főbb jellemzői:

- Indikálási tartomány: 10 nGy/h ... 10 Gy/h;
- Mérési tartomány: 50 nGy/h ... 0,5 Gy/h (OMH által hitelesítve);
- Relatív alaphiba: $\pm 15\%$;
- Statisztikus ingadozás (σ): $< 10\%$.

Az intelligens szcintillációs detektor egy $\varnothing 75 \times 50$ mm NaI(Tl) szcintillátor, speciális üreges kiképzéssel. Az üregbe homlok és haránt irányból egyaránt fényérzékeny foto-elektronsokszorozó illeszkedik. A detektorba be van építve a sugárkapu algoritmus, a sugárzás szignifikáns növekedése esetén riasztást küld. Az energia-szelektív riasztásnál a sugárzás szignifikáns növekedése esetén a riasztásnak csatornánként is be kell következnie a 20-100 keV, 100-400 keV, 400-900 keV és a 900 keV fölötti tartományban.



2. ábra. A Légi sugárfelderítő megjelenítő program alkalmazói felülete

A FELDERÍTHETŐSÉG ALSÓ HATÁRA, VALAMINT A FELDERÍTÉS TELJESÍTŐKÉPESSÉGE ÉS MÓDSZERE

A felderíthetőség alsó határát alapvetően a fedélzeti műszerek indikálási és mérési tartománya, a repülés paraméterei, valamint az adatfeldolgozási technikák határozzák meg. A végrehajtott tesztek egy része arra irányult, hogy meghatározzuk a pontszerű források felderítésének módszerét (repülési,

illetve pásztázási paramétereiket), a lehető legjobban kihasználva a konténer műszereinek érzékenységét. A fedélzeti spektrométerbe be van építve egy sugárkapu algoritmus, amely nagy segítséget ad az anomáliák azonnali kimutatására, emellett az adatok utólagos feldolgozása során digitális jelfeldolgozó technikákkal egyértelműen ki lehet mutatni egy **minimum 500 kBq** aktivitású **nagy energiájú** (500 keV felett) forrás meglétét, és be lehet metszeni annak helyét. **Alacsonyabb energiájú** (100 – 500 keV) források esetében **1,5-2 MBq** aktivitás megtalálása biztosítható **50 m repülési magasság** tartásával. Azonban minden esetben figyelembe kell venni, hogy a fenti lehetőségek többé-kevésbé egyenletes, nem fedett felszín esetében teljesülnek és a terep sajátosságai (domborzat, fedettség, stb.) döntően befolyásolhatják a detektálás lehetőségét, esetenként lehetetlenné téve azt.

Hordozó helikopter: MI-24D harci helikopter

- Hermetikus tér a személyzet számára (a levegő szennyezettségének kiküszöbölése);
- Páncélozott padlózat (a földről jövő gamma háttér csökkentése);
- Nagyfokú magasság és útvonal-követési képesség.

Teljesítőképesség:

- Szennyezett terepszakasz felderítése: **300 km²/h/járór**;
- Pontforrás felderítése: **18 – 20 km²/h/járór**.

Repülési sebesség:

- Szennyezett terepszakasz felderítése: **150 – 180 km/h**;
- Pontforrás felderítése: **100 – 120 km/h**.

Repülési magasság:

- Szennyezett terepszakasz felderítése: **80 – 100 m**;
- Pontforrás felderítése: **50 – 60 m**.

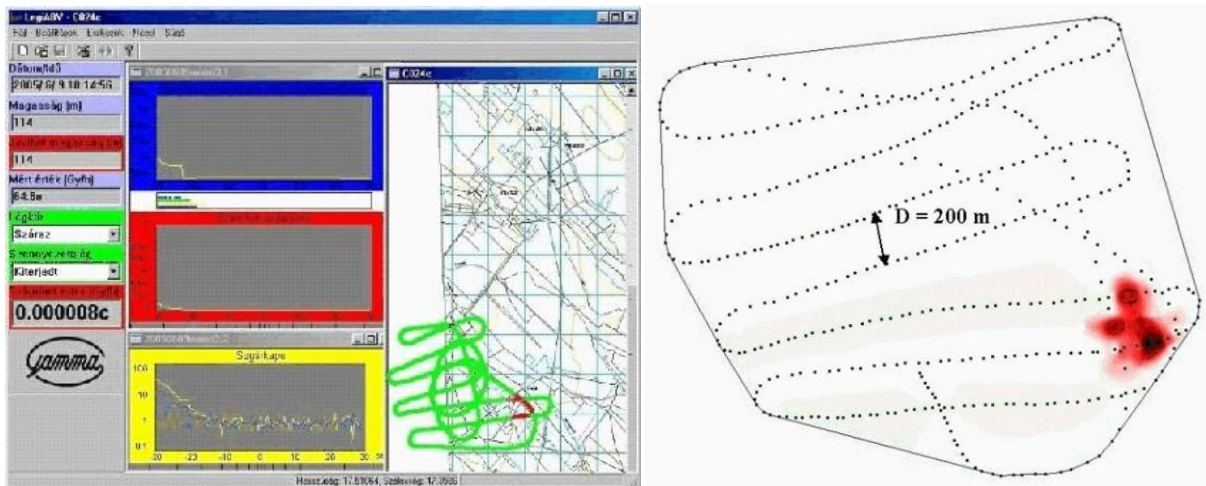
Egyéb paraméterek:

- Konténer üzemidő: **min. 6 h**;
- Helikopter max. repülési idő: **3 h**;
- Készlet ideje: „**R**” + **6 h**;
- A felderítés legkorábban tervezhető ideje az adott terület felett: **Kihullás vége + 2 h** (mérnöki tartalék).

A légi sugárfelderítés módszere alapvetően a műszaki kutató-mentő repülés módszerét követi, ez maximálisan biztosítja a szükséges mérési pontok sűrűségét és konvertálhatóságát. A repülés végrehajtása előtt az alábbi paraméterek kerülnek meghatározásra:

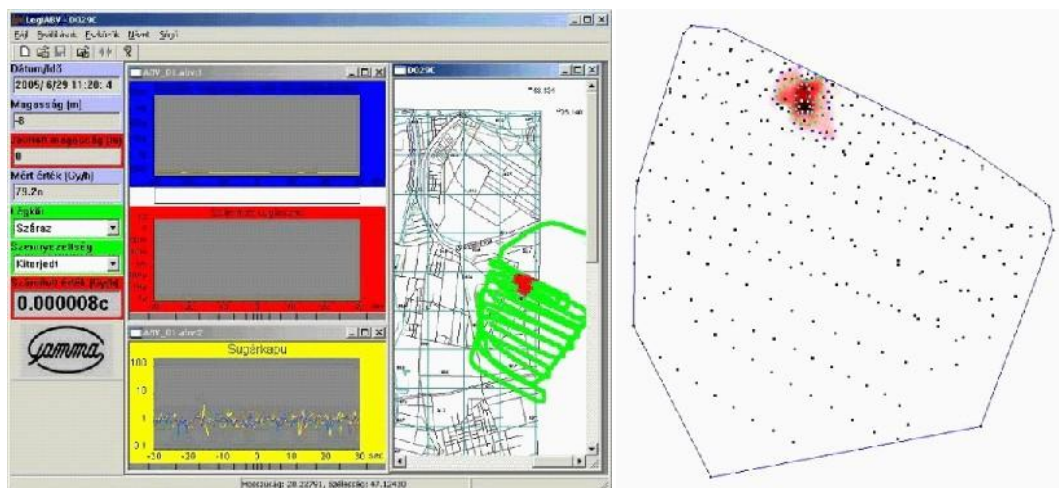
- felderítőkörzet sarokpontjai,
- a pásztázási távolságok:
 - pontforrás felderítésénél: 100-200 m
 - területi forrás esetén: 500-1000 m (a szennyezés forrásától való távolság függvénye)⁴

- pontforrás esetén a szcintillációs detektor csatornái szolgáltatnak adatot
- területi forrás esetén főleg a dózisteljesítmény mérő adatai a mérvadóak



3. ábra. ABV RIÉR gyakorlat, 2005. Június 7-9, Pápa Légibázis

A területi szennyezést pásztázási távolságok úgy kerül meghatározásra, hogy az összhangban legyen egy nukleáris eseményt követő nyomvonalon kialakuló szennyezés eloszlását leíró mérési pontsűrűséggel [4].



4. ábra. Légi sugárfelderítő bemutató és teszt 2005.06.29. Szolnok

A LÉGI SUGÁRFELDERÍTÉS TECHNOLÓGIA FEJLESZTÉSE SORÁN VÉGZETT TESZTEK, VALAMINT RADIOAKTÍV SUGÁRFORRÁSOK ALKALMAZÁSÁVAL LEVEZETETT GYAKORLATOK TAPASZTALATAI

Az alábbiakban felsoroljuk a konténer sikeres tesztjeit, illetve azokat a gyakorlatokat, ahol a demonstrációs célok mellett gyakorlati, kísérleti célokat tűztünk ki, kiemelve a 2008-ban végrehajtott laborösszemérési gyakorlatot, mivel ott elsősorban feladat végrehajtási céljával vett részt a légi sugárfelderítő helikopter, együttműködve a földi felderítő és értékelő alegységekkel, nagyszámú

radioaktív forrás alkalmazásával.

- Pellérd, 2002. 04. 30.
 - Téma: Területfelderítés
 - Cél: az eszköz pontosságának és precizitásának vizsgálata, GPS adat és sugárszint mérési adatfeldolgozás, a légi felderítési adatok földi felderítési adatokkal való validálása
- Szentkirályszabadja, 2004. 04 14.
 - Téma: pontforrás keresés
 - Cél: pontforrás detektálása és helymeghatározás
- Szolnok, 2004. 04. 14, 19.
 - Téma: On-line adattovábbítás és feldolgozás
- Bakonykuti, 2004. 04. 3-4.,
 - Cél: pásztázó technológia teszt
 - Téma: ABV RIÉR gyakorlat
- Pápa légibázis, 2005. 06. 8-9.
 - On-line adattovábbítás – feldolgozás és pontforrás keresés
- Szolnok, 2006. 10. 17.
 - Cél: alacsony intenzitású pontforrás keresés

A teszt jelentősége abban volt, hogy sikerült a repülőtéren telepített alacsony intenzitású (350 kBq – 1 MBq) sugárforrásokat kivétel nélkül megtaláltuk a mérési adatok elemzésével.



5. ábra. A Légi sugárfelderítés trajektóriája és a megtalált források helye

- Püspökszilágy 2008. május 13-16.
 - Téma: Laborösszemérési gyakorlat'08

Jelentőségében ez a legutóbbi sugárforrásokkal végzett teszt volt a legfontosabb, mivel a gyakorlaton egy komplex, földi és légi felderítéssel egybekötött sugárhelyzet-felmérést hajtottunk végre. Ezt a gyakorlatot az alábbiakban részleteiben közöljük.

A feladat rövid leírása és célja:

Légi sugárfelderítés eredményei alapján a kihelyezett sugárforrások megkeresése kézi illetve hordozható eszközök segítségével, azok azonosítása pontos földrajzi koordinátájuk meghatározása.

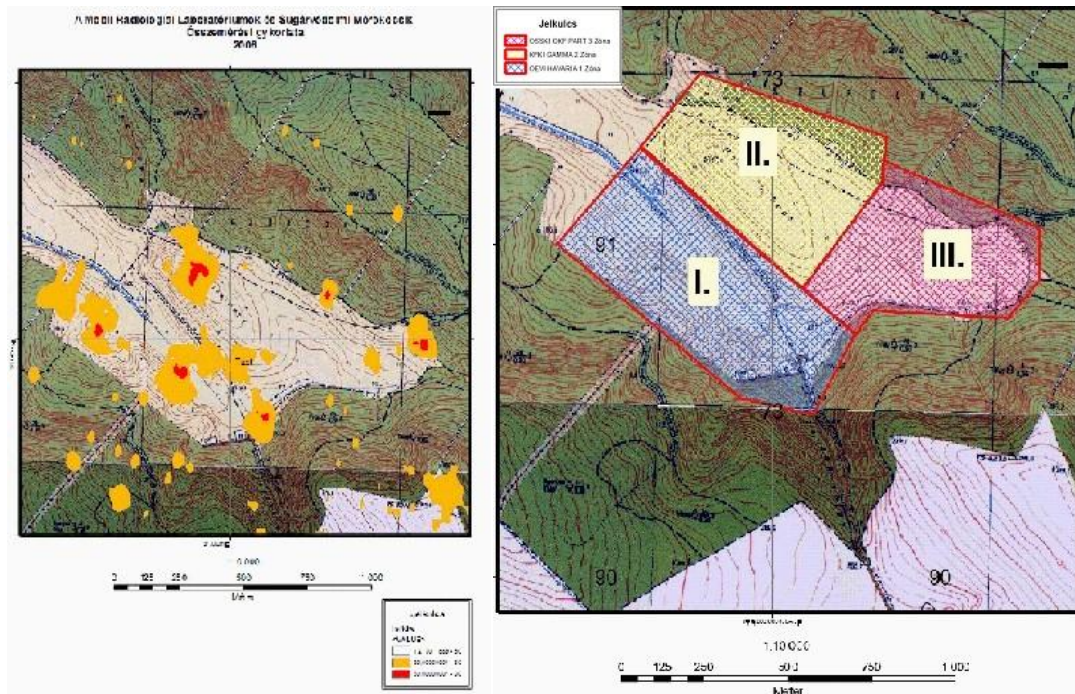
A feladat végrehajtásának főbb mozzanatai:

A terepen kihelyezett sugárforrások keresése, a terület nagy kiterjedése miatt a légi sugárfelderítő csoport (LSFCS) alkalmazásával kezdődött.



6. ábra: Légi sugárfelderítés MI-24

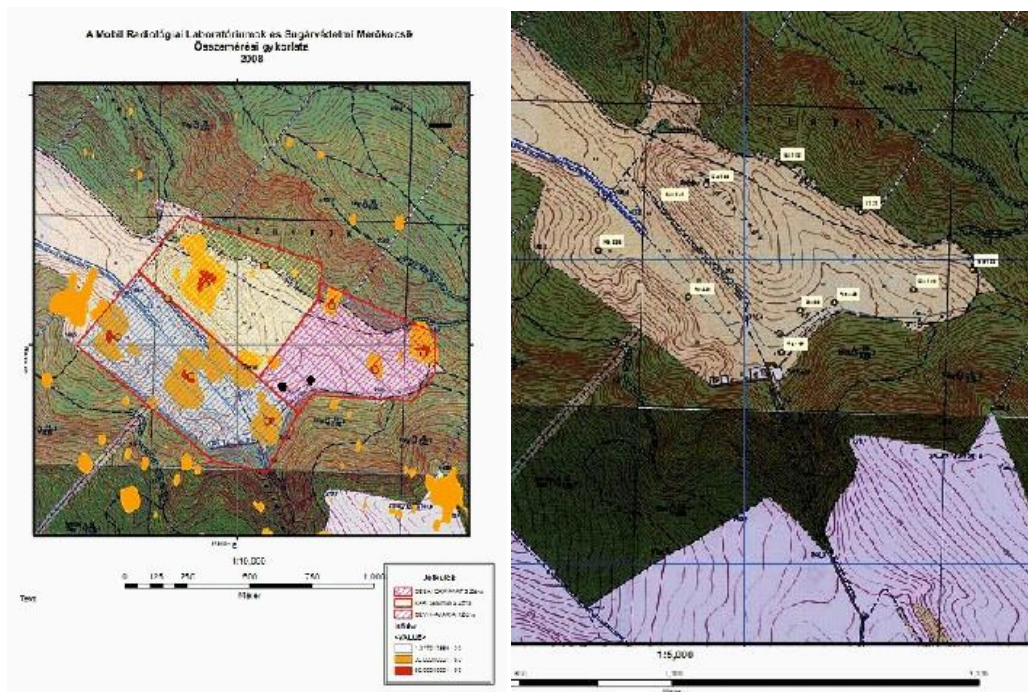
A megadott sarokpontok által határolt területet az MH légi-sugárfelderítésre kijelölt helikoptere 40-80 méteres magasságban 100 km/h sebességgel pásztázta, 2 másodpercenkénti mérésekkel. A mért adatokat egy eltávolítható háttértárra mentették a mérőeszközök, melyet a felderítés után számítógéppel egy erre alkalmas szoftverrel kiértékeltek. A mérés során a mért adatokhoz GPS-koordinátákat társított a rendszer és ezeket a szoftver segítségével térképen is megjeleníthette a felhasználó. A kapott mérési adatokat a gyakorlatvezető törzs kiértékelte és a kihelyezett sugárforrások számított dózisterét térképábrázlaton grafikus formában bocsátotta a csoportok rendelkezésére.



7. ábra. Légi sugárfelderítés mérési térképvázlata és a zónafelosztás

A területet 3 szektorra osztották, és a térképvázlat alapján a felderítő csoportok a saját szektorukban megkezdtek a sugárforrások kutatását.

A kijelölt szektorokban a szennyező részleg 4-4 illetve 3 sugárforrást rejtett el, amelyeket a csoportok zömének sikerült is bemérnie, és az izotópok helyét és paramétereit megadnia az adatgyűjtő értékelő csoportnak.



8. ábra. A légi és a földi felderítés eredményeinek „összefésülése” és összehasonlítás a szennyező részleg telepítési vázlatával

A feladat végén az értékelő csoport kiértékelte az eredményeket és a komplex felderítés adatait térinformatikai rendszeren ábrázolta (9. ábra). A fekete ponttal ábrázolt helyen lévő forrásokat sem a légi, sem a földi felderítés nem fedte fel, a kobaltforrás árnyékolt volt, míg a rádiumforrás aktivitása túl alacsony volt a viszonylag kis energiájú sugárzásához képest. Az összes fennmaradó elrejtett forrást meg tudtuk találni.

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen tanulmányban áttekintettük a légi sugárfelderítés technológiáját, harcászati alkalmazhatóságát saját mérési eredményeink alapján. Különböző aktivitású és típusú sugárforrásokkal és különböző domborzati és terepviszonyok közötti tesztekkel, mérésekkel sikerült igazolni, hogy a légi sugárfelderítés jelenlegi technológiája, eltérően a korábbi években alkalmazottól, lehetőséget ad precíziós mérések végrehajtására, ami pontosság tekintetében egyenértékűvé teszi a földi felderítéssel, lehetőségek tekintetében pedig messze felülmúlja azt.

Összességében a modern légi sugárfelderítés eszköz és eljárásrendje mérföldköves előrelépés a vegyvédelmi csapatok képességeiben, amit az alábbiakban foglalhatunk össze:

- A konténerbe épített rendszer környezeti hatásokkal szembeni állékonysága megfelelő;
- A konténer gyorsan, könnyen szerelhető a helikopterre;
- A rendszer pontszerű és kiterjedt sugárforrások felderítésére egyaránt alkalmas;
- A négycsatornás spektrometria támpontot nyújt az izotópazonosításhoz;
- A felderítések során az idő-, hely- és magasság koordináták hiánytalanul rögzítésre kerülnek, a repülés útvonala digitális térképen pontosan jelenik meg;
- A felvételek rendben archiválódnak, visszajátszhatók, kiértékelhetők;
- A mérési eredmények reálisak, pontosságuk a földi rendszerekével egyenértékű;
- Az on-line adattovábbítás digitális adatrádió segítségével történik.

A mérési eljárás és az adatok kiértékelése térinformatikai platformon történik, aminek a feltételei az alábbiak szerint teljesülnek:

- A GPS magasságmérés korrekciója a DDM-50 digitális domborzati modell és a barometrikus magasságmérő adatai segítségével történik;
- Digitális térkép használata: az adatfeldolgozó szoftver teljes körűen kezeli a DTA-50-es térképészeti adatbázist;
- A felderítési adatok memóriakártyára íródnak;
- A mérési eredmények megjelenítése NATO szabvány szerinti térképi jelekkel, jelzésekkel történik.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] SOLYMOSI JÓZSEF: Korszerű sugárvédelmi mérőrendszerek I.-II. – Haditechnika 1994/2, 1994/3. sz.
[2] SOLYMOSI JÓZSEF, BAUMLER EDE, NAGY LAJOS GYÖRGY, GUJGICZER ÁRPÁD, GRESITS IVÁN, ZAGYVAI PÉTER, DOROGI LÁSZLÓ, VODICSKA MIKLÓS, VAJDA NÓRA, TAKÁCS MÁRTA Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy többkomponensű főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének légi felderítésére, HU 201161

- B Szolgálati találmány , 1987.
- [3] Pilóta nélküli repülőre telepíthető sugárszintmérő rendszer, HMK, 1993. (HTI 960/13/1993) Beszámoló jelentés Légi ABV felderítő rendszer, TH – Gamma, 2001 (HTI 670/15/1999).
- [4] CSURGAI JÓZSEF: Nukleárisbaleset-elhárítás és vegyi katasztrófák összefüggésrendszerének tudományos vizsgálata, Ph.D értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2003.



Dr. Csutorás Gábor nyá. mk. alez.

HELIKOPTER LESZÁLLÓHELYEK TŰZVÉDELME

A helikopterek megjelenésével a légi közlekedésben felszállópálya megépítése nélkül is lehetővé vált repülőeszközök üzemeltetése.

A fel és leszállás egészen kis helyről is megtörténhetett, ami elsősorban katonai harcászati jelentőséggel bírt. Másodsorban a helikopterek rövidebb távolságokon, a repülőgépeknél gyorsabb mozgásra voltak képesek. Ráadásul beépített területeken, városokban is jól hasznosíthatók voltak. A rövidebb, pár száz kilométeres távolságok, vagy a nagyvárosok közlekedési dugói hatékony leküzdésére a légi közlekedés új eszköze a helikopter kiválóan vizsgázott. Egyes tudósok, e kedvező tulajdonságokból kifolyólag a helikoptert tekintették a jövő alapvető közlekedési eszközének.

Napjainkra a heliportok üzemeltetése az Egyesült Államokban külön iparággá nőtte ki magát. Heliportok vannak az egyének, vállalatok birtokában. Heliportokról működnek a helikopteres légitaxi szolgálatok, sőt vannak olyan helikopter leszállóhelyek, ahonnan menetrendszerinti személyszállítási szolgáltatásokat lehet igénybe venni. Nagyvárosokban az épülő magas épületek, toronyházak építési szabályzatai szerves részként tartalmazzák a rooftop heliport-okat¹.

A kiépített helikopter leszállóhelyek üzemeltetésének szükségességét a korábban bekövetkezett katasztrófák tapasztalatai is alátámasztották. Helikopter leszállóhelyek használatát igénylik a magas épületekről történő sérültek mentése, a lakosság ellátása és a humanitárius műveletek egyes területei. Az épületek tetején elhelyezett leszállóhelyekről biztonságosabban és hatékonyabban tudnak katasztrófa helyzetekben (például épülettűz) menteni, mint ha a menekülők az épületben lefelé indulnának el. Ma már számos nagyváros, köztük Los Angeles, San Diego, Pasadena, is előírja, hogy a többemeletes épületek tervezésekor helikopter leszállóhelyet kell kialakítani.

Elmondható, hogy a fejlett országokban a légi közlekedés a tömegközlekedés meghatározó szegmense. A helikopter leszállóhelyek alkalmazása a vészhelyzeti tervezés és katasztrófa elhárítás egyik alapelemévé vált.

Hazánkban nincs nagy múltja a helikopterek helikopter leszállóhelyről való üzemeltetésének.

Az egyetlen fejlődésben lévő, helikopter leszállóhelyeket használó rendszer a sürgősségi betegellátás területén található.

Az OMSZ Légimentő Kht. jelenleg hét bázisról működik.² További hét bázis pedig, tervezési fázisban van. A hét bázisról mentőhelikoptereik mindösszesen 35, kórházak által létesített

¹ rooftop heliport: Magas épületek tetején kiépített helikopter leszállóhely

² Forrás: <http://www.legimentok.hu>

leszállóhelyet használnak. A leszállóhelyek többnyire minimális szolgáltatással, világítás, üzemanyag feltöltési lehetőség, szélzsák, tűzoltói biztosítás nélkül üzemelnek.

A Nemzeti Fejlesztési Ügynökség a tavalyi évben több mint 90 milliárd forintos keretösszeggel európai uniós pályázatokat írt ki a klinikák és a régiós súlyponti kórházak - egészségpólusok - korszerűsítésére, a sürgősségi betegellátás és a mentőszolgálat fejlesztésére. Ezen felül, mintegy 480 milliárd forintot fordítanak az elkövetkező hat évben uniós támogatásból többek között helikopter leszállóhelyek kialakítására, a meglévők korszerűsítésére, bővítésére.

A Magyar Honvédség eltérően a régebbi NATO tagállamoktól, nem szerzett gyakorlatot a heliportok üzemeltetése vonatkozásában. Ez annak tulajdonítható, hogy mindig rendelkezett repülőterekkel. A repülőeszközök működtetése, kiszolgálása beleértve a helikoptereket is elsősorban ezekről a bázisokról történt és történik.

A vonatkozó szakirodalom helikopter leszállóhelyet és célrendeltetésű leszállóhelyet különböztet meg. A célrendeltetésű leszállóhelyhez tartoznak a leszállóhelyek, valamint a közbeeső leszállóhelyek. Az utóbbi esetek általában harctevékenységek során fordulnak elő, ezért ilyenkor a leszállóhelyek csak rövid ideig funkcionálnak. Előkészítettségük, berendezettségük a környezet és helyzet függvényében alakul. Helikoptereinket elsősorban ilyen jellegű leszállóhelyeken alkalmaztuk.

Helikopter leszállóhelyekkel a Magyar Honvédség béketámogató műveletekben résztvevő alakulatain keresztül találkozhatunk.

„A helikopter leszállóhelyek a béketámogató műveletek kezdeti időszakában kerülnek kijelölésre, és mint műszaki támogatási feladat kiépítésre, valamint berendezésre”³. A csapatok kikerzése előtt az előkészítő részlegek, és a műszaki erők végzik el ezeket a feladatokat. Így történt ez például a boszniai IFOR/SFOR műveletek idején is.

Kézzelfogható valósággá a katonai tábor területén telepített helikopter leszállóhely, az afganisztáni Tartományi Újjáépítő Csoport misszió esetében vált, ahol a táborral együtt örököltük. Tudomásul kell venni, hogy a helikopter leszállóhely egy ideiglenes katonai tábornak ugyanolyan nélkülözhetetlen része, mint a lőszerraktár, vagy a gépjármű telephely.

Helikopter leszállóhelynek földterületet, vízfelszint, úszó járművek fedélzetén, vagy épületek felületén kijelölt helyeket használnak, ahol a szabványok előírásainak megfelelően biztosítható a helikopterek fel- és leszállása. A heliportok működtetésében már gyakorlatot szerzett országok üzemeltetési tapasztalatai is azt mutatták, amit a repülőterekről működő repülőgépeknél tapasztalhattak⁴. Ezért az incidensek számának csökkentése érdekében egyre nagyobb figyelmet fordítottak a heliportok biztonságára.

³ Ladocsi Jenő: A műszaki támogatás feladatainak összehasonlító elemzése (IFOR/SFOR) és az ENSZ (UNFICYP) missziók alapján (Kard és toll 2006/1 38. p)

⁴ A repülő balesetek 50 %-a fel-és leszállás közben történik (Aircraft Owner and Pilots Association Safety Advisor)

Megfigyelhetjük, hogy a nemzetközi szakirodalom a helikopter leszállóhelyek (heliportok⁵) tűzvédelmével a „60-as” évek végétől kezdett el behatóbban foglalkozni. Erre egyik példa az USA-ban az NFPA⁶ 418 Standards for Heliport első kiadása, ami először adott iránymutatást a helikopter leszállóhelyek minimális tűzbiztonsági kérdéseiben.

Mint tudjuk, a tűzvédelem a repülőterek biztonságának egyik összetevője. A tűzvédelemnek az incidensek megelőzésében, a bekövetkezett események hatásainak csökkentésében, valamint következményeinek felszámolásában van kiemelt fontossággal bíró szerepe.

Az előbb említett tapasztalatok felhasználásával a biztonsági feltételek javításával, egyre tökéletesedett, egyben konkrétabbá vált a heliportok tűzvédelmének szabályozása.

Helikopter leszállóhely kategóriák

Egy heliport tűzvédelme akkor megfelelő, ha a balesetet szenvedett helikopter személyzetét, a szállított utasokat épségben ki tudjuk menteni a sérült gépből, és képesek vagyunk az égő gépet és környezetében keletkezett tüzet eloltani. A követelménynek csak megfelelő mennyiségű, fajtájú és megfelelő hatékonysággal alkalmazott oltóanyag, tűzoltó technikai eszközök, kiképzett szakállomány készenlétben tartásával tudunk eleget tenni.

A felsoroltaknál használt „megfelelő” jelző azt a mértéket jelenti, ami az adott helikopter típus esetében a mentéshez és az oltáshoz szükséges.

A helikopter leszállóhelyen biztosítandó tűzvédelmi képességet tehát az azt használó helikopter tulajdonságai határozzák meg. Laikusok számára is egyértelmű, hogy minél nagyobb egy égő objektum annál nagyobb mennyiségű oltóanyagra van szükségünk az oltáshoz.

A megfelelő tűzvédelmi képesség biztosítása céljából nemzetközi szinten kategóriákat meghatároztak meg. A később ismertetésre kerülő kategóriák, és hozzájuk tartozó tűzvédelmi képességek megegyeznek az ICAO⁷, az NFPA, a NATO STANAG és a Magyar Katonai Szabványok előírásaiban.

A helikopter leszállóhelyeket a helikopter teljes hossza és a géptörzs szélessége alapján három kategóriába sorolták.

⁵ heliport: csak helikopterek számára épített repülőtér (a helikopter és az airport szó összevonásából) Bakos Ferenc: Idegenszavak és kifejezések szótára Akadémiai Kiadó Budapest ISBN 963 05 4262 5

⁶ NFPA: National Fire Protection Association

⁷ ICAO: International Civil Aviation Organization

Helikopter leszállóhely kategória	A helikopter teljes hossza ⁸	A géptörzs szélessége ⁹	Gyakorlati kritikus terület ¹⁰ (PCA)
H-1	0 m < 15,2 m	0 m < 1,53 m	34,8 m ²
H-2	15,2 m < 24,4 m	1,53 m < 2,13 m	78,0 m ²
H-3	24,4 m < 36,6 m	2,13 m < 2,43 m	133,8 m ²

1. táblázat: Helikopter leszállóhely kategóriák

Ha a helikopter teljes hossza alapján történt leszállóhely kategória kiválasztása után kiderül, hogy a helikopter törzsszélessége nagyobb, mint az 1. sz. táblázatban megadott maximális szélesség, akkor a besoroláshoz eggyel magasabb helikopter leszállóhely kategóriát kell figyelembe venni.

Légijármű-balesetek tüzeinél felhasználandó oltóanyagok mennyiségét a kritikus terület elvének alkalmazásával kell megállapítani. A kritikus terület elve a légijármű fedélzetén tartózkodók mentéséhez alkalmazott elv.

Az elv azon a megfontoláson alapul, hogy egy repülőgéptűz esetén nem a tűz teljes lokalizálása és eloltása a cél, hanem meg kell elégednünk a repülőgép törzs szerkezeti egységének megóvása és a gépben tartózkodók számára az elviselhető feltételek megteremtésével. A szerkezeti egység megóvását úgy kell értelmezni, hogy a légijárművet teljes hosszában meg kell védeni az égéstől. A kritikus terület elvének alkalmazásával kiszámítható az adott helikopter leszállóhely kategória oltóanyag szükséglete.

Helikopter leszállóhelyek tűzvédelmi jellemzői

Földfelszíni állandó jellegű helikopter leszállóhelyek

A kritikus terület elvének felhasználásával számított oltóanyag szükségleteket földfelszíni állandó jellegű helikopter leszállóhelyekre vonatkoztatva a 2. táblázat tartalmazza.

Az oltóanyag készenlében tartása - egy adott esemény (baleset) esetén történő beavatkozás céljából - tűzoltó gépjárműveken történik. A járművön készletezett oltóanyag felhasználása esetén a leszállóhely közelében tartalék feltöltés oltóanyagot is biztosítanak abból a célból, hogy egy baleset felszámolása (oltás, mentés) után a legrövidebb időn belül az eredeti helyzetet visszaállítva elősegítsék a leszállóhely folyamatos működését.

A leszállóhely közelében tűzoltó készenléti csoportot (váltás) tartanak folyamatos szolgálatban. A heliport kategóriáknak megfelelően meghatározták a beavatkozó állomány minimális létszámát, és a készenlében tartandó járművek számát. A Magyar Honvédségben ezt a STANAG 7133¹¹ végrehajtására kiadott MSZ K 1123 jelzetű Katonai repülőterek tűzvédelme című szabvány írja elő (3. táblázat).

⁸ Teljes hossz: a törzs elé nyúló forgószárny lapát végétől a farok tartó mögé kinyúló légesavar lapát végéig.

⁹ Géptörzs szélesség: a fülke külső részén mért tényleges géptörzs szélesség (nem tartalmazza a futóművet).

¹⁰ Gyakorlati kritikus terület helikopterek esetében /Practical Critical Area/: (1/2 teljes hossz) x (3 géptörzs szélesség)

¹¹ Minimum level of Crash, Fire- fighting and Rescue (CFR) service for deployed fixed wing and rotary aircraft

Helikopter leszállóhely kategória	Szintetikus filmképző hab		Fluorprotein vagy filmképző fluorprotein hab		Protein hab	
	Víz [liter]	Kibocsátás sebessége [liter/perc]	Víz [liter]	Kibocsátás sebessége [liter/perc]	Víz [liter]	Kibocsátás sebessége [liter/perc]
H-1	1508	225	1647	250	1696	275
H-2	1983	425	2295	550	2404	625
H-3	2597	750	3132	1000	3319	100

2. táblázat: A készenlétben tartandó oltóanyag mennyiség helikopter leszállóhelyeken

H-1	H-2	H-3	Tűzoltó létszám	Járművek száma
Helikopterek száma a földön				
1-12	1-12		4	1
13+	13+	1-12	6	2
		13+	6	3
Megjegyzés: a + jellel megadott érték az adott értéket, vagy annál nagyobb meg nem határozott értéket jelöl.				

3. táblázat A beavatkozók létszáma és tűzoltó járművek száma

Ideiglenes helikopter leszállóhelyek¹²

Az eddig tárgyalt tűzvédelmi képesség követelmények a földfelszínen lévő állandó jellegű helikopter leszállóhelyeken érvényesek. A bevezetőben említésre került, hogy a helikopterek sokoldalú alkalmazhatósága, repülési tulajdonságai miatt, a leszállóhelyek több változatát alakították ki.

Az ideiglenes heliportokon hasonlóan az eddig látottakhoz a fő oltóanyag a hab. Az állandó jellegű heliportoktól abban mutatkozik eltérés, hogy az előírás nem számol tűzoltó gépjárművel, hanem elsősorban hordozható tűzoltó készülékek készenlétben tartását írja elő. Ez a különbség a leszállóhely jellegéből adódik.

A kevesebb repülőeszköz mozgás, a leszállóhely rövidebb ideig történő működtetése kisebb veszélyt jelent, mint azt láthattuk az állandó jelleggel működő leszállóhelyek esetében. Idő hiányában nincs lehetőség a tűzoltó gépjárművek leszállóhelyre történő manővereztetésére, vagy nincs elegendő mennyiségű tűzoltó gépjármű egy időben több leszállóhely működtetésére. Esetleg a harcászati körülmények, vagy a terepviszonyok nem teszik lehetővé a helyszínen való alkalmazásukat.

Ideiglenes leszállóhelyeken a 4. táblázatban szereplő a helikopter leszállóhely kategóriájának megfelelő tűzoltóeszköz biztosítása szükséges.

Meg kell jegyeznünk, hogy a táblázatban szereplő adatok abban az esetben érvényesek, ha az ideiglenes leszállóhelyen nem történik üzemanyaggal való feltöltés.

¹² Ideiglenes leszállóhely (Temporary Landing Site): a kevesebb, mint 30 napon keresztül használt leszállóhely, ahonnan kevesebb, mint 10 művelet történik naponta. (NFPA 418 Standards for Heliports 1.3.16)

Több helikopter leszállására szolgáló zónában az egyes leszállóhelyek között minimum az adott helikoptertípus főrotor sugara két és félszeresének megfelelő távolságot kell biztosítani. Azokon a leszállóhelyeken, ahol több helikopter leszállására van lehetőség, a biztosított oltóanyagoknak legalább egy leszállóhelyen lévő gép és környezete teljes eloltására elégnek kell lenni.

Helikopter leszállóhely kategória	Tűzoltó készülékek mennyisége ¹³
H-1	4A 80B
H-2	10A 120B
H-3	30A 240B

4. táblázat ideiglenes leszállóhelyek oltóanyag szükséglete

A bevezetőben említett katonai tábor területén lévő helikopter leszállóhely is ebbe a csoportba tartozik. Ezért nem tartunk folyamatos 24 órás tűzoltó készenléti szolgálatot repülőtéri tűzoltójárművel és felszerelésekkel. A le és felszállások idejére egy, a missziós tevékenységre történő felkészítés során kiképzett nem szervezetszerű tűzoltó rajt helyezünk készenlétké. A raj teljes állománya rendelkezik egyéni védőruházattal, tűzoltó felszereléssel. Fő beavatkozó eszközük egy úgynevezett zászlóalj típusú autonóm tűzoltó utánfutó. A technikai eszköz alkalmas vízzel, habbal történő oltásra egységes, illetve osztott sugárral. Üzemeltethető saját tartályról és külső vízforrásból való táplálással. Teljesítő képessége meghaladja a 4. táblázatban előírt paramétereket. Amikor a heliporton nem történik le-és felszállás, a nem szervezetszerű tűzoltó személyzet eredeti beosztásában tevékenykedik.

Épületeken elhelyezett helikopter leszállóhelyek

A legtöbb épületeken elhelyezett helikopter leszállóhelyen habot használnak oltóanyagként. Az oltás hatékonyságát kiegészítő oltóanyagok biztosításával lehet növelni. Ezek az anyagok lehetnek a por és a széndioxid.

Az oltóberendezések skálája a sugárcsővel ellátott tűzoltótömlőtől a rögzített beépített fűvókákon át a távirányítással mozgatható monitorokig terjedhet.

Milyen sajátosságok jelentkeznek a magas leszállóhelyek tűzvédelmében?

- Ha van megfelelő nyomású vízvezeték rendszer, ami képes tartani az előírt kibocsátási szintet, nincs szükség a kategóriának megfelelő oltóvíz mennyiség tartályokban való tárolására, ezen keresztül nagyméretű tartályok elhelyezésére helikopter leszállóhelyen (épület tetején).
- Az épületek tetején elhelyezett helikopter leszállóhelyeken az épület méretéből adódóan korlátozott hely áll rendelkezésre a leszálláshoz, mozgáshoz, ki-és beszálláshoz, rakodáshoz.

¹³ NFPA 1 táblázat 21.3.6.10.1

- A mentőfelszerelést a leszállóhelyen kell tárolni. A korlátozott méretek a sugárcsővek (monitorok) elhelyezését befolyásolják. A rendelkezésre álló terület mérete meghatározza az oltás taktikáját is. Elsősorban az üzemanyag feltöltésre is kijelölt leszállóhelyeken jelentkezik, amikor üzemanyag kiömlés (folyás) történik. Ilyen esetben a kifolyt üzemanyag megnehezíti a mentésre kijelölt útvonalak használatát, elegendő hely hiányában a tűzoltó-mentő személyzetnek a gép megközelítését.
- A heliport padozatának lejténe kell, a vízfolyás megkönnyítése érdekében. Ez általában 0,5-2%-os mértékű. Vannak úgynevezett tölcséres megoldású heliportok, ahol a lejtés közepre történik. Az elfolyt vizet összegyűjtik és a környezetbiztonság érdekében, mechanikusan elválasztják a szennyeződésektől. Ezután tároló tartályokba szivattyúzzák.
- A tűzoltó-mentő szolgálatnak a heliporton kell tartózkodnia, amíg ott helikoptermozgások zajlanak.
- Fontos, hogy a heliport építőanyaga, az ott lévő épületrészek határoló falazata, a nyílászárók a várható tűzterhelésnek megfelelő tűzállósági határértékkel rendelkezzenek.
- Amennyiben engedélyezett az üzemanyag feltöltés, a töltést végző kezelő állománynak védőeszközt kell biztosítani, ami megóvjaa őket a kifolyt, meggyulladt üzemanyag tüztől.
- A heliportot úgy kell kialakítani, hogy az ott lévő repülőeszköznek legalább két megközelítési lehetősége legyen. Ez a tűzoltás megszervezése és a mentés szempontjából bír kiemelkedő fontossággal.
- Az épület, hajó, fűrótorony stb. elhelyezett heliport fokozott veszélyt jelent a környezete számára. Ezekben a leszállóhelyeken a kritikus terület elvét kiterjesztve alkalmazzuk. A tűz teljes eloltása a cél, nem csak a gép törzsén, hanem a környezetben is.

A felsorolt talán legjellemzőbb sajátosságok következtében az épületeken, hajókon, fűrótoronyokon elhelyezett helikopter leszállóhelyeken történt balesetek következtében keletkezett tüzek oltására a földfelszíni leszállóhelyekre a 2. táblázatban meghatározott oltóanyag paraméterek nem érvényesek. Az ilyen leszállóhelyekre vonatkozó tűzoltóanyag szükségletet az 5. táblázat mutatja.

Helikopter leszállóhely kategória	Szintetikus filmképző hab		Kiegészítő oltóanyagok		
	Víz [liter]	Kibocsátás sebessége [liter/perc]	Por [kg]	Halon [kg]	CO ₂
H-1	2500	250	45	45	90
H-2	5000	500	45	45	90
H-3	8000	800	45	45	90

5. táblázat Épületeken elhelyezett leszállóhelyek oltóanyag szükséglete

Az épületek tetején elhelyezett helikopter leszállóhelyek tűzvédelmének megoldására három eljárás terjedt el:

Az első változat, amikor a leszállóhely mérete lehetővé teszi készenléti tűzoltók alkalmazását. Ilyenkor készenléti helyen, a leszállóhelyhez a lehető legközelebb helyezik el a beavatkozókat. A leszállóhelyen tárolják az oltáshoz szükséges számított oltóanyag teljes mennyiségét. A szükséges technikai eszközök, felszerelések szintén a helyszínen rendelkezésre állnak. Ezek általában beépített rendszerűek, nem tartoznak közéjük tűzoltó gépjárművek. Tűz, baleset esetén a mentést és az oltást, a kiképzett, felkészített, készenlétkben lévő szakállomány végzi. A felvázolt megoldás általában a folyamatosan, nagyobb forgalommal üzemelő heliportokon található.

Amikor a helikopter leszállóhely mérete nem teszi lehetővé tűzoltó készenléti szolgálat állomásoztatását, vagy a fel és leszállások száma azt nem igényli, a mentő tűzvédelem megszervezésének két megoldását használhatják.

A leszállóhely körül, különböző helyeken kell elhelyezni a szükségletnek megfelelő mennyiségű és kibocsátási képességű sugárcsövet. A sugárcsövek helyét úgy választják meg, hogy a heliport teljes területét képesek legyenek oltani. Az oltást bármilyen időjárási körülmények között biztosítani kell.

A megbízható oltás érdekében az oltóanyag mennyisége nem lehet kevesebb az 5. táblázatban megadottnál.

Amennyiben a leszállóhely mérete lehetővé teszi automata tűzoltó berendezés alkalmazását, akkor a korábban leírt feltételek (oltóanyag mennyiség, kibocsátási képesség) biztosításán felül szükség van a monitoroknak a mozgathatóságára, de legalább két pozícióban történő távirányításos állítására. Ha nincs tűzoltó állomány, a tetőn elhelyezett beépített automata oltóberendezésnek minimum 5 percen keresztül a teljes oldatintenzitással működni kell. Nem elhanyagolható az a körülmény, hogy a beépített oltóberendezéseknek minden időjárási körülmények között üzembiztosnak kell lennie.

Helikopter leszállóhelyek alkalmazása

A leírtakkal rá kívántam mutatni, hogy a szabványok a kritikus terület elve alapján igyekeznek egységes útmutatót adni a heliportok tűzvédelmi követelményeit illetően. Az egyes leszállóhely típusok jellegéből adódóan azonban különbözik az oltóanyag szükséglet, az oltóanyag kibocsátás sebessége, a beavatkozó állomány létszáma, szükségessége.

Egyes leszállóhelyeken változtatás nélkül kell alkalmazni a kritikus terület elve alapján számított oltási paramétereket. Ezek az állandó jellegű földfelszíni heliportok.

Más leszállóhelyeken szükségtelen a folyamatos tűzoltó készenléti és az oltási paraméterek mértéke is csökkenthető. Ezek elsősorban az ideiglenes földfelszíni heliportok.

Vannak olyan leszállóhelyek, amelyeknek elhelyezkedésük, környezetük miatt esetenként magasabb követelményeknek kell megfelelniük. Ilyen heliportok a földfelszín felett, épületeken, illetve a vízen lévő műtárgyakon és hajókon elhelyezett leszállóhelyek.

A Magyar Honvédség repülőeszközei műveleteik során találkozhatnak a helikopter leszállóhelyek teljes vertikumával. A missziós feladatokat ellátó egységei feladatuk kaphatják heliportok működtetését.

Mind a repülő, mind pedig a szárazföldi állományt fel kell készíteni arra, hogy ennek meg tudjanak felelni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] MSZ K 1123 Katonai repülőterek tűzvédelme (2006)
- [2] ICAO Doc 9261 Heliport Manual (Edition 3)
- [3] STANDARDS FOR HELIPORT NFPA 418 (2006 Edition)
- [4] STANAG 3861 Heliport Rescue and Fire Fighting Services Identification Categories (Edition 4)
- [5] STANAG 7133 Minimum level of Crash, Fire- fighting and Rescue (CFR) service for deployed fixed wing and rotary aircraft (Edition 1)



Daruka Norbert mk. hadnagy

A ROBBANÓANYAG-KERESŐ KUTYÁK ALKALMAZHATÓSÁGA REPÜLŐTEREK ÁTVIZSGÁLÁSA SORÁN

A kábító- és robbanószerek felderítéséhez manapság mind a rendőrség, mind a vámok világszerte kereső kutyákat alkalmaznak. A kutyákat komoly kiképzésen készítik fel erre a komoly feladatra, mely olyan pontosságot követel tőlük, ahol hibázásnak nincs helye. A célnak általában labradorok, juhász kutyák, fox terrierek és spánielek felelnek meg. A kiképzési folyamat az egyedek kiválasztásával kezdődik. A legtöbb helyen maga a felhasználó szervezet tenyésztí a kutyákat, szigorúan alkalmassági alapon. Az almokból különböző vizsgálatokkal és tesztekkel választják ki a speciális feladatokra alkalmas kutyákat. A kiválasztás igen szigorú paraméterekkel zajlik, hiszen a kiválasztott kutyától emberi életek függhetnek.

SPECIÁLIS TŰZSZERÉSZ KUTYÁK

A Magyar Honvédség ezen új képességének kialakítása 2005 végén kezdődött meg. Az eredményes toborzás után 18 katona kezdte meg a tűzszerezés tanfolyamot. Mindezekkel párhuzamosan elkezdődött az alegységbe szánt 12 robbanóanyag-kereső feladatra alkalmas kutya kiválasztása is. 2006 áprilisában, a vezérkari főnök és az országos rendőrfőkapitány által kötött együttműködési szerződés alapján a kutyák és vezetőik kiképzését az ORFK Dunakeszi Kutyakiképző Központjában kezdték meg, miután a 18 katonából tizennégyen sikeres harmadosztályú tűzszerezésvizsgát tettek.

Nemzetközi szerepvállalás kutyák bevonásával

MH PRT [Magyar Honvédség Tartományi Újjáépítési Csoport]¹ keretein belül különböző feladatokat hajtanak végre: a táborba érkező civil gépjárművek átvizsgálása, VIP-személyek érkezése esetén a látogatás tervezett helyszíneinek biztosítása is bővíti feladataikat. Ez alatt azt kell érteni, hogy a vendég érkezése előtt kimennek az adott helyre, a kutyák átvizsgálják a területet, az ott lévő objektumokat, járműveket, illetve az egyéb tereptárgyakat.

2006 őszén a MH PRT-1 keretében egy speciális tűzszerezés raj került bevetésre kutyák nélkül. Feladatuk a kiképzett kereső kutyák bevetéséhez kellő tapasztalatok megszerzése, valamint tűzszerezés feladatok ellátása volt.

¹ Afganisztánban, a NATO parancsnoksága alatt - az ISAF keretei között szolgáló - ezredszintű fegyveres magyar katonai egység

2007-ben a MH PRT-2 keretében már kutyák is részt vettek a misszióban, eleinte 3, majd bővítették létszámukat. A további váltásokban szintén eredményesen dolgoznak a robbanószer kereső kutyák.

2008-ban a KAIA [Kabuli Nemzetközi Repülőtér]² misszió keretében 2 speciálisan kiképzett robbanóanyag kereső kutya került bevetésre.

2009-ben a KAIA misszióban résztvevő kutyák száma 5-re emelkedett, így napjainkban 2 belga és 3 magyar kutya veszi ki részét a feladatok végrehajtásából.

A Magyar Honvédségben alkalmazott kutyafajták és jellemzőik

Egyszer valaki azt mondta, hogy „...a kutyákat a harcmezőn a háborúk kezdete óta alkalmazzák, viszont háborúk szinte az idő kezdete óta léteznek.” A kutyák története és alkalmazása egészen az asszír birodalomig nyúlik vissza. A több ezer éves tapasztalat alapján mindössze 7 kutyafajta bizonyult alkalmasnak különböző keresési feladatokra: belga juhászkutya, német juhászkutya, skót juhászkutya, airdeale terrier, dobermann, óriás schnauzer és a rottweiler. A Magyar Honvédség az egyik legelterjedtebb és legsokoldalúbb fajtát választotta a német juhászkutyát. A legfontosabb készségeit és képességeit, mely a keresőkutyákhoz szükséges a génjeiben hordozza, s ez nagyban megkönnyíti a kiképzést. Terhelhetősége nagy, megjelenése az egész világon egyértelművé teszi, hogy itt munkakutyával van dolga az embernek (preventív okokból nagyon fontos). A faj hátránya sok szakember szerint a magyarországi túltenyésztés, ebből fakadóan ijesztő számban megnőtt a keresőmunkára alkalmatlan kutyák száma, sőt élettartamuk is lecsökkent. Ha a fent említett problémákhoz nem találnak megoldást, akkor más kutyafajták rendszerbe állítását kell figyelembe venni és itt gondolhatunk a keverékkutyákra, melyek genetikai sokszínűsége miatt hosszabb ideig élnek és kevésbé hajlamosak a betegségekre.

A kutyák tevékenysége a nemzetközi szerepvállalás tekintetében

A hazánkban kiképzett robbanóanyag kereső kutyáknak kb. 2 hét akklimatizálási idő szükséges mire a kutyák 100%-ban megfelelnek a missziós feladatok elvárásainak. Az eddigi tapasztalatok alapján a kutyák munkavégzése kitűnő, alaptalan téves jelzés nem jellemző (Pl.: lehet, hogy nincs robbanóanyag a jelzés helyén, de előző nap lőszert tároltak az adott helyen és ezt robbanóanyag kimutató spray-val ellenőrizték). A kutyák teherbírására viszont negatív hatást gyakorol a hosszú aszfaltmentes afganisztáni terep. Három esetben merültek fel problémák a missziós tevékenységek során, az egyik kutya epilepsziás rohamot kapott, le kellett váltani. A második esetben a kutya vérében mikrofiláriákat³ mutattak ki, a hazánkban végrehajtott gyógykezelés után visszautazott és folytatja munkáját. A harmadik kutya sajnos veseelégtelenség miatt elpusztult.

² A rövidítés értelemszerűen a Kabul International Airport-ot jelenti, melynek októbertől magyar vezetése és irányítása van, benne repülésirányítási feladatokat végrehajtó magyar katonákkal.

³ A filarioida fonálféreg kifejlett alakjait makrofiláriáknak, az első stádiumú lárváját pedig mikrofiláriának nevezzük. Általános megnevezése ragadozó szívférgesedés.

A kutya pozitív és negatív tulajdonságai az alkalmasság szempontjából⁴

Vizsgált mozzanatok	Pozitív	Negatív
Viselkedés váratlan zajhatásokra (lövés, feldőlő szék, leeső tárgy)	Nyugodt, hangtalan, figyelmes. Hangforrást megközelíti, vizsgálja.	Ideges, feszült, félénk. Menekül, támadó, agresszív.
Viselkedés fajtársakkal szemben.	Nyugodt, kiegyensúlyozott.	Félénk, fokozottan domináns.
Kontaktust teremtő képesség idegen emberekkel szemben.	Bizalmas, kezdeményező.	Ideges, borzolja szőrét.
Viselkedés gépjárművek közelében (motorzaj, légfék)	Nyugodt, hangtalan, vizsgálódó.	Elhúzóds, kiütkeresés, remegés, támadás, fejkapkodás.
Viselkedés mozgó járműben	Nyugodt, hangtalan, érdeklődő	Remegés, fejkapkodás.
Viselkedés magasban és mélyben	Nyugodt, készséggel elfogadja az emberi segítséget.	Remeg, nyáladzik. Emberi segítségre támad.

A robbanóanyag-kereső kutyák kiképzése

A kábítószer-, robbanóanyag-kereső, szagazonosító, nyom követő, járőr, őr és hullakereső kutyákat a feladatra szakosodott kiképző központokban idomítják. A legnagyobb számban német juhászkutyákat alkalmaznak. A kutyákkal szemben támasztott legfőbb követelmény: a kutya, köznapi nyelven fogalmazva, játékos legyen, valamint, ha a kedvenc tárgya kikerül a látóteréből, akkor azt feltétel nélkül és nagy ambícióval keresse meg. A keresőkutyák és kiváltképp a robbanóanyag-kereső kutyák esetében elengedhetetlenül fontos, hogy vezetőjével kiváló viszonyt tudjon kialakítani. Ebben a szolgálati ágban dolgozó kutyának a kutyavezető szavára mindig és azonnal kell engedelmeskednie. A szakág speciális volta miatt a kutyának bármilyen közlekedési eszközön bátran és magabiztosan kell viselkednie. A kereső kutyák a katonai, az ipari, a házilag előállított robbanóanyagok, vagy többféle kábítószer keresésére felkészíthetik. A tanítás célja, hogy az egyre fífikásabb helyre elrejtett célanyagokra is rátaláljon a kiképzett eb. Ennek érdekében az iskolákban kialakítanak tanszékrenyeket, tan-kukákat, amelyekben ha rátalál és jelzi a kutya, mondjuk a TNT-t, akkor azt letesztelik épületen belül és járműbe elrejtett esetben is. Ha a kutya ekkor is produkálja a jelzést a megfelelő helyen, akkor mondható a kutyára, hogy ismeri a TNT szagát. A többi robbanóanyag és a kábítószer keresését is ugyanezzel a módszerrel tanítják, de a jelzés itt már aktív és passzív elemekre bontható. A kábító-, illetve robbanószer-kereső kutyák kiképzése különösen költséges, ezeket a kutyákat ugyanis a mindennapi élet kívánalmainak megfelelően repülőgépen, hajón is gyakorlatoztatják.

A kiképzés a valóságban a kutyák játékosságára épül. A kábítószer és robbanóanyag-kereső kutyák tulajdonképpen apporttárgyukat keresik kezdetben, amellyel játszanak. A kiképzésük során a tanulási folyamatban egy egyszerű, feltételes reflexet alakítanak ki a kutyákkal. A keresett anyag megtalálásakor az eb jutalomként apporttárgyát kapja meg, mellyel játszhat, ezzel is oldva a keresés

⁴ A robbanóanyag-kereső kutyák kiválasztása, kiképzése, továbbképzése. MH 1.HTHE Kiadvány 10. oldal.

feszültséget. Az alapvetően gyenge apportkészséggel bíró eb ezek alapján nem is alkalmas arra, hogy kábítószer vagy robbanószer-kereső kutyának kiképezzenek. A kábítószeres és robbanószeres felkutatásához a kitűnő szaglás mellett a kutyák magas szintű tanulási képességére is építenek, a keresett drogok, robbanóanyagok ugyanis nem olyan anyagok, amelyekkel az eb a természetben találkozott volna, ezért meg kell tanítani azok szagának felismerésére. A feltételes reflex kialakulását követően a kutya agyában stabilan egymáshoz kapcsolódik az apport és a keresett anyag szaga, így a robbanóanyag vagy kábítószer érzékelésekor is az apportot szeretne megtalálni. A kutyák fokozatosan találkoznak az összes olyan anyag szagával, amelyeket a későbbiekben fel kell ismerniük. Az, hogy egy robbanóanyag-kereső kutyának milyen mennyiségű anyagot kell felkutatnia, attól függ, hogy az elkövetők mit akarnak felrobbantani. Előfordulhat, hogy egy golyóstollba tesznek robbanóanyagot, vagy egy parkoló autóba, de az is, hogy egy épület alá. A kutyák a kiképzés során 10 dkg és 10 kg közötti robbanóanyag felismerését és jelzését sajátítják el. Az is változó, hogy a különböző helyre elrejtett különböző összetételű anyagokat hány méterrel érzi meg az eb. Függhet a kutya orrérzékenységtől, a légáramlástól, de általában egy kiváló képességű keresőkutya két-három méterrel felismeri az általa ismert robbanóanyag szagát. A keresett szag forrásának pontosítása viszont sokkal nehezebb feladat a számára, mint annak behatárolása. Körülbelül 30 cm-re kell minimum jeleznie, vagy annál közelebb.



1. ábra. A robbanóanyag-kereső kutyák kiképzése Ferihegyen⁵

A keresésre képzett kutyáknak a keresett anyag megtalálásán felül azt is el kell sajátítani, hogy amit találnak (kábitószer, robbanó anyagok) abba nem szabad beleharapni, nem lehet megenni. Ha rátaláltak a keresett anyagra, a kábítószer kereső kutyák kaparással, vakkantással jeleznek a gazdának. A robbanóanyag-keresők azonban nem adhatnak hangot, nem kaparhatnak, ugyanis bármelyik detonációt válthat ki. Ezek a szimatok leüléssel, vagy fekvéssel jeleznek a kutyavezetőnek. Az is utalhat valamire, hogy e két jelzőmód közül épp melyiket használja a kutya. Ha ülve jelzi, akkor az

⁵ Forrás: MH 1. HTHZ Speciális Tűzszerész Század Archívuma 2009.03.11.

azt jelenti, hogy az ő orrszintje felett van a keresett anyag, míg a fekvő jelzés esetén a keresett anyag földközélszintben található. A sikeres munka eredményeként, a drog vagy robbanóanyag megtalálása után az eb az adhatót apporttárgy mellé dicséretet, megpaskolást, simogatást kap, ami rendkívül fontos megerősítés számára a falkavezérnek tekintett ember részéről. A képzett kutyákat ingyen falatokkal már nem jutalmazták, de lehetséges módszer a fegyelmezés során. Érdekes momentum, hogy ezekkel a kutyákkal muszáj úgy játszani, mint más házi kedvencekkel, mert a játék közbeni pozitív élmény serkenti a kiképzettségi szintet, ezt az élményt kell megkapnia a kutyának a robbanóanyag megtalálásakor is. Alkalmazása során azonban figyelembe kell venni, hogy a kutya egy élő szervezet, nem gép. Így a teljesítménye hullámzó és koránt sem fáradhatatlan. Jó eredményt csak jól kiképzett, megfelelően táplált, pihentetett, motivált állattal lehet elérni.

A robbanóanyag-kereső kutyák kiképzésében együttműködő szervezetek

- Országos Rendőr – Főkapitányság Kutyakiképző Bázis
- Vám- és Pénzügyőrség Országos Parancsnoksága
- BRFK Bűnügyi Technikai Kutyás Szolgálat
- Pannon Kutyás Kutató - Mentő Csapat

Utóbbi szervezet a kutyák táv irányíthatóságában nyújt segítséget a robbanóanyag-kereső kutyák kiképzésében. Így lehetőség nyílik akár 30-50 méterről is az ebek irányítására és feladatszabásra, ezzel is fokozva a kutyavezető tűzszerész biztonságát.

A robbanóanyag-kereső kutyák kiképzéséhez alkalmazott szagminták

A Magyar Honvédség keretein belül alkalmazott robbanóanyag-kereső kutyák 10 fajta hagyományos, illetve kevert szagminta felismerésére vannak kiképezve. A szagminták egy részét magától a gyártótól, másik részét hatástalanított robbanószerkezetekből kinyert anyagok biztosítják. A gyakorló anyagok egy úgynevezett szagminta táskával segítségével kerültek a kiképzési rendszerbe. A táskát és ez által a gyakorló szagmintákat, mivel robbanóanyagot tartalmaznak, robbanóanyag raktárban őrzik, s kiképzés során onnan lehet felvételezni. A robbanóanyag-kereső kutyáknak munkájuk során nem csak egy bizonyos mennyiségű anyagra és nem csak meghatározott ideje elrejtett anyagra kell keresniük. A kiképzés során el kell érniük az is, hogy a kutya más-más mennyiségű és más-más rejtési idejű anyagra is biztosan dolgozzon. Ezt a folyamatot nevezzük szenzitivizációnak vagy érzékenyítésnek. A rejtési idő növelése és csökkentése is jelentősen megnehezíti a kutya munkáját, ugyanúgy a túlzottan kis mennyiségű és nagy mennyiségű robbanóanyag jelenléte is. Tulajdonképpen ezekben az esetekben a kettő hatása összeadódik, együtt érvényesül, mert a levegőbe kipárolgó és ott jelenlévő szaganyag mennyisége nő vagy csökken ezek függvényében. Minél nagyobb a rejtési idő és minél nagyobb az elrejtett anyagmennyiség, annál több szagmolekula található a levegőben. Természetesen ez függ a robbanóanyag rejtésének a helyétől is, mert például egy zárt rosszul szellőző helyiségben vagy zárt járműben a keresett szag sokkal jobban feldúsul, mint egy nyitott helyen.

Alkalmazott robbanóanyag	Felhasználási eszköz
TNT (Trinitro-toluol), préselt	TNT 75g-os; TNT 400 g-os; FRT 2,5; FRT 5
Semtex-H (Hexogén Nitropenta és Flegmatizátor)	Semtex-H; SZZ-IE (szalagtöltet)
Paxit (normál paxit, paxit-3, paxit-4)	Normál paxit; paxit-3; paxit-4
Flegmatizált Hexogén (A-IX-1)	PG-7-M kumulatív gránát
Flegmatizált Hexogén Alumíniummal (A-IX-2)	125 mm-es OF-26 repesz-romboló gránát
Öntött TNT Hexogén Alumíniummal és Flegmatizálttorral (TGAF-5)	122 mm M-21 OF sorozatvető rakéta (9M22U) harcírész
TNT és Dinitro-napftalin (TD-42 vagy TD 50)	82 mm-es O-832DU repesz aknagránát
TNT és Ammónium-nitrát ötvözete (amatol AT-40 vagy AT-90, AT-80)	82 mm-es O-832DU repesz aknagránát
Fekete „füstös lőpor”	Gyári mintából
„ Gyérfüstű” piroxilines és glicerines lőporok	Gyári mintából

1. táblázat. A Magyar Honvédség keretein belül alkalmazott szagminták

Meg kell ismerni a túlérzékenyítés fogalmát is. Ez azt jelenti, hogy a kutyának gyakran kell túlzottan kis mennyiségű szaganyagra dolgoznia, akkor azt fogjuk elérni, hogy a kutya végül más anyagot is rendszeresen bejelez. Ez azzal magyarázható, hogy a kutyát bizonytalanná tesszük a kis mennyiségű keresett szaganyaggal és más szagokat, például a rejtő személy szagát, megpróbálja segítségül venni, hogy feladatát sikeresen végre tudja hajtani.

A robbanóanyagok gyártásának fejlődésével és az új robbanóanyagok feltalálásával folyamatosan számolni kell és ezáltal a kereső kutyák képzését is folyamatosan szinten kell tartani és tovább kell képezni az erre alkalmas ebeket.

A robbanóanyag-kereső kutyák alkalmazhatósága repülőtereken

A nemzetközi és katonai repülőtereken egyik legfontosabb biztonsági tevékenység a gépjárművek és a repülőtéri létesítmények átvizsgálása, kockázati tényezők csökkentése. A robbanóanyag-kereső kutyák csak külön képzés tekintetében tudják elvégezni a személyek átvizsgálásának feladatait. A hazai katonai gyakorlatban nincs ilyen jellegű felkészítés, de beléptetési feladatok ellátásában segítséget jelenthet átvizsgálási mozzanatok kiegészítése képpen. Civil repülőtereken szerencsére nagyon ritkán terroristák közreműködésével csempésznek robbanószerkezeteket.



2. ábra. A kutyák kiképzése utas és rakodótérben⁶

Gyakori elkövetési módszerek az elemenként illetve összetevőként történő csempészeti eljárások. A tapasztalatok az mutatják, hogy az elkövetők gyakran alkalmazzák a testre kötözéses technikát, a poggyászbba (ajándéktárgyba, ruházatba, lábbelibe) rejtést, de még a gyomorba nyelés módszerét is.

Fontosabb ellenőrzési pontok repülőgép belső terében

- Repülőfedélzet
- Elülső mosdó
- Ruhaszekrény
- Elülső csomagtér
- Vészkijárat ablaka
- Konyha
- Kiegészítő energiaellátó egység
- Hátsó mosdó
- Hátsó csomagtér ajtaja
- Hátsó csomagtér
- Légkondicionáló központ
- Elülső csomagtér
- Villamos, illetve elektronikus fülke
- Radarberendezés fülkéje

Alapszabály, hogy a kutyát csak olyan helyen alkalmazzák, ahol az utazóközönség nem észlelheti a kutya munkáját. Tapasztalat szerint az utazókat nagyon érdekli a kutya munkája, de egyesek indulatosan is reagálhatnak az eseményekre. Előfordulhatnak olyan esetek is, amikor az elkövetők, észelve a kutya alkalmazását, elhagyják csomagjukat a robbanószerrel együtt és távoznak a repülőtérről. Ilyen esetekben a robbanószer vagy szerkezetet megtalálják, de az elkövető(k) nem azonosítható. Számos nemzetközi portálon keresik azokat az elkövetőket, akik hasonló módon próbálkoztak csempészéssel vagy merénylettel, de nem sikerült eljárás alá vonni őket.

A robbanóanyag-kereső kutya alkalmazható a repülőgépek átvizsgálására is az utasok leszállása és a csomagok kirakása után. A repülőgép kutyával történő ellenőrzése általában nem vezet konkrét eredményre, mert az elkövető(k) a robbanószerrel többnyire magával viszi, de a kutyavezetők gyakran tapasztalják, hogy a kutya olyan ülésnél jelzett, amelyiken robbanóanyag szállító ült. A nemzetközi

⁶ Forrás: MH 1. HTHZ Speciális Tűzszerész Század Archívuma 2009.03.11.

gyakorlatban előfordult már az is, hogy a ruhán maradt lóport érezte meg a kutya és így jutottak egy gyilkos nyomára.

A kutyák alkalmazásával nagy biztonsággal lehet felderíteni azokat az eseteket, amikor az elkövető a robbanószert vagy eszközt a testére szerelve vagy ruházatába rejtve szállítja. Mindenki ismeri már azt a mondatot, hogy „ne félj a kutyától, mert megérzi rajtad...”. A kutya nem azt érzi, hogy valaki fél, hanem a félelem érzeténél keletkező izzadságból kicsapódó só kelti fel a kutya érdeklődését irántunk. Ezt a módszert alkalmazták a kezdeti hazugság vizsgálók kialakításánál is.

A repülőgép külső átvizsgálását, ha ez szükséges, a kutyák bevonásán kívül tűzszerészek is végezzék el, mert merényletek végrehajtásánál alkalmazzák a robbanószerkezetek repülőgépre történő rejtését. Legfontosabb a futóművek és az üzemanyag betöltő nyílások átvizsgálása, hiszen ott tud a legnagyobb pusztítást végezni a robbanószerkezet.

A nagy személyszállító gépek poggyásraktárának átvizsgálása, a csomagok kirakása után is nehéz feladat. A repülőgép utasterének átvizsgálása megegyezik a korábban leírtakkal, de figyelmet kell fordítani a személyzet által használt helyiségekre is. A kutya alkalmazása előtt érdemes gyenge légáramlatot kelteni a gép szellőzőrendszerének üzemeltetésével, vagy az ajtók résnyire történő megnyitásával, ez legtöbb esetben segíti munkáját.

A repülőtereken alkalmazott kereső kutyák egyik legfontosabb feladata az árúk, csomag és személyes poggyász vizsgálata. Ezt a munkát a kutyák általában szívesen, nagy lendülettel végzik, mert a kutatási feladat jól szétbontható kisebb egységekre és így a kutya munkája ritmusossá válik, kisebb kutatási feladatot játék, pihenés követhet.

A reptéri csomagok átvizsgálása

A csomagok átvizsgálása történhet a szállítókocsin, raklapon, szállító konténerben elhelyezve vagy szállítószalagon, a berakodás előtt, illetve a kirakodás után. A szállítószalagon történő vizsgálat a felsoroltak közül a leghatékonyabb, mert ez esetben a robbanóanyag-kereső kutya külön-külön tud minden csomagot, akár többször is ellenőrizni. A kutya alkalmazása közben a szállítószalag lehetőleg álló helyzetben legyen, mert így a kutya biztonságosabban és magabiztosan tud dolgozni. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy a mozgó szállítószalagon nem végezhetünk keresést. Kellő gyakorlás után ez lehetséges, feltéve, hogy a szállítószalag a kutya számára biztonságos.

A szállítószalagon végzett munka a kutya állóképességét maximálisan igénybe veszi kapacitásának figyelembe vételével. Ha utasonként csak 2 db csomagot számolunk, akkor is több száz csomagot kell egy-egy járatnál ellenőriznie a kutyának. Ilyen igénybevétel után hosszabb pihenés szükséges, hogy a kutya visszanyerje eredeti formáját. Az említett szállítószalagnak megfelelő szélesnek és hosszúnak kell lennie ahhoz, hogy a kutya kényelmesen és balesetmentesen futhasson a csomagokon és meg tudjon fordulni, így lesz eredményes a munkája. Alapvető követelmény, hogy a kutya a futószalagon alaposan vizsgáljon meg minden csomagot legalább kétszer. Hasonlóan történik a postai küldemények, levelek, kisebb csomagok, küldemények ellenőrzése kutyák segítségével.

A csomagok csoportos ellenőrzése szállítókocsin vagy raklapon nem ideális, mert a sok csomag között a kutya nem tudja megbízhatóan jelezni a robbanóanyagot tartalmazó csomagot, különösen ha az más csomagok által fedett. Ez a módszer ezért csak elsődleges vizsgálatra alkalmas.

Légiteherárú raktárakban a robbanóanyag-kereső kutyák alkalmazására általában jóval több idő van, mint személyes csomagok ellenőrzésénél, így a kutyavezetőnek több ideje van az ellenőrzés módjának megválasztására. A teherárút gyakran több napig is tárolják a repülőtér raktárában, ezért a kutyavezető kiválaszthatja a legalkalmasabb időpontot a kutya alkalmazására. A kutyát a repülőgépek által keltett zaj mellett jelentősen zavarhatja a szállító, rakodó járművek zaja is. Repülőtéren általában a hajnali órák a legcsendesebbek, ilyenkor még nem kezdődik el a napi rutinszerű vámvizsgálat, az árúk szállítása és a repülőgépek indítása sem. Ezt a nyugalmas időszakot érdemes a keresőkutyák számára kihasználni. Gondot okoz, hogy a raktárak jobb kihasználtsága érdekében jelentős magasságig rakják fel raklapon az árút. Ez a magasság a hat métert is elérheti és így a kutya már képtelen ellenőrizni a magasban lévő árút. Gyanús csomagok vizsgálatát általában nem érdemes a raktározás helyén végezni, mert ha valamelyik csomag robbanószeret tartalmaz, a kiemelés után a kutyák órák múlva is jelezni fogják annak helyét.

A konténeres csomagszállítás tekintetében- pl.: Jumbo gépeknél – a kutyával történő ellenőrzéshez mindig ki kell rakni a csomagokat, és biztosítani kell, hogy a kutya mindegyiket külön-külön ellenőrizhesse. A kutyák repülőtéren történő alkalmazását legjelentősebben a magas zajszint befolyásolja. Különösen a felszálló sugárhajtású gépek által keltett magasfrekvenciájú zaj zavarja a kutyák koncentrációképességét. Fontos, hogy szolgálaton kívül az ebek ne a repülőtér környezetében legyenek elhelyezve.

A katonai repülőtereken természetesen más módszereket is alkalmaznak talált csomagok esetén. A gyanúsnak tűnő csomagokat robotok segítségével vizsgálják át és ha szükséges ezek közreműködésével semmisítik meg azokat.

Katonai repülőtereken alkalmazott robbanóanyag-kereső kutyák

A nemzetközi feladatok tekintetében a robbanóanyag-kereső kutyák a Kabuli Nemzetközi Repülőtéren (KAIA) látnak el fontos feladatokat. Ilyen feladat például az üzemanyag szállítmányok (benzin és kerozin) átvizsgálása. E mellett fontos feladatot jelent a kiemelt szállítók átvizsgálása és ellenőrzése. A már említett módon gépek és rakományok ellenőrzése, valamint V.I.P. biztosítás. Bár nem a témához kapcsolódik mégis említésre méltó a repülőtér melletti szombaton üzemelő piac árukészletének átvizsgálása, illetve ellenőrzése. A hazai gyakorlatban is alkalmaznak robbanóanyag-kereső kutyákat katonai repülőtéren. Gondoljunk csak a nemrégiben alkalmazásra kerülő tűzszerész csoport munkájára, amely Pápa Bázisrepülőtéren teljesíti feladatait kutyákkal megerősítve. Feladataik között itt is megemlíthető a V.I.P. mozgásokból adódó előzetes átvizsgálások, valamint a reptéri létesítmények ellenőrzési feladatai.



3. ábra. Robbanóanyag-kereső kutya gyakorlat közben⁷

A robbanóanyag-kereső kutyák szállítása

A légkondicionált kutyaszállító utánfutót négy nagytermetű kutya biztonságos és komfortos szállításához alakították ki. A tervezés során figyelembe vették a Magyar Honvédség feladataiból adódó igényeket, az állatok szállítására és védelmére vonatkozó szabályokat, valamint a jármű közúti forgalomba helyezésére vonatkozó szabályokat.

Az utánfutó szilárd alvázra épített napi gondozástól mentes laprugós felfüggesztésű fékes kialakítású futóművel van ellátva. A futómű és lengés csillapítók méretezése biztosítja a közúton és terepen történő vontatás során a benne utazó állatok számára a komfortos utazást. Az utánfutó fel van készítve vasúti és légi szállításra, behajózáshoz, daruzáshoz. A felépítmény könnyűszerkezetes alumínium profilokba ágyazott hőszigetelt szendvics szerkezetű műanyag panelszerkezetű, ezért fontos, hogy emelni (daruzni) az erre a célra készített szemekkel kell, melyek felirattal meg vannak jelölve. A szállítás során szükséges lekötési pontok is kialakításra, kerültek az alváz megfelelő pontjain. Utánfutót a kutyák komfortos utazásának biztosítására tervezték. A kutyák szállításakor légkondicionáló berendezés gondoskodik a szellőztetésről, fűtésről és hűtésről a szélsőséges időjárási körülmények okozta hatások megszüntetéséről.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] DAVID Alderton: Kutyák. Panem könyvkiadó, Budapest, 1995., ISBN 963 545 045 1
- [2] DR. BÍRÓ Andor - GYŐRI János – DE POTT György: A kutya nevelése és kiképzése. Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 1987., ISBN 963 232 427 4
- [3] KOSKOVICS István – MATICSEK János: Robbanóanyag-kereső kutyák alkalmassági és teljesítménybírálati rendje. ORFK Szolgálati Állatfelügyelet kiadása, Dunakeszi, 1996.
- [4] A robbanóanyag-kereső kutyák kiválasztása, kiképzése, továbbképzése. MH 1.HTHE kiadványa, Budapest, 2006.

⁷ Forrás: MH 1. HTHZ Speciális Tűzszerész Század Archívuma 2009.03.11.



Domján Károly

A MI-24 HIND INTERAKTÍV BEMUTATÁSA ÉS A GÉP KÜLÖNFÉLE RENDSZEREI

RÖVIDEN AZ ELŐADÁSHOZ FELHASZNÁLT SZOFTVER NYÚJTOTTA LEHETŐSÉGEKRŐL

A szoftverekkel szemben támasztott alapvető követelmények

A TDK (Tudományos Diák Konferencia) anyaga egy teljesen új szemlélet szerint készül, mely lehetővé teszi, hogy a helikopter teljes elméleti anyagát interaktív módon tekinthessék át. Ez természetesen azt jelenti, hogy az általános repüléselméleti anyagoktól a földi és a légi üzemeltetési ismeretekig minden megismerhető. A szoftvernek a felhasználók és az anyag készítője számára egyaránt könnyen kezelhetőnek kell lennie. Az egyik ilyen szoftver a Microsoft Powerpoint alkalmazása, mely a prezentáció készítés egyik legfelhasználóbarátabb programja. Megjelenítési képessége is kiválónak mondható, így különféle ismeretterjesztő programok készítésére is egyaránt alkalmazható. Bizonyos védeltséget nyújt a pps formátumba történő mentési képesség, de a powerpoint -ba történő beimportálás után már szerkeszthetővé válik a file, így a célnak mégsem felel meg teljesen. A szoftverről tudnunk kell, hogy úgynevezett statikus diasorozat készíthető el vele, mely a különleges effekteknek köszönhetően a vetítéskor egy igen látványos előadás élményét nyújtja. A diák képesek kezelni mind a szövegdobozakat, a képeket illetve multimédiás fájlokat. Ezek egymáshoz képest késleltethetők és különféle megjelenési formákkal animálhatók. Egyszerű menürendszerek kialakíthatók benne. A statikus diák másolásával és így a hiperhivatkozás segítségével egyik diáról a másikra történő ugrással egy interaktív menü benyomását kelti. A diára beillesztett multimédiás anyag egyik hátránya, hogy a fájlok formátuma amiket a powerpoint kezel, igen szűk halmazba sorolható. Az alkalmazás elméletileg nem állít korlátot az anyag méretének, bár a tapasztalat azt mutatja, hogy egy több száz diás diával rendelkező powerpoint, mely több menüt is tartalmaz, képes arra, hogy a hiperhivatkozások sorrendjét felborítja, így a diaváltást követően nem a cél diát indítja el, hanem egy attól független helyre navigál. Ettől függetlenül ez az alkalmazás prezentáció készítés egyik legkönnyebben használható és legfelhasználóbarátabb szoftvere.

A felsőfokú képzésben már széles körben elterjedtek a programmal készített oktatóanyagok, melyek a tanulást nagymértékben megkönnyítik. Mivel az emberek nagy része alapvetően vizuális beállítottságú, így egy kellően harmonizált, színben és megjelenítésben készített oktatóanyag a figyelmet több ideig képes koncentráltan lekötöni. Nem kimondottan az elsajátítandó elméleti anyag megjelenítésére képes, hanem komplett tesztsorok illetve feladatsorok is csatolható az anyaghoz.

Vizsgáljunk meg egy másik szoftvert is mely nemcsak prezentáció készítésére hanem komplett tesztsorok készítésére is alkalmazható. Ez a program a Neobook. A powerpoint-hoz hasonló struktúrára épül ez az alkalmazás is, bár itt diák helyett oldalak hozhatók létre melyek a szöveges és képi anyagokat szinte korlátlanul képes megjeleníteni. Nem annyira „válogató” mint a Microsoft programja, így aztán a beimportálható multimédiás fájlok felhasználhatósága szélesebb körű. Nagy előny, hogy alaptól kezeli a flash animációkat melyek lényegesen kisebb méretűek, mint a másik szoftver által készített ugyanilyen animált részek. Egy flash-be bevitt menü kisebb, gyorsabb, stabilabb ugyanakkor mégis arra készíti bennünket, hogy némely programfutási korlátot egészen egyszerűen megkerüljünk. Némi ügyeskedéssel olyan hivatkozás készíthető mely a felhasználó számára észrevétlenné teszi az egyes részek váltását.

Az előző blokkban már említésre került, hogy egyre több tananyag készül el multimédiás formában, de a jogvédeltséget illetve az eredetiségének védelme a powerpoint-tal nem garantált. A Neobook képes az exe file-ba történő mentésre, mely nagyobb garanciát ad nekünk a jogvédelemre és nem, vagy csak igen komoly munkával alakítható vissza szerkeszthető formába. Az exe file-ok mérete szintén kisebb mint az egyszerű bemutató fájloké. Gyorsabb és ugyancsak exe file-ba konvertált más részegységeket is stabilabban képes megnyitni illetve kezelni.

A MI-24 HIND / KROKODIL MODIFIKÁCIÓI KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉGEK

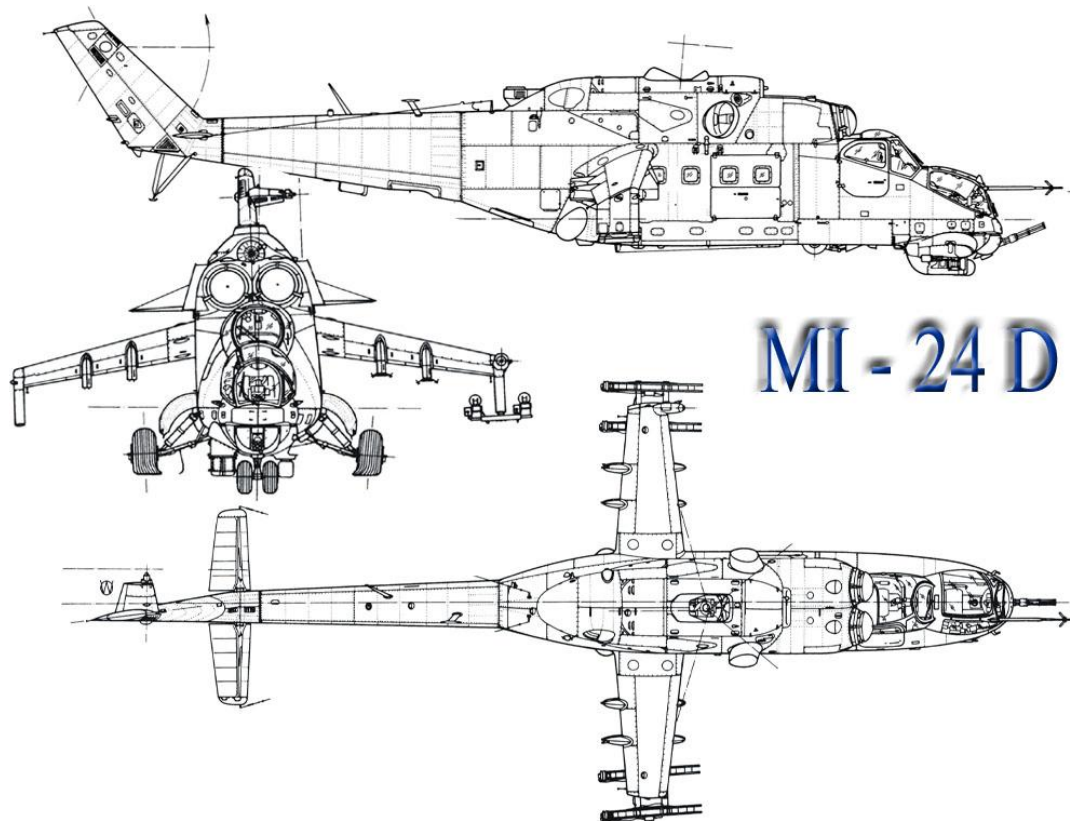
Mint ismeretes, a MI-24-es harcihelikopternek rengeteg modifikációját ismerjük, hiszen a gép sokoldalúsága szinte minden speciális feladat ellátását lehetővé teszi. Az első típus a MI-24 A az első próbálkozás volt egy szállítóhelikopter harcihelikopterré történő átalakításában, mely mint ismerjük nem hozta meg a várt eredményt. Így a tervezők rövid időn belül előálltak a ma is ismert jellegzetes formával. A sors fintora, hogy a helikopternek hamarosan éles helyzetben is meg kellett mutatnia speciális képességeit. Az afganisztáni háborúban nagy példányszámban vetették be őket és a kezdeti időszakban a veszteségek is hasonlóan nagyok voltak. A gép újratervezésénél fontos szempont lett az érzékeny részek, így például a hajózó személyzet, a hajtóművek, a forgószárny és farok légsavár, valamint az üzemanyagtartályok védelme. A gépet több helyen megerősítve páncéllemezekkel látták el, melyek a kézi lőfegyverek ellen igen jó védelmet nyújtottak, ugyanakkor olyan mértékben növelték a gép tömegét, hogy az Afganisztánra jellemző hegyvidéki körülmények között a gép teljes javadalmazással nem volt képes felszállni. Így aztán sürgetővé vált a TV3-117 hajtómű teljesítmény fokozása. Ez a TV3-as hajtóművek egy újabb generációját hozta létre. Ezzel együtt a fegyverrendszert és a sárkányt is modernizálták. Ekkor váltotta föl a MI-24 D-t a V típus. Ezt egy újabb generáció követte alkalmazva a V típuson bevált fegyvereket, de kiegészítve egy brutális kétcsövű 30 mm-es oldalgéppágyúval. Ez a típus a 24P, a NATO-ban ismert HIND F. A helikopter nemcsak beváltotta a hozzá fűzött reményeket, de számos szocialista ország is rendszeresítette őket. Természetesen különféle igények újabb modifikáci-

ókat eredményeztek, melynek például egyik kiemelkedő típusa a kifejezetten vegyi-sugárfelderítésre átépített változat.

Magyarország három típust állított rendszerbe. A hetvenes években a MI-24D-t, a nyolcvanas években a MI-24V-t, majd az ezredforduló után a volt NDK örökségéből a MI-24P-t. A MI-24-ről feltétlenül meg kell említeni azt a kiemelkedő tulajdonságát, hogy hermetizálható fülkével illetve deszanttérrrel rendelkezik. A hermetizáltság biztosítja, hogy a gép szennyezett terepszakasz légtérében is gond nélkül átrepülhessen, illetve feladatot hajthasson végre. Ezt a képességet egy komoly légkondicionáló rendszer teszi lehetővé, melyet a helikoptervezető fülke alatt balra helyeztek el és nemcsak a belső hőmérséklet szabályzására képes, de 0,2 atmoszférás, úgynevezett depresszív belső nyomást hoz létre. Ez meggátolja, hogy a szennyezett terep levegőjéből a belső légtérbe kerülhessen szennyező anyag. A kondicionáló rendszert három szűrő egészíti ki, melyek aktív szén és papírszűrők. Ennek segítségével a rendszer képes a belső levegő keringtetésére és tisztítására.

A MI-24 D

Ez a típus volt az első Magyarország légierijében amely kifejezetten mint harcihelikopter került rendszerítésre. A típus egyenként 2225 LE teljesítményű hajtóművekkel van ellátva, mely nem elhanyagolható paraméter. A gép teljes fegyverjavadalmazása miatt, okkal nevezték el a MI 24-et repülő harcokocsinak. A páncéllemezekkel borított sárkány szerkezet, és a rengeteg fegyver felemeléséhez, a mozgékonyág fenntartásához a TV-3-117 hajtóművek megfelelő teljesítményt adnak le.

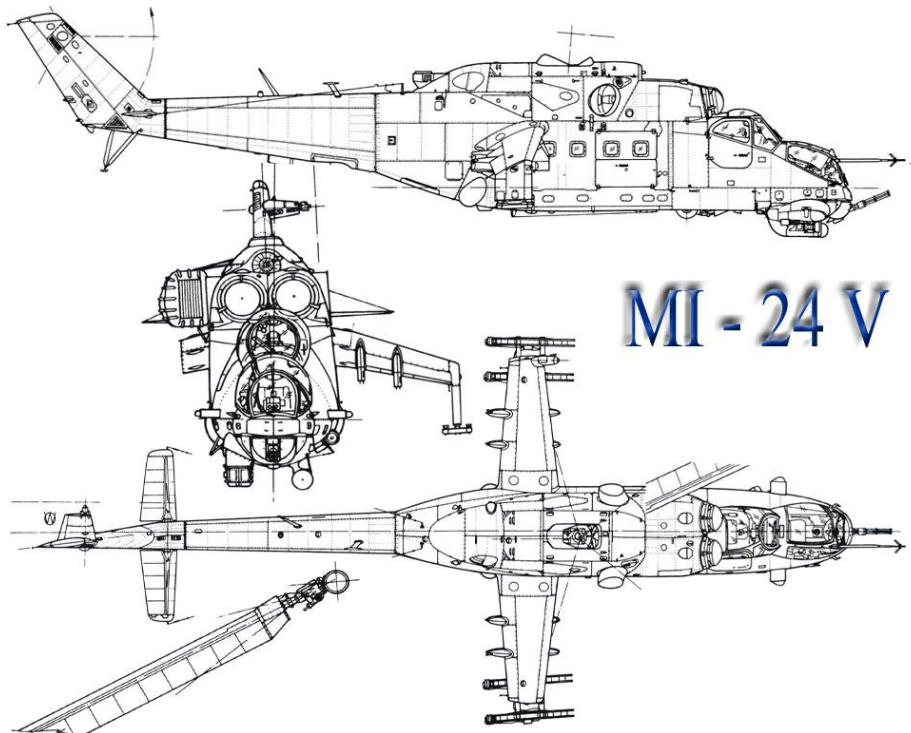


1. ábra. A MI-24 D harci helikopter

A gép felszerelhető pótüzemanyag tartállyal is, de ezt csak a deszanttérbe lehet elhelyezni és a deszanttér felét legalább el is foglalja. A fegyverzetre jellemző a 4 db 32-es SZ-5-ös rakétablokk, mely nem irányított rakétákat képes indítani, és a 4 db „FALANGA” irányított rakéta. A Falanga hangsebesség alatti rakéta, mely egy sínről indítható a fegyverfelfüggesztő szárny külső pilonja alól. A rakéta célravezetését a fegyveroperátor végzi a fülkében elhelyezett irányítópult segítségével. A gépek a DG 50-es teherzárral felszerelve két tonna külső súly elszállítására is alkalmasak, így alkalmazási területük ezzel is bővül. A MI-24-es harcihelikopter család mindegyike hermetizált deszanttérrel van építve, ami átalakítható mentő célokra, de 8 deszantos katona szállítására, ejtőernyős dobásra is felhasználható. A tér mind a 8 ablaka nyitható és gépkarabély konzollal is el van látva. Ennek köszönhetően a gép tűzerejét is igencsak megnöveli.

A MI-24 V

A típus a D verzió továbbfejlesztett változata. Hajtóművei is erősebbek, nagyjából 2250 Le teljesítményűek egyenként. A teljesítménykülönbségre szükség is van, hiszen ha csak a fegyverzetét nézzük, javadalmazása súlyra is nehezebb. A TV3-117V + VM hajtóművek, csak teljesítményben különböznek egymástól. Ugyanakkor ez a különbség több száz LE-t jelent. D verzióhoz képest a V típusokon a szárnyak alatti felfüggesztési lehetőségek további speciális eszközök használatát is lehetővé teszik. Többek között külső pótüzemanyag tartály függesztését a belső pilonokra, így a D-hez képest a deszanttér szabad marad. Egyenként 500 literes áramvonalazott tartályok. A gránátvető és aknatelepítő konténerek függesztése is lehetséges, ugyanakkor speciális célokra a vegyi - sugárfelderítő konténer alkalmazható.



2. ábra. A MI-24 V harci helikopter

A V típusok a „STURM” irányított rakétát képesek célba juttatni, döbbenetes találati pontossággal. A Falanga típushoz képest ezek sín helyett egy zárt csőből indíthatók, melyek egy speciális tartókra tehetőek fel. Ezek a tartók a szárny alatti belső pilonokra is függeszthetők, így a V típus akár 8 irányított rakétát is vihet. A Sturm rakéták egyik speciális tulajdonsága, hogy légi célokra is átprogramozható, így a gép túlélőképességét erősen megnöveli. A Sturm, indítása után a csőből kilépve szinte azonnal átlépi a hangsebességet. A kilométerekre lévő cél elérése mindössze néhány másodperc. A harcokosi személyzet számára, ha már meghallják a Sturm indításkor fellépő jellegzetes hangot, már esélyük sem marad a harcjármű elhagyására. Továbbá a rakéta tömege és sebessége miatt a kinematikai energiája a becsapódáskor olyan mértékű, hogy ha a fej nem robban fel, egy harcokosi tornyát akkor is több méter távolságra ellökve képes leszakítani. Külsőleg felfedezhető különbség az is, hogy a pilótafülke alatt, a gép orra felé egy rádióantenna áramvonalazó burkolata emelkedik ki.

A MI-24 P

A P változat a MI-24-es család utolsó, egyben legmodernebb és legerősebb verziója. Sokan ide sorolják a MI-35-öst is, de a hasonlóság ellenére az már egy teljesen új típusnak számít. A 24 P egyik szembetűnő jellegzetessége, hogy elődjeivel ellentétben nincs a gép orr részében beépítve a forgatható géppuskatorony a 12,7 mm-es négycsövű géppuskával. Ehelyett ez a verzió egy kétsövű 30 mm-es gépágyúval lett ellátva, mely tekintélyes pusztító erőt képvisel. A puska egyik hátránya, hogy külön nem irányítható így a célzást a helikopter vezető végzi, a gép hossz tengelyének célra tartásával. Másik hátránya, hogy a 30 mm-es lövedékek visszaható energiájának következtében a törzsközéprész és a törzsorrszék közti törzskeretet viszonylag alacsony lövés számok után cserélni kell. A helikopter védelméül szolgáló infracsapdák kerekeit a faroktartó elől, a törzsközéprész hátsó részére építették át, a fegyverfelfüggesztő szárny kilépő élé fölé. A MI-24-es család egy három csuklós bekötésű 5 lapátos forgószárnyal van építve, faroklégcsavarja pedig 120 fokos szögben elrendezett három tollú faroklégcsavar. A három tollnak köszönhetően a gép viszonylag zajos. A végtartó aszimmetrikus kialakítású mely egy aerodinamikai elcsavarást idéz elő, de ezzel együtt a tartó mechanikailag is el van csavarva. Ez az elcsavarás biztosítja, hogy harci körülmények között a faroklégcsavar sérülése esetén 160 km/órás vízszintes repülési sebességgel akkora aerodinamikai erő keletkezik a végtartón, mely a gép útirányú stabilitását megtartja. Ez természetesen azt jelenti, hogy a géppel csak repülőgépszerű vagy autórótiációs leszállás hajtható végre a faroklégcsavar sérülése esetén. A klasszikus elrendezésű helikopterek nagy hátránya, hogy a faroklégcsavar komolyabb sérülése esetén a forgószárny reakciónyomatékának köszönhetően a gép sárkánya bepörög, és ezzel irányíthatatlanná válik. A típust felszerelték egy úgynevezett hidraulikus belépés határoló rendszerrel, mely a jobb oldali pedál benyomásának intenzitását határolja le. E kiegészítő szerkezet nélkül egy intenzív jobb irányú belépés esetén a farok légcsavar képes lenne leszakítani az egész végtartót. Így máris láthatóvá válik a 24-es háborús túlélőképességének kiemelkedő tulajdonsága. A forgószárny lapátok három csuklón keresztül vannak bekötve, így a nyugati merev bekötésű típusokkal szemben a lapátok a vízszintes csukló segítségével fel-le csapkodhatnak, a függőleges csukló segítségével

vel pedig előre- hátra lengenek. Természetesen a csapkodó és a lengő mozgás határolva illetve csillapítva van. A lapátok állásszögének változtatását az axiális csukló biztosítja. A 24-esre jellemző a kiemelkedően nagy fegyverfelfüggesztő szárny melynek a repülés közben igen komoly stabilitási szerepe van. A szárny a törzshöz képest egy olyan előre beállított állásszögben van felépítve, hogy a gép 250 km/ óras repülési sebessége esetén, a szárnyon keletkező felhajtó erő a forgószárnyat 40 százalékban tehermentesíti. Ez is biztosítja a gépnek egy komoly erőtartálékot, mely adott esetben felhasználható. A végtartón elhelyezett stabilizátor a forgószárnyon létrehozott állásszög változtatásnak megfelelően saját állásszögét is változtatja. Ez az egyesített vezérlőkarral „EVK” működtethető.

A gép hidraulika rendszere is három részből áll. Egy fő, vész, kiegészítő hidraulika rendszerből. A főrendszer meghibásodása esetén a vészrendszer automatikusan átveszi a szerepét, a kiegészítő rendszer meghibásodása esetén pedig a helikopter főrendszere a vészrendszer. A rendszerek úgy vannak kialakítva, hogy a hidraulika rendszerek sérülése esetén a gép irányításához szükséges hidraulikus kormányerő csökkentők, a végsőkig működjenek.

A tüzelőanyag rendszer is komoly védelemmel van ellátva, mivel a gumifalú tüzelőanyag tartályokat, lövedék becsapódása ellen védtek. A tartályban egy speciális hab található, mely a lövedék által okozott lyukat pillanatok alatt eltömíti, így a további üzemanyag elfolyást megakadályozzák. Mint tudjuk, az üzemanyag fölött lévő légtér oxigén telítettsége miatt potenciális robbanóelegyet képezhet az üzemanyaggal, a lövedék becsapódásakor. Ennek kivédésére egy úgynevezett semleges gáz rendszer lett bevezetve, mely a kiürülő üzemanyag tartályokat szén-dioxiddal töltik fel, megakadályozva ezzel az égést.

A HELIKOPTER INTERAKTÍV MEGISMERÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

Az interaktív kézikönyv előnyei és hátrányai

A digitális formában elkészített kézikönyvek használata egy teljesen új szemlélet kialakulását segítik elő. Támaszkodva arra, hogy az emberek többsége vizuális típus, a digitális világ egy sokkal hatékonyabb megjelenítési formában képes elénk tárni ismeretanyagot, mint a hagyományos papírforma. Nagyméretű adattömeg a hagyományos módon igen nehéz és sérülékeny könyvekbe volt megjeleníthető, de a számítógépek gyors elterjedése ezeket a méreteket nagymértékben leredukálta. Mint ahogy már a bevezető részben is tárgyaltuk, többféle képi megjelenítő szoftver közül válogathatunk, attól függően kinek melyik áll közelebb az elképzeléseihez. Én mindkét szoftvert felhasználom melyekről már szó volt. Első lépésként egy logikusan felépített diarendszert próbálok kialakítani, mely különféle kereszthivatkozásokkal szinte minden általunk érdekesnek talált anyagrészt képes lesz megnyitni. Mind 3D-s grafikát, mind audio file-okat és videó blokkokat felhasználok az interaktív kézikönyvben. Saját szemléletem szerint ezáltal is nagymértékben segítve a típus minél mélyebb megismertetését. Egy egér és egy számítógép segítségével könnyedén barangolhatunk a hatalmas adattömegben. Mivel

egy ilyen típus megismertetéséhez szükséges program kialakítása komoly csapatmunkát igényel, ezért én természetesen egy töredékét vagyok képes az anyagnak feldolgozni. Mégis úgy gondolom, hogy egy logikailag jól felépített struktúra a teljes típus bemutatását képes lesz lefogni, és az egyes témaköröket bárki könnyedén kidolgozhatja. A cél file formátuma és elnevezése kötött lesz, de az ezen belüli felépítés már szabadon választott.

Mire is gondolok ebben az esetben? A járművekre jellemző és a légi járművekre különösen, hogy két különálló felhasználási területre kell őket felosztani. Az egyik ilyen terület maga a légi üzemeltetés, kifejezetten a hajózó állományra vonatkozó szabályzókkal, a másik terület pedig az ő repülésüket lehetővé tévő, javító és üzembentartó csoportra vonatkozik. Az általam készített munka elsősorban a hajózó állomány számára ad majd könnyebb tanulási lehetőséget, de emellett mégis nyitva hagyva a kézikönyvet, hogy a műszaki állomány saját ismeretanyagát is csatolhassa. A menürendszer több rétegű menüt takar, melynek elméleti része külön a repüléshez szükséges anyagrészeket tartalmazza. Ezek az elméleti részek tartalmazzak aerodinamikai, repülésmechanikai, szerkezettani és gázturbinás hajtóműismereteket. Az elméleti anyagok nagy része már komoly kidolgozott jegyzetként rendelkezésünkre áll, mindössze annyit kell tennünk, hogy felkérjük szerkesztőiket, hogy egy rövidebb, tömörítettebb verziót állítsanak össze. A jogvédelem fenntartása érdekében a szerzők neve már az anyag megnyitásakor megjelenítésre kerül. Mivel az interaktív kézikönyv ezen része mint említettem, kifejezetten a hajózó állomány számára nyújt segítséget, ezért az elméleti anyagrészeknek nem kell, hogy teljes keresztmetszetében átfogják az adott elméleti témakört. A hajózók már rendelkeznek az alapvető ismeretanyaggal, így az ő számukra inkább csak a felfrissítés és a készségi szinten tartás a lényeges.

A műszaki állomány részére már másfajta megközelítést kell alkalmazni. Az ő számukra fontos információk megjelenítése, más megoldásokat sürget. Egyik hátrányként lehetne felsorolni az interaktív kézikönyv szempontjából, hogy egyszerre nem, vagy csak korlátozottan képes több különféle információformátum megjelenítésére. A bevett szokások szerint a tanulás olyan formában történt, hogy a könyvből a műszaki rajzot kihajthatták, és egyidejűleg a könyvből olvashatták a hozzá tartozó információkat. Kis áthidalásokkal azonban ez a probléma megkerülhető. Másik hátrányként sorolhatnák fel, hogy csak számítógépen lehet felhasználni. Sok ehhez hasonló hátrányosságot kereshetnénk még, de a fejlődés útjába állni nem érdemes. Fontosabb inkább áthidaló megoldások keresése.

A kézikönyv működése

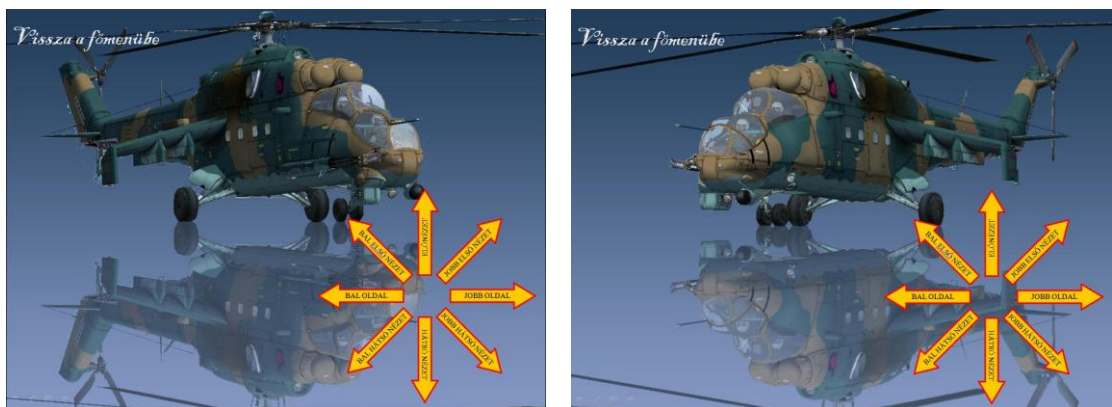
A grafikai megjelenítés sokrétűsége miatt grafikai anyagból csak igen keveset tudok az írásos anyagba csatolni, inkább csak az érdekesebb újabb megoldásokat illesztem be. Ha a programot elindítjuk, azonnal egy barátságos flash grafika fog lefutni, mely mint egy könyvborító üzemel. Innen továbblépve lehetőségünk nyílik arra, hogy a MI-24-es család nálunk rendszeresített 3 változatáról egy-egy rövidebb videót is megtekinthessünk. Ez az opció azonban átugorható és azonnal kinyithatjuk a kézikönyvet. Már az elején összetalálkozhatunk egy érdekes ikonnal, mely a jobb felső sarokban fog lépten-nyomon megjelenni. Ő az „Angyal”. Az ötlet nem saját, egy filmből merítettem mert szerintem

ember közelebbé teszi a programot. Az angyalra rámutatva az egérrel, a „segítség” felirat jelenik meg, rákattintva pedig az oldal kezelésének instrukciói jelennek meg írásos formában. Az angyal minden oldalon vagy menüben, az arra jellemző információkat fogja mutatni. Az interaktivitás érdekében egy hangfile bejátszása is indítható, mely a segítséget beszédben közli velünk.

A másik igen fontos ikon, egy kézikönyv ikon lesz mely egyrészt lehetővé teszi számunkra, hogy bármikor visszatérhessünk az „Elmélet” főmenübe, de egyben azt is biztosítja, hogy az adott anyag-részre vonatkozó elméleti kiegészítést, magyarázatot is áttekinthessük. A „szem” vezérlőgomb, vagy ikon mindig egy automatikus tájékozódást biztosít. Mit is jelent ez? Azt jelenti, hogy ha például a helikoptervezető fülkében szeretnénk körbenézni, azt a vezérlőgombok segítségével akár kockánként is megtehetjük, de a szemre kattintva egy önműködő körbenézést biztosít, majd visszatér a kiinduló állapothoz. A gépet 3 D-ben is ízekre szedhetjük, és vizsgálhatjuk.



3. ábra. Az interaktív menürendszer segéd ikonjai



4. ábra. A Helikopter 3D-s menürendszere

A grafikai oldalak nem igényelnek külön magyarázatot, hiszen a képre kattintva az adott részegység jelenik meg, és így tovább. Az anyag egyik jellegzetessége, hogy a helikopter mindkét irányba körbefordítható, a fülkéi pedig nyithatóak. Ha rákattintunk az adott fülkére akkor választhatunk, hogy fotó, vagy 3D-s megjelenítést szeretnénk. A 3D-s megjelenítés egyik előnye, hogy egy érdekes eljárással a panelek homogén fényhatásúak, a műszerek számlapján nem csillog a fény. Ez a fotótextúránál nem igazán kivitelezhető. Ismeret tartalom szempontjából azonban mindegy melyiket választjuk, hiszen ugyanazzal az eljárással hívhatók be az információk.

Minden panelen lévő kapcsoló, visszajelző lámpa neve és funkciója megtekinthető. Ha az egeret rávisszük az adott kapcsolóra, műszerre vagy lámpára, a neve 3 nyelven, magyarul, oroszul, és angolul is megjelenik. Ha azonban rákattintunk, akkor egy információs panel jelenik meg, mely tartalmazza a kiválasztott egységre vonatkozó leírásokat. A kapcsolók felkapcsolásával láthatjuk hol, és milyen visszajelző lámpa gyullad ki.

Ha a szerkezeti egységeket nézzük, akkor a fontosabb szerkezeti egységet külön-külön is meg tudjuk jeleníteni és akár tovább boncolgatni. A teljes sárkány és hajtómű kidolgozásra kerülhetne, de ez csapatmunkát igényel.

AZ OPERÁTOR ÉS A HELIKOPTERVEZETŐ FÜLKE TELJES MEGISMERHETŐSÉGE, ÉS A HAJTÓMŰINDÍTÁS FOLYAMATA

Ez az opció azért kerül kidolgozásra, mert lehetőséget ad a hajtóműindítás, és az addig történő folyamat eljárásainak gyakorlására. Itt azonban egy fontos dolgot kell megemlíteni. mivel videó és hanganyag egyaránt szükséges ehhez a folyamathoz, viszont ezek minősített információk, a TDK anyagába nem kerülhetnek be bemutatásra. Ez külön link hivatkozik majd egy külön DVD-re, amiről betölthető lesz a hajtóműindítás folyamata. Ez persze csak megfelelő betekintési engedéllyel.

Ezen belül azonban műszakilag is bemutatható az indítási folyamat. Egy Flash grafika nagyon látványosan képes ezt megjeleníteni. A folyamat ugyanis igen érdekesen áll össze. Ha a kapcsolók a megfelelő sorrendben - az olvasókártya szerint – vannak felkapcsolva, akkor indítható az AI-9V indító hajtómű. Ez egy centrifugálkompresszoros, fordított gázaramú égőteres hajtómű. A szekunder levegőáramból elvezetve 1,7-2,2 báros nyomású levegőt az SZV-75 levegős indító berendezéshez juttatják. A levegő egy turbinát forgat meg mely egy bolygóművön keresztül, a segédberendezés meghajtás házon át, egy bordástengely segítségével megforgatja a TV3-117 V hajtómű kompresszorát, és 21%-os fordulatszámig pörgeti föl. Az üzemanyag befecskendezése és a gyújtás következtében egy lángfront képződik az égőtérben, és ezzel a hajtómű beindul, majd alapjáratú fordulatszámig pörög fel. Ez természetesen csak igen leredukált folyamata a hajtóműindításának. Sajnos az anyag terjedelme miatt ezt a folyamatot részletesen nem tudom ismertetni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Mi-24 D, V műszaki technológia
- [2] 4+ Publication MI-24 D, V, DU
- [3] Saját jegyzetek



Dr. Dudás Zoltán

REPÜLÉSBIZTONSÁGI KOCKÁZAT, REPÜLÉSBIZTONSÁGI FELELŐSSÉG

A szerző megkísérli felvázolni a repülésbiztonsági kockázat kezelésének alapvető metódusait, és bemutatni a légiközlekedés szereplői közül a légijármű parancsnokának lehetőségeit és felelősségét a repülésbiztonsági kockázat értékelését és kezelését illetően.

A REPÜLÉSBIZTONSÁGI KOCKÁZAT ALAPJAI

A kockázatkezelés mindenkori célja egy adott szervezet működőképességének optimális szinten tartása, a működést károsan befolyásoló veszélyektől, illetve azok következményeitől, való megóvása útján. Ez a szervezet működését biztosító személyek egészségének, valamint a működéshez elengedhetetlen erők és eszközök megóvását jelenti. Fontos megjegyezni, hogy mivel a hétköznapi élet, így egy szervezet mindennapi tevékenysége számtalan kockázatot rejthet, a kockázatkezelés első lépéseként a tevékenységi sorban a valódi, azaz nem felesleges kockázati tényezők felderítésére, azonosítására és értékelésére kell figyelmet fordítani. A kockázatkezelés végső soron a tevékenység hordozta kockázat, vagyis valószínű káros következmény és a tevékenység szolgáltatta haszon egyensúlyának megtalálásáról szól.

Az elfogadható és a kezelendő kockázati elemek szétválasztása megfelelő szintű döntést igényel, mely logikusan meg kell előzze a rendszer működését, mivel erre az elemzési folyamatra, melyre a döntés támaszkodik időre és forrásokra van szükség. Éppen ezért a kockázat kezelés proaktívan, tehát a tervezés időszakában a legcélszerűbb, amikor még a rendszer minden szintjén lehetséges a kockázatkezelési lépések beillesztése. Ez a lehetőség egyszersmind a szervezetnek a kockázatkezeléssel párhuzamos, vagy átfedésben lévő egyéb célkitűzéseivel való integrációját is előre vetíti. Így a kockázatkezelés szolgáltatja biztonság, például hatékonyságban, vagy akár gazdasági haszonban is kifejezhető.

A kockázatkezelés első lépése a szervezetben (rendszerben) fennálló veszélyek felderítése. A kockázatkezelésnek ebben a kezdeti fázisában a veszélyeket, nem magában álló körülményként veszi számba, hanem a rendszer működéséhez, feladataihoz kapcsolt, logikai módon rögzítik. Ez teremti meg a lehetőségét, hogy a veszélyekhez vezető okoknak az elemzésbe vitelére.

Stratégiai szintű, hosszabb távú tervezéskor, amikor a szervezet tevékenységének komplexitása azt megkívánja, tehát a veszélyek nem egyértelműen behatárolhatóak, a veszély analízis módszere diagnosztikai módon a jelen és a közelmúlt, valamint távolabbi múlt statisztikákban, jelentésekben, eseményjelentésekben, vagy egyéb információforrásokban rögzített adatok felhasználásával alkalmazha-

tó. A diagnosztikai elemzés eszközeként a kérdőíves felmérés módszere is szóba jöhet, mely a rendszer különböző szintjeiről szolgáltat információkat a veszélyek valós mértékéről.

A veszélyek pontos ismeretében kezdődhet meg a kockázatkezelés következő lépése a kockázat meghatározása. Ehhez a kockázat alapelemeinek, a veszélyeztetettségnek, tehát a kitétségeknek; a következménynek, tehát a súlyosságának; valamint a bekövetkezés valószínűségének meghatározása szükséges.

A felsorolt tényező közül a kitétség idő és térbeli jellemzőkkel és erősséggel jellemezhető. A súlyosság pedig személyek, vagy berendezések, tárgyak sérülésének mértékével fejezhető ki.

A repülésbiztonságban a bekövetkezett légiközlekedési események kategóriákba sorolása is ezen az elven nyugszik, amennyiben a besorolási kategóriáit a sérülés mértéke adja, természetesen az alapvető felosztás elsődlegesen az ember számára okozott károsodás mértékén alapul.

A valószínűség meghatározása, becslése természetesen nem állhat meg a veszéllynél magánál, hanem vissza kell utaljon a lehetséges okokra, melyek veszély valószínűségét összeadják.

A kockázat megbecsülése a fenti tényezők kombinációja útján valósul meg. A repülésbiztonságban a gyakorlatban is alkalmazott kockázatbecslési mátrixban a valószínűség gyakorisági kategóriákban, a súlyosság súlyossági kategóriákban jeleni meg. A színekkel és betűkkel jelölhető kockázati szintek kézzelfogható módon jelzik beavatkozás igényét és sürgősségét.

Amennyiben beavatkozásra, azaz kockázat csökkentésre van szükség az a kockázat három összetevőjének mérséklése útján valósítható meg.

A kockázatsökkentési módok meghatározásánál olyan intézkedésekre kell törekedni, hogy lehetőleg az összetevők minél nagyobb körét érintse, vagyis a csökkenés lehetőség szerint terjedjen ki mindhárom összetevőre.

A kockázatkezelés folyamatában a kockázatsökkentési módok tekintetében három lehetőség kínálkozik: a kockázat kikerülése, a kockázat áthárítása és a kockázat kiterjesztése.

Mindenekelőtt a kockázat kezelésének folyamatában a döntésért felelős vezetőknek meg kell határozniuk azt a kockázati szintet (értéket), ami elválasztja az elfogadható, tehát kezelést nem igénylő, és az e szint feletti, tehát valamilyen intézkedést igénylő kockázatoktól, az azokhoz tartozó a feladatok fontossága és sürgőssége függvényében.

A kockázat kikerülése azt jelenti, hogy a kockázatos tevékenység egészét, vagy részét elhagyják, esetleg a feladatot késleltetik. Mivel az egyes tevékenység mozzanatok elhagyása a feladat egészét kérdőjelezheti meg, illetve az elmaradt feladat okozta hátrány sokkalta nagyobb lehet, mint a feladat speciális körülményekből és a halasztásból adódó extra kockázat, a módszer csak ritkán és indokolt esetben alkalmazható.

A katonai repülés esetében a feladatok fontossága és sürgőssége a harci alkalmazás során megköveteli a feltétlen végrehajtást, a speciális körülmények okozta magasabb kockázati szint ellenére is, ezért ezen módszer alkalmazása nem látszik célszerűnek.

A kockázat áthárítása, mint módszer azon az elképzelésen alapul, hogy a kockázat kezelése lehetséges a valószínűség és a súlyosság megváltoztatása nélkül is. Az áthárítás lényege az, hogy a lehetséges veszteséget és kitétséget a rendszer más, az adott veszélyre, vagy következményre kevésbé érzékeny tényezőire terheljük át.

Ennek az elgondolásnak a jegyében alkalmazzák a katonai repülésben egyre elterjedő pilótánélküli légijárműveket, melyek fedélzetükön emberi jelenlét nélkül, távirányítással képesek, a hadvezetés megítélése szerint túl kockázatos csapásmérési feladatokat megoldani. Ezeknek az eszközöknek a létrehozását deklaráltan a pilóta életének megóvása és más hatékonysági indokok támasztották alá.

A kockázat kiterjesztése esetében a három tényező közül a kitétséget befolyásoljuk. A kitétség intenzitásának, idejének vagy frekvenciájának megváltoztatásával, magának a feladatnak időbeni és térbeni variációjával a kitétség csökkenthető. A veszélyt jelentő tényezőktől elszennvedett ártalom mérsékelhető az expozíciós idő csökkentésével, vagy az újabb kitétségek közti idő növelésével, valamint a kitétség intenzitásának figyelembe vételével egyaránt. A katonai repülés esetében a kockázat kiterjesztése a harci feladatok olyan megtervezése által, például úgy valósítható meg, hogy a nagy intenzitású ellenséges tűznek kitett légijárművek a veszélyzónákban csak a feladat végrehajtásához legszükségesebb időt töltik, így az expozíció csökken. Hasonló módon célszerű, például a radioaktívan szennyezett légtérben történő repülés esetén az kitétség csökkentése és elosztása az eltöltött idő, valamint az intenzitás mindenkori figyelembe vételével.

Ideális esetben a kiválasztott csökkentési mód a feladattal és a rendelkezésre álló források adta lehetőségekkel egybe esnek. A kockázati döntés, mely a prioritásokat, módszereket és forrásokat meghatározza, ebben az esetben aránylag egyszerű. Amennyiben a maradó kockázat a kívánnál nagyobb, vagy ha a források a csökkentésre nem elegendőek, a prioritások, vagy az elfogadható szint módosítására van szükség.

A kockázatkezelés sikere végső soron a végrehajtáson dől el ezért rendkívül fontos annak megtervezése, valamint ellenőrzése. A végrehajtáshoz tisztázni kell a felelőségeket és forrásokat, a végrehajtás során pedig folyamatosan ellenőrizni kell annak megvalósulását, tehát a cél elérését, hogy az esetleges korrekció időben megvalósítható legyen.

A folyamat egésze, és a jövőbeni kockázatkezelési intézkedések szempontjából elengedhetetlen az intézkedések dokumentálása és értékelése.

A REPÜLÉSBIZTONSÁGÉRT VISELT FELELŐSSÉG ÉRTELMEZÉSE

A repülésbiztonságért viselt felelősség értelmezésekor gyakran találkozunk a széles körben ismert James Reason nevéhez fűződő modellel. Maga modell ugyan nem kifejezetten a felelősség, inkább a balesethez vezető okok felderítését célozza, de mivel a repülésbiztonságot befolyásoló tényezőkkel (anyagi-technikai, humán) dolgozik, a fejletlenebb biztonságkultúrával működő, a büntető-szabályozó

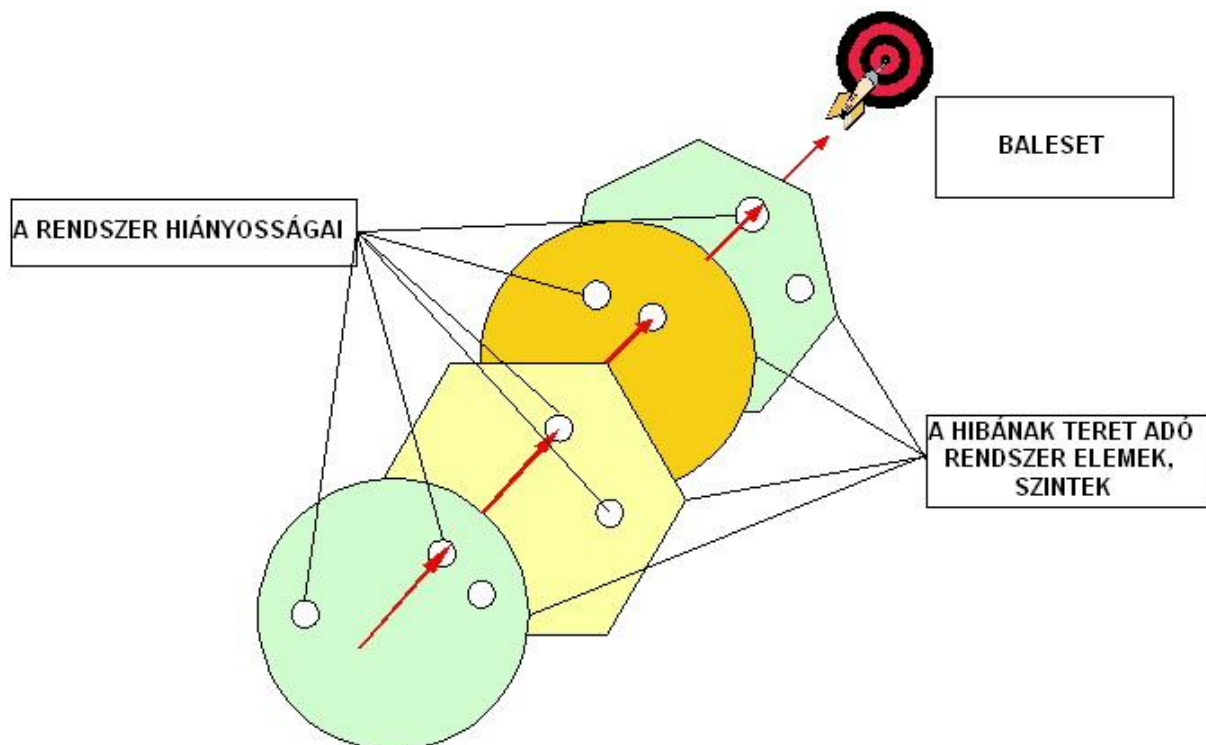
akciókhoz szokott rendszerekben annak felelősség megállapítására alkalmas vetületét látják. Végző soron a modell félreértelmezéséről van szó.

Reason professzor kutatásai a hiba evolúciója körül forognak, tehát azokra az elemekre mutatnak rá, amelyek utat engednek az emberi hibának, végző soron a hiba balesetté fejlődését lehetővé teszik.¹ A kutatási eredmények a Reason-féle „Svájci sajt modell” néven ismert sémában öltönek testet.

Szemléletes volta és logikus felépítése miatt a modell alkalmas a légiközlekedési események okainak „felgöngyölítésére”, így azt a világon számos országban alkalmazzák az eseményvizsgálók képzésében. (1. ábra)

Reason egy rendkívül egyszerű gondolatmenetre és annak plasztikus megjelenítésére épít, ahol a sajt szeletek a hiba² megakadályozásának, illetve megállításának szintjeit jelképezik. Az elgondolás lényege az, hogy a hibához hozzájáruló tényezők között minden esetben találhatunk olyanokat, melyek a maguk szintjén hiányosságokat, - a sajt hasonlatnál maradva lyukakat - hordoznak. Ezek a hiányosságok engednek utat a hiba, súlyos következményekkel járó balesetté fejlődésének.

Reason a hiba kifejlődésekor dinamikus és statikus elemeket különböztet meg. Ezek a tettek és körülmények, illetve ezek kombinációi válnak a baleset okozóivá. A dinamikus elemek közé a biztonság sérelméért felelős akciókat, tehát a különféle szándékos és önkéntelen emberi hibákat sorolja.



1. ábra. A Reason modell elvi felépítése³

¹ KLEIN Sándor: Munkapszichológia, I-II, Budapest: SHL Hungary Kft.1998. 615-616. p.

² A modell alapja annak elfogadása, hogy az ember hajlamos a hibára. Itt most olyan hibára kell gondolni, amit valaki, vagy valakik a repülés rendszerében követnek el, ezzel befolyásolja a repülés biztonságát.

³ Szerk.: Dudás Zoltán 2006.

A sajtószelvények által szimbolizált szintek mindegyike hordozhat rejtett (látens) hibákat, problémákat, melyek folytonossági hiányokként jelentkeznek a biztonság szövedékén. A stratégiai szinten a szabályozás, a taktikai szinten a stratégia végrehajtása, az ez alatti szinten tevékenység alapját jelentő strukturális és szakmai tényezők, de a légitársasághoz és a repülési infrastruktúrához kötődő hibák, mind a nyugvó tényezők táptalaját képezhetik. A dinamikus elemeket Reason szerint, a végrehajtók és a szakmabeli tényezők jelentik. Erről a szintről indulnak ki a hibák és szabálysértések, egyes szakemberek a kérdéssel kapcsolatban egészen odáig mennek, hogy a hibázások okait majdnem teljes egészében a szabályok ismeretére illetve betartására vezeti vissza.

Négy fő okot állapítottak meg:⁴

- Szabályzat hiba: a szabályok nem egyértelműek, vagy nem léteznek.
- Kiképzési hiba: a szabály létezik, de nem ismert.
- Vezetői hiba: a szabály ismert, de nem tartatják be.
- Egyéni hiba: a szabály ismert, de nem tartják be.

A statikus elemek között olyan elemeket találunk, mint a repülés rendszerében megbúvó látens hibák és körülmények. A tényezők két csoportjának ilyenén felosztása, a szándékos emberi hibák kivételével, meggyőződésem szerint Reason akarata ellenére, azt a repülésbiztonságban el nem fogadott, káros nézetet erősíti, miszerint a légiközlekedési események kialakulásában a véletlen is szerephez juthat.

Tekintve, hogy a közrejátszó tényezők között az emberi tényezők döntő szerepet játszanak, a Reason elméletnek olyan értelmezésével is lehet találkozni, amely az emberi tevékenység tökéletlensége okán, megengedi a légiközlekedési események kivédhetetlenségét. Az elmélet félreértelmezése sem ritka. Mivel a stratégiai szinten fennálló látens hibák kevésbé kézzel foghatóak, és a technikai rendszerbiztonság, tehát a légitársaságot is magába foglaló technikai biztosító rendszer, egy időszakban konstansnak tekinthető, a kivizsgálók figyelme gyakran kizárólag az első vonalban tevékenykedőkre irányul, erősítve azt a téves látszatot, hogy az esemény bekövetkezésért az egyes ember felelős. Ugyanakkor megfelelnek a stratégiai szinten állók felelősségéről, akik a repülés és a repülésbiztonság rendszerét jelen esetben úgy alakítják, hogy az a hibát lehetővé teszi. Két klasszikus felfogás áll itt egymással szemben, nevezetesen: a hibáztató-szabályozó és a proaktív felfogás. Az első esetében az egyén hibája, és a korrektív szabályozás mint megoldás, a másik esetben a bizalmi elven működő és a hibabiztos rendszer és a biztonságkultúra erősítése van a középpontban.

Reason a légiközlekedési esemény elemzésénél a jól bevált logika mentén, tehát a különböző szintről kiinduló hibák nyomát követve javasol intézkedéseket a megelőzésre. Első lépésként a kivizsgálás kezdetén azonnal szembeötlő „tüneteket” veszi számba, és azonnali intézkedéseket javasol fogantatni. A hibáztató-büntető kultúra híveinek rendkívül rokonszenves módon, szándékosság esetén a büntetést is ezek közé, az azonnali intézkedések közé sorolja.

⁴ Accident investigation handout, United States Army Safety Center 1995. 9. p.

Második lépésben mélyebb elemzés és a biztonság megővésére irányuló intézkedések következnek. Harmadik lépésben a mélyreható elemzés és a stratégia hiányosságait érintő tevékenységek kapnak hangsúlyt. Nyilvánvalóan a légiközlekedési események kivizsgálása során a kezdeti szakaszban egy sor, primér információ kerül a kivizsgálók szeme elé. Csak a további elemzések lehetséges a rendszert, tehát a vezetés kompetenciájába tartozó tényezőket értékelni.

Ha a szakmai vizsgálat gyors eredményeket akar produkálni, akkor még a Reason modellt követve is lehetséges, hogy kizárólag a dinamikus elemekre koncentrálna hoznak intézkedéseket, tehát kvázi eldöntik az ügyet és megállapítják a szerencsétlenség okát vagy okozóját.

Pedig a vizsgálat kezdeti szakaszában, amikor csak viszonylag kevés igazolt információ, ám nagy mennyiségű adat áll rendelkezésre, kifejezetten káros messzemenő következtetéseket levonni, hiszen a gyors és nem kellően átgondolt döntés félreviheti a vizsgálatot, így a Reason-féle két további lépés akár el is maradhat. Ami marad ilyen esetben, az gyakran egy előfeltevésre épülő döntés és temérdek fél nem dolgozott adat. A mélyebb elemzés ilyenkor elmarad, stratégia szintre vonatkozó megállapítások nem születnek, csak a baleset közvetlen oka kerül napvilágra, de a „miérték” nem. A „svájci sajt” elmélet, említett hiányosságai ellenére ugyan alkalmas a légiközlekedési események kivizsgálásánál, de csak abban az esetben hozhat eredményt, ha a vizsgálat azt annak teljességében követi, ami kétségkívül hosszú és alapos munkával jár.

A szakmai vizsgálat ezért nem elégedhet meg csak a dinamikus elemek, tehát a szűkebben értelmezett emberi tényező, mint ok, vizsgálatával és az azonnali szankciók kirovásával, hanem törekednie kell a stratégiai szintű elemek értékelésével és megváltoztatásával a biztonságnövelés érdekében.

A PILÓTA JOGI FELELŐSSÉGE

Amint láttuk, az egyéni hiba, mint a balesethez vezető legfőbb ok gyakran vonzó lehetőséget kínál a hosszú és fáradságos szakmai kivizsgálás során a feladat lezárására. Az eredményorientált szakmai vizsgálat megállapításait, mely jogi értelemben nem kötelező jellegűek, sajnálatos módon keveredhetnek a jogi konzekvenciákat is hordozó hatósági vizsgálat elemeivel. Ezek természetesen jogilag, tehát jogszabályokban rögzítetten jelennem meg és kézzelfoghatóan mutatnak rá a balesetért viselt felelőségre, elsősorban a légijármű parancsnok felelősségére.

A magyar jogszabályi hierarchiában elsődleges a légiközlekedésről szóló 1995. évi CXVII. törvényt kell megemlítenünk. A törvény 58. § (1) bekezdésében egyértelműen definiálja a légijármű parancsnok felelősségét amennyiben:

„A parancsnok felel a repülési feladat biztonságos végrehajtásáért és a repülési szabályok megtartásáért. Joga és kötelessége a repülés tartama alatt az ezzel kapcsolatban felmerült minden kérdés eldöntése.”

Felmerülhet a kérdés, hogy a légijármű parancsnok által kezelendő, viselendő kockázat arányban áll-e a jogi felelőséggel, melyet a törvény leír. A légijármű parancsnok ugyanis végső soron mindenért felel, ami a fedélzeten és a levegőben történik, bekövetkezik.

A válasz alapvetően attól függ, hogy a légijármű parancsnokára a repülésbiztonsági rendszer a biztonság garantálásából mekkora feladatot hárít át. Fejlett biztonságkultúrákban ez a feladat, felelősség arányban áll a viselt kockázattal. Egy jól működő, eredményes, a nemzetközi szervezetek ajánlásainak megfelelő biztonsági rendszerben a parancsnok felelőssége nem terjed túl a törvényben előírtaknál. Az ilyen rendszerekben ugyanis a repülésbiztonsági irányítás és tervezési rendszer (Safety Management System) garancia a veszélytényezők folyamatos kezelésén túl a minőség orientált repüléstámogatásra is, melyet a minőségbiztosítási rendszer Quality Management System) is támogat.

Ha a magyar katonai repülés mai állapotát vizsgáljuk, az említett biztonsági rendszerek kapcsán, a válasz már nem ilyen egyértelmű. Az egyébként papíron létező és a szövetséges szabványoknak, legfőképp a STANAG 7160FS jelzésű dokumentumnak megfelelő repülésbiztonsági rendszer erőforrás hiány miatt csupán részlegesen képes feladatát ellátni.

Ami a jogi felelősséget illeti, az ugyanakkor nagyobb és kiterjedtebb, mint amit a törvényben olvashatunk. A speciális katonai szabályzók, mint az állami repülések céljára kijelölt légtérben végrehajtott repülések szabályairól 3/2006. (II. 2.) HM rendelet további feladatokkal, felelősségekkel bővítik a törvényben meghatározottakat, úgy mint :

7. § (1) A légi jármű parancsnok joga és kötelessége az Lt.-ben foglaltakon túlmenően:

a) a műveleti feladat során a végrehajtással kapcsolatos kérdésekben való döntés;

b) a szakszemélyzet felkészítése és felkészültségének ellenőrzése;

c) gyakorló repülés során a feladat végrehajtásának megtagadása, ha az üzemelési és működési körülmények nem felelnek meg a repülési szabályokban leírtaknak, vagy veszélyeztetik a repülés biztonságát.

Amint látjuk a rendelet a törvényen túlmenően további felelősséggel terheli meg a katonai légijármű parancsnokát. Annak eldöntése ugyanis, hogy a szoros és szigorú katonai alá-fölérendeltségben a feladat végrehajtását meg lehet-e, meg kell-e tagadni, mérlegelést igényel. Annak mérlegelését, hogy a feladat szolgáltatja haszon, arányban áll-e a várhatóan magas kockázati szinttel. A légijármű parancsnokának tehát nem a csak a repülésbiztonsági kockázat megítélése a feladata, hanem a magasabb célszerűségi szempontok vizsgálata is. Ezeknek a pilóta általában nincs birtokában. A repülésbiztonsági kockázat felmérése pedig ilyen irányú képzettséget igényelne. Maga Reason is fontos szerepet szán a repülésbiztonsági képzésnek, amit alapvető védelemként értékel. Sajnálatos módon a modell alkalmazása gyakran nem jut el eddig a pontig és a képzés kimarad, csupán a repülésbiztonsági munkában közvetlenül érintett szakembereket képzik, ám ők jogi felelősséggel nem bírnak.

Ám a jogi szabályozás katonai repülésben nem áll meg a miniszteri rendelet szintjén. Egy régebbi kor terméke a 35/2002. számú MN Légierő Parancsnoki intézkedéssel módosított Re/1713 számú „Szakutasítás a repülések végrehajtására URV-92” szolgálati könyv, mely a kiváltását célzó törekvéseknek ellen tudott állni, annak ellenére, hogy megalkotása óta csupán tervezet maradt. Ez a máig hatályos szabályzó az eddigieknél lényegesen messzebbre megy:

Például az URV II. fejezetének 25. pontja kilencedik bekezdése a gépszemélyzet parancsnoka számára előírja: „*az adott repülőtechnika üzemeltetési utasításában előírt követelmények pontos betartásával vezes-*

se a repülőeszközt, előzze meg a repülőesemények és a repülőeseményekhez vezető okokat, amelyek a gépszemélyzet hibájából következhetnek be:”. E szerint a légijármű parancsnoka felelős lenne saját és alárendeltjei hibáinak megelőzéséért is, valamint egyetemleges felelősséget viselne minden olyan hibáért, mely repülőeseményhez vezethet, attól függetlenül, hogy ezekről van-e tudomása.

Az URV II. fejezet 25. pontja tizenharmadik bekezdése leírja: *személyesen elemezze és vegye figyelembe az időjárási viszonyokat a repülések előtt és a repülések folyamán, időben ismerje fel a veszélyes időjárási jelenségeket, jelentse ezeket az irányító pontnak, valamint hozzon helyes elhatározást a repülés folyamán kialakult bonyolult időjárási helyzetben;”*

A helyes elhatározás meghozatalára, valamint a személyzet hibáinak megelőzésére vonatkozó szabályok nem csak betarthatatlanok, de állítom, hogy a jogi abszurdítás kategóriájába tartoznak.

Jogi értelemben azonban hatályos és alkalmazandó normákról van szó, tehát a felelősség megállapításánál ezeket kell figyelembe venni. Egy légiközlekedési esemény hatósági vizsgálata jelen szabályzók alapján szinte kizárólag a légijármű parancsnok felelősségének kimutatására adnak lehetőséget. A vállalandó kockázat, melyet a katonai repülésben, a polgári repüléssel ellentétben a légijármű személyzetét terheli nem áll arányban a viselendő jogi felelősséggel.

ÖSSZEGZÉS

A katonai repülésbiztonság rendszere az erőforrások szűkössége miatt, nem képes a polgári repülés biztonságához hasonló repülésbiztonságot előállítani. Biztonságkultúrája bár fejlődik ez idáig nem juthatott el a biztonságelmélet szabatos és teljes értelmezéséhez, így annak csak néhány elemével képes megbirkózni. Ugyanakkor a katonai repülés jogi háttere részben elavult, részben irreális követelményeket támaszt, főként a légijármű parancsnokával szemben. A probléma feloldására megoldásként a biztonságkultúra fejlesztése, a jogi háttér újragondolása mellett, a széles körű repülésbiztonsági képzés kínálkozik.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Accident investigation handout, United States Army Safety Center 1995. 9. p.
- [2] DUDÁS Zoltán: A repülési biztonságkultúra fejlesztésének lehetőségei a Magyar Honvédség légijerébenél, különös tekintettel az emberi tényező formálására, ZMNE 2007.
- [3] DUDÁS Zoltán: A pilóta szerepe a repülésbiztonságban. Repüléstudományi közlemények, ZMNE 2001. 2. különszám. ISSN 1714 0604
- [4] EDWARDS, Elwyn.: Human factors in aviation, Introductory overview Academic press, INC. London, 1988. ISBN 0 12 750030 8
- [5] KLEIN Sándor: Munkapszichológia, I-II, Budapest: SHL Hungary Kft.1998. 615-616. p.
- [6] Dr. POKORÁDI László-Madarász István: Kockázatkezelési példák a katonai repülésben, Új Honvédségi Szemle, Zrínyi 1999./12. szám
- [7] Dr. POKORÁDI László: A kockázat kategóriái, Új Honvédségi Szemle, Zrínyi 1999./6. szám
- [8] STANAG 7160 FS (2. kiadás)) – Repülésbiztonság – AFSP-1 NATO Katonai szabványügyi hivatal 2006.
- [9] 1995. évi CXVII. törvény a légiközlekedésről
- [10] 3/2006. (II. 2.) HM rendelet az állami repülések céljára kijelölt légterekben végrehajtott repülések szabályairól
- [11] 35/2002. számú MN Légierő Parancsnoki intézkedéssel módosított Re/1713 számú „Szakutastítás a repülések végrehajtására URV-92” szolgálati könyv

CORVUS RACER 540 TERVEZÉSI, GYÁRTÁSI ÉS TESZTELÉSI CAE ALAPOKRA HELYEZETT MUNKAFOLYAMATAI

BEVEZETŐ

Hosszú évek során összegyűlt tervezői, gyártói és üzemeltetési tapasztalatok birtokában mondtunk *igent* 2008 augusztusában egy merőben új, nagyteljesítményű, nagy terhelhetőségű, nagy manőverező képességű repülőgép kifejlesztésére.

A legmagasabb színvonalú *szinkronmodellezési CAE technológiát megvalósító Solid Edge ST* alkalmazása nagymértékben járult hozzá ahhoz, hogy a Corvus Aircraft Kft hét hónap alatt kifejlesztette és legyártotta a versenyrepülés legújabb modelljét a CORVUS RACER 540 típust (1. ábra), melyen előzetes tervek szerint Magyarország legkiválóbb pilótája *Besenyei Péter* repül majd a *Red Bull Air Race* versenysorozat keretében. A fejlesztés egyes lépéseiben részt vettek a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Repülőgépek és Hajók, Polimertechnika, Anyagtechnológia Hegesztési Osztály és Gépszerkezettani Intézet tanszékei is, valamint a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Repülő és Légvédelmi Intézete.



1. ábra – CORVUS RACER 540

¹ okl. gépészmérnök, Corvus Aircraft Kft tervező és szerkezeti mérnök, ZMNE RLI repülőmérnöki tudományok PHD hallgató, Corvus Aircraft Kft H-6035 Ballószög, II. körzet 35, e-mail: csaba.farkas@corvus-aircraft.hu

² okl. gépészmérnök, Corvus Aircraft Kft műszaki és fejlesztési igazgató, Corvus Aircraft Kft H-6035 Ballószög, II. körzet 35, e-mail: andras.voloscsuk@corvus-aircraft.hu

A repülőgép ünnepélyes bemutatására 2009. március 30-án került sor Budapesten a Kempinski Hotel Dísztermében, majd ezt követően Európa egyik legnagyobb repülőgép kiállításán Friedrichshafenben debütált.

A gép szilárdsági és földi bevizsgálása már megtörtént, jelenleg a repülési tesztek folynak. Ez a folyamat mindig izgalmas várakozással tölti el a tesztelő csapat tagjait. A repülőgép szerkezeti állapotát egy speciálisan erre a célra kifejlesztett terhelés rögzítő berendezéssel ellenőrizzük. Az eszköz az alkalmazásával olyan visszajelzést kapunk, hogy a tervezés során numerikus és végeselem (*Solid Edge ST-Femap*) kalkulációval számított terhelési adatok, hogyan aránylanak a valós életben tapasztalt értékekhez.

1. ÚT A KORSZERŰ TERVEZŐ RENDSZER BEVEZETÉSÉIG

A Corvus Aircraft Kft által készített első repülőgép a Corvus Corone Mk I típus volt, ami 2005-ben került bemutatásra. E modellünk fejlesztése leginkább hagyományos tervezési és gyártási eszközökkel készült, közel 40.000 munkaórába, négy évbe telt még a repülőgép a levegőbe emelkedhetett. A típus kifejlesztése során szembesültünk azzal a ténnyel, hogy a 2D alapú tervezőrendszerek felett eltelt az idő, ezért 2004 év végén váltottunk át az első 3D-es CAD alkalmazásra. Az akkori igényeink között szerepelt a parametrikus modellezés, a könnyű kezelhetőség lehetősége. Rövidesen Európában majd később világviszonylatban is komoly érdeklődés mutatkozott gépünk iránt. A felgyorsult piaci versenyhelyzet, a vásárlók igényei és az addig szerzett tapasztalatok tették szükségessé az alap repülőgép típus áttervezését és az UL², LSA³, VLA⁴ repülőgép osztályokban történő megfeleltetését. A 2006. január elején elindított sorozatgyártás és az ezzel párhuzamosan történő további típusok fejlesztése CAE tevékenységre épül, melynek része a CAD⁵ / FEA⁶ / CAM⁷ szimultán tervezés. Az eltelt évek alatt több tervező rendszer is bevezetésre került egyes fejlesztési projektek keretén belül, speciális repülőipari szoftverek alkalmazásával együtt.

Mitől jó egy tervezőrendszer?

Ezt a kérdést sokszor feltettük magunknak és a magyarországi CAD szoftverforgalmazó cégek különféle „*marketing fogásait*” nem alapul véve felhasználói tapasztalatainkra építve igyekeztünk a számunkra legoptimálisabb rendszert megkeresni. A CORVUS RACER 540 fejlesztési munkálatainak megkezdéséig bizonyossá vált, hogy a vezető CAD rendszerek tervezési eszközeiben és lehetőségeiben, közel azonos lehetőségek rejlenek. A hangsúly nem a szoftver funkcionális eszköz gazdagságán és az abba integrált minél több extra alkalmazások sokaságán múlik, hanem a rendszer üzembiztos működésén. Úgy gondoljuk, hogy egy CAD rendszer attól jó, hogy a nagyobb összeállításokat kiválóan tudja kezelni, alkalmas hibrid⁸ tervezésre, használata során nem áll fenn gyakori kifagyás, felépítési struktúrája könnyen átlátható, kezelése könnyen megtanulható. Tiszteletben tartva a magyarországi szoftverforgalmazó cégek versenypolitikáját, nem áll módunkban itt megnevezni a *Solid Edge*vel párhuzamosan tesztelt és bevezetésre került rendszereket.

Az általunk alkalmazott szoftverek közül a *Solid Edge V20*, ami teljes mértékben kielégítette tervezői igényeinket. Ennél a rendszernél tapasztaltuk az üzembiztos működést, a gyors algoritmusokat és a rendszer rugalmasságát. A tanulás folyamatát nagymértékben segítette elő, hogy a kezelő és a súgó felület is magyar nyelven állt rendelkezésre, amely véleményünk szerint legjobb a magyarosított CAD rendszereket tekintve. A megújult *Solid Edge* verzió az *ST* pedig olyan lehetőséget nyújt, mely lehetővé tette, hogy egy teljesen új típust közel hét hónap alatt kifejlesszünk és legyártunk. A 20-as verziónál felsorolt előnyökön túl tapasztaltuk, a rendszer legnagyobb pozitívumát, hogy modelltörténettől független, így az importált alkatrészek terveit is könnyen tudtuk módosítani. Az *ST* használatával nincs tervezői korlát az alkatrész módosítása során, nem problematikus a változtatás és nem szükséges a már meglévő vagy régebbi elemek újratervezése összeállítási szinten sem.

A CORVUS RACER 540 prototípus fejlesztése lezárásával világossá vált számunkra, hogy mit jelent az optimális tervező rendszer. Úgy gondoljuk, sikerült megtalálnunk a CAD piacon számunkra legjobb megoldást. A *Solid Edge ST* egy olyan közepes méretű vállalkozás számára, mint a Corvus Aircraft Kft kielégítő, mert gyors, rugalmas, produktív a nagyoösszeállítások során, folyamat alapú alkalmazásokat támogat, páratlan együttműködési képességgel rendelkezik az importált geometriák kezelése során, és ami a legfontosabb üzembiztos.

2. A TERVEZÉSI FOLYAMATOK BEMUTATÁSA AZ ELŐTERVEZÉS ÉS AZ ALKALMAZOTT CAD TEVÉKENYSÉG

2. 1. AZ ELŐTERVEZÉS FOLYAMATAI

Az előtervezés során felállított koncepciók között szerepeltek a tervezendő repülőgép következő tulajdonságai:

- nagy repülési sebesség elérése, ebből adóan magas manőverezési sebesség legalább 310-320 km/h vagy efelett,
- az ellenállás minimalizálása, a versenyen repülő többi típushoz képest minél áramvonalasabb forma kialakítása,
- a leggyakrabban végrehajtott manőverek alapos tanulmányozása (2. és 3. ábrák), erre a repülési manőverekre történő optimalizálása a repülőgép alakjának és kormányzerveinek,
- legkisebb szerkezeti tömeg elérése, korszerű anyagok és gyártástechnológia alkalmazásával,
- magas szerkezeti terhelhetőség, üzemeltetési tartományban +12g és -12g túlterhelési faktor biztosítása,
- maximális felszálló tömeg MTOW = 685-700 kg között,
- szárnyból az üzemanyag tankok elhagyása az orsózó képesség javítása céljából,
- a repülési manőverekből a szerkezetben ébredő szilárdsági feszültségek és nyúlások on-line monitorozása az eredményekből a statikus és a kifáradási szilárdság pillanatnyi kiértékelésének lehetősége.

Az előtervezés során a következő munkafolyamatokat hajtottuk végre:

- repülőgépfarmák CAD alapú tervezése,
- az előtervezett formák áramlástanai vizsgálatait,
- elsődleges aerodinamikai számítások (profilválasztások, kormány kitérések előzetes megállapítása),
- előzetes súlypontszámítás minimális és maximális felszálló tömegre,
- stabilitás vizsgálatok,
- előzetes teljesítményszámítás,
- terhelés kalkulációk (légerő terhelések, manőver diagramok, lökésterhelés számítások, kormányrendszer méretezése, futómű terhelések),
- szerkezeti elemek szilárdsági méretezése,
- kompozit szerkezeti elemeknek rétegrend kalkulációja.



2. ábra – A pilonok közötti késrepülésre optimalizált alak és csűrő kormányrendszer szükségessége



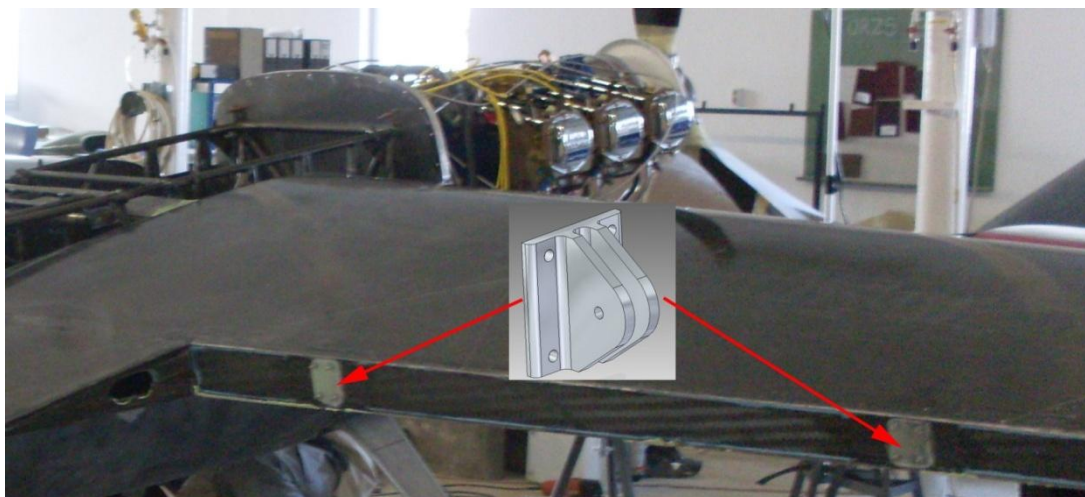
3. ábra – A pilonok közötti forduló váltásokra optimalizált alak és csűrő kormányrendszer szükségessége

2. 2. MERŐBEN ÚJ CAD TECHNOLÓGIAI INNOVÁCIÓ – SZINKRONMODELLEZÉS ALKALMAZÁSA

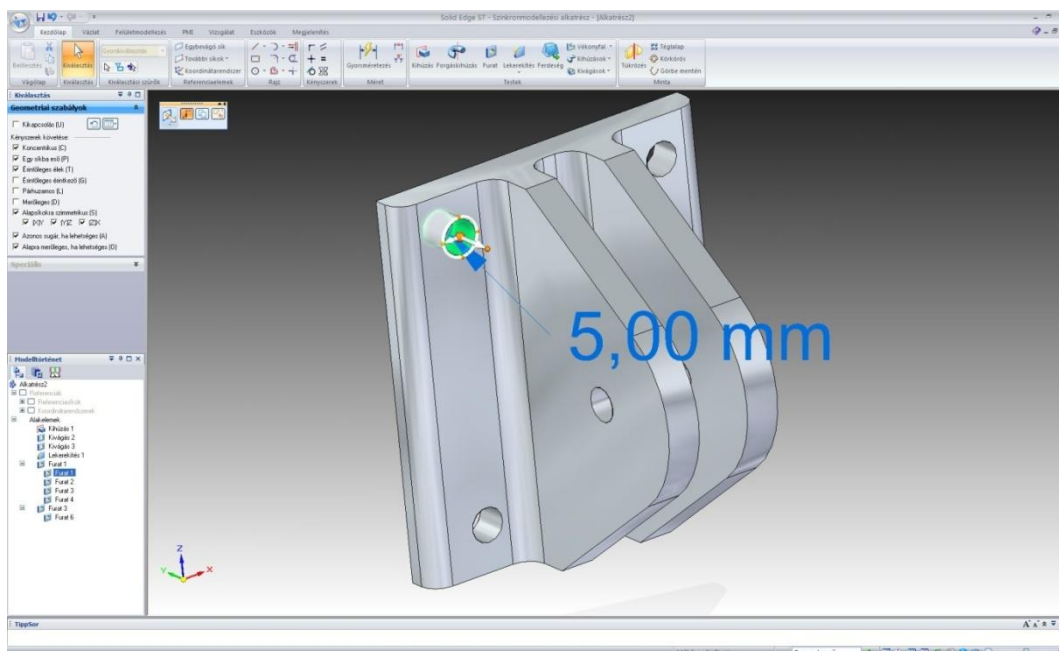
A repülőgép tervezésének kezdetekor a *Solid Edge ST* és az abban megtalálható szinkronmodellezési technológia nagyon új rendszer volt, ezért kissé idegenkedtünk annak használatától. Bizonyos elemek a *Solid Edge V20-al* és az *ST* hagyományos modellezési eszközeivel készültek el. A szoftverforgalmazó cég a GraphIT Kft által készített segédanyagok áttanulmányozását követően kezdtük megérteni az új alapokra fektetett modellezési elv alkalmazásának előnyeit. Hamarosan világossá vált a nem vázlatalapú modell építés egyik legfőbb előnye, amelynek lényege, hogy az importált (más CAD rendszerből beolvasásra kerülő) elemek is igen könnyedén módosíthatók és formálhatók *Solid Edge* tervezői munkakörnyezetben.

Megtapasztaltuk, hogy a szinkronmodellezési eszközzel létrehozott alkatrészek tervezési és felépítési ideje közel 50-60%-kal csökken, mintha az egy hagyományos vázlatalapú CAD rendszerrel szemben. Ennek a technológiának az alkalmazásával elegendő a modell felépítése során méretek nélküli vázlatból generált bázis alakrajzok létrehozása, majd arra építve a bővített és további gyártási alakrajzok létrehozása. A geometriailag felépített, de alakilag és funkcionalitás szempontjából fél kész alkatrész a méret és felület kényszerekkel gyorsan készre alakítható, majd ezt követően már vázlat nélküli felületekként módosítható. A kiinduló vázlatok oly annyira szükségtelenek, hogy azok a modelltörténetben nem is szerepelnek, ha akarjuk, törölni azokat meglehetjük.

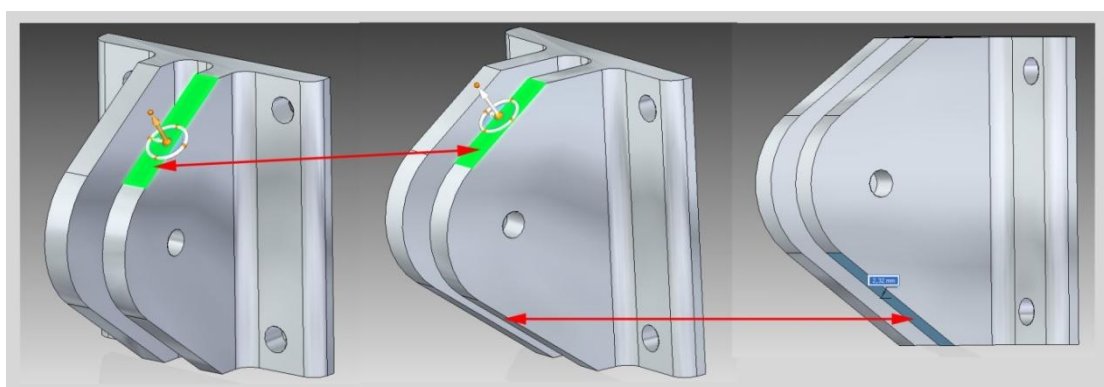
Tervezés során még sokszor sok mindent nem lát át a konstruktőr. A szerkezet funkcionalitásának ellenőrzésére akkor kerülhet sor, amikor egy szerelési környezetben a rész összeállítást globálisan vizsgálhatjuk. Tervezői tapasztalataink azt mutatják, hogy legtöbbször a legegyszerűbb alkatrészek módosítása okozza a legtöbb fejtörést, mert azok vannak a legnagyobb kihatással minden elemre. A 4-es ábrán látható darab a repülőgép szárny kilépőél mentén elhelyezett csűrőlap egyik bekötési csomópontja, ami teljesen készre mart. A csűrőlap funkciója, hogy a repülőgépet a hossz tengelye mentén forgásba vigye, ezzel valósíthatók meg a fordulók és műrepülés alkalmával az összetett figurák során is alapvető szerepet tölt be. A bekötési csomópont tervezésekor annak végleges pozíciója, alakja, a felfogató furatok elhelyezése a csatlakozó furat mérete és helyzete még nem volt ismert. Csak a szárny szerkezet és a csűrőlap szerkezeti felépítését követően, amelynek alapja az áramlástan vizsgálatokból megismert erők szilárdsági méretezésben való alkalmazása és a számításokból adódó feszültségek megismerése volt, tudtuk a végleges modellt elkészíteni. Érdekességként megemlítjük, hogy mikor a repülőgép $V=335$ km/h sebességgel repül, és 12g túlterheléssel hajt végre egy manővert a csűrőlapon kb. 6.300 N (640 kg) légerő lép fel. Szilárdsági vizsgálatok során változhat a darab vastagsága, furat és az általános befoglaló méretek. A kinetikai mozgás szimulációk során vált láthatóvá, hogy a csűrőlap kitérítési szöge megfelelő és a mozgás során nincsen interferenciában más elemekkel. Miután minden megfelelő volt, el tudtuk készíteni az előtervezett bekötést, és a szinkronmodellezési technológia rugalmas eszközeivel gyorsan és hatékonyan változtatni az alak és gyártási sajátosságokat. A következő ábrákon látható néhány olyan eszköz, és a *Solid Edge ST* egyedülálló képessége, melynek segítségével a módosítás egyszerűen megtörtént.



4. ábra – Csűrő csatlakozási forgási csomópont a szárnyon



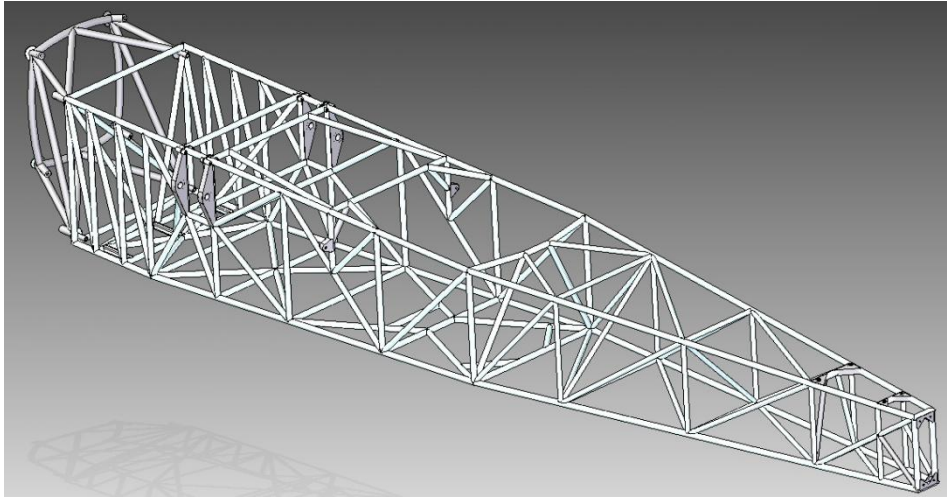
5. ábra – A furat pozíciója egyszerűen megváltoztatható a „kormánykerék” segítségével



6. ábra – A bekötés változtatása, nem a vázlatból történik, hanem a felület mozgatásával egyszerűen és rugalmasan

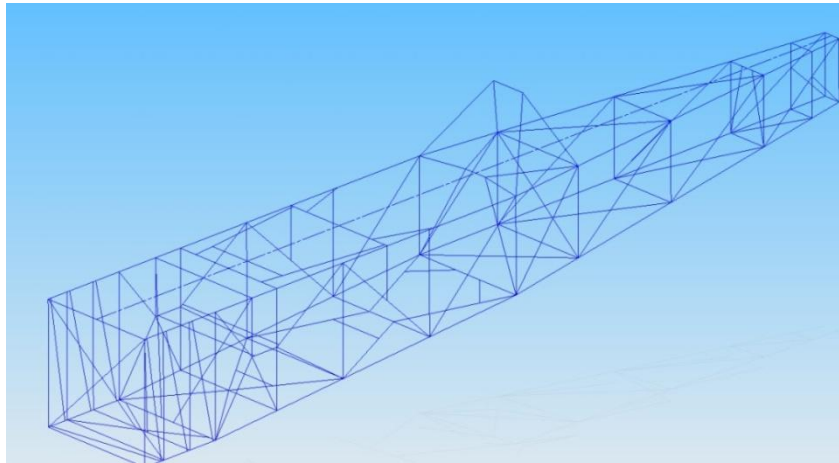
2. 3. A REPÜLŐGÉP TÖRZS RÁCS SZERKEZETÉNEK TERVEZÉSI FOLYAMATA

A repülőgép fő szerkezeti elemének *Solid Edge ST* rendszerben készített CAD modellje az 7. ábrán látható. A modellezés a tartószerkezet alkalmazás segítségével történt.



7. ábra – Törzs rács Solid Edgeben készült modellje

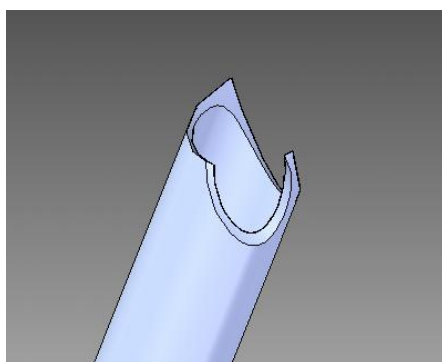
A törzs rács funkciója többszörösen összetett, és szilárdsági szempontból a legkritikusabb elem. Csatlakozó csomópontokban ébrednek a koncentrált nyíróerők, példaként említve a szárny bekötési pontban kritikus terhelés esetén $F = 61.000\text{ N}$ nyíróerő lép fel oldalanként. A rácsához kapcsolódik minden elem; a szárny, a vezérsíkok, a futóművek, a motor, ebben kerül elhelyezésre az üzemanyagrendszer, a műszerek, a mozgató rudazatok és a pilóta. A váz szerkezet alapja a 3D drót modell (8. ábra).



8. ábra – A törzs tervezésének alap drótváz modellje

Ennek megrajzolását követően az általunk létrehozott csőszelvények megadása után, figyelve a csatlakozási csomópontok gyártási követelményeire alakult ki a hegesztett váz. Az egyes csövek illesztése során tapasztaltuk a rendszer intelligens képességét, ami abban nyilvánul meg, hogy folyamatosan figyel a már meglévő és újonnan beépítésre kerülő elemek aktuális helyzetére. A hegesztési technológiát, a varratok szilárdsági vizsgálatát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Anyagtechnológia Tanszékével közösen végeztük el Dr.

Palotás Béla segítségével. A rács gyártástechnológiája során először az alsó és felső keret kerül összehegesztésre, ezt követően a függőleges elemek bekötése következett, majd a kereszt és végül a diagonál merevítő elemek varratai kerültek kialakításra. A tartószerkezet tervezése is ebben a sorrendben történt, az egyes elemeket ennek megfelelően lépésről-lépésre illesztettük rá a 3D drótváz modellre. A modellezés befejeztével a gyártáshoz vágási lista és darabjegyzék állt rendelkezésre és minden elemről az önálló alkatrész modell. A tervezőrendszerbe az alkalmazott csövek anyagminőségét (25CrMo4) megadva már a fejlesztés legelején tudtuk a rács tömegét. A 9. ábrán látható az összetett alakú cső végkialakítása, mely a tervezett rácsból generált önálló alkatrész. Minden elemről készült ilyen modell, mely annak adta alapját, hogy CAM szoftveres munkakörnyezetben a csőmaráshoz szükséges NC vezérlőprogramok elkészítése megtörténhessen. Sok esetben annyira bonyolult csatlakozások adódtak, hogy azt CAE alkalmazások megléte nélkül csak hosszas munkafolyamatok során lettünk volna képesek kialakítani.



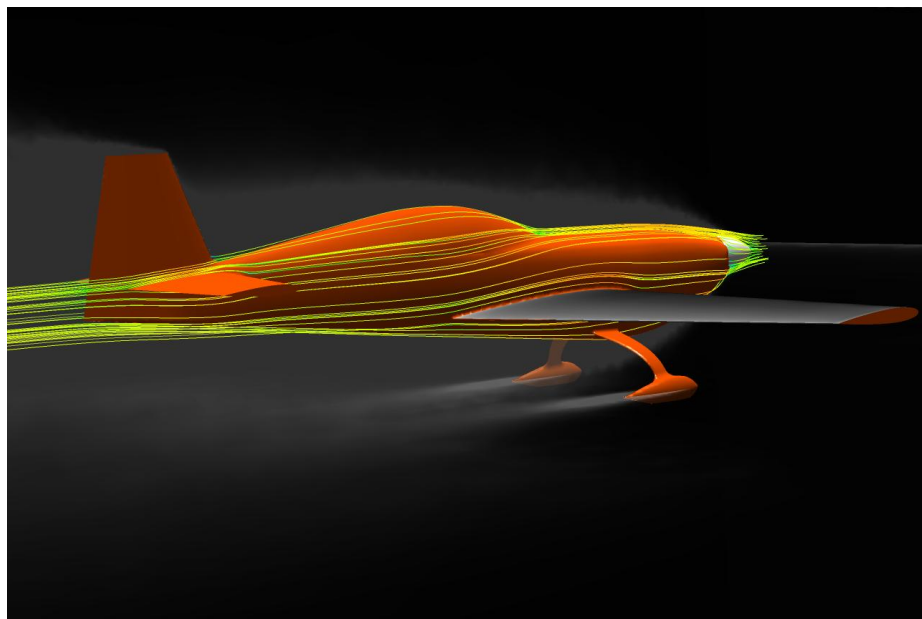
9. ábra – Csővég kialakítás

A rács tervezése úgynevezett párhuzamos vagy szaknyelven szimultán eljárással történt, a tervezéssel együtt a szilárdsági méretezés, ellenőrzés is folyamatban volt. A *Solid Edge ST* rugalmasságát kihasználva a numerikus szilárdsági kalkulációkat alapul véve több rács elrendezést is készítettünk. Ezeket külön-külön egymástól független FEA alkalmazásokban vizsgáltuk.

3. SZIMULÁCIÓS FEA ALKALMAZÁSOK A FEJLESZTÉSBEN

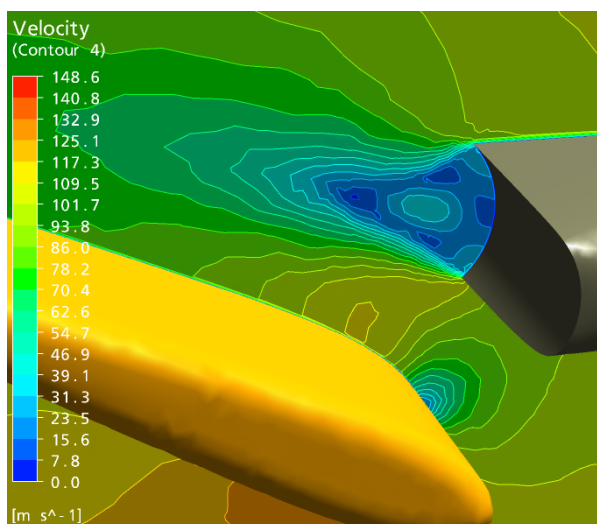
A korszerű repülőgép tervezés folyamatának alapvető eszközei és részei is a különböző FEA alkalmazások, melyek segítségével virtuális szélcsatorna vizsgálatok és szilárdsági terhelésszámítások is elvégezhetők. Ezek segítségével a munkafolyamatok nagymértékben meggyorsíthatók és nem szükséges valós prototípusok és próbadarabok legyártása, így a fejlesztési költségek is csökkenthetők. A szimulációs vizsgálatok alapja a már korábban megtervezett CAD modell, ami a virtuális munka környezetben a megjelenítési tulajdonságokon kívül anyagtulajdonságokkal is rendelkezik. Ebből adódóan a virtuális testen fizikai vizsgálatok elvégezhetők. A tervezés egyes szakaszaiban több ilyen jellegű vizsgálatot elvégeztünk, az aerodinamikai számítások során áramlástani elemzések, a szerkezeti méretezésekkor kinetikai és szilárdsági elemzéseket hajtottunk végre szoftveres környezetben. A 10. ábra a virtuális szélcsatornában vizsgált repülőgépet

szemléltet, mely során sikerült kielemeznünk, hogy a csűrőlap kapa része előtti szárnyvég kilépő élnek miként alakítsuk ki optimálisan az alakját.

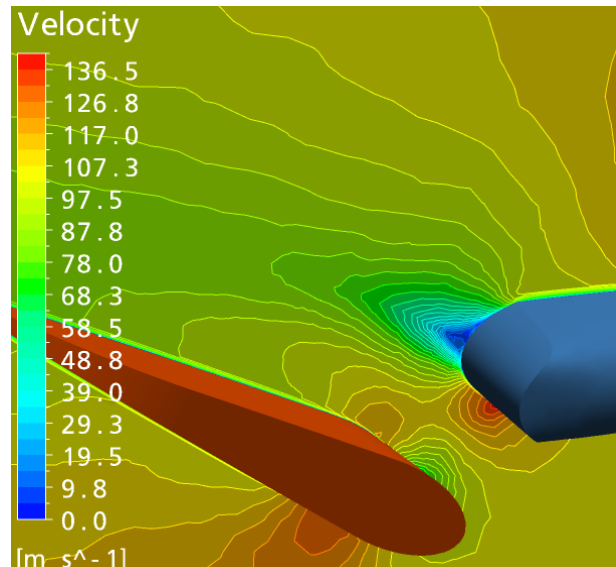


10. ábra – Virtuális szélcsatorna vizsgálat az optimális alak kialakítás megtalálása céljából

Az elemzések során kiderült, hogy az ellenállás egy visszagömbölyített áramvonalazott kilépő él esetén közel 2-3%-al csökkenthető, ha azt egész repülőgépre vonatkoztatjuk. A 11. ábra mutatja azt a képet, ami általánosságban alkalmazásra került a jelenleg használatban leggyakrabban elterjedt műrepülőgépek esetén (Extra 300, Edge 540). A 12. ábra pedig az általunk optimalizált végkialakítást szemlélteti, ami az ellenállás nagyságát a helyi szektorban közel 450 N-vel (Newton) csökkenti.

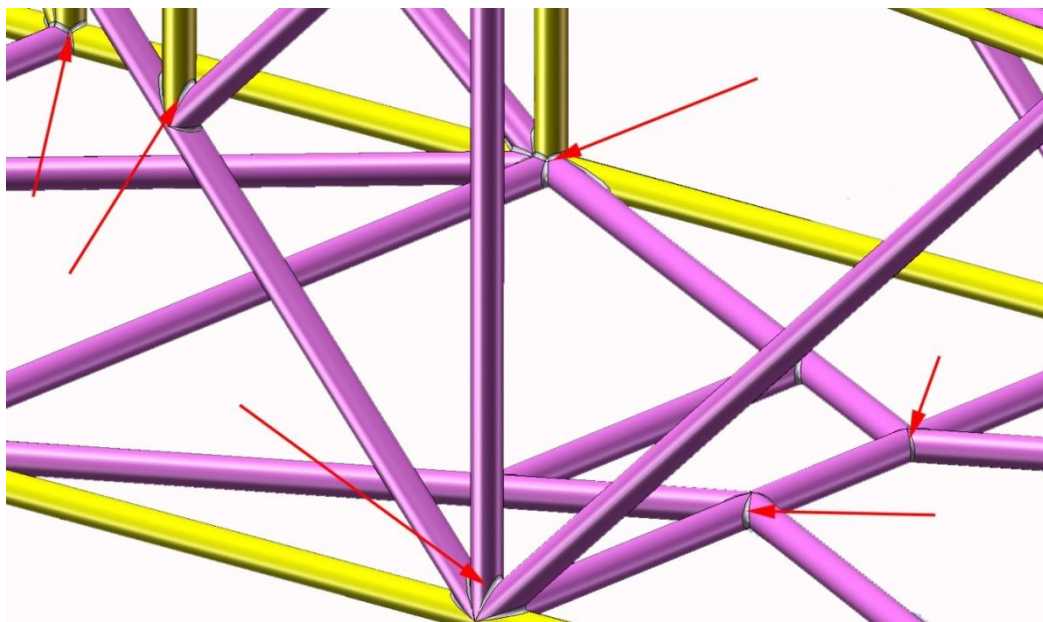


11. ábra – Szárnyvég kilépőél kialakítás homorú, sarkos átmenettel, nagy örvény zónát alakít ki

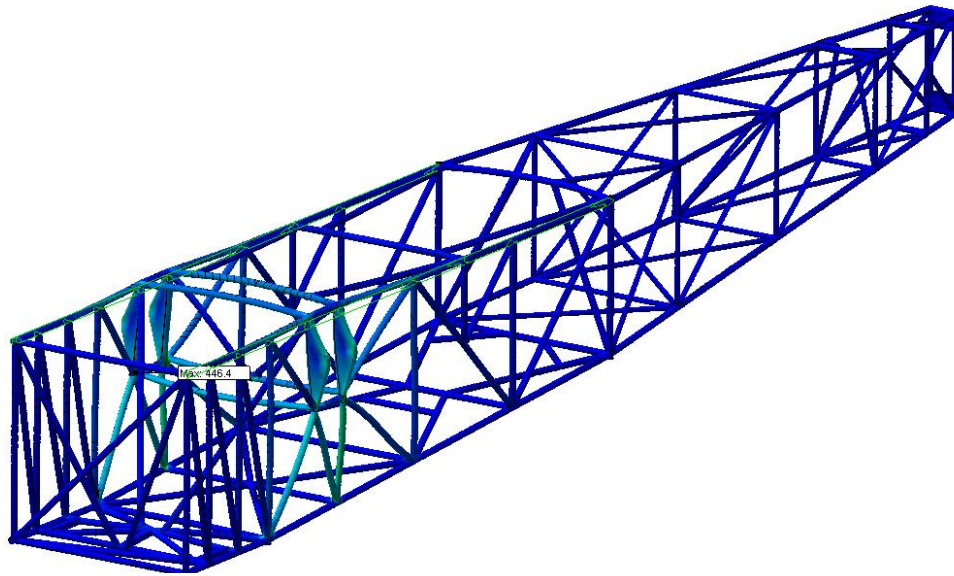


12. ábra – Optimalizált szárnyvég kialakítás domború, visszagömbölyített átmenettel, jelentősen csökkenti az örvény zónát

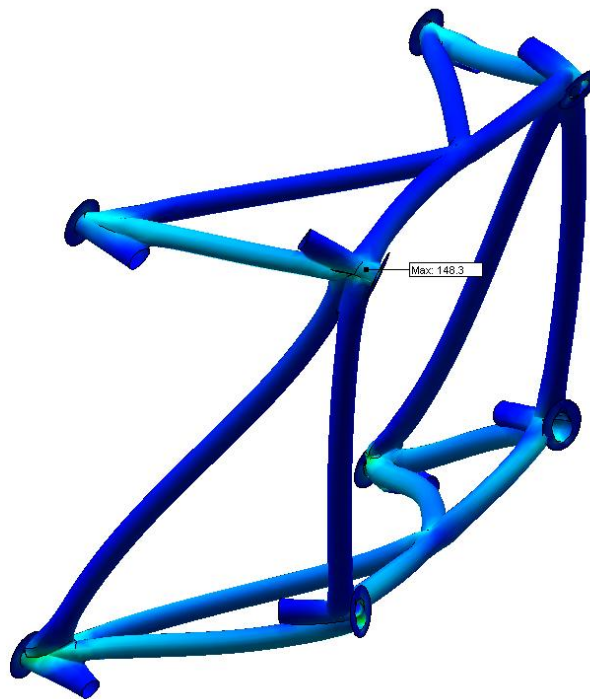
Más jellegű, de hasonló elven végbemenő szimulációs számításokat alkalmaztunk a szerkezeti elemek szilárdsági méretezése során. Az egyik legérdekesebb elemzéseket a törzs rácsszerkezeten és a motortartó bakon hajtottuk végre. Szimuláltuk a szárnyakon, vezérsíkokon fellépő légerők keltette nyíróerők hatását a törzs bekötési és csatlakozási csomópontjaiban. A 13. ábra a szilárdsági méretezéshez előkészített modellt mutatja. Látható, hogy a valóságnak megfelelően igyekeztünk a hegesztési csomópontokat modellezni, a varrat kialakítások rádiusz átmenetei a hegesztett állapotnak megfelelő alakot szemléltetik. A 14. és 15. ábra a szerkezeti elemek deformációs képét mutatja.



13. ábra – A rácsszerkezet szilárdsági vizsgálatához előkészített CAD modell, melyen a hegesztési csomópontok varratai a valóságban létrejövő állapotot tükrözik



14. ábra – A rácsszerkezet szilárdsági vizsgálata a szárny légerőből származó nyírőerő estén 18g túlterhelés hatásakor létrejövő feszültség és deformáció

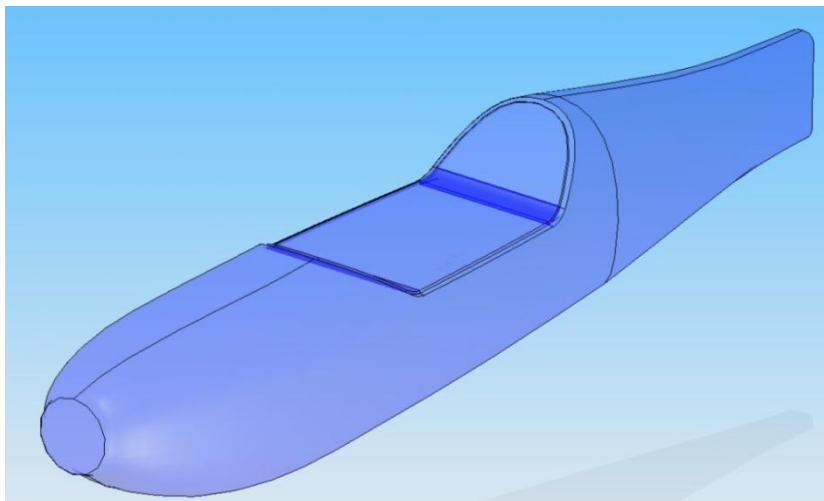


15. ábra – A motortartó bak a kritikus oldalterhelés esetén fellépő deformációs képe

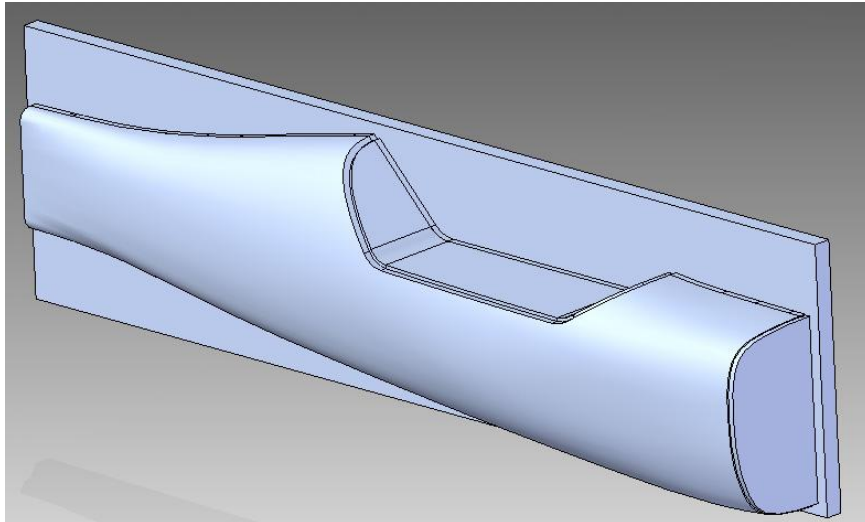
4. SZERSZÁMTERVEZÉS ÉS A GYÁRTÁS MEGTEREMTÉSÉNEK FELTÉTELEI

A szimultán tervezés legnagyobb előnye, hogy egy létrehozott modell több mindenre is alkalmas, azokon egyszerre több vizsgálat is elvégezhető. Felületmodellezéssel hoztuk létre az áramvonalazott elemeket. Ezt követően azokat áramlástan vizsgálatok alá vetettük, hogy a legoptimálisabb forma kialakítását elérhessük. Az aerodinamikai elemzések nyomás és erő eloszlásokat eredményeztek, melyeket a szilárdsági számításokhoz használtunk fel.

A *Solid Edge ST* rendszerben egyszerűen készíthetők a már meglévő felületekből szerszámok. Az *osztógörbe* és *osztófelület*, illetve a *szétvágás* parancsok alkalmazása rendkívül meggyorsítja a szerszám tervezés folyamatát, végül pedig a felületből egyszerűen állt rendelkezésre a vastagsággal rendelkező formatest. A rendszer e képességét használtuk ki a kompozit elemek forma sablonjainak tervezésénél. A munkafázis e részében sokat gondolkoztunk azon, hogy negatív forma üreget készítsünk-e el, mely a marási munkálatokat követően azonnal egy kész szerszámot eredményez, vagy pozitív ösmagokból mi magunk alakítsuk majd ki a szerszámokat. Néhány negatív próba sablon megmunkálását követően bebizonyosodott, hogy a tervezett CAD / CAM modell és a mart üreg közel 0,5-1 mm-es pontossággal követik egymást. Ebből adódóan minden szerkezeti elem negatív gyártószablonja készült el, kivéve a törzset, mert a tervezés korai szakaszában még nem volt információnk a motor pontos típusáról. Két lehetséges hajtómű jöhetett számításba, melyeknek boxer elrendezésből adódóan a méretük különböző, ettől pedig a motorburkolat mérete függött, melyet nem tudtunk virtuálisan megtervezni, ez később kézzel került kialakításra a pozitív magra építéssel, habból. A 16. ábra a *Solid Edge ST*-ben tervezett törzs modellt mutatja, még a 17. ábrán ennek fél pozitív magja látható, a 18. ábra pedig a kimart mag összeragasztva.



16. ábra – A törzs Solid Edge-ben tervezett CAD modellje

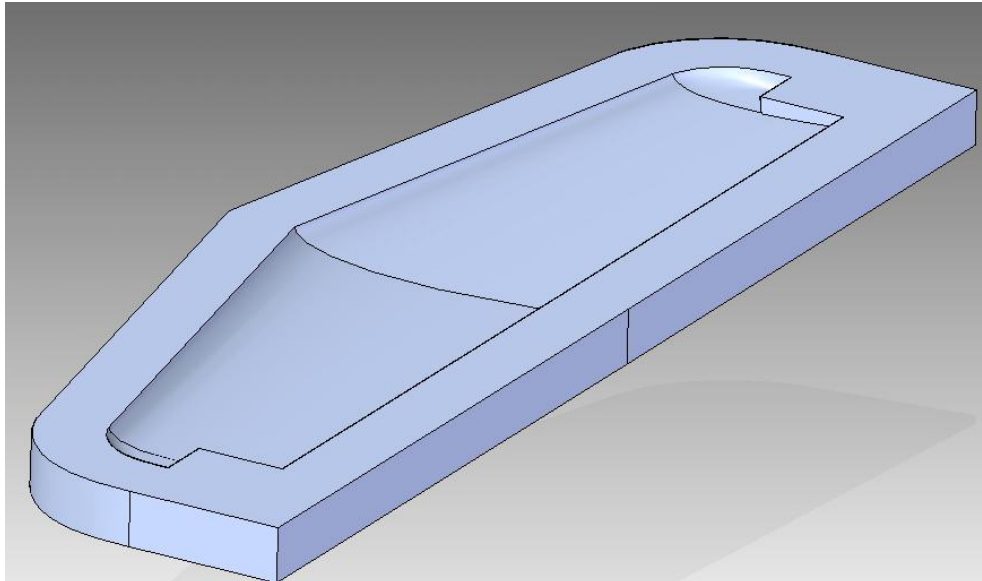


17. ábra – A törzs jobb fél pozitív magja Solid Edge-ben előkészítve szerszámgyártáshoz a technológiai oldalperemezőkkel



18. ábra – A két mart félből összeillesztett törzs pozitív ősminta a gyártócsarnokban

A 19. ábra a vízszintes vezérsík negatív forma üregtét mutatja, még a 20. ábrán ugyanennek az elemnek már a mart és gyártás közbeni állapota látható.



19. ábra – Vízszintes vezérsík negatív formaüreg modellje



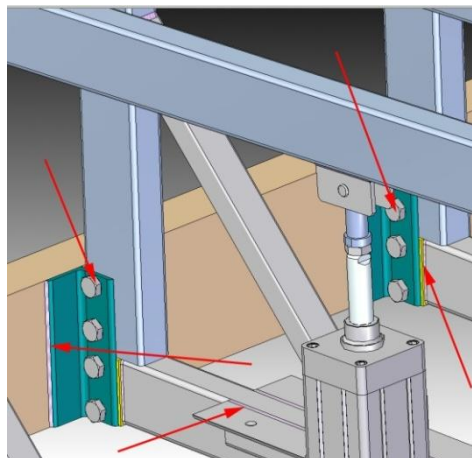
20. ábra – A vízszintes vezérsík gyártása a mart negatív forma sablonban

5. A SZILÁRDSÁGI BEVIZSGÁLÁS

Fejlesztés során a legnagyobb kihívást a repülőgép egyes szerkezeti elemeinek szilárdsági bevizsgálása jelentette. Mivel nagy terhelhetőségű dinamikus műrepülőgép sárkányszerkezetét kellett megalkotni már a normál megengedett ún. limit terhelések értékei is igen magas értékre adódtak. Az engedélyezett üzemeltetési terhelési többes +12g és -12g, a számított szilárdsági méretezési tartomány pedig átlagosan az előírások értelmében 1,5 bizonyos szerkezeti elemekre azonban 1,875 biztonsági tényezővel került kiszámításra. Ebből

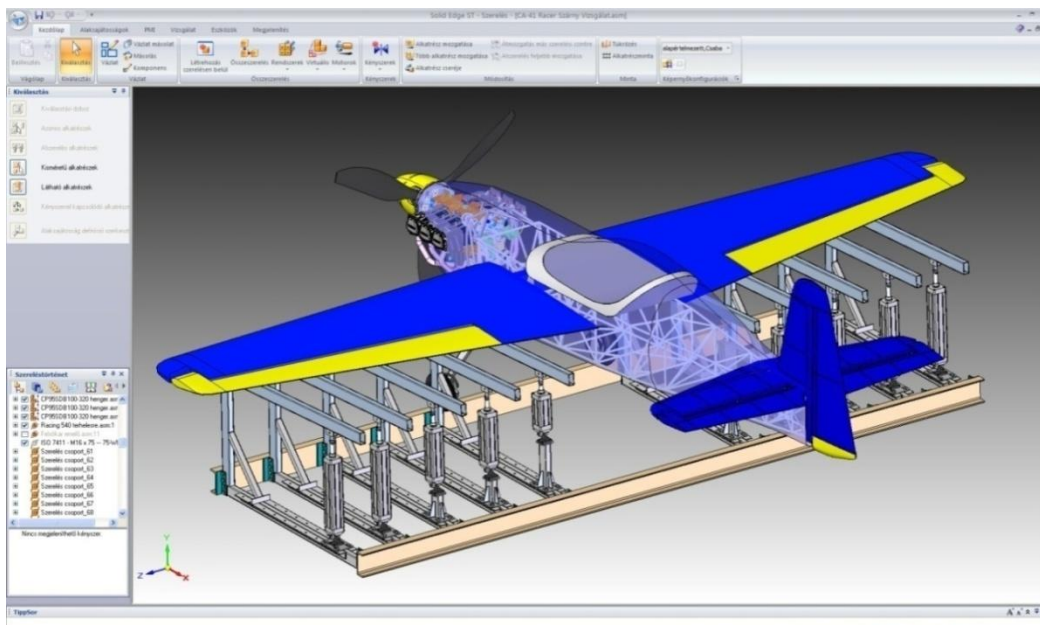
adódóan a sárkány szerkezeti elemeknek 18g és vagy 22,5g túlterhelési érték mellett is biztosítania kell a kívánt szilárdságot. Az aerodinamikai és repülésmechanikai számításokból ébredő légerőkkel végeztük el a szilárdsági méretezést, és azok földi körülmények közötti szimulált működtetésével kellett bevizsgálni a szerkezetet. Az általunk kalkulált értékeket több soron egymástól függetlenül ellenőriztük, melyben segítségünkre volt a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Repülőgépek és Hajók Tanszéke részéről Dr. Rohács József és a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Repülő és Légvédelmi Intézet részéről Dr. Óvári Gyula.

A szilárdsági bevizsgálás gondos megtervezéséhez szintén a *Solid Edge ST* tervezőrendszert használtuk. Egy már meglévő, egyedi statikus és fárasztó kísérletekhez épített pneumatikus terhelőpad átalakítását kellett elvégeznünk. Alapvető problémát az jelentette, hogy a működtető hengerek terhelőerő kifejtése nem volt elegendő ahhoz, hogy direktbe a profil 25-30%-a környékén, a valós körülmények között fellépő légerő eloszlást szimulálhassuk. A szerkezet átalakítása mellett döntöttünk és egy karáttes rendszeren keresztül csatlakoztattuk a terhelő elemeket. Az *Solid Edge ST* e tervezési szakaszban is bizonyította képességét, a nagy összeállítások alatt sem akadt, túlzottan nem növekedett a fájl mérete és a számítások algoritmusai is megfelelő gyorsasággal történtek. A terhelőpadot igyekeztünk a legapróbb részletességig kidolgozni, így azokra rákerültek a hegesztési varratok, a bekötési csomópontok és a kötőelemek nagy része is, melynek részletei a 21. ábrán láthatók.



21. ábra – A legapróbb részletek kidolgozása az összeállításban hegesztési varratok és kötőelemek

A rendszer igazi próbatételére akkor került sor, mikor a terhelőpad összeállításba a repülőgép modelljét kellett bepozicionálni és a hengerek mozgás analizisét lefuttatni (22. ábra). Ekkor került kihasználásra a *Solid Edge ST* egyedülálló képessége az elemek aktív-inaktív alkalmazásának használatával. Az inaktív állapotban levő alkatrészek csak megjelenítéshez szükséges információkat tartalmaztak a memóriában, még az aktív részek jelen esetben hengerek, mozgó karok a fizikai tulajdonságokat is hordozták, így azokon a szimulációk elvégezhetők voltak.

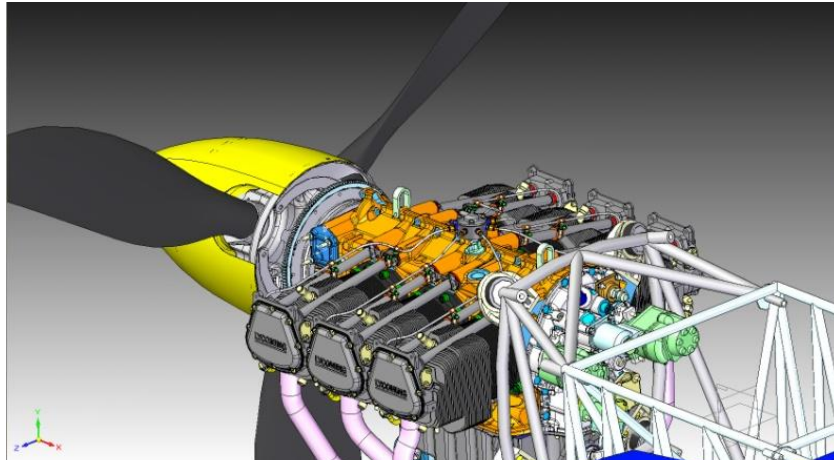


22. ábra – CORVUS RACER 540 szilárdsági bevizsgálás előkészítés tervezése
Solid Edge ST rendszerrel



23. ábra – CORVUS RACER 540 szerkezete a szilárdsági bevizsgáláskor

A 22. ábrán látható összeállításban közel 3000 darab alkatrész került beépítésre (melyből csak maga a motor – 24. ábrán - közel 1000 darab), az egész összeállítás fájl mérete 321 MB volt, de nem tapasztaltuk a rendszer bármiféle rendellenes működését. A nagyítás és forgatás parancsok alkalmazásakor is úgy viselkedett a *Solid Edge ST*, mint ha egy önálló alkatrész tervezésén dolgoztunk volna.

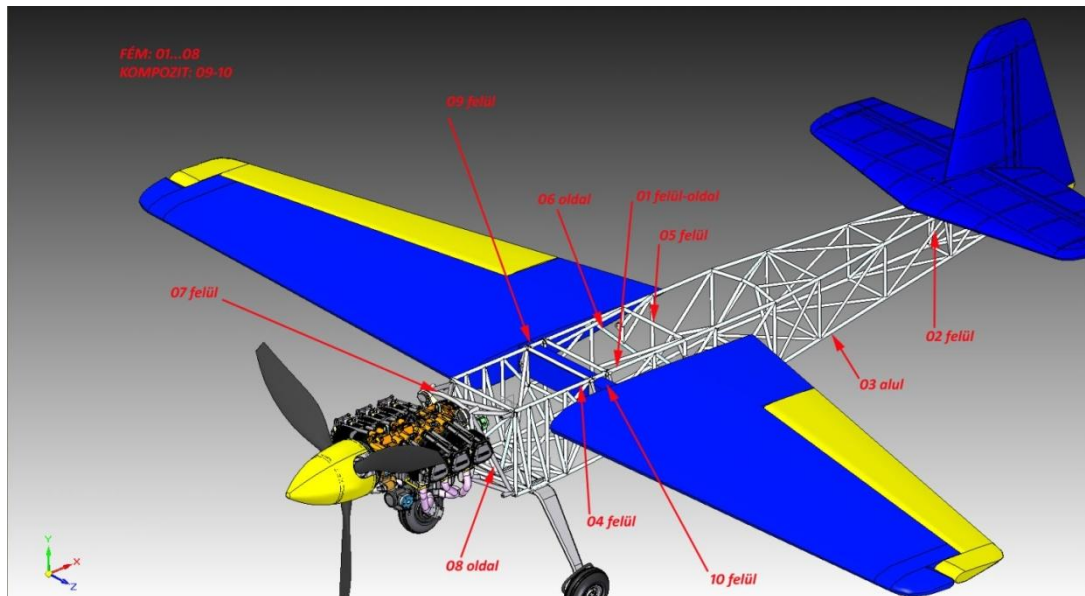


24. ábra – CORVUS RACER 540 erőforrása a LYCOMING IO-540
MT-3 propellerrel szerelve 350 lóerő

6. SZILÁRDSÁGI ÁLLAPOT FIGYELŐ RENDSZER FEJLESZTÉSE REPÜLÉSBIZTONSÁGI RENDEZŐELVEK ALAPJÁN

A CORVUS RACER 540 nagy terhelhetőségű speciálisan az air race versenysorozatba kifejlesztett repülőgép. Ez tette indokolttá egy egyedi fejlesztésű terhelés rögzítő berendezés megépítését, mely segítségével a szerkezeti elemeken ébredő külső erőhatásokból ébredő feszültségek mérhetők, tárolhatók és elemezhetők. A berendezés segítségével egy több lépcsős kontrollt alkalmazunk és repülésbiztonsági szempontokat figyelembe véve állapítjuk meg a szerkezeti elemek terhelhetőségének tartományait. A vizsgálat elsődleges célja, a visszacsatolás, hogy a szilárdsági numerikus és végelem kalkulációk eredményeit összehasonlítsuk a földi szerkezeti bevizsgálás és a valós légerők okozta hatásokkal. Ebből adódóan a számítások során alkalmazott módszerek és peremfeltételek megfelelősége, azok jósága ellenőrizhetővé válik. Másodsorban pedig megállapítható, hogy az egyes túlterhelések okozta *g hatások* fellépésekor a szerkezet milyen deformációt szenved, az ébredő nyúlások mennyire közelítik meg az anyagszerkezetek rugalmas tartományának szélső értékeit.

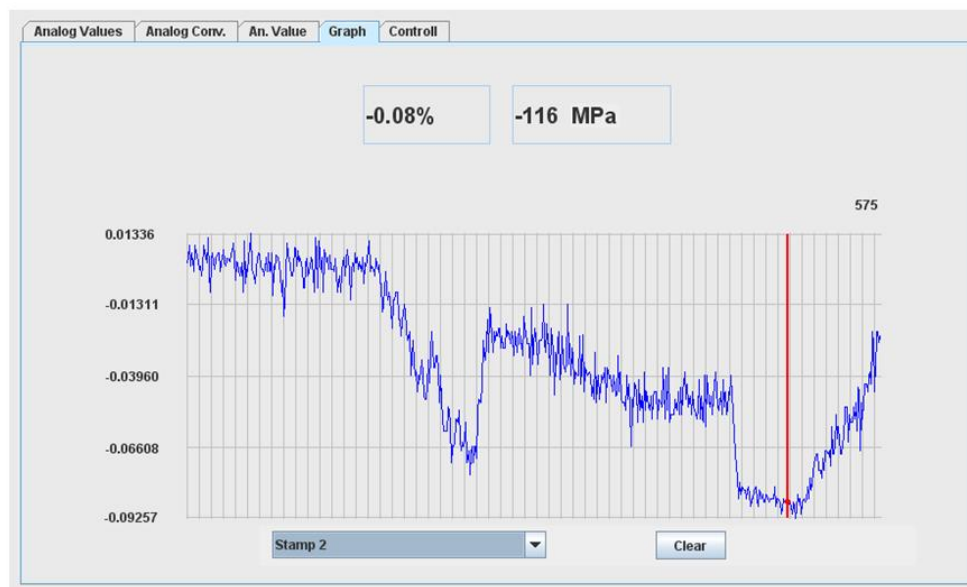
A rendszer fejlesztését az SGF Technológia Fejlesztő Kft-vel közösen végeztük el, akik igényeinknek megfelelően építették meg a terhelés regisztert és alkották meg a működéshez szükséges vezérlő szoftvert. A DABAS fantázianévű berendezés 16 mérő csatornán képes mérni, mintavételezési sebessége másodpercenként 100 darab minden külön telepített szenzor esetében (egy szenzor egy csatornának felel meg). A 25. ábrán látható a jelenleg alkalmazásra kerülő 10 mérőpont, ahová nyúlásmérő bélyegek kerülnek felhelyezésre, hogy az ott fellépő helyi feszültségek regisztrálása megtörténhessen.



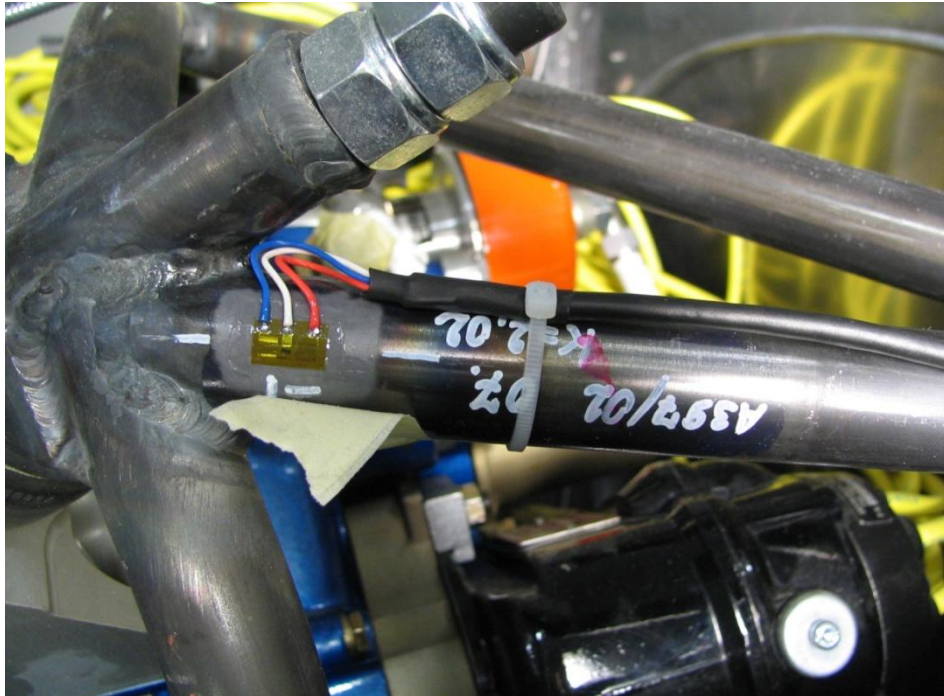
25. ábra – CORVUS RACER 540 repülőgépen elhelyezésre kerülő

szenzorok, mely segítségével a szerkezetben fellépő feszültségek mérhetők

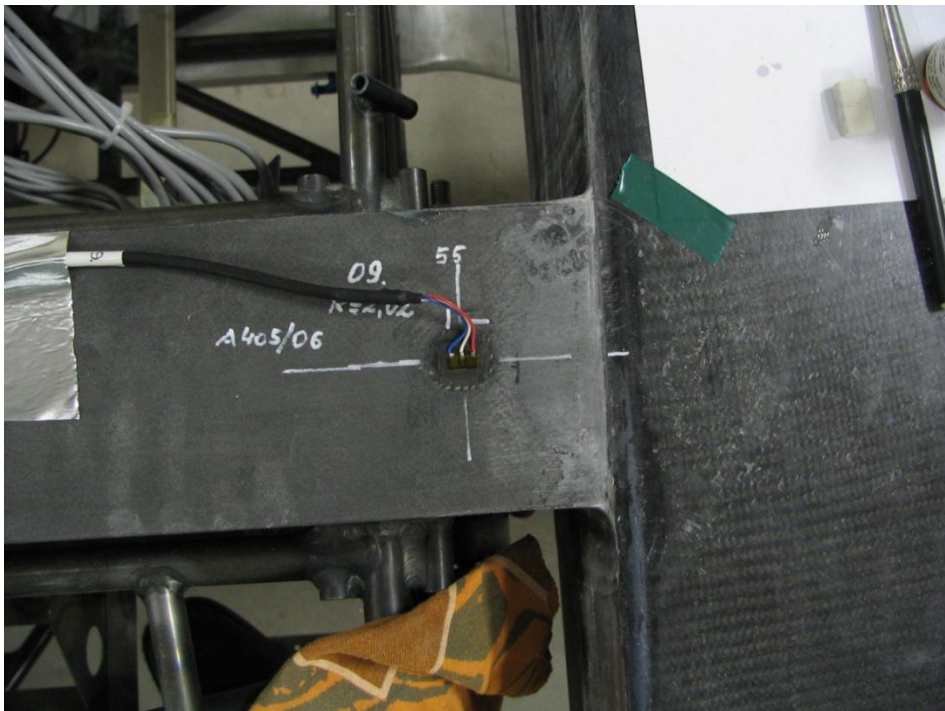
A rendszer intelligens alkalmazása abban nyilvánul meg, hogy a kiértékelő szoftver a nyúlásokat [%] automatikusan átszámítja feszültségre [MPa] így az elemzések alkalmával mindkét értékről elsődlegesen kapunk információt. A 26-os ábrán a szoftver kiértékelő felülete látható, még a 27-es és 28-as ábrák nyúlásmérő bélyeg elhelyezését szemléltetik.



26. ábra – A DABAS rendszer kiértékelő felülete



27. ábra – Nyúlásmérő bélyeg pozíciója a motortartó bakon egy kritikus hegesztett varrat közelében



28. ábra – Nyúlásmérő bélyeg pozíciója a kompozit főtartó bekötési pontja felett, a legnagyobb nyíróerő eloszlás részen

Alkalmazott rövidítések és idegenszavak jelentései

¹ CAE: Computer Aided Engineering, számítógéppel segített mérnöki tevékenység

² UL: Ultra Light Aircraft, ultrakönnyű repülőgép, aminek a maximális felszálló tömege 472,5 kg

³ LSA: Light Sport Aircraft, könnyű sport repülőgép, aminek a maximális felszálló tömege 600 kg

⁴ VLA: Very Light Aircraft, könnyű repülőgép, aminek a maximális felszálló tömege 750 kg

⁵ CAD: Computer Aided Desig, számítógéppel segített tervezés

⁶ FEA: Finite Element Analyses, végeelem analízis

⁷ CAM: Computer Aided Manufacturing, számítógéppel segített megmunkálás

⁸ Hibrid tervezés: a tervezés olyan szakasza, mikor már egy szerelési, összeállítási környezetben hoznak létre új alkatrészt, nem pedig önálló elemként kerül az lemodellezésre

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Michael C. Y. Niu: Airframe Structural Design Lockheed Aeronautical Systems, Company Burbank, California USA 1990. ISBN No. 962-7128-04-X
- [2] S. R. Reid and G. Zhou: Impact Behavior of Fibre-Reinforced Composite Materials and Structures Cambridge, England 2000. ISBN 1 85573 423 0
- [3] Corvus Aircraft Kft belső dokumentációs rendszer, típuskézikönyvek

Abstract

This article is concentrating to the developing procedures of CORVUS RACER 540 AIR RACE TYPE AIRCRAFT. This plane is designed and manufactured by full CAE applications according some recommendations by the famous Hungarian Red Bull Air Race pilot Péter Besenyi. Summarizing the personal experiences of the authors, both of whom designed, analyzed and controlled manufacturing processes together with any Hungarian universities and external companies. Find many interesting information about CAD/CAM/FEA technologies in the design procedures.



Gazdig György

A SPIN-OFF CÉGEKRŐL ÁLTALÁBAN

Egyre többet hallhatunk az egyetemekről, felsőoktatási intézményekből, kutatóhelyekről kiváló technológia-intenzív vállalkozásokról, más szóval a spin-off vállalkozásokról. A témakör áttekintése a magyar tudomány – és technológiapolitika szempontjából azért is kiemelkedő fontossággal bír, mivel a magyar felsőoktatásban – figyelembe véve a felsőoktatási intézmények között mára kialakult, sokszor a fennmaradásért küzdő éles versenyt - elsőrendű kérdéssé vált, hogy egyetemeink, kutatóhelyeink milyen eszközökkel és módszerekkel tudják kutatási eredményeiket kereskedelmileg értékesíthető terméké, technológiává konvertálni. *Melyek is a spin-off vállalkozások?*

A nemzetközi szakirodalomban egyre több cikket találhatunk a spin-off cégekről, és a megnevezés is eléggé tágan értelmezendő, nincs még kialakult, általánosan elfogadott meghatározásuk. Általában bármely új, magas technológiai szintű, tudás-intenzív vállalkozást érthetünk rajta, amely szellemi tőkéjét valamilyen formában egyetemtől, vagy közfinanszírozású kutatóintézettől eredezteti. E szempontból fontos, hogy a spin-off vállalkozás fogalma valamely közfinanszírozású intézményből - legyen az egyetem vagy kutatóintézet – származó technológiai transzfer alapján megalapított, új technológiai intenzív vállalkozásnál szélesebb értelmezésre ne terjedjen ki. A közfinanszírozású háttérrel megalakult spin-off vállalkozásokon olyan vállalatokat értünk, amelyek az alábbi jellemzők közül legalább az egyikkel bírnak: spin-off cég, bármilyen új cég,

- amelyet közfinanszírozású intézmény, vagy egyetem alkalmazottja alapított,
- amely technológiáját egyetemtől, vagy más közfinanszírozású kutatóintézettől nyerte licencl-eljárás keretében,
- amelyben egyetem, vagy más nemzeti kutató laboratórium tőkerészesedéssel vesz részt,
- amelyet közfinanszírozású kutatóintézet alapított.

Összegezve az előzőeket tehát a spin-off cégek olyan innovatív kisvállalkozások, amelyeket egy egyetem vagy költségvetési kutatóhely alkalmazottai alapítanak saját kutatási eredményeik piacosítása érdekében. Ezek létrejötte azonban nemcsak a vállalkozói életformára váltó kutatót szolgálja, hanem az anyaintézményét is, amely pluszforráshoz juthat a spin-offok révén.

A spin-off vállalkozások számát, életképességét a tudomány, illetve a tudásbázis ipari kapcsolatainak mintegy fokmérőjének is tekinthetjük. A gazdaságban létrejött spin-off cégek egyfajta mutatói lehetnek annak, hogy az adott ország közfinanszírozású kutatói intézményhálózata mennyire képes az ebben a hálózatban létrejött tudást kereskedelmi értéké átfordítani, milyen intenzitású a technológiai transzfer a közszféra és az üzleti szektor között.

HAZAI TAPASZTALATOK A SPIN-OFF VÁLLALKOZÁSOK TERÜLETÉN

Sajnos Magyarországon még manapság is kevésbé elterjedt a spin-off megoldás, pedig a fejlett országokban az elmúlt években a spin-off cégek alapítása lett a szellemi tőke és a technológia gazdaságba transzferálásának a legelterjedtebb formája. Nálunk viszont a költségvetési és a magánszféra együttműködésével végzett K+F tevékenység, a Public Private Partnership (PPP) az inkább elterjedtebb. Az innovációra épülő PPP legelterjedtebb modellje a kooperációs kutatóközpont (KKK) intézménye, amely olyan K+F programoknak nyújt támogatást, amelyekben felsőoktatási vagy költségvetési kutatóhelyek, és vállalatok stratégiai együttműködése valósul meg, s ahol a vállalkozói források nagyságrendje megegyezik a költségvetési támogatás összegével. Magyarországon az elmúlt években jelentősen javult a kutatás-fejlesztést végző vállalkozások működési környezete, s várhatóan dinamizálódnak a fejlesztési forrásokat kereső start-up és spin-off cégek. Magyarországon évente mintegy ötven-száz ilyen, a kockázati tőke érdeklődését felkeltő vállalat startol. A K+F induló cégek számának gyarapodása többek között a 2005-ben elfogadott innovációs törvényre vezethető vissza, mely segít ösztönözni az akadémiai kutatások gyakorlati alkalmazását, például adókedvezményeket biztosít a spin-off vállalkozásoknak.

A SPIN-OFF VÁLLALKOZÁSOK ÉLETCIKLUSA

Ha a spin-off vállalatok életciklusát elemezzük, arra a következtetésre juthatunk, hogy ezek a vállalatok általában hosszabb távon is kisebb méretűek maradnak, s életciklusuk későbbi szakaszában sem jellemző rájuk – néhány kivételtől eltekintve - a gyors növekedés, vagy a termelés-orientáltság. Több ország adatai is azt mutatják, hogy a közintézményekből kirajzó vállalkozások nagy többsége 40-50 fő alatti vállalkozás marad. Emellett igen érdekes, hogy túlélési rátájuk magasabb, mint más új, technológia-intenzív vállalkozásé.

Vannak országok, ahol a spin-off-ok gazdasági hatása igen korlátozott marad, de vannak olyanok is, ahol ez a hatás erőteljesen érvényesül. Észak Amerikában (USA és Kanada) a spin-off cégek legalább egynegyede inkább termék-orientált, s nem marad meg az igen szerény jellegű cégek szintjén. Ha a spin-off vállalatok ágazati eloszlását vizsgáljuk, világszerte megfigyelhető, hogy elsősorban az élettudományok és az információs technológiák ágazataiban koncentrálnak ezek a cégtípusok. Ezt mutatja be a francia ágazati analízis és az angol szakterületi elemzés az alábbi táblázatokban is. Az 1. táblázatban a francia tudományos kutató-intézeti hálózatból, a CNRS-ből kirajzó spin-off vállalkozások száma látható, míg a 2. táblázat a brit felsőoktatási intézmények bázisán alapult spin-off-ok szaktudományok szerinti megoszlását mutatja. (Forrás: <http://www.mbs.ac.uk/executive/index.aspx>)

1. táblázat

Ágazat	%
Informatika	25 %
Egészségügy	20 %
Műszeripar	8 %
Új anyagok	7 %
Elektronika	7 %
Környezetvédelem	6 %
Vegyipar	5 %
Akusztika, optika	5 %
Menedzsment-tudományok	5 %
Információs, kommunikációs szolgáltatások	4 %
Energia	4 %
Egyéb	4 %
Összesen	100 %

1. táblázat. A francia CNRS-ből megalakult spin-off-ok megoszlása ágazatonként

Tudományos szakterületek	%
Mérnöki tudományok	20 %
Biotechnológia	19 %
Élettudományok	9 %
Gyógyászat	5 %
Szoftver	11 %
Kémiai, fizikai tudományok	11 %
Általános tanácsadás	10 %
Egyéb	15 %
Összesen	100 %

2. táblázat. Brit felsőoktatási intézmények bázisán alapult spin-off-ok megoszlása

Az ágazati koncentráció fő okát abban látják a szakértők, hogy az egyetemi kutatás különösen a fent kiemelt tudományterületeken járul hozzá az új termékek és eljárások fejlesztéséhez. Ezt támasztja alá egy vizsgálat is, ami hét iparágban tevékenykedő nagyobb céget vizsgált, s kimutatta, hogy a nagyobb

vállalatok esetén is igaz, hogy a gyógyszerek, a gyógyászati termékek, a szoftverek, a műszeripar valamint a vegyipar területén támaszkodnak ezek a vállalatok termékfejlesztéseik, termelési eljárásaik fejlesztése során leginkább az egyetemi kutatásokra. Érdekes lenne megvizsgálni, hogy mi az oka annak, hogy a nagyobb vállalatokhoz hasonlóan a spin-off-ok is inkább a fentebb említett tudományterületeken koncentrálnak. (Egyébként a tudományterületi koncentrációt okozhatja, hogy az élettudományok és az információs technológiák területén alacsonyabbak a vállalatalapítási költségek, mint máshol.)

Az innovatív, tudás-intenzív induló vállalkozások az egész gazdaság innovációs motorjai. Az egyetemi és más kutatóintézeti kutatások eredményei pedig a legfontosabb tudás-források az innovatív vállalkozásoknak, így ezek dinamizmusa szorosan kapcsolódik az oktatási rendszer egészéhez. Az egyetemről, közfinanszírozású kutatóhelyekről kiváló spin-off vállalkozások egyre népszerűbb formái a kutatási eredmények technológiai transzferének. A kormányzatok egyre inkább felismerik, hogy állami eszközökkel is segíteni kell a spin-off-ok képződését, fejlődését, megerősödését, mert igen fontos szerepet játszanak a közszféra és a magán szféra partneri kapcsolatának egymáshoz közelítésében. A licenc-értékesítésben, a szerződéses kutatási tevékenységben, az egyetem-ipar közötti mobilitásban megnyilvánuló technológiai transzfer mellett fokozott figyelmet érdemelnek a spin-off cégek lehetőségei.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Bak Árpád : Kutatóműhelyekből kinőtt magáncégek. Piac és Profit 2004/4.
- [2] EXIST, University-based start-ups, BMBF-kiadvány, 2000.
- [3] Dr. Buzas Norbert: A vállalkozói szellem szerepe a spin-off cégek alapításában.
- [4] Kleinheincz Ferenc: Spin-off vállalkozások, avagy: barátokozunk egy új megnevezéssel.
- [5] EXIST web- oldal: <http://www.exist.de>
- [6] CNRS web-oldal, 2000. március.



Gulyás László¹ – Zupkó Tibor²

A MAGYAR HONVÉDSÉG LÉGIJÁRMŰ JAVÍTÓÜZEMEN VÉGREHAJTOTT SZÁLLÍTÓ HELIKOPTER-KORSZERŰSÍTÉSEK

BEVEZETÉS

A Magyar Honvédség katasztrófavédelmi, valamint légi kutató-mentő feladatainak ellátása során, nélkülözhetetlen a légieszközök felszereléséből egy kereső iránytű ezért került beépítésre a (HOMER kereső rendszer), amellyel meghatározzuk a vészjeladó helyét.

Szükséges ezen kívül a Magyar Honvédség katasztrófavédelmi, valamint légi kutató-mentő feladatainak ellátása során, a polgári szervekkel történő közvetlen, zavartalan kapcsolattartás érdekében kerül(t) beépítésre a Motorola M-LMG típusú, GPS vevővel rendelkező EDR (Egységes Digitális Rádió) készülék. A beépítések a kutató mentő feladatok ellátására képes Mi-17P, illetve Mi-8T típusú helikoptereken kerülnek végrehajtásra. A kivitelezés során alapvető cél a szállító helikopterek –lehetőségekhez képest– egységes kialakítása. A beépítendő készletek valamennyi helikopter típuson azonosak, és rendelkeznek a rádiókészülék gyártója által kiállított megfelelőségi nyilatkozattal, valamint a HM Katonai Légügyi Hivatal határozatával, amely lehetővé teszi a MOTOROLA M-LMG típusú EDR készülékek beépítését állami légijárművekre.

Az Európai Közösségek Bizottsága a 2007/98/EK határozatában döntött a 2 GHz frekvenciasáv műholdas szolgáltatási területen történő felhasználásáról. Ezen döntés alapján az RV-3 rádió-magasságmérővel felszerelt Mi-8, Mi-17 típusú helikopterek, ezen berendezéseinek alkalmazása csak 2008. december 31.-ig biztosított. A MH tulajdonában lévő Mi-8T, Mi-8PSz, Mi17, Mi-17P típusú helikoptereken szükségessé vált a 2GHz frekvenciasávban működő eszközök cseréje a 4GHz-s sávban üzemelő RV-5/RV-5M rádió-magasságmérőre.

A fent említett RV-5/RV-5M rádió-magasságmérő jelének a Mi-17 típusú helikopterek esetén a már beépített SZIROM-H24B rendszerbe kötésére valamint a repülésbiztonság javításának érdekében az adatrögzítő-blokkot és a memória kazettát tartó konténernek a farok végtartó áramvonalazó lemeze alá történő áthelyezésére.

A cikkben felsorolt fejlesztések az igényeknek és elvárásoknak megfelelően lettek kidolgozva és végrehajtva. A fejlesztések tervezésétől a végső megvalósításig a MH Légijármű Javítóüzeme (továbbiakban Lé.Jü.) hajtotta végre.

¹ MH Légijármű Javítóüzem, Műszaki Fejlesztési és Technológiai Osztály, főtechnológus

² MH Légijármű Javítóüzem, Műszaki Fejlesztési és Technológiai Osztály, osztályvezetője

1. HOMER KERESŐ IRÁNYTŰ

Általános ismertetés

A HOMER kereső rendszer komplett önálló egység, mely egy antennapárhoz csatlakoztatva vezérlő információkat biztosít az indikátorra.

Rendeltetése

A vészfrekvenciák figyelése, információk kijelzése az indikátoron, illetve rárepüléshez szükséges információk biztosítása a kiválasztott frekvenciára.

Elhelyezkedés a helikopteren

A vevőkészülék pilótafülkében került elhelyezésre. A hangerő szabályozó potenciométerek pedig a vevőberendezés alatt lettek elhelyezve.

Az antennák a helikopter orr részén alul, a helikopter hossz tengelyére szimmetrikusan kerültek elhelyezésre.

Fedélzeti kábelezés: a vevőkészülék táplálása a fedélzeti egyenáramú hálózatra van kötve, ezenkívül a Lé.Jü.-nél gyártott 5V tápegység biztosítja a panel és kijelző megvilágítást.

A rendszer működési elve

A rendszer működése a két antennán vett jelek fázisának összehasonlításán alapul. A vett jel a két antennán különböző fázisban jelenik meg. A mért fáziskülönbség a vétel irányától függ, amelyből a vészjelet kibocsátó forrás iránya meghatározható. A fáziskülönbségen alapuló mérés előnye, hogy a vétel erőssége nem függ a sugárforrás irányától. Az irányeltérés indikátor használatán túl a kezelő munkáját segíti az „eltérés” hangjelzés. A hangjelzés változó hangerősséggel tájékoztatja a kezelőt az irányeltérés változásáról, így keresés közben nem kell mindig az indikátort figyelni.

A homlok lapon lévő MON/FREQ kapcsoló lehetővé teszi a négy csatorna egyidejű figyelését (MONITORING), ilyenkor a készülék homloklapján indikátor lámpák jeleznek, ha a négy közül valamelyik csatornán a jel értéke eléri a rárepüléshez szükséges szintet. A kívánt frekvencia kiválasztása rárepülésre ugyanezzel a kapcsolóval történik. A kiválasztott csatornát a homloklapon található lámpák jelzik.

A FREQ (DISTRESS/TEST) kapcsolókkal további négy, a vész frekvenciához közel eső frekvencia választható ki, gyakorlás vagy ellenőrzés céljából.

2. RV-3/ RV-5 RÁDIÓMAGASSÁG-MÉRŐ CSERE

Általános ismertetés

Az RV-5(M) rádió-magasságmérő a helikopter valóságos repülési magasságának folyamatos automatikus mérésére szolgál, függetlenül a napszaktól és az időjárási körülményektől.

Az RV-5(M) biztosítja

A helikopter személyzete részére a pillanatnyi magasság adatainak vizuális kijelzését, a pilóták által előre beállított adott magasság átrepülésének hang és fényjelzését, a rádió-magasságmérő meghibásodásának jelzését.

A beépítés során megvalósítandó feladatok

A Mi-8, Mi-17 típusok berendezés cseréje során az RV-3/RV-5 adóvevő blokkot új helyre kellett beépíteni, ami az eredeti súlyponthoz képest kb. -4,2mm eltolódást okozott (számítások alapján). Ez jóval a megengedett súlypontváltozás határán belül van, így hatását gyakorlatilag nem kellett figyelembe venni.

A magasságmérők cseréje során az antennákat az eltérő frekvencia tartomány miatt szintén cserélni kellett. Az új antennák az eredetiek helyére kerültek tartóelem cserével, amelynek kialakítása is a Légijármű Javítóüzem feladata. Az azonos H_0 maradékmagasság tartása céljából a nagyfrekvenciás (koaxiális) kábel méretének típusfüggő korrekcióját is a Légijármű Javítóüzem szakemberei hajtják végre.

Egyen és váltakozó áramú energiaellátás szempontjából az RV-3-hoz képest az RV-5 illetve RV-5M különbözik egymástól, de mivel az érintett típusok esetében az energiaellátás kellő tartalékkal biztosított.

Az RV-5 rádió-magasságmérő elhelyezése a fedélzeten

Az RV-3 adóvevő blokkjának helyére az új Rv-5 adóvevő blokk nem fért el ezért új hely kialakítást hajtott végre a Lé.Jü. szakállománya.

Az eredetileg téglalap alakú nyílással rendelkező szegecselt rögzítő elemeket ki kellett cserélni, mert az új antennák kör alakú kivágást igényeltek.

A magasságjelző műszer cseréjét is végre hajtottuk, az 'RV nem működik' blenker (jelző zászló) az új műszerben található.

3. MOTOROLA M-LMG (EDR) KÉSZÜLÉK FEDÉLZETRE TÖRTÉNŐ BEÉPÍTÉSE

Általános ismertetés

A készülék alkalmas a Magyar Honvédség katasztrófavédelmi, valamint légi kutató-mentő feladatainak ellátása során, a polgári szervezetekkel történő közvetlen, zavartalan kapcsolattartásra.

A készülék szolgáltatásai:

1. Beszéd jellegű szolgáltatások
 - Csoporthívás
 - Egyéni hívás
 - Körözvényhívás
 - Telefonhívás
 - Vészhívás
 - Közvetlen mód (pont-pont közötti kapcsolat)
2. Adat átviteli szolgáltatások (IP alapú)
 - SDS (160 karakter hosszú szabad üzenet)
 - Státusz üzenetek (előre definiált üzenetek)
 - Rövid adatüzenetek (lekérdezések, AVL)
 - IP alapú csomagkapcsolt adatátvitel
3. Helymeghatározás
4. Alacsonyan szálló repülőeszközökkel történő forgalmazás

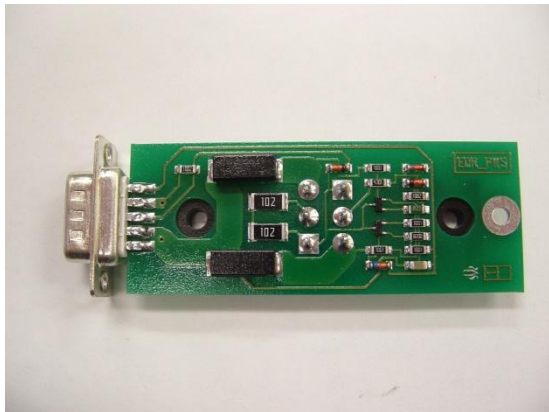
Elvárások EDR készülékkel szemben a helikopteren

- Az EDR készülék –a fedélzeti rádióállomásokhoz hasonlóan– a fedélzeti telefon rendszeren keresztül történő kiválasztást követően legyen elérhető az első és második helikopter-vezető számára.
- A fedélzeti telefon rendszer átalakításával a fedélzeti technikus, a teherterben tevékenykedő szakszemélyzet legyen képes az EDR készülékkel adni, valamint az azon érkező adást fogadni.
- A hajózó személyzet számára kerüljön kijelzésre (fényjelzéssel) az EDR készüléken érkező vétel.
- Legyen lehetőség egyidejű lehallgatásra – az aktuális kiválasztástól függetlenül– a teljes személyzet részére.

A Lé.Jü.-ben gyártott fedélzetre beépítendő eszközök rövid jellemzése:

EDR_PWS tápegység

A tápegység feladata 13.2VDC névleges feszültségű áramellátás biztosítása az EDR készülék, valamint az EDR_ILL–b illesztő áramkör részére. A tápegység maximális terhelhetősége 4A (az EDR készülék maximális áramfelvétele adatlap szerint 3.5A). A tápegység a tartós rövidzárat elviseli. Zárlat esetén a tartó, vagy zárlati áram értéke kb. 0.5A. Mivel az EDR készüléknek álló hajtóművek mellett is működőképesnek kell lennie, ezért a fedélzeti táplálás 5A terhelhetőségű hálózattvédő automatán (AZSz) keresztül az akkumulátor sínről van biztosítva.



6. ábra. Az EDR_PWS tápegység

EDR_ILL–b illesztő egység

Az illesztő egység feladata a fedélzeti SzPU rendszer és az EDR készülék illesztése, valamint vétel esetén megfelelő fényjelzés biztosítása.

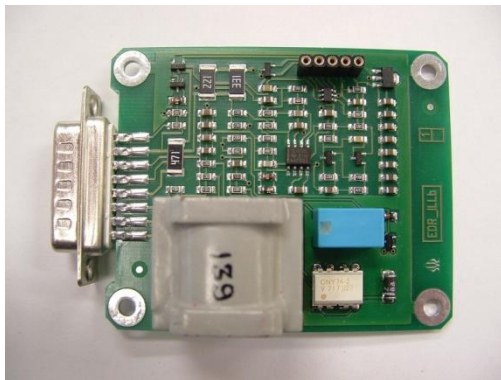
Az illesztés során az SzPU paramétereit figyelembe véve biztosítani kell az EDR készülék hangfrekvenciás teljesítmény kimenetének impedancia illesztését, a fedélzeten alkalmazott nagyimpedanciás fejhallgatóknak megfelelően. Az impedancia illesztést egy transzformátor biztosítja az EDR szimmetrikus kimenete alacsony feszültségű kimenete ($6..7 V_{RMS}$) és az SzPU aszimmetrikus 'nagyfeszültségű' ($60..70 V_{RMS}$) fejhallgató csatlakozása között. Az SzPU kezelőpultokban található szelektorkapcsoló („KR” helyzet) ezt az asszimmetrikus jelet kapcsolja a fejhallgató(k)ra. Az EDR készülék kimenetének közös hangerő szabályozása a készülék előlapján található hangerő szabályzóval történik.

Adáskor az illesztő áramkör biztosítja a beszélő készlet mikrofon illesztését, tápellátását és hangfrekvenciás sávkorlátozását az EDR készülék hangfrekvenciás bemenetének megfelelően. Az aluláteresztő szűrő sáv szélessége kb. 3.8kHz, meredeksége 12 dB/oktáv.

A vétel jelzése a vevő alacsony feszültségű HF kimenetén megjelenő feszültség érzékelésével történik. Ekkor az EDR feliratú kombinált lámpa és kapcsoló kettős felvillanással jelzi a hívást. Ez a jelzés minden vételi ciklus elején egyszer jelenik meg. A HF-jel megszűnését követően kb. 5s után válik ismét aktívvá. A vétel jelzés csengőhangja a kiválasztott munkahelyen (munkahelyeken), a fényjelzéstől függetlenül hallható, melynek szintje az EDR készülék menüjében a hangerőtől függetlenül állítható. Amennyiben a TETRA rendszerben vészjelzés vétele történik, ez a jelzőlámpa négyes felvillanását eredményezi.

Az EDR lámpával egybeépített kapcsoló feladata bekapcsolt helyzetben az SzPU rendszeren keresztül –a kiválasztástól függetlenül– minden munkahelyen az EDR készülék vételének (közös) lehallgatása.

Az illesztő egység áram alá helyezését követően automatikus önellenőrzést hajt végre. Ekkor a jelzőlámpa kb. 2,3s-ig folyamatosan világít, majd négy rövid idejű felvillanást követően üzemi helyzetbe áll.



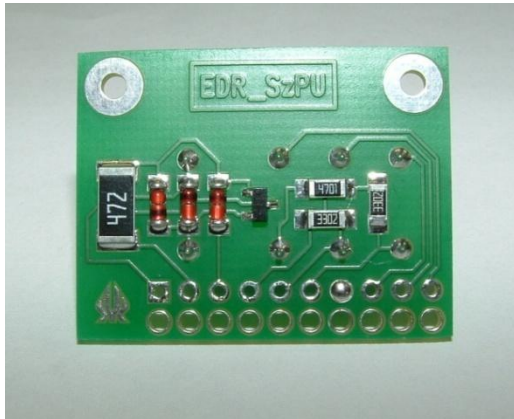
7. ábra. Az EDR_ILL-b illesztő egység

EDR_SzPU illesztő egység

Az EDR_SzPU illesztő egység feladata, a fedélzeti technikus munkahelyein található csak SzPU üzemmódra alkalmas kezelőegységek üzemmódjának kiterjesztése az EDR készülék használatára. Ezek a kezelőegységek (2db) eredetileg csak a fedélzeti telefon rendszert szolgálják ki, rádióállomások lehallgatására, adásindításra nem alkalmasak.

Mivel a követelmények között szerepel, hogy az EDR készülék kezelését a fedélzeti technikus végezze, – az EDR készülék a technikus előtti kiegészítő műszerfalon található– így biztosítani kell ezekről a kezelőpultokról is az EDR készülék teljes körű használatát. Ezt a funkciót a kezelőpultokba a módosítás során beépített EDR_SzPU kiválasztó kapcsoló, valamint a hozzá kapcsolódó EDR_SzPU prioritás áramkör biztosítja. A prioritás áramkörre azért van szükség, hogy körhívás („CV” üzemmód) esetén a kezelőpultok automatikusan visszatérjenek SzPU üzemmódra. A prioritás áramkör egy kétáramkörös morze típusú jelfogóból és néhány elektronikus alkatrészből áll. EDR üzemmódba történő átkapcsolás esetén a jelfogó segítségével átkapcsolásra kerül a hallgató és a mikrofon áramkör.

A hallgató áramkörében mesterséges áthallás biztosítja, hogy az SzPU/EDR rendszerben elhangzó üzenetek kb. ¼ hangerővel hallhatók az aktív, kiválasztott üzemmódhoz képest.



8. ábra. Az EDR_SzPU illesztő egység

4. A SZIROM-H-24B* RENDSZER ADATGYŰJTŐ BLOKKJÁNAK FAROK VÉGTARTÓRA TÖRTÉNŐ ÁTHELYEZÉSE A MI-17 TÍPUSÚ HELIKOPTEREKEN

Általános ismertetés

A Mi-17 típusú helikopterek esetén a már beépített SZIROM-H24B rendszerbe az RV-5 rádió-magasságmérő jelének bekötése, illetve az A-H-24B blokkot és a memória kazettát tartó konténernek a farok végtartó áramvonalazó lemeze alá történő áthelyezése volt a feladat ebben az esetben.

Rendeltetése

Mivel a helikoptereken a rádió-magasságmérőket cserélni kellett és az új esetében a levett jelet megfelelően csatolni a SZIROM-H24B rendszerébe. Ezen felül felmerült repülés biztonsági okból, az hogy adatrögzítők előforduló légi katasztrófák esetében nagyon szélsőséges hőhatásoknak vannak kitéve és ennek okán részben vagy teljes egészében meg semmisül a tárolt információ. A fejlesztés lényes eleme ebben az esetben, hogy kevésbé nagy hőhatásnak kitett területre kell áthelyezni A-H-24B blokkot és a memória kazettát tartó konténer, ez a hely pedig a farok végtartó.

Módosítások a helikopteren:

Az adatrögzítő blokkot és a memória kazettát tartó konténer áthelyezése a farok végtartóba. Az áthelyezéshez szükséges a farok végtartó borításán egy megfelelő méretű szerelőnyílás kialakítására, valamint egy SZIROM konténer átépítéséhez előbeépítésének legyártására és felszerelésére.

* SZIROM – Számítógépes Integrált Repülési Paramétereket Rögzítő és Kiértékelő Objektív Mérőrendszer (1.4.4. verzió vagy ennél újabb)

A SZIROM rendszer működéséhez a vezeték nyomvonalának meghosszabbítása szükséges az előző helyétől a farok végtartóban levő új helyéig.

Az RV-5 rádió-magasságmérő jelének bekötésére szolgáló vezeték bekötése SZIROM-H-24B rendszer megfelelő csatlakozójába.

Összefoglalás

Reméljük, hogy sikerült bemutatnunk a fejlesztéseink sokoldalúságát. Minden esetben együtt kellett működni a szakágaknak és a jó és precízmunka eredménye a fejlesztések hiba mentes megvalósítása. Külön ki szeretnénk emelni Gunter Ferenc és Acsai Pál munkáját akik a fejlesztésekben domináns szerepeket vállaltak, természetesen ezen kívül minden munkatársunkat akik részt vállaltak a fejlesztések különböző fázisaiban. A munkák (a Légijármű Javitóüzem) legnagyobb elismerése, ha a feladat ellátás során minél eredményesebb lehet felhasználni az általunk beépített eszközöket és ezáltal emberi és anyagi eszközöket tudunk megmenteni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] OPERATING MANUAL FOR HOMING SYSTEM 406-2-053
- [2] TETRA MOBILE TERMINAL INSTALLATION MANUAL
- [3] MTM 800 WITH ENHANCED CONTROL HEAD TETRA MOBILE TERMINAL BASIC USER GUIDE
- [4] RE/998 A MI-8 HELIKOPTER ÜZEMELTETÉSI ÉS MŰSZAKI KISZOLGÁLÁSI SZAKUTASÍTÁSA III. KÖNYV 1., 2., 3. RÉSZ
- [5] RE/1090 SZPU-7 TÍPUSÚ FEDÉLZETI RÁDIÓTELEFON MŰSZAKI LEÍRÁSA ÉS ÜZEMBENTARTÁSI SZAKUTASÍTÁSA
- [6] A MI-17P TÍPUSÚ HELIKOPTER RÁDIÓTECHNIKAI KAPCSOLÁSI ALBUMA
- [7] A MI-8T TÍPUSÚ HELIKOPTER RÁDIÓTECHNIKAI KAPCSOLÁSI ALBUMA
- [8] RE/1672 SZAKUTASÍTÁS A MI-17 HELIKOPTER TERHELÉSI ÉS SÚLYPONT SZÁMÍTÁSÁRA
- [9] 30/1048 SZÁMÚ TECHNOLÓGIAI UTASÍTÁS (MH LÉ. JÜ.)
- [10] RE/937 AZ RV-5 (RV-5R) RÁDIÓ-MAGASSÁGMÉRŐ MŰSZAKI LEÍRÁSA ÉS ÜZEMBENTARTÁSI SZAKUTASÍTÁSA (1981)
- [11] RE/1077 RV-3 ÉS RV-3M RÁDIÓ-MAGASSÁGMÉRŐ MŰSZAKI LEÍRÁSA ÉS ÜZEMBENTARTÁSI SZAKUTASÍTÁSA (1984)
- [12] RE/1610 A 02. SZÉRIÁJÚ RV-3 (RV-3M) RÁDIÓ-MAGASSÁGMÉRŐ MŰSZAKI LEÍRÁSA ÉS ÜZEMBENTARTÁSI [7] SZAKUTASÍTÁSA (1987)
- [13] РАДИОВЫСОТОМЕР РВ-5 (РВ-5Р) РУКОВОДСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГУ1.000.012РЭ (1978)
- [14] РАДИОВЫСОТОМЕРЫ РВ-3 И РВ-3М РУКОВОДСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГУ1.301.034РЭ (1980)
- [15] TECHNOLÓGIAI UTASÍTÁS A SZIROM-V-75 RENDSZER TARTOZÉKAINAK ÉS VEZETÉKRENDSZERÉNEK GYÁRTÁSÁRA
- [16] TECHNOLÓGIAI UTASÍTÁS A SZIROM-V-75 RENDSZER „75” TÍPUSÚ REPÜLŐGÉPBE TÖRTÉNŐ BEÉPÍTÉSÉHEZ
- [17] TECHNOLÓGIAI UTASÍTÁS A SZIROM ÉS IFF RENDSZEREK MI-17 TÍPUSÚ HELIKOPTEREKBE TÖRTÉNŐ BEÉPÍTÉSÉHEZ
- [18] RE/134 A SZIROM RENDSZEREK MŰSZAKI LEÍRÁSA ÉS ÜZEMBENTARTÁSI SZAKUTASÍTÁSA
- [19] RE/1667 A MI-17 TÍPUSÚ HELIKOPTER MŰSZAKI ÜZEMBENTARTÁSI SZAKUTASÍTÁSA; SÁRKÁNY SZERKEZET



Halászné Dr. Tóth Alexandra

A XXI. SZÁZAD KATONAI KIHÍVÁSAINAK MEGJELÉNÍTÉSE AZ ÚJ LÉGÜGYI TÖRVÉNYBEN

Bevezetés

A magyar légjog alapját képező, a légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. törvény (a továbbiakban: Lt.) a megalkotása idején az adott keretek között egy előremutató törvény volt, amely az elmúlt közel 15 évben betöltötte a szerepét. Az utóbbi évek során bekövetkezett műszaki fejlődés, a Magyar Köztársaság NATO-hoz, illetve Európai Unióhoz való csatlakozása, a katonai és polgári légügyi hatóság Nemzeti Közlekedési Hatóságba történő integrálása, a légiközlekedési piac liberalizációja, valamint a légtérfelhasználók igényeinek megváltozása szükségessé teszik az Lt. átfogó felülvizsgálatát, és a szövetségi, illetőleg a közösségi követelményeknek megfelelő, azonban a hazai sajátosságokat is figyelembe vevő új szabályozó kidolgozását.

Az utóbbi évek politikai változásaiból adódóan a közlekedésért felelős minisztériumnak érthető módon sokkal fontosabb és sürgősebb dolga is volt annál, mintsem ráért volna a légiközlekedési joggal foglalkozni. Így ezután – habár az Lt. „korszerűsítése” már a 2006. évben felbukkant a kormányzati célok között – csupán néhány, sebtében összecsapott törvénymódosításra került sor. A 2008. év végéig azonban annyi érv halmozódott fel a légiközlekedés területet érintő jogi szabályozás korszerűsítése mellett, hogy ezeket a szakma képviselői, illetve az érintett tárcák nem hagyhatják figyelmen kívül, és előbb vagy utóbb egy elmélyült és sokoldalú szakmai előkészítés során kidolgozott új légügyi törvény kihirdetése szükséges.

Az Lt. hatályba lépése¹ óta a jogszabály körül minden megváltozott, hazánk szövetségi tagságból adódó kötelezettségvállalásai eredményeként a Magyar Honvédség légiközlekedéssel kapcsolatos feladatait és eljárásrendjét a NATO egységesítési egyezményekben is megfogalmazottak figyelembevételével indokolt a magyar jogrendben megjeleníteni. A nemzeti jogot befolyásoló tényező továbbá a közösségi joganyag figyelembevétele is, hiszen 2004. május 01. óta a légiközlekedést érintő közösségi jogforrások Magyarországon is kötelező erejű szabályokká váltak. Az Európai Unió hatásköre habár a katonai (műveleti) kérdésekre nem terjed ki, a légtér hatékony kihasználása érdekében a polgári és katonai együttműködés elengedhetlenné válik.

Ezeket a fontos változtatásokat egy darabig lehetett követni a hatályos légügyi törvény „toldozgatásával”, de elérkezett az ideje annak, hogy az Lt. átadja a helyét egy új, a jelen kor követelményeinek megfelelő, a honvédelmi repülés sajátosságainak pontos, precíz, a XXI. század követelményeihez igazodó új törvénynek.

¹ 1996. július 01.

A hatályos légügyi törvény

Az állami és a polgári célú légitözlekedés alapvető szabályait az Lt. keretjelleggel, valamint az Lt. felhatalmazása alapján kibocsátott végrehajtási rendeletek (kormányrendeletek, tárcarendeletek) kiegészítő jelleggel határozzák meg. Az Lt. sok repüléssel kapcsolatos területet felölel, – úgymint a hatósági jogkör, a magyar légtér, a légitjarművek nyilvántartása és jelzése, a hatósági engedélyhez és bejelentéshez kötött tevékenységek, a repülőterek, a szakszolgálati engedélyek, a légitözlekedés szabályai, stb. – azonban a szabályozási tárgykörök megjelenítése nem teljes körű.

Nem találunk rendelkezést például a nem nyilvános fel- és leszállóhelyek státuszáról, azok létesítésének alapvető szabályairól, a minősített repülésekről, a kitérő repülőterekről, a légitözlekedésben bekövetkezett légitözlekedési események (légitözlekedési balesetek, repülőesemények, légitözlekedési rendellenességek) közigazgatási hatósági vizsgálatáról, és számos más kérdéskör említhető, melyet a jogalkotó törvényi szinten egyáltalán nem említ meg.

A hatályos légügyi törvény mára elavult rendelkezéseket tartalmaz, a nemzetközi joggal, illetve a közösségi joggal nem harmonizáló fogalmakat használ. Óriási problémát okoz például az állami légitjarművek fogalmának meghatározása, amely az állami légitjarművek nemzetközi repüléseinek be- és átreptülési („diplomáciai”) engedélyei eljárásrendjével kapcsolatosan okoznak nehézséget. Indokolt továbbá a közigazgatási hatósági eljárás és szolgáltatás általános szabályairól szóló 2004. évi CXL. törvény (a továbbiakban: Ket.) által meghatározott eltérések és kivételek az Lt. végrehajtására kibocsátott 141/1995. (XI. 30.) Korm. rendeletben meghatározott körének felülvizsgálata, és a gyakorlati tapasztalatok alapján azok bővítése. Gondoljunk csak arra, hogy az állami, de a polgári légitözlekedési hatósági munkában is előfordulhatnak olyan eljárások, amelyek a Ket.-ben meghatározottól eltérő ügyintézési határidőket és speciális eljárási szabályokat igényelnek.

A közjogi és magánjogi elveket is tartalmazó légitözlekedési jog olyan hatalmas jogterület, amelyet először az áttekinthetőség érdekében feltétlenül tagolni, illetve rendszerezni szükséges. Az állami célú légitözlekedés rendszere a jogforrási hierarchia alapján a következők szerint épül fel:



1. ábra Az állami célú légitözlekedés jogforrási rendszere

A katonai légügyi igazgatás jelenlegi helyzete

A Kormány a közigazgatási szervezetrendszer átalakítása, illetve működőképességének javítása érdekében a 2006. évben számos jelentős döntést hozott. E döntések közé sorolható a légiközlekedési hatósági területet is érintő, a központi államigazgatási szervekről, valamint a Kormány tagjai és az államtitkárok jogállásáról szóló 2006. évi LVII. törvény, az államháztartás hatékony működését elősegítő szervezeti átalakításokról és az azokat megalapozó intézkedésekről szóló 2118/2006. (VI. 30.) Korm. határozat, valamint a Közlekedési Főfelügyelet, a Központi Közlekedési Felügyelet, a megyei közlekedési felügyeletek, a Polgári Légiközlekedési Hatóság megszüntetéséről, valamint a Nemzeti Közlekedési Hatóság megalapításáról szóló 2213/2006. (XII. 7.) Korm. határozat elfogadása.

Időszak	Állami célú légiközlekedés		Polgári célú légiközlekedés	
	Hatósági feladatok	Szakmai vizsgálatokkal összefüggő feladatok	Hatósági feladatok	Szakmai vizsgálatokkal összefüggő feladatok
2007.01.01. előtt	I. fok: HM KLH II. fok: HM	HM KLH	I. fok: PLH II. fok: KFF	KBSZ
2007.01.01- 2007.07.01. között	I. fok: HM KLH II. fok: HM	HM KLH	I. fok: NKH PLI II. fok: NKH KH	KBSZ
2007.07.01. után	I. fok: NKH LI II. fok: NKH KH	KBSZ	I. fok: NKH LI II. fok: NKH KH	KBSZ

2. ábra A légügyi igazgatás helyzete

E döntések alapján többek között 2007. január 01-jével a Polgári Légiközlekedési Hatóság és a HM Katonai Légügyi Hivatal integrálásával egy egységes közlekedési hatóság került volna felállításra, mely valamennyi közlekedési ágazat hatósági feladatait látta volna el. Az integráció előkészítésével összefüggő szakmai tárgyalások során azonban nagyon sok olyan, a honvédelmi repülés sajátosságaiból adódó komplex kérdés merült fel, melynek rendezése jelentős időt igényelt. Ennek következtében a légügyi hatóságok összevonása csak 2007. július 01-jével valósulhatott meg.

A Nemzeti Közlekedési Hatóságról szóló 263/2006. (XII. 20.) Korm. rendeletben foglaltak alapján a közlekedésért felelős miniszter² irányítása alatt lévő, az első és másodfokú légiközlekedési hatósági feladatokat is ellátó központi hivatal került felállításra, melynek a légiközlekedéssel foglalkozó szervezeti egysége, a Légiközlekedési Igazgatóság a hatékony hatósági tevékenység, valamint a katonai légügyi hatóság és az állami légi járművek üzemeltetési, illetve üzemeltetési közötti zökkenőmentes, sikeres együttműködés érdekében véleményem szerint további szervezeti

² Jelenleg a közlekedési, hírközlési és energiaügyi miniszter.

átalakításokat igényel, esetleg a „mamutszervezet”-ből való kiválása, és valamennyi szakterület képviselő szakértő bevonásával önálló szervezatként való funkcionálása szükséges. Ez a lépés egyébiránt a légiközlekedési nemzetközi szervezetek megelégedését is szolgálja.

A Nemzeti Közlekedési Hatóság Légiközlekedési Igazgatósága jelenleg szabályozói jogkörrel nem rendelkezik, kizárólag jogalkalmazói feladatokat lát el, azonban az európai légiközlekedési hatóságok szabályozói hatásköréhez hasonlóan talán indokolt lenne a magyar légiközlekedési hatóságnak is e jogosítvánnyal való ellátása. Ezáltal lehetővé válna a repülésbiztonság, és a jogkövető magatartás tanúsítása érdekében – az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség (European Aviation Safety Agency – EASA) gyakorlatának megfelelően – a magyar hatóság általi általánosan kötelező erejű előírások, illetve magyarázó jelleggel jogi iránymutatások kibocsátása³.

A legfontosabb tárgykörök

Az új szabályozás kialakítása során kiemelt figyelmet kell fordítani a polgári és a honvédelmi (állami) repülés összhangjának megteremtésére, az utóbbi elkülönült, önálló szabályainak megjelenítésére, ugyanis az Lt. hatályos normaszövege az állami célú légiközlekedés vonatkozásában főleg utaló szabályokat, felhatalmazó rendelkezéseket tartalmaz. Az egyes tárgykörök polgári és állami célú légiközlekedésben való tételes vizsgálatát követően felvetődhet a honvédelmi repülés sajátos szabályainak külön törvényben való megjelenítése. A következőkben a teljesség igénye nélkül azokat a szabályozási tárgyköröket kívánom röviden megvilágítani, amelyek alapvető szabályozása feltétlenül szükséges, tekintettel arra, hogy e kérdések az Lt.-ben jelenleg egyáltalán nincsenek, vagy csak csekély mértékben vannak megjelenítve.

Alapelvek

Más jogterületekhez hasonlóan a légi jognak is jól elkülöníthető, a gyakorlatban is alkalmazott alapelvei vannak⁴, melyek egyrészt a légiközlekedési hatósággal, másrészt az ügyfelekkel szemben támasztott követelmények. Jelenleg sajnos az Lt.-ben ezek nincsenek megjelenítve. A korábbi jogfelfogás valószínűleg az alapelv jellegű rendelkezésekben a tételes jogtól való elszakadás lehetőségét látta, ezért nem tartotta indokoltnak az alapelvek törvényi szintű szabályozását. Pedig e rendelkezések megfelelő megjelenítése a légügyi törvény helyes értelmezésének és alkalmazásának elősegítése céljából elengedhetetlenül szükséges. Ezen alapelvek kifejezésre juttatják a jogalkotó célkitűzéseit, eligazítást adnak a hatósági munkatársaknak, illetve az állami légi járművek, az állami repülések céljára szolgáló repülőterek üzemeltetői, üzemeltetői részére a jogszabályok helyes értelmezéséhez. Az alapelvek társadalmi elvárásokat közvetítenek a jogalkalmazók számára oly módon, hogy a „jogon kívüli” értékeket jogi normává emelik, és ezáltal a törvény rendelkezéseit elvi keretek közé helyezik.

³ A légiközlekedési hatóság szabályozói hatáskörrel való felruházásához valószínűleg a jogalkotásról szóló 1987. évi XI. törvény módosítása szükséges.

⁴ Pl: együttműködési kötelezettség, hátrányos megkülönböztetés tilalma, stb.

A magyar, illetve külföldi légtér igénybevételének szabályai

Az Európai Unió egységes európai légtérre vonatkozó többlépcsős kezdeményezése (Single European Sky – SES projekt) alapján már a 2004. évben hatályba léptek egyes EK rendeletek, melyek eredményeként átalakul az európai légtér-szerkezet. A racionalizált útvonalszerkezet mellett a rugalmas légtérfelhasználási elvek figyelembe vételével kialakításra kerülnek az országhatároktól független, több ország légtérét is magába foglaló ún. funkcionális légtérblokkok (Functional Airspace Block – FAB), melyekben regionális körzeti irányító központok hajtják végre a légiforgalom-szervezési feladatokat. Az új, irányítói felelősségi köröket tekintve országhatároktól független légtérstruktúrára vonatkozó szabályokat szintén az új légügyi törvényben szükséges rögzíteni, különösen azokat az elemeket, melyek a polgári irányítás, illetve a továbbiakban is nemzeti hatáskörben maradó légtérvédelemért felelős katonai szervezetek közötti együttműködés részleteire vonatkoznak.

A légvédelmi készenléti és a békeidőben végrehajtott műveleti repülések

A légvédelmi készenléti repülések végrehajtásának szabályai az előbb említett új légtér-szerkezet kialakítása kapcsán még inkább felértékelődik. A rugalmas felhasználási elveken alapuló légtérben a katonai fél a XXI. század követelményeinek megfelelő új légijárművekkel hazánkban eddig nem alkalmazott eljárásokat és műveleteket kíván végrehajtani. Ezen műveleti repülések végrehajtásához feltétlenül meg kell fogalmazni az ICAO által is javasolt repülési kategóriákat, melyek részben, teljesen vagy egyáltalán nem illeszthetők a polgári légiközlekedési környezetbe. E kategóriák meghatározása a légtér újbóli felosztását, a légtérelemekben a szolgáltatás és a felelősségi körök meghatározását, illetve a polgári és a katonai fél közötti együttműködés részleteinek áttekintését is eredményezi.

Új, speciális műveleti feladatok

Az éjjellátó berendezéssel való, illetve a földközeli magasságon nagy sebességgel végrehajtott repülések, a légi utántöltési és stratégiai légiszállítási, illetve deszant feladatok, a korszerű vadászrepülőgépek multifunkciós feladatainak ellátására történő felkészülés, valamint a pilóta nélküli repülőeszközök jövőbeni intenzív alkalmazása hazánk szövetségi tagságból adódó szerepvállalásának új elemei. Ezen feladatok maradéktalan végrehajtásához a jogszabályi környezetben olyan biztosítékokat, garanciákat és alapvető keretszabályokat szükséges rögzítenünk, melyek szavatolják a szövetség által megkövetelt műveleti képességi szint ütemezett idejű elérését.

A légi kutatás-mentés

A légi kutatás-mentés rendszere jelenleg átalakítás alatt áll, az Lt. legutóbbi módosítása során ugyanis lehetővé vált a légi kutató-mentő szolgálatok alkalmazási körének bővítése. A jelenlegi rendszer működése nehézkes, nem kellően hatékony, a légi kutató-mentő szolgálatok finanszírozása is

a jelenlegi körülmények között tarthatatlan. A tárgykört szabályozó, a bajba jutott légi járművek megsegítését ellátó kutató-mentő szolgálatokról szóló 30/1998. (VI. 24.) BM-HM-NM-PM együttes rendeletet felváltó új kormányrendelet szakmai előkészítése folyamatban van, mely reményeink szerint az új légügyi törvény megalkotása során is alapjaiban felhasználhatók.

A katonai légiforgalmi és légvédelmi irányító szolgálatok

A fent említett új képességek eléréséhez a katonai légiforgalmi, illetve a légvédelmi irányító szolgálatok működési sajátosságaihoz is meg kell teremteni a törvényi szintű szabályozói háttérrel. Ehhez különösen nagy jelentőséget tulajdonít az előbb említett, országhatárokon átnyúló légtér szerkezet, melyben a katonai irányító egységeknek nemzeti és szövetségi honvédelmi feladatai továbbra is elsődleges helyen szerepelnek. Mindamellett, a hatékony polgári-katonai együttműködés biztosításához a nevezett katonai irányító szolgálatok munkatechnológiai eljárásainak nemzetközi polgári és katonai szabványokkal történő harmonizálására is sor kerül, amely szintén hatást gyakorol a hazai jogszabályi környezetre.

A repülésbiztonság

A hatályos szabályozás egyéb, mostohán kezelt területe a repülésbiztonság. A repülésbiztonsági szabályok kidolgozása, az állami célú repülések biztonságát döntően befolyásoló alapelvek meghatározása, a honvédelmi célú repülések biztonságához szorosan kapcsolódó szervezeti kérdések újragondolása, a repülésbiztonsági feladatok, a felelős személyek, valamint az ezzel összefüggő kérdések megfelelő részletezettséggel való szabályozása nagymértékben csökkentené a súlyos humán és anyagi erőforrás veszteséggel járó légiközlekedési események bekövetkezésének kockázatát.

A légiközlekedés-védelem

Az Lt. a légiközlekedés-védelem vonatkozásában a polgári célú légiközlekedésben betartandó előírásokat tartalmaz, a törvény felhatalmazása alapján kibocsátott kormányrendelet is kizárólag a polgári célú légiközlekedés védelmének szabályait taglalja, pedig az állami célú légiközlekedés tekintetében is indokolt lenne a kötelező érvényű rendelkezések előírása és betartatása.

Az állami célú légiközlekedésben bekövetkezett légiközlekedési események vizsgálatainak rendje

Az állami célú légiközlekedésben bekövetkezett légiközlekedési eseményeket⁵ egyidőben, többféle szempontból lehet vizsgálni.

⁵ A légi-, a vasúti és a víziközlekedési balesetek és egyéb közlekedési események szakmai vizsgálatáról szóló 2005. évi CLXXXIV. törvényben (Kbvt.) foglaltak alapján lehetnek: légiközlekedési balesetek, repülőesemények, illetőleg légiközlekedési rendellenességek.

A vizsgálat típusa	A vizsgálat legfontosabb jellemzői
Szakmai vizsgálat	A Közlekedésbiztonsági Szervezet, illetve a légiközlekedési veszélyhelyzetek esetében az üzemeltető a Kbt., illetve annak végrehajtási rendeletei alapján jár el. A szakmai vizsgálat lefolytatása kötelező!
Közigazgatási hatósági vizsgálat	A Nemzeti Közlekedési Hatóság Légiközlekedési Igazgatósága a Ket.-ben foglaltak alapján végzi. Az eljárás megindítása nem kötelező (diszkrecionális jogkör), tulajdonképpen a repülési szabályok betartásának hatósági ellenőrzését jelenti.
Fegyelmi eljárás	Az állományilletékes parancsnok a Hjt. ⁶ alapján folytatja le. Fegyelemsértés esetén kötelező a megindítása.
Szabálysértési eljárás	Az állományilletékes parancsnok a Hjt.-ben meghatározottak alapján fegyelmi eljárás keretében folytatja le. Szabálysértés esetén kötelező a megindítása.
Büntetőeljárás	A katonai ügyészség a büntetőeljárásról szóló törvényben foglaltak alapján bizonyos feltételek megléte esetén indíthatja meg.
Belső honvédségi vizsgálat	Nincs külön eljárási szabály, megindítása nem kötelező.

3. táblázat Az állami célú légiközlekedésben bekövetkezett légiközlekedési események vizsgálata

A légiközlekedési események hatósági vizsgálata során kizárólag a Ket. szabályait lehet alkalmazni, az Lt. ez irányú rendelkezéseket nem tartalmaz, ezért mindenképpen indokolt az új légügyi törvényben e vizsgálat alapvető szabályait (a vizsgálat célját, a vizsgálandó események körét, stb.) szabályozni.

A kitérő repülőterek, illetve a nem nyilvános fel- és leszállóhelyek

Nemzetközi viszonylatban számos polgári és katonai repülőtér alkalmas a másik fél fogadására, illetve a közös üzemeltetésre. Hazánkban a polgári repülőterek fejlesztéseinél külön figyelmet javasolt szentelni a katonai légijárművek mindenkori (de természetesen különböző szolgáltatási szintű) fogadása lehetőségeinek megteremtésére. A NATO egységes légvédelmi rendszerében (NATO

⁶ A Magyar Honvédség hivatásos és szerződéses állományú katonáinak jogállásáról szóló 2001. évi XCV. törvény.

Integrated Air Defense System – NATINADS) való eredményes működés egyik feltétele, hogy a más országból hazánkba érkező szövetségi, illetve a szomszédos országokba átrepülő hazai légvédelmi készenléti légi járművek részére bizonyos esetekben kiterő repülőtér álljon a rendelkezésére. A funkcionális légtérblokkban megjelenő, országhatáron átnyúló légtérben (Cross Border Area – CBA) nyújtott légi kutató-mentő szolgáltatáshoz szintén szükséges a fogadó repülőterek rendszerének, illetve a műveleteket biztosító nemzetközi szabályozói környezet megteremtése. Mindezek jogi, anyagi és technikai feltételrendszere az új légügyi törvénybe is beépül.

A repülőmodellek, illetve a nyilvános repülőrendezvények

A hatályos Lt. kizárólag megemlíti, és felhatalmazó rendelkezést ad e tárgykör szabályozására, holott a néhány éve bekövetkezett súlyos tragédia rávilágított arra, hogy nagyon is fontos lenne a repülőmodellekkel kapcsolatos részletszabályok megalkotása. Az állami célú légiközlekedésben szinte 1-2 évente rendeznek „repülőnapot”, légi bemutatót, mely a légiközlekedési szakszemélyzetek, a jelentős számú nézőközönség biztonsága, és a nagy értékű repülőtechnika miatt is fokozott biztonsági intézkedéseket igényel.

A nemzetközi szervezetekkel való kapcsolattartás

A légiközlekedés rendszerében alapvető változást idézett elő Magyarország NATO-hoz, az Európai Unióhoz, illetve az egyéb légiközlekedési nemzetközi szervezetekhez való csatlakozása, mely a honvédelmi célú repülésekre is jelentős hatással bír. A honvédelmi tárca nemcsak a NATO, hanem az Európai Unió és az EUROCONTROL által szervezett bizottsági, illetve munkacsoportok ülésein képviselteti magát.

Nemzetközi szervezet	Képviselő
NATO – NATMC ATMG CNS DATMSG	HM TKF FŐOV- a honvédelmi miniszter megbízásából NKH LI NKH LI MH NKKH
Európai Unió – Bizottsági ülések	NKH LI
EUROCONTROL – PC – CMIC – NEASCOG – MAB – FAB CE WG	HC Zrt. – a KHEM miniszter megbízásából, HM TKF FŐOV HM TKF, HC Zrt. KÖI, NKH LI HM TKF HM TKF FŐOV HM TKF

4. táblázat Nemzetközi szervezetekben való képviselet

A fentiek alapján célszerű lenne a légiközlekedést érintő nemzetközi szervezetekben való kapcsolattartás alapvető szabályait is megjeleníteni.

Befejezés

Az 1995. évben kihirdetett légügyi törvényünk igaz, hogy sok tekintetben megpróbált megfelelni a hazai, illetve a gyorsan változó nemzetközi, közösségi követelményeknek, azonban a nemzetközi állami (és polgári) célú légiközlekedésben való részvételünk szükségessé teszi, hogy az eddigieknél is jobban megfeleljünk a szövetségi elvárásoknak a hazai szabályozásunkban. A hatályos Lt. kizárólag a szabályozás kereteit határozza meg, az állami célú légiközlekedésre vonatkozó szabályok jelentős része a végrehajtási rendeletekben, illetőleg az állami irányítás egyéb jogi eszközeiben jelenik meg.

Az új törvényben a fentiekén túl a kor követelményeinek megfelelően újra kell fogalmazni a légiközlekedési alapelveket, az állam feladatait és azok ellátásáért felelős személyeket, a légügyi igazgatás rendjét, a magyar légtér igénybevételének szabályait, az állami légiközlekedési szakszemélyzetre vonatkozó általános előírásokat. Indokolt továbbá felülvizsgálni a légiközlekedési felelősségbiztosítás, az állami célú légiközlekedés területén esetlegesen bevezethető légiközlekedési bírság intézményét, továbbá a légiközlekedési fejlesztési stratégiát is.

A jelenleg érzékelhető, a fentiekben is – a teljesség igénye nélkül – jelzett hiányosságok és jogalkalmazási problémák az egyes szakterületek katonai szakértőinek bevonásával egy alapos szakmai előkészítés eredményeként egy új légügyi törvény, valamint a hozzá kapcsolódó végrehajtási szabályok alapján kiküszöbölhetők, és korszerű szabályozás révén elősegítik a hazai állami célú légiközlekedés fejlődését, valamint a légiközlekedés polgári résztvevőivel való gyümölcsöző együttműködést.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] DR. MOYS PÉTER: Nemzetközi légi jog. Kézirat. Budapest, 2006.
- [2] ERDŐSI FERENC: Európa közlekedése és a regionális fejlődés. Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2004.
- [3] 1995. évi XVII. törvény a légiközlekedésről.
- [4] 141/1995. (XI. 30.) Korm. rendelet a légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. törvény végrehajtásáról.
- [5] 2006. évi LVII. törvény a központi államigazgatási szervekről, valamint a Kormány tagjai és az államtitkárok jogállásáról.
- [6] 2118/2006. (VI. 30.) Korm. határozat az államháztartás hatékony működését elősegítő szervezeti átalakításokról és az azokat megalapozó intézkedésekről.
- [7] 2213/2006. (XII. 7.) Korm. határozat a Közlekedési Főfelügyelet, a Központi Közlekedési Felügyelet, a megyei közlekedési felügyelet, a Polgári Légiközlekedési Hatóság megszüntetéséről, valamint a Nemzeti Közlekedési Hatóság megalapításáról.
- [8] 263/2006. (XII. 20.) Korm. rendelet a Nemzeti Közlekedési Hatóságról.



Turcsányi Károly – Hegedűs Ernő

A LÉGI GÉPESÍTÉS MEGVALÓSÍTÁSA A MÁSODIK ÖBÖL-HÁBORÚBAN

- alap harckocsik deszantolása szállító repülőgépek leszálló módszerével -

BEVEZETŐ

A hidegháború lezárultát követő időszak leginkább kiterjedt összefegyvernemi konfliktusa a két Öböl-háború volt 1991-ben és 2003-ban. E háborúk során az Egyesült Államok hadereje számos légideszant műveletet hajtott végre. A légideszantok 2003-as műveletei során több esetben került sor a könnyű fegyverzetű deszantok alap harckocsikkal történő megerősítésére a második, repülőgépes légi szállítási deszant-lépcsőben. Ezt a támogatási formát nem nélkülözhetik a korszerű légideszantok. Az alapharckocsik deszantolásának lehetőségét azonban nagymértékben befolyásolja egyfelől a rendelkezésre álló légi szállító kapacitás, másfelől az alkalmazott harckocsi-típus tömeg- és méret jellemzői.

Eddigi kutatásaink során az *alap harckocsik fejlődési folyamatával* és a *légideszant csapatok gépesítésével* egyaránt foglalkoztunk [22]. Turcsányi Károly akadémiai értekezés keretében dolgozta fel az *alap harckocsik, illetve a légiszállítható könnyű harckocsik* fejlesztési, alkalmazási és gyártási folyamatait a kezdetektől napjainkig [21]. Ezekre az előzményekre építve vállalkoztunk az *alap harckocsik légi szállíthatóságának vizsgálatára*.

1. AZ ALKALMAZÁS-ELMÉLETI HÁTTÉR FEJLŐDÉSE

Amerikai részről a második Öböl-háború idejére ismertté vált a **légi gépesítés elmélete**. A légideszantcsapatok légi gépesítése alapelveinek kidolgozása érdekében a kilencvenes évektől működő *Légi Gépesítés Munkacsoport* kötelékében (Air Mech Stryke Study Group – Airborne) elismert elméleti szakemberek – köztük David L. Grange és Wass Huba dandártábornokok – tevékenykedtek. A munkacsoport légi gépesítés elveire vonatkozó eredményeit 2002-ben a „*Légi gépesített harc: a XXI. század aszimmetrikus manőverező hadviselése*” című könyvben adták közre [9]. E tanulmány a kilencvenes években megkezdett elméleti munka, az *ejtőernyős és helikopteres deszantok*, illetve a **légi úton szállított könnyűlövész csapatok gépesítéssel történő képességnövelésére**, széles körű alkalmazása feltételeinek megteremtésére tesz javaslatot. A szerzők a *légi gépesítés fogalom definíciójának* leírásakor *Tuhacsevszkij légi gépesítésről vallott nézeteiben* jelöli meg az elmélet történeti gyökerét [9/18-19.]. A *légi gépesítés célja* kettős: egyrészt fel kell számolni azt a jelenséget, hogy a földet érést követően az ejtőernyős és a légi úton szállított könnyűlövész csapatok mobilitása erősen leromlik, másrészt

olyan páncélozott hordozórendszereket kell kialakítani, amelyekre megfelelő tűzerejű fegyverrendszerek (120 mm-es aknavető, gépágyú, páncéltörő-rakéta, löveg) telepíthetők.

A légi gépesítés egyik kiemelt célja, hogy a gépesített deszantok továbbra is a légiszállításból adódó „nagyfokú mozgékonyssággal rendelkezzenek, ugyanakkor *képesek legyenek erősen páncélozott célok megsemmisítésére*” [4/2.]. A munkacsoport tagjai elemezték a rendelkezésre álló deszantolható és légi szállítható páncélozott technikát és kijelentették, hogy- a haderónél már meglévő ejtőernyőn deszantolható könnyű harcjárművek mellett – *szükség van helikopteren deszantolható harcjárművekre is*. Ehhez kötődően – mintegy pozitív és követendő példaként - többször tettek utalást a német Wiesel harcjármű-családra. Ez a „4 tonnás német modell” alapvető fontosságú a légi gépesítési folyamatban, mivel ilyen típus rendszeresítésével – a jelenleg rendelkezésre álló szállítóhelikopter-park típusmegoszlása mellett - a kis számú nehéz szállítóhelikopter (CH-53 és CH-47) által szállított korlátozott mennyiségű páncélozott technikát (M-113) tervezetten *nagy számú, közepes szállítóhelikopterrel (UH-60) deszantolt Wiesel-jellegű harcjárművel lehet kiegészíteni*. Annak ellenére, hogy **a munkacsoport tevékenysége során a fő vizsgálati irány a páncélozott harcjárművek alkalmazásának kérdésköre**, számos esetben esik szó könnyű kerekes technikáról is. Ezeket az ejtőernyős és különleges műveleti alakulatok gépesítésénél, felderítésre és logisztikai feladatokra kívánják alkalmazni. Habár nem ez a munkacsoport dolgozta ki a *Stryker-dandár harccsoport* koncepcióját, a munkában több helyen hivatkoznak erre az 1996-ban felállított légiszállítási szervezet-típusra, amely szintén a légi gépesítés egyik megjelenési formája. A légi gépesítés eszközrendszere jelenleg is fejlesztés alatt áll.

A második Öböl-háború során már kiemelt figyelmet szenteltek a légideszantok gépesített megerősítésének, illetve a műveletek értékelési folyamata során a légi gépesítés még következetesebb véghezvitele mellett döntöttek.

2. A HARCKOCSIK LESZÁLLÓ DESZANTOLÁSÁRA ALKALMAS REPÜLŐGÉPEK FEJLŐDÉSE

Az alábbiakban két olyan, már rendszeresített, illetve rendszeresítés alatt álló repülőgép-típust ismertetünk, amelyek - szállító- és leszálló képességük miatt - jelentős szerepet játszanak, illetve játszhatnak a harckocsik leszálló deszant-módszerrel történő kijuttatásában. E két típus ismertetése egyúttal felvázolja a harcászati szállító repülőgépek fejlődésének fő irányvonalát is.

A **C-17 Globemaster III** stratégiai szállító-repülőgép fejlesztése 1984-re fejeződött be. A Globemaster szerkezeti tömege 122 tonna, maximális felszálló tömege 265 tonna, hasznos terhelhetősége 78 tonna. A tehertér 21 méter hosszú, szélessége 5,48 méter, magassága 4,1 méter. Hasznos terhelhetősége és méretei alapján a repülőgép a nehéz (stratégiai) szállító kategóriájába sorolható. Ugyanakkor kifejlesztésekor a harcászati szállító kategóriára jellemző követelményeket támasztottak a típussal szemben, amely szerint a C-17 „olyan széles törzsű szállító repülőgép...**amellyel a frontvonal közvetlen**

közelében kihelyezhetők a páncélozott harcjárművek” [2/300] A sárkányszerkezet kialakításánál már számos helyen alkalmaztak kompozit anyagokat. Négy, kétáramú gázturbinájának tolóereje egyenként 180 kN. Különleges kialakítású *oldalanként hatkerekes főfutóművével szinte bármilyen előkészített talajú leszállópályára képes leszállni.* A C-17-es alacsony fel- és leszállósebességét összetett szárnymechanizáció biztosítja. A rövid konzolokon elhelyezett gázturbinák a leszálló üzemmódra állított fékszárnyakra fűjják rá a gázáramot, ezáltal többlet felhajtóerő keletkezik. A leszállóút csökkentésében nagy szerepet játszik a sugárfék, amelyet úgy alakítottak ki, hogy a gázsugarat – a *betonozatlan leszállópályákon felferődő szennyeződés elkerülése érdekében* – felfelé, 45°-ban előre irányítsa. A függőleges vezérsík T-alakú, a magassági kormánylapok osztottak. A szárny-mechanizációnak és a sugárféknek köszönhetően *a leszálló úthossz teljes terheléssel 915 méter.* Ez – habár nem elégíti ki az AMST követelményt - jelentős teljesítmény egy stratégiai szállító repülőgéptől és lehetővé teszi kisebb méretű repülőterek, leszállópályák kapacitásának kihasználását. Az inkább polgári utasszállítók konstrukciós jegyeit magán hordozó, 25°-ban nyilazott szárny gazdaságos, és nagy, maximálisan 830 km/h sebességű repülést tesz lehetővé nagy hatótávolságon. A korszerű szárny teher nélkül 8700 km-es, teherrel 4400 km-es repülési távolságot biztosít, ugyanakkor teljes terhelésnél 2200 méteres felszállópályát igényel. A C-17 rendelkezik bizonyos terep- és STOL képességgel, de a harcászati alkalmazáshoz túlzottan nagy méretű eszköz. A gyakorlatban az afganisztáni műveletek során mégis hajtottak végre *légideszant műszaki alegység által előkészített betonozatlan leszállópályára (előkészített terepre, leszállósávra) történő leszállásokat* C-17 szállító repülőgépekkel [7/5-10.]. Ez a deszantmód azonban erősen igénybe vette a repülőgépek sárkányszerkezetét. A tapasztalatok alapján a 2010 után gyártott C-17-es repülőgépeket már a harcászati alkalmazás igényei szerint korszerűsítik úgy, hogy **80 tonnás terheléssel képesek legyenek 600 méter hosszúságú nem betonos repülőtérről üzemelni.** E képesség megteremtése érdekében növelik a hajtóművek tolóerejét, módosítják a fékszárnyakat, illetve a géptörzs alsó felületein vastagabb lemezeket alkalmaznak a kőfelferődéssel szembeni ellenálló képesség növelésére. A fejlesztések következtében **a C-17 típus a jövőben az eredeti célkitűzéseknek megfelelően lesz képes megoldani a harcjárművek leszálló deszantolásával kapcsolatos feladatokat,** ami nagy hatással lehet a légideszantok műveleti képességeire.

Az **Airbus A-400M** típusú európai közepes szállító repülőgép – habár nem rendelkezik radikális STOL képességekkel - az amerikai harcászati szállítórepülő programnál jóval korábban vezethet eredményre. A nyolcvanas években az Airbusnál megfogalmazott tervezési célkitűzés a C-130-as teljesítményénél többet nyújtó, de még a harcászati szállító repülőgép kategóriába tartozó légi szállítóeszköz létrehozását fogalmazta meg. *Az A400M légi szállítási teljesítményét a C-130 és a C-17 típus közé lehet elhelyezni.* A repülőgép **37 tonna maximális hasznos terhelhetősége** jelentősen nagyobb, mint a C-130 típus 20 tonnás terhelhetősége, ugyanakkor kevesebb, mint a fele a C-17 típus 78 tonnás terhelésének. Az A-400M 130 tonnás maximális felszálló súlya is kétszerese a C-130-nak, míg fele a C-17-nek. Ilyen módon az A-400M már képes kiszolgálni a korszerű haditechnikai eszközök tömegmérete által támasztott stratégiai szállítási igényeket, ugyanakkor *méreténél fogva képes maradt a*

harcászati szállító repülőgép feladatkörének maradéktalan betöltésére is. A repülőgép sárkányszerkezetének kialakításakor nagy arányban alkalmaztak kompozit egységeket. A vezérsíkokat teljes egészében szénszál erősítésű kompozit anyagból készítették. A négy, TP400-D6 típusjelű, 13000 LE teljesítményű légsavaros-gázturbinás hajtómű jelenleg kategóriája legerősebbike. A kiváló repülési teljesítményeket garantáló nagy teljesítmény magas fokú gazdaságossággal és alacsony zajszinttel párosul, mivel „a háromtengelyes nagyteljesítményű gázturbinás hajtómű...kompozit anyag felhasználásával készült nyolclapátos FH386 légsavart hajt meg” [11/8.]. A tehertér 17,7 méter hosszú, 4 méter széles és 3,85 méter magas, a rakodásra – és járművek behajtására – a farokrészen kialakított rámpa biztosít lehetőséget. A repülőgépet kis magasságú *terepkövető repülést* irányító számítógépes rendszerrel szerelték fel. Ejtőernyős teher-deszantként egy egységben 16 tonna hasznos teher – köztük harcjárművek - kis magasságú ledobására, illetve 116 fő felfegyverzett ejtőernyős katona szállítására és ledobására alkalmas. Leszálló deszantként két LAV-III kategóriájú páncélozott lövészszállító harcjárművet, vagy a maximális terhelhetőséget meg nem haladó tömegű harckocsit szállíthat. **Az oldalanként hat-hat főfutó kerékkel felszerelt repülőgép alkalmas a betonozatlan repülőterekről és terepen előkészített leszállópályákról történő üzemeltetésre, illetve képes leszálló deszantot kijuttatni „előkészítés nélküli leszállómezőkre”** [11/10.]. Ezt a leszálló deszantfeladatok szempontjából kiemelkedően fontos képességét segítik a radikálisan új fejlesztésű futóabroncsok is, amelyek segítségével **„képes előkészítetlen lágyműves és plasztikus agyagos területeken le- és felszállni”** [17/43]. Teljes terheléssel (segédtrakéták és hajtómű teljesítménynövelő-eljárás nélkül) 940 m felszálló-, *illetve 625 m leszállópályát igényel* (ez utóbbi adat megközelíti az AMST követelményt is). Hatótávolsága 20 tonnás terheléssel 0,68 M utazósebességnél 6500, teljes terheléssel 3150 km. Maximális sebessége elérheti a 710 km/h értéket. Első repülésére 2008 folyamán kerülhet sor. Ez idáig több száz példányra érkezett megrendelés, a lehetséges vásárlók közt van Kanada is. A közeljövőben számításba vett **szállító kapacitása nagymértékben befolyásolja az európai haditechnikai fejlesztéseket, különös tekintettel a légi szállítható harcjárművekre.** Alkalmazhatósága a harcászati kategóriában, üzemeltethetősége előkészítetlen terepről, illetve szállító kapacitása **a jövőben a leszálló légideszant-műveletek, azon belül a harcjárművek deszantolásának fontos eszközévé teheti.**

3. AZ ALAP HARCKOCSIK DESZANTOLÁSA A KORSZERŰ SZÁLLÍTÓ REPÜLŐGÉPEKKEL (A JELEN ÉS A FELTÉTELEZETT JÖVŐ)

A második Öböl-háború légideszant műveletei során az amerikai szárazföldi haderő alap harckocsiját, az **M1A2 Abrams harckocsit** deszantolták a **C-17-es repülőgépek leszálló módszerével.**

Az M1A2 felépítése klasszikus megoldású, kezelőszemélyzete 4 fő [27/176.]. A parancsnok és az irányzó a toronyban az ágyútól jobbra, a töltőkezelő pedig az ágyútól balra helyezkedik el. A páncéltest homlokfelülete, annak következtében, hogy a vezető zárt búvónyílásnál félig fekvő helyzetben

van, kedvezően alacsony. Ebből következően a teljes homlokfelület (célfelület) sem olyan nagy, mint ami a harckocsi jelentős tömegéből következne. A páncéltest és a torony hegesztett technológiával készült. A páncélvédettség növelésére a páncélzat Chobham típusú. A páncéltest mellső lemezeinek, illetve a torony homlokpáncélnak a dőlésszöge 70° , illetve 82° , a torony oldalpáncélé pedig 40° . **A harckocsi tömege meghaladja a 68 tonnát**, hossza előrefordított lövegcsővel 9,83 méter, a páncéltest hossza 7,92 méter, szélessége 3,66 méter, magassága 2,89 méter. A páncéltest bizonyos részeit - első sorban a mellső páncélt - új típusú páncélból, acélba burkolt kimerített urániumból készítették. Az így elérhető tömörség több mint kétszerese az átlagos acél tömörségének. A páncéltest oldalaira a kumulatív lövedékek elleni védelem céljából kötényezést (előtét páncélt) szereltek fel. A harckocsi belső terében a kezelőszemélyzetet a löszertől és az üzemanyagtól páncéllemezek hermetikusan és robbanásbiztosan elzárják. A harckocsit tömegpusztító fegyverek elleni egyéni védőeszközökkel, AN/VRC-12 típusú rádióval és belső beszélgető berendezéssel is ellátták. A keletkezett tüzek lokalizálására a harckocsiban automata tűzoltó berendezés van.

A harckocsi *alapvető fegyvere* a nyugatnémet 120 mm űrméretű, sima csövű Rheinmetal löveg licenc alapján gyártott változata. Lőszerei: az M 827 típusú páncéltörő lövedék (APDS); a M 829 típusú urán magvas nyíllövedék (APFSDS); az M 830 típusú kumulatív páncéltörő lövedék (HEAT); az M 831 típusú gyakorló gránát és az M 832 típusú lőtéri gránát. A harckocsi lőszer-javadalmazásába fentiek közül az M 827, az M 829 és az M 830 típusok tartoznak. Az űrméret alatti lövedékek páncélatütő képessége 2000 m-es távolságon és 60° -os találati szög esetén 220 mm. Kiegészítő fegyverzetéhez a parancsnok 12,7 mm űrméretű géppuskája, a töltőkezelő 7,62 mm űrméretű géppuskája és egy ágyúval párhuzamosított géppuska tartozik. A harckocsi ködfüggőnyt angol gyártmányú 6-csövű gránátvetőkkel hozhat létre. Az M1 Abrams harckocsi lőszer-javadalmazása 40 db 120 mm-es lőszer, 1000 db 12,7 mm-es és 400 db 7,62 mm-es géppuskalőszer. A harckocsi *tűzvezető rendszere* 4 egymással összekapcsolt fő részből áll: az irányótávcsővel egybeépített lézeres távmérőből, a digitális löelemképző berendezésből, a hőképes irányzó és célfelderítő készülékből és az elektrohidraulikus kétsíkú stabilizátorból. A harckocsi parancsnoka 6 db periszkóppal, a 12,7 mm űrméretű géppuskához egy 3-szoros nagyítású nappali irányzóberendezéssel, valamint a fő irányzó távcső rendszeréhez kapcsolódó olyan csatornával rendelkezik, amely egyformán biztosítja a nappali és éjszakai tűzvezetést. Az irányzó lézeres távmérővel egybeépített fő irányótávcsőve egyaránt alkalmazható nappal és éjszaka. A löveg irányzására kétsíkú elektrohidraulikus stabilizátor szolgál, amelyet a parancsnok és az irányzó is működtethet. A digitális löelemképző számítógép részben automata, részben pedig kézi betáplálással dolgozza fel az adatokat. A beépített hőképes figyelőberendezés infravörös képe egy képernyőn jelenik meg. Mutatja a távolságot és egyéb más adatot is. Éjszaka és rossz látási viszonyok között a berendezés 1200 m-ig érzékeli a célokat. A harcjármű vezető munkáját három nappali figyelő-prizma és egy cserélhető passzív éjjellátó berendezés segíti.

Az M1 Abrams harckocsi *erőforrása* 1100 kW teljesítményű vegyes üzemanyagú gázturbina. A gázturbinához kétlépcsős centrifugál kompresszor /a nyomásnövekedés 1:14,5/, üzemanyag befecs-

kedvező rendszer elektronikus szabályozóval, bolygóműves fordulatszám-csökkentő reduktorral szabályozott kétfokozatú égéstér, reduktor és a kipufogó diffuzor kerületén koncentrikusan elhelyezett stationer lemezes hőcserélő tartozik. A gázok maximális hőmérséklete a turbinában 1130 °C, a kimenő tengely fordulatszáma 3000 ford/min. Üzemanyag-javadalmazás 1880 l, fajlagos üzemanyag-fogyasztás 376 l/100 km. Az üzemanyag-befecskendezés elektronikus szabályozása ellenére az üzemanyag-felhasználás 20-30%-kal magasabb, mint az azonos teljesítményű dízelmotor esetében. Alapjáraton ez az érték a 3-4-szeresét is elérheti. Hátránya még az indítási túlnyomás- és ellennyomás érzékenység (víz alatti átkelés), valamint a beszívott levegő pormentességével kapcsolatos magas követelmény. A gázturbina a hátrányok mellett több előnnyel is rendelkezik: nagyjavítási élettartama kb. 1800 üzemóra, amely megfelel a harckocsi 19000 km-es futásteljesítményének. Nagyon jó a gyorsulóképessége, a harckocsi 6,2 s. alatt eléri a 32 km/h sebességet. Előzetes előmelegítés nélkül -30° C-tól indítható; maximális teljesítményét 2,5 s után már leadja, amely érték 2-3-szor jobb a dízelmotorénál. Nem érzékeny az üzemanyag változtatására, lényeges teljesítményvesztés nélkül működik dízelolajjal, benzinnel és kerozinnal. Négyszer halkabb az M-60 harckocsi motorjánál és minimális a kibocsátott füst mennyisége. **A gázturbina tömege 1122 kg, míg az M-60A3 harckocsi motoré 2063 kg.**

A modulrendszerű, hidrokinetikus *erőátvitel* révén a harckocsi részére négy előre- és két hátrameneti sebességfokozattal haladhat. Az erőátvitel első eleme- az önzáró hidrodinamikus nyomatékvaltó - a gázturbinával közvetlen kapcsolatban van. A hidrodinamikus nyomatékvaltót homlokfogaskerék kapcsolja a központi egységhez. A nyomatékvaltó kúpogaskerék-meghajtásból, 4 fokozatú automata bolygóműves sebességváltóból, hidraulikus működésű lamellás tengelykapcsolóból és kettő differenciálműből áll. A lamellás, kétkörös hidraulikus fékrendszer /olajhűtéses/ teszi lehetővé a 6 m/s² lassulási érték elérését. A hidrosztatikus, fokozat nélküli kormánymű biztosítja a harckocsi helyben történő megfordulását. A futóműnél hidropneumatikus felfüggesztést alkalmaznak. A harckocsi futóműve 7 pár torziós felfüggesztésű futógörgőből, 2 pár tartó görgőből, vezető- és láncmeghajtó kerekekből, valamint 635 mm széles lánctalpakból áll. A fém-gumicsuklós megoldású lánctagok V alakú bevágásokat tartalmazó cserélhető gumipárnákkal készülnek. A harckocsi elérhető maximális sebessége 72 km/h, hatótávolsága 500 kilométer.

Az M1A2 Abrams harckocsi mintegy 8-12 tonnával nehezebb a NATO tagállamok által rendszeresített alap harckocsik tömegénél, így valószínűleg ez a típus a legkevésbé alkalmas a légi szállításra. Ezzel szemben - kis tömegük és befoglaló méreteik alapján - könnyen deszantolhatók a T-72 típus változatai. **Jelenleg az Európában gyártott alap harckocsik közül** – egy példaként említve - leginkább az 1995-től gyártott lengyel PT-91 típusú harckocsi lehet alkalmas légiszállításra az Airbus A-400 M harcászati szállító repülőgéppel. A PT-91-est a T-72 M1 harckocsi bázisán alakította ki a lengyel hadiipar egy széleskörű korszerűsítési program keretében. Ennek során a harckocsit teljes körű reaktív páncélvédelemmel látták el, irányzó berendezéseit és tűzvezető rendszerét korszerűsítették, illetve – a megrendelő igénye szerint- 850-1000 LE teljesítményű turbófeltöltésű diesel motorral látták el. Az eszköz tömege reaktív páncéllal együtt is csak 43,5 tonna, ami rendkívül kedvező a légi szál-

líthatóság szempontjából. A töltőgéppel szerelt, 3 fős kezelő személyzetű harckocsi befoglaló méretei is jóval kisebbek a nyugati alap harckocsikénál, ami szintén elősegíti az esetleges légi szállítást. A korszerűsített PT-91 típus sorozatgyártásának 1995-ös megindulása óta a lengyel haderő 233 db-ot, míg Malajzia 62 db-ot, illetve India 352 db-ot rendszeresített ebből a típus variánsból.

A **gázturbinás harckocsi-erőforrások** megjelenése nagymértékben elősegítette az alap harckocsi tömegének csökkenését. Az első ilyen – tulajdonképpen még csak fél-gázturbinás meghajtású - típus a svéd **Strv 103 harckocsi** volt. Sorozatgyártása a 60-as évek közepén kezdődött. A harckocsi jelentősen eltért a hagyományos harckocsi-építési koncepciótól. Több vezető harckocsigyártó állam - többek között Németország, Nagy-Britannia stb. - is beszerzett néhányat tartós kísérletek végrehajtására, a képességek alapos vizsgálatára. Az STRV-103 harckocsi páncélteste hegesztett acélpáncélból készül, torony nélkül. A vezetőtér és a motor-erőátviteli tér az igen lapos orrpáncél mögött, a küzdőtér és a lőszer tároló pedig a harcjármű hátsó részében található. Az ágyúcső állandó helyzetben rögzített a páncéltestben. A harckocsi ilyen kialakításának előnye az, hogy magassága (és tömege) jelentősen csökken, ezzel növekszik a túlélőképesség, ugyanakkor hátrány, hogy nem lehet menetből irányzott lövéseket leadni. *A töltőautomatával felszerelt harckocsi kezelőszemélyzet 3 fő, tömege 39 tonna.* Alapvető fegyvere a Bofors cég által gyártotta 105 mm ürméretű huzagolt csövű löveg. Lőszerjavalmazásához 50 db leválóköpenyes, szárnystabilizált, ürméret alatti páncéltörő, nem szárnystabilizált ürméret alatti páncéltörő, kumulatív és ködgránát tartozik. tárolják. **Erőforrása kombinált megoldású**, egy kisebb, 213 kW (290 LE) teljesítményű hathengeres, folyadékűtéses, soros elrendezésű kisegítő **dízelmotorból** és **egy nagyobb teljesítményű 365 kW (496 LE) gázturbinából** – mint fő erőforrásból - áll. Alaphelyzetben a harckocsit csak a dízelmotor hajtja, harc helyzetben a gázturbinát is üzemeltetik. Ekkor a két erőforrás együttes teljesítménye biztosítja a harckocsi jó mozgékonyágát. (Ezt a kombinált erőforrású megoldást a kedvező fajlagos fogyasztás elérése érdekében alkalmazták.) Automata erőátviteli berendezéshez hidromechanikus sebességváltómű tartozik. A hidropneumatikus felfüggesztés érdekessége a változtatható rugózási út és hasmagasság, amely egyben a löveg függőleges irányításhoz szükséges. Az úton elérhető maximális sebesség 50 km/h, úszási sebesség 6 km/h. A harckocsi hatótávolsága 390 km. *Az STRV-103 harckocsi nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket. Különleges megoldásai érdekesek voltak, de többségük a harckocsiépítésben nem vált gyakorlattá, nem talált követőkre.* Svédország ismét külföldről szerzi be szárazföldi csapatai részére a harckocsikat.

Az Egyesült Államok hadiipara a hetvenes évek végétől törekszik egy **légi szállítható harckocsitípus** kifejlesztésére. Az ennek eredményeképpen létrejött **HSTV(L) harckocsi** (High Survival Tentative Vehicle Light - nagy túlélő képességű könnyű kísérleti jármű) az amerikai program legkiforrottabb kísérleti terméke volt [28/179]. A prototípus 1980-ban készült el. A nagy túlélőképesség a lapos, nagyon alacsony profilú szerkezeti kialakításból fakadt. A 20450 kg tömegű harckocsit alacsony sziluettű toronnyal láttak el. Háromfős személyzete félig fekvő helyzetben nyert elhelyezést. A testen és a toronyon egyaránt nagymértékben döntött páncélzat maximális vastagsága 75 mm volt. Fő fegyverzetként egy 75 mm-es ARES nagy lövedék-kezdősebességű löveggel szerelték fel. A kis szer-

kezeti tömeg elérése érdekében a harckocsi **erőforrása egy rendkívül kis tömegű, 650 LE teljesítményű Avro Lycoming gázturbina** volt, amely lehetővé tette a 83 km/h sebességet úton. Hatótávolsága ugyanakkor mindössze 160 km volt. Ennek a járműnek minden paramétere megfelelt az alapharckocsival szemben támasztott követelményeknek, gyártására mégsem került sor, mivel a minden fő részegységében speciális kialakítású eszköz alacsony darabszámú előállítására rendkívül magas fajlagos költséggel járt volna.

Az alkalmazott konstrukciós megoldások alapján napjaink további alap harckocsijait **négy, egymástól elkülöníthető tömeg-kategóriába soroltuk** (1. ábra).

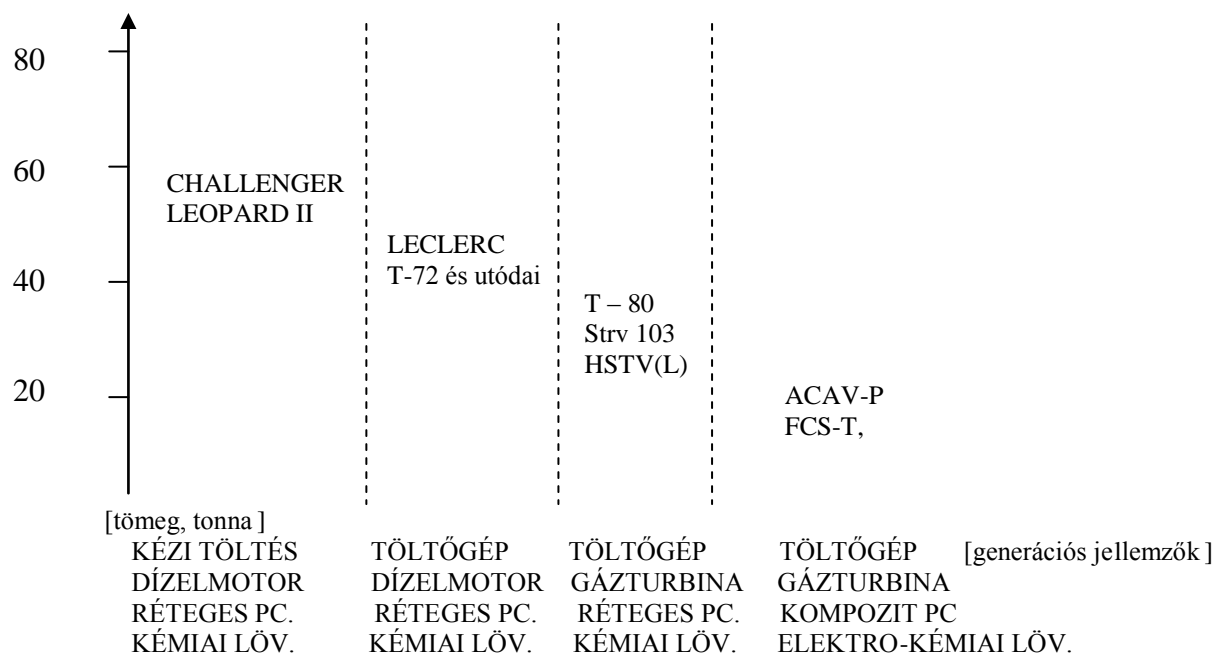
Az **első csoportba** azok a hagyományos konstrukciójú, dízelmotoros harckocsik sorolhatók be, amelyeknél nem gépesítették a löveg töltési folyamatát, így egy nagyobb térfogatú, négyfős küzdőtér kialakítása szükséges. Ezek a harckocsik (Leopard II. és Challenger) 60-63 tonna körüli szerkezeti tömegű eszközök.

A **második csoportba** azok a korszerű konstrukciójú, dízelmotoros harckocsik sorolhatók be, amelyeknél **a löveg töltési folyamatát gépesítették**, ezáltal egy kisebb térfogatú, háromfős küzdőtér kialakítása vált lehetővé. Ezek a harckocsik (pl. Leclerc, T-72) 45-56 tonna körüli szerkezeti tömegű eszközök.

A **harmadik csoportba** azok a fejlett konstrukciójú, **gázturbinás-töltőgépes** harckocsik sorolhatók be, amelyeknél *a löveg töltési folyamata gépesített*, emellett az erőforrást is jelentősen kisebb tömegű és térfogatú hőerőgépre – a gázturbinára - cserélték. A **hőcserélős gépjármű gázturbina fajlagos térfogata, illetve tömege a Diesel motoroknál 50-60%-kal kisebb [29/152]**. A *gázturbina alkalmazása lehetővé teszi a motortér térfogatának mérséklését*, ezáltal a harckocsi hosszának csökkentését (pl. T-80-as típusnál), ami a motortér-páncéllemezszerkezet csökkentése és az *1000 LE-s kategóriában a dízelmotornál egy tonnával kisebb erőforrás tömeg* következtében - alacsony harckocsi tömeget eredményez. A háromfős kezelőszemélyzet és a dugattyús motorénál jelentősebb kisebb térfogatú erőforrás-tér miatt a szokásosnál jelentősen kisebb térfogatú harckocsi kialakítása vált lehetségessé. Ezek a korszerű harckocsik (T-80 és HSTV(L)) mindössze 23-42 tonna körüli szerkezeti tömegűek, miközben harcértékük – a páncélzat, a löveg és az erőforrás paramétereinek alapján – közel azonos az 55-65 tonnás, hagyományos kialakítású (4 fős kezelőszemélyzet, dízelmotor) alap harckocsikéval.

A jövő **negyedik csoportba** tartozó alapharckocsi-fejlesztései – a kis méretet biztosító töltőgép és a kis tömeget garantáló gázturbina alkalmazása mellett – további **két területen** érhetnek el jelentős eredményeket: a **korábbinál jelentősen kisebb tömegű kompozit páncélzatot**, illetve nagyobb teljesítményű, ugyanakkor **kisebb méretű és tömegű elektrokémiai löveget** hoztak létre. A **FCS (Future Combat System) program** keretében létrehozott, tervezetten **16-20 tonna** tömegű harcjárművek **kiemelten kezelt paramétere a légi szállíthatóság** [30]. A BAE Systems által jelenleg még csak kísérleti szinten megépített önjáró löveg, illetve lánctalpas és kerekes harcjármű **páncélzata vegyes – kerámia, titánium, alumínium-lítium és műanyagalapú kompozit** – kialakítású, amelynek alkalmazása a fajlagos tömeg jelentős csökkenését teszi lehetővé. (Hasonló páncélzattal rendelkezik a General Dynamics Land Systems új partraszálló harcjárműve, az EFV is.) Légi szállítható harcjármű előállítására

céljából a brit Vickers Defence Systems létre hozta **Vickers ACAVP** (Advanced Composite Armoured Vehicle Platform – kompozit páncélozott harcjármű) megnevezésű **tisztán kompozit páncélatú harcjármű** prototípusát, ami szintén jelentős lépés a tömegcsökkentés területén [29/43]. (A toronynál üvegszál erősítésű fenolgyantát, míg a járműtesten üvegszál erősítésű epoxigyantát és alumínium-oxid alapú páncélatok szendvicsszerkezetét, illetve üvegszál erősítésű polifenilén-szulfidot alkalmaztak, a tömegcsökkenés 30%.) Az FCS-T jelzésű lánctalpas változatok meghajtásáról dízel-elektromos, illetve **gázturbina-elektromos hibrid rendszer** gondoskodik. A 300 kW elektromos energia előállítására képes hibrid hajtáslánc nagy lehetőségeket rejt magában az olyan elektromos rendszerekkel támogatott működésű tüzérségi eszközök fejlesztése területén, mint az **elektrotermikus-kémiai lövegek** (Electrothermal-Chemical Gun System). Az ilyen lövegeknél a kémiai égésfolyamatot elektromos energia bevezetésévet tökéletesítik és átalakítják, ami a tisztán kémiai elven működő lövegekhez képest a lövedék torkolati energiájának 25-100%-os növekedését eredményezheti, így kisebb ürméret és lövegcső-hossz – azaz **jelentősen kisebb fajlagos löveg szerkezeti tömeg** - mellett is elérhető a hagyományos kémiai működésű 140 mm-es harckocsilövegek teljesítménye.



1. ábra. Korszerű konstrukciós megoldások bevezetésének hatása az alap harckocsik tömegére

Figyelembe véve, hogy a HSTV(L) kísérleti, illetve az Strv 103 kis szériában gyártott típus, **a jelenleg rendelkezésre álló alapharckocsi-típusok közül légi szállítás szempontjából a T-72 és továbbfejlesztései (utódai), illetve leginkább a T-80 rendelkezik a legkedvezőbb paraméterekkel.** Kétségtelen, hogy a nyolcvanas évek haditechnikai színvonalán létrehozott harckocsi-gázturbinák alkalmazása széles

körben azért „nem terjedt el, mert tüzelőanyag-fogyasztása jelentősen meghaladta a dízelmotorét”

[27/16]. A gépjármű-gázturbinák még mindig a fejlődés korai szakaszában vannak. A kerámia turbinaelemek, az elektronikus szabályozási rendszerek és a részterhelés-üzemmód gazdaságosságának növelésére irányuló eljárások elterjedése még jelentősen javíthat a gázturbinák gazdaságossági- és teljesítmény paraméterein. Ezekre az elemekre építve a már harminc évvel ezelőtt, a nyolcvanas években kitűzött fejlesztési cél – a fajlagos fogyasztás 170 g/kWh-ra csökkentése – egy napjainkban gyártásba kerülő típusnál már megvalósulhat [29/156]. A *részterheléses fogyasztás-paraméterek javítására* – más megoldások mellett – lehetőséget nyújthat a repülőiparban elterjedten alkalmazott megoldás, amely szerint egy kisebb teljesítményű, kedvező részterhelésű gázturbina és egy erre ráépített teljesítmény-növelő rendszer (vízbefecskendezés, utánégetés) egyidejű alkalmazásával a hajtómű-rendszer egyaránt megfelel a magas csúcsteljesítmény és az alacsony fajlagos fogyasztás követelményének [31].

Fentiek alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy ha a jövőben a nagy darabszámban rendelkezésre álló közepes szállító repülőgépek teherbírása a 20 tonnás értékről (C-130) a 40 tonnás értékig növekszik (pl. Airbus A 400M és An-70), akkor a fent említett harckocsi-típusok 40 tonna körüli tömege már lehetővé teszi az alap harckocsik széles körű deszantolását. Ebből a megközelítésből éppen az amerikai M1A2 Abrams az a korszerű alap harckocsi, amely jelentős tömegénél fogva legkevésbé illeszkedik a feltételezésünk szerinti fejlődési irányvonalba.

4. A GÉPESÍTETT MEGERŐSÍTÉSEKET TARTALMAZÓ LÉGIDESZANT SZERVEZETEK FEJLŐDÉSE

Korunk gyorsreagálású szervezetét a szakirodalom a légideszantcsapatokat és a deszantolható erőket integráló *magasabb szervezeti szintként* jelöli meg. „A légideszant-, légiroham-, deszantrohamcsapatok fejlődését mutatja, hogy az USA, Nagy-Britannia, Franciaország és az NSZK hadseregében a nyolcvanas évekre olyan szervezeteket hoztak létre, amelyek „*gyorsreagálású erő*” elnevezést kaptak. Ezen erők feladatának megoldását segítik az állományukba szervezett légideszant, légimozgékony, deszantroham alegységek, -egységek, és –magasabbegységek” [10/32.]. Az első amerikai gyorsreagálású szervezetet 1980-ban állították fel. A létrehozott hadtestsintű szervezettel szembeni elvárás az volt, hogy biztosítsa a beavatkozás lehetőségét a távoli térségekben. „A gyorsreagálású erők állományába került...a 82. légideszant-hadosztály, a 101. légimozgékony-hadosztály, a 24. gépesített hadosztály, a **194. önálló páncélos dandár**, a 6. páncélelhárító helikopter dandár...két ranger zászlóalj...harcászati és hadászati rendeltetésű szállítórepülő századok” [16/62.]. A könnyű rangerzászlóalj és a 6. helikopter dandár, illetve a 24. könnyű gépesített hadosztály zöme normál légi szállítókapaacitással, míg a **páncélos dandár stratégiai légiszállító-eszközzel légiszállítható**. A 24. könnyű gépesített hadosztály szervezésekor így cél volt az erők légi szállíthatósága (málházhatóság közepes szállító repülőgépre). „A panamai légideszant művelet (1990. január) tapasztalatai alapján **azt a következtetést vonták le, hogy a nehéz elemek arányát növelni kell a XVIII. légideszant-**

hadtesten belül. Ezt a feladatot a *24. könnyű gépesített gyaloghadosztály látta el* [24/172.]. További, a légideszantok megerősítésre alkalmazható erő lehet a (könnyű) *páncélozott felderítő* szervezeti forma, amely szintén közepes szállító repülőgéppel *légi szállítható*. Az FM 100-5 hadműveleti szabályzat a *páncélozott erők* osztályozásánál megemlíti, hogy a *könnyű páncélosok* (cavalry-páncélozott felderítő) feladata lehet *„a légiszállítású gyalogság páncélelhárító támogatása”*, mivel tömegénél fogva leginkább ez a harcjármű-kategória alkalmas légi szállításra [8/59.,61.]. Ennek okán a XVIII. légideszant hadtest fontos részét képezi a 2. páncélozott felderítő ezred, amelyet – a fokozott légi szállíthatóság érdekében – Stryker felderítő ezreddé szerveztek át állományában három Stryker zászlóaljjal, egy 155 mm-es tarackos osztállyal és páncéltörő, műszaki, felderítő illetve híradó támogató elemekkel [26]. Napjainkban olyan kisebb és rugalmasabb szervezeti elemeket hoznak létre a gyorsreagálású hadtest kötelékében, mint a 172. Stryker dandár, amelynek szervezetében **harckocsi**, gépesített lövész (Stryker), légideszant, műszaki és tüzér, illetve helikopteres zászlóaljok egyaránt megtalálhatók. Ez a struktúra már a legkorszerűbb amerikai szervezési elveket tükrözi [15/19-20.].

Gyorsreagálású magasabbegységek részeként, vagy légideszant egységek megerősítésére - a korlátozott darabszámban rendelkezésre álló stratégiai szállító repülőgépekkel - kisebb méretű *hagyományos páncélos szervezetek* is szállíthatók deszant második lépcsőként, ebben az esetben azonban nagyobb méretű betonozott repülőtér igénybevétele szükséges. A kilencvenes években ilyen feladattal került a gyorsreagálású erők kötelékébe a 194. önálló páncélos dandár. A második Öböl-háború idején - állandó készenlétben lévő erőként (IRF – Immediate Ready Force) - az Egyesült Államok Európai Parancsnoksága (USAREUR) **egy C-17-es szállító repülőgéppel légi szállítható páncélozott harcsoportot** állomásoztatott a kontinensen. Ez a harckocsizászlóalj erejű, önálló tevékenységre is alkalmas harcsoport 5 db M1 Abrams harckocsit és 5 db M2 Bradley lövészpáncélost tartalmazó nehéz századból, 15 db M-113 páncélozott lövészszállító harcjárművekkel felszerelt közepes századból, tüzérségi és egyéb támogató elemekből állt [5].

2003-ban **a könnyű légideszant- és a nehéz páncélos szervezetek** egy összetett struktúrában, egymásra utalva, együtt tevékenykedtek a műveletek során, *számos átalárendeléssel egészítve ki* egymás képességeit. A légideszantcsapatokkal - speciális szervezeti felépítésük miatt – gyakran *a páncélosokkal együttműködő közvetlen légi támogató szerepkörben* is számoltak a műveletek folyamán. A 101. (helikopteres légimozgékony) légideszant-hadosztály állományában 72 AH-64 harci helikopter, emellett 24 OH-58D könnyű felderítő helikopter, 126 UH-60 közepes-, és 34 nehéz szállító helikopter tevékenykedett [1/15]. A légideszant-hadosztály harci helikoptereit számos esetben rendelték alá a páncélos szervezeti elemeknek, emellett lövész-elemei gyakran hajtottak végre gyalogsági támogató feladatokat harckocsizó erők érdekében. De a másik irányba is történt átalárendelés: a 3. gyaloghadosztály alárendeltségéből **egy század erejű páncélos harcsoportot vettek ki és rendelték alá a 101. légideszant hadosztálynak**, hogy azzal szorosan együttműködjön a légi-földi támadó műveletek során [13/30]. Ugyanezt a páncélos század-harcsoportot később egy klasszikus ejtőernyős deszantként alkalmazott **Ranger-zászlóalj alárendeltségébe helyezték, hogy légi szállítású megerősítő deszant-lépcsőként támogassa**

annak műveleteit [20/69-72]. Második deszant-lépcsőben, leszálló módszerrel kijuttatott megerősítés-ként rendeltek a **173. légideszant-dandár alárendeltségébe egy másik páncélozott harccsoportot** is.

5. MŰVELETI PÉLDÁK A LÉGIDESZANTOK MEGERŐSÍTÉSÉRE ALAP HARCKOCSIKKAL

5.1. Önálló légideszant művelet Irak északi területein

Észak-iraki területen, *Bashur repülőterén és térségében* végrehajtott légideszant művelet keretében egy légideszant- és egy tengerészgyalogos dandár, egy különleges rendeltetésű ezred alegységei, illetve két századnyi páncélozott harccsoport állománya került bevetésre 2003. 03. 25. és 04. 09. között. A célrepülőteret a C-17 szállítórepülőgép-típus üzemeltetési igényei szerint választották meg, mivel a légideszantok megerősítésére egy kisebb légiszállítású páncélozott harccsoportot mindenképpen deszantolni szándékoztak. A légideszantok feladata az volt, hogy harci és anyagi támogatást, illetve szervezési-vezetési háttérrel nyújtsanak a kurd gerilláknak és közös műveleteket végezzenek azokkal, ellenőrzés alá vonva a vidék olajlelőhelyeit (Moszul), majd hogy további támadásba kezdve elfoglalják a Bagdad irányába eső nagyvárost (Kirkuk).

Március 22. és 25. között ejtőernyős deszant-eljárással kijuttatott *különleges műveleti erőket* juttattak el szállító repülőgépeken a bashuri repülőtér térségébe. 22-én hat C-130 típusú szállító repülőgép a *10. különleges műveleti ezred* 280 katonáját szállította Constanzából a terület fölé. Az iraki légvédelem egy szállító repülőgépet eltalált, így az Törökországban kényszerült leszállni. Öt gép azonban sikerrel dobta le a különleges műveleti erőket a repülőtér térségében [6/52.,135.]. A földet ért erők felvették a kapcsolatot a kurd felkelőkkel. Ezt követően a 25-éről 26-ra virradó éjjelen a dandárszintű légideszantművelet keretében másnap elfoglalni kívánt bashuri repülőtér térségében vetették be a *harci légi irányítókat* illetve a *75. Ranger ezred alegységeit* azzal a feladattal, hogy biztosítsák a területet a deszant főerőinek beérkezéséig. „A szállítógépeken a rangerek felfegyverezett különleges hadműveleti járművei is helyet kaptak...ezek segítették a repülőtér elfoglalását” [12/73.]. Az amerikai különleges erők és az általuk megszervezett kurd lázadók lezárták a repülőtérhez vezető utakat, így az őket követő ejtőernyősök egy biztosított deszant-zónába érkezhettek. Ugyanezzel az ejtőernyős deszant-lépcsővel került bevetésre egy kis létszámú *repülőtér-előkészítő csoport* is [24/184.].

A 173. légideszantdandár lövészállományát tartalmazó ejtőernyős deszantlépcső március 26-án szállt fel az olaszországi Aviano légibázisról, 17 db C-17 Globemaster nehéz szállító repülőgép fedélzetén. A dandár erői az Erbil északi nagyváros térségében elhelyezkedő Bashur repülőtér felett hajtottak végre éjszakai ugrást, összesen 1000 fő ejtőernyőssel és 160 fő különleges műveleti (ranger) erővel. A dandárt – ejtőernyős lövész, ejtőernyős tüzér és támogató alegységeket - egy 1500x4500 méteres területre deszantolták 20.00 – 20.37 között. Az ejtőernyősök elfoglalták a repülőteret, ahová a szállítógépek második hulláma azonnal megkezdte a megerősítő deszantlépcső és az utánpótlás leszálló módszerrel törté-

nő deszantolását. A hajnali órákban beérkező második deszantlépcsőben 12 C-17-es Globemaster szállította az immár ejtőernyősök által biztosított repülőterre a dandár nehezebb szervezeti elemeit. Ezt követően a deszantok megerősítése érdekében további, gépjárműekkel felszerelt különleges műveleti erők légi szállítására is sor került. A korlátozott, átlagosan mindössze napi 12 C-17-es szállítást lehetővé tevő szállító kapacitás miatt elhúzódó deszant-művelet során öt nap alatt összesen 62 C-17-es szállítmánnyal 2200 fő, azok támogató fegyverzete és 400 különféle gépjárműve, illetve nagytömegű utánpótlás érkezett be a repülőterre [5]. Viszonylag késői időpontban, a legutolsó légideszant-lépcsőként, április 7-én és 8-án érkezett be a repülőterre „**a könnyűfegyverzetű csapatok támogatására küldött harckocsi megerősítés**” [18/38.]. A kontinensről C-17-es repülőgépekkel Bashurba szállított, **zászlóalj erejű páncélozott harccsoport** 5 M1 Abrams harckocsit és 5 M2 Bradley lövészpáncélost tartalmazó nehéz századból, illetve egy 15 M-113 páncélozott lövészszállító harcjárművekkel felszerelt közepes századból, tüzérségi és egyéb támogató elemekből állt [5]. A C-17-esek **összesen 35 db páncélozott harcjárművet** deszantoltak a légideszancsapatok támogatására [25]. Április 9-ig összességében 87 C-17-es szállítmány került kirakásra a repülőtéren, amelyet további 63 C-130-as szállítmány egészített ki, hozzávetőleg 500 tonna hasznos terhet kijuttatva a deszantok támogatására. A repülőtéren deszantolt erőket hatékonyan egészítették ki a *26. tengerészgyalogos dandár* erbili régióban deszantolt könnyűlövész erői, amelyet *helikopterek szállítottak* Bashur körzetében lévő leszálló zónákba és más Észak-Iraki célpontokhoz [3/99.]. A különféle deszant-lépcsők beérkezésével párhuzamosan folytak a fegyverzet-és utánpótlás-szállítások a kurd irreguláris csapatok számára. A megerősített ejtőernyősdandárra alapozva, azzal együttműködve, a különleges műveleti egységek a kurd milíciákat hatékony, ütőképes haderővé szervezték, mely egy amerikai törzs vezetésével és a légierő támogatásával a továbbiakban hadosztályszintű műveletet hajtott végre. A művelet során a 173. légideszant dandárral együttműködő különleges műveleti erők könnyű gépesített alegységeit hagyományos könnyűlövész erőként - a szokásos kis csoportos harc-eljárásnál jóval nagyobb zászlóalj erejű kötelékekben - vetették be, amelyek méretét tovább növelte az általuk megszervezett és irányított jelentős létszámú kurd felkelő. Az ilyen módon megnövelt létszámú különleges műveleti erők a 173. légideszant dandár harcelőőrseiként, illetve megerősítéseiként működtek a Moszul, illetve Kirkuk irányú műveletek során.

A 173. légideszant dandár kisebb erőkkel műveletekbe kezdtek *az északi irányba Moszul felé*, kijutva a Nagy-Záb folyó vonaláig, majd átlépte azt. A Moszul irányú támadás támogatása érdekében a *10. különleges műveleti ezred 2. zászlóalja* is sikerrel tevékenykedett. A 173-asok harcelőőrseiként alkalmazott zászlóalj *március 30-án* indította meg támadását Moszul felé. A légideszant-dandár ebbe az irányba támadó részei előtt tevékenykedő különleges műveleti csoportok április 2-án ütköztek először jelentősebb ellenállásba, amikor felzárkóztak a Zab folyó vonalára. Itt az irakiak két dandár erővel alakították ki a terepadottságokat kihasználó védelmi vonalukat. Az iraki védelem áttörését végül a 173. légideszant dandár tüzérségének beérkezése és a légierő közvetlen támogató tevékenysége tette lehetővé. Az amerikai csapatok a Zab folyó térségében megsemmisítettek 257 iraki katonát, 34 gépjárművet, 15 bunkert és 12 tarackot, illetve 2 T-55-ös harckocsit [6/54.]. A 173. dandár részeinek Moszul irányú előretörését

támogatták a *helikopteren deszantolt 26. tengerészgyalogos dandár* részei is. „A két dandár szorosan együttműködött egymással, miközben kellő légi támogatást kaptak az amerikai légierőtől” [3/99.]. A Záb folyó mentén kiépített iraki védelem áttörése után nyitva állt az út Moszul felé.

A *173. légideszant dandár*, illetve a *légi úton beérkezett gépesített alegységek* április 2-án megkezdtek az iraki 5. hadtest harcjárművek nélküli, alacsonyabb harcértékű csapatainak kiszorítását az északi területekről azzal a céllal, hogy támadásukkal a *Kirkuk környéki olajmezőket* mielőbb biztonságba helyezték [24/184]. A kirkuki támadási irányba *könnyű gépesített különleges műveleti csoportosítást* küldtek ki harcelőrsként a deszant-zónából. Ennek eredményeképpen zajlott le néhány nap múlva a *Debeka-hágó ellenőrzéséért vívott harctevékenység Kirkuktól északra*. A 3. különleges műveleti zászlóalj páncéltörő rakétákkal felszerelt könnyű terepjáró gépkocsikkal közeledett a hágó felé *április 7-én*. A hágó környékét egy harckocsizó- és gépesített lövész elemekből álló iraki harccsoport biztosította. Az élen haladó két századnyi különleges műveleti erő – 31 amerikai katona 80 kurd felkelővel megerősítve - két gépesített dandár nagyságrendű iraki csoportosításba ütközött a hágónál. Az amerikai különleges műveleti csoport reggel 9 órakor lendült támadásba az iraki páncélozott kötelék ellen. A könnyű terepjáró gépjárművek előrenyomultak a hegygerincig, ahonnan – a terep adta lehetőségeket kihasználva, viszonylag védett tüzelőállásokat elfoglalva - rakétafegyverzetükkel tüzet nyitottak a T-55-ös harckocsikra és az azokat kísérő BTR páncélozott lövészszállító harcjárművekre. Harctevékenységüket F/A-18 típusú többfeladatú harci repülőgépek folyamatos támogatása mellett vívták. A különleges műveleti zászlóalj nemcsak támogatást kapott a légierőtől, hanem segítette is annak harcát, amikor célmegjelöléssel támogatta a harci repülőgépek iraki páncélozott célok elleni támadó tevékenységét. A különleges műveleti erők rakétával felszerelt terepjáró járművei 10.40-re ellőtték rakétajavadalmazásukat. Ekkor az ellátó járművek elvégezték a harcoló lépcső feltöltését, emellett beérkezett a zászlóalj többi része is. A zászlóalj - a légierő harci repülőgépeinek intenzív támogatása mellett - további egy órán belül megtörte az iraki harccsoport ellenállását, amely részben megsemmisült, részben visszavonult. Az irakiak 8 harckocsit és 16 lövészpáncélost veszítettek [6/55.]. A művelet biztosította a 173. légideszant dandár fő erőinek további szabad mozgását a Debeka-hágón át, Kirkuk felé. A hágón áthaladó 173. légideszant dandár ejtőernyősei Kirkuk térségében vívtak először jelentősebb harctevékenységet, április 10-én. A 3. különleges műveleti zászlóalj – mintegy 400 felkelővel megerősítve – április 13-án biztosított egy hidat a 173. légideszant dandár részeinek kirkuki támadásához [6/17,54]. A különleges műveleti erőkkel és felkelőkkel megerősített légideszantok az iraki köztársasági gárda alegységei ellen vették fel a harcot Kirkuknál [6/26].

Április elejére az északi frontvonal kiterjedése 220 km széles és 150 km mély volt. Az itt csoportosított iraki egységek (3-4):1 arányú általános erőfölényben voltak a kurd milíciákkal és különleges műveleti erőkkel megerősített 173. légideszant dandár erői ellen. A deszantok kellő mértékű gépesített megerősítése nem volt megoldott. Jelentősebb mennyiségű páncélos technikával rendelkező iraki csapatokkal így nem vehették fel a harcot, azonban „megkezdtek az iraki 5. hadtest **harcjárművek nélküli, alacsonyabb harcértékű csapatainak kiszorítását**” [19]. A deszantok tevékenységükkel végül

elérték, hogy a nem magas harcértékű csapatokat kiszorították, vagy visszavonulásra készítették. **Azonban az iraki gépesített erők esetleges manővereit könnyű fegyverzetük és felszerelésük miatt nem tudták volna megakadályozni.** (Ezek a kivonuló csapatok Tikrit környékére és Bagdad irányába vonultak vissza.) A deszant erői ennek ellenére 04. 13.-ig bevették Kirkukot és Moszult.

5.2. Kombinált helikopteres, ejtőernyős és repülőgépes leszálló légideszantműveletek Nyugat-Irak repülőterein

Március 25. és április 11. közt a szövetséges haderő különleges műveleti zászlóaljából és légi szállítású megerősítésekből álló légideszantokat juttatott ki a fővárostól 100-150 km-re nyugatra, az egymáshoz közeli *Asad és H1 repülőterekre, összességében ezred erővel*¹. A deszantok feladata a Bagdadot nyugat felé (Szíria irányába) elhagyó autópálya elvágása volt Baiji és Tikrit térségében, emellett le kellett zárniuk a Bagdadból Jordániába vezető utat, továbbá a Haditha-gát elfoglalásával és oltalmazásával biztosítaniuk kellett az iraki erőket üldöző szövetséges főerők Tigris-menti előrevonási útvonalát.

Március 25. és április 3. között az amerikai 75. Ranger ezred 1. és 3. zászlóaljának részeit, illetve légi szállítású megerősítéseket deszantolták a sivatagban a *H1 jelzésű repülőtér* elfoglalására.

25-én éjjel *egy Ranger századot* deszantoltak a repülőtér környékére. Három Chinook helikopter szállította a deszantot a repülőtér melletti sivatagi leszállózónába, fedélzetükön mintegy 100 fő különleges műveleti katonával és a szállításukhoz szükséges könnyű terepjáró járművekkel [6/82]. A század – gépjárműves megközelítést követően - elfoglalta álcázott megfigyelő állásait a repülőtér körül és megkezdte az objektum felderítését.

Március 27-én éjjel *egy újabb Ranger századot* deszantoltak ejtőernyővel a repülőteret körülvevő erők megerősítésére. Három C-17-es szállító repülőgép dobott század erejű ejtőernyős deszantot a H-1 repülőtér térségében [13/30]. Az esetleges légvédelmi tűz elkerülése érdekében a repülőgépek 160 méter magasságban dobták le a nagy mennyiségű felszereléssel ugró ejtőernyős katonákat, akikkel egy légideszant műszaki csoport is együtt ugrott. Az ugrózóna sziklás-köves jellege miatt az éjjeli, felszereléses ugrást végző katonák a szokásosnál nagyobb arányban szenvedtek különféle töréses lábsérüléseket. A H1 repülőtér térségében deszantolt két századnyi erő már lehetővé tette az objektum gyors elfoglalását. Az ejtőernyős deszantok gyülekezését követően az amerikai csoportosítás elfoglalta a repülőteret, amelynek betonját a légideszant-műszakiak megtisztították és előkészítették a megerősítő lépcsők fogadására. A leszálló deszant lépcső első beérkező repülőgépe egy C-130-as volt, amely fedélzetére vette és a mögöttes területre szállította művelet során sebesülést elszenvedett ejtőernyős katonákat. A továbbiakban a 3. Ranger zászlóalj egy további századát deszantolták leszálló módszerrel a H-1 repülőtérre, megerősítve a már ott tartózkodó különleges műveleti erőket. A repülőtérre *felfegy-*

¹ Ezeket a légideszant műveleteket első lépcsőben bevetett különleges műveleti erők és az azokhoz második lépcsőben deszantolt hagyományos erők összességéből álló deszantok hajtották végre. A tisztán különleges erők által végrehajtott repülőtér-elfoglalások nem a deszantok fő feladatát képezték, mindössze a második, megerősítő lépcső beérkezésének előfeltételét teremtették meg. Összességében sem az erők struktúrája, sem a mérete, sem a feladat nem teszi indokolttá, hogy tisztán „különleges műveleti tevékenység”, vagy különleges műveleti deszantok kategóriába soroljuk ezt a három – egymással a közös feladat miatt szorosan összefüggő – klasszikus légideszant műveletet.

vezett könnyű helikopterek is érkeztek, hogy hatékony és azonnal elérhető közvetlen légi támogatást biztosítsanak a támadásban részt vevő könnyű gépesített erőknek [20/69-72]. További megerősítés-ként, leszálló módszerrel szállították a repülőtérre az *1. Ranger zászlóalj erőit is*.

A H1 repülőtér elfoglalása és jelentős erőkkel történő biztosítása lehetőséget teremtett *gépesített megerősítések légi úton történő fogadására is*. Április 2-án a 3. gyaloghadosztály 2-70 harckocsi ezredének C századát C-17-es szállító repülőgépek fedélzetén, leszálló módszerrel deszantolták Tallil légibázisról a H1 repülőtérre. **Összesen 10 db M1 harckocsit, 3 db M113 lövézpáncélost és hét egyéb gép- és harcjárművet – köztük két üzemanyag szállító járművet - deszantoltak a repülőgépek a H1-re [20/19-21].** A gépesített harccsoport deszantolása érdekében 15 fordulót hajtottak végre a C-17-es szállító repülőgépek. A légi úton szállított tartálykocsikkal a harckocsik nagy mélységű támadó műveletének biztosítására egészítették ki a gépesített deszant lépcső állományát. A páncélozott harccsoport páncélozott csatlakozott az *1. Ranger zászlóalj* könnyű terepjáró gépjárművekkel felszerelt állományához, a továbbiakban annak alárendeltségében tevékenykedett [13/30]. Az így létrejött - páncélozott harcjárművekből és könnyű gépesített különleges műveleti erőkben álló - megerősített zászlóalj-harccsoport megkezdte támadó műveletét, amelynek végcélja Baiji és Tikrit városok védelmének megtörése és az azokon keresztül futó 1-es főút feletti ellenőrzés megszerzése volt. A harccsoport mintegy 160 kilométert tett meg Baiji és Tikrit térségéig, ahol elvágta a Szíriába vezető utat, és megakadályozva a Bagdadból nyugat felé menekülő kisebb katonai kötelékek átjutását a szomszédos országba. A csoport április 24-ig tevékenykedett a térségben.

Március 31. és április 19. közt a 3. Ranger zászlóalj H1 repülőtéren deszantolt egyik százada egy, a szövetséges főerők előrenyomulását támogató, másodlagos irányban végrehajtott támadó műveletben vett részt a *Haditha-gát* elfoglalása érdekében. Az iraki csapatok – a védelmi műveletek részeként – aláaknázták a Haditha gátat az Eufrátesz folyón. A robbantás veszélyeztethette az amerikai 3. gyaloghadosztály nyugati irányú támadását. Ennek meggátolására egy a repülőtérre deszantolt különleges műveleti csoportot vetettek be a *Haditha gát elfoglalására* Bagdadtól északnyugatra, a Tigris folyó mentén. A Ranger alegységet terepjáró gépjárműveikkel indítottak útba a gát felé. A gátat közel 200 iraki katona védte jelentős tábori és légvédelmi tüzér megerősítésekkel. A Ranger század március 31-én érte el a gát térségét ahol erős RPG, aknavető és tüzérségi tűzbe kerültek. Egy terepjáró gépkocsijuk megsemmisült és 3 főt veszítettek a gát elfoglalása során. „Arra utasították őket, hogy foglalják el a duzzasztógátat... amelyet tartani is kell, mivel fennáll az ellentámadás veszélye. Az irakiak a Köztársasági Gárdától átvezényelt csapatokkal valóban ellentámadást indítottak, és a Rangereknek kétheti súlyos harcban kellett helytállniuk” [14/291.]. A következő napok során a Rangerek védelemre rendezkedtek be és felmentésükig – a légierő közvetlen támogatása mellett - visszaverték a mozgósított iraki gépesített tartalékok ellencsapásait. Összességében harcuk során saját fegyvereikkel - és az általuk célra irányított repülőgépek tüzcsapásaival - 230 iraki katonát, 29 T55 tankot, 28 tüzérségi löveget és további 28 aknavetőt semmisítettek meg. Közel három hét harc után, április 19-én a 101. légideszant hadosztály beérkező részei mentették fel a Ranger századot [6/19,65].

Április 11-én egy helikoptereken kijuttatott *ausztrál különleges műveleti deszant* elfoglalta a H1-hez közeli *Asad repülőterét* [6/175]. Az ausztrál SAS csapatok 36 órán keresztül vívták harcukat a repülőtér iraki védőivel. Ennek során Chinook szállító helikoptereken kaptak folyamatos utánpótlást. Tevékenységüket a légierő F/A-18 harci repülőgépei támogatták. A repülőtér elfoglalását követően a különleges műveleti erők javításokat végeztek a leszállópályán majd néhány óra múlva fogadták *a megerősítéseket és utánpótlást szállító első C-130 szállító repülőgépet*. A repülőtér birtoklása, és *a légi szállítású megerősítések* lehetővé tették egy kisebb *előretolt műveleti bázis kialakítását* és erre alapozva a *helikopteres légideszantok „békaugrás” jellegű műveleteit*. Az ilyen módon megerősített Asad műveleti bázisról az ausztrál SAS több helikopteres akciót vezetett a Bagdadból kifutó útvonalak elvágása céljából. Ezek közül a legnagyobb szabású az volt, amelyek során MH-53 szállító helikoptereken deszantolt különleges műveleti csoportokat helyeztek ki Ramadi közúti elágazás térségében. Műveletei eredményeképpen sikeresen lezárták a Bagdadból Szíriába és Jordániába vezető utakat is [18/35.].

Az összességében ezred erejű, vegyes összetételű amerikai-ausztrál légideszant harccsoport – elvágva a fővárosból kivezető autópályák forgalmát és megvédve a kijelölt objektumokat április 19-ig bezárólag teljesítette feladatát, majd április 24-ig a térségben maradt [18/22,37]. (Megemlítendő, hogy a nyugat-iraki sivatagban tevékenykedő, többségében különleges műveleti erőkől álló légideszantok összegzett mennyisége elérte a dandár erőt.)

ÖSSZEGZÉS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A légideszantokat megerősítő **légi szállítású gépesített erők** alkalmazása során problémák is felszínre kerültek. Jelenleg ezeknek az erőknek a kijuttatása – alkalmas harcászati szállító repülőgép és alkalmas légiszállítható harcjármű hiányában – nehéz szállítórepülőgépekkel, elfoglalt repülőtérre történik. Az így deszantolható erők nagysága elégtelen, kijuttatásuk módja körülményes. 2003-ban a 173. légi-deszantdandár deszant művelete - főként elméleti síkon, a kockázatokra vonatkozó elemzések elvégzését követően - bizonyos negatív tapasztalatokat hozott. Az ilyen, könnyű fegyverekkel felszerelt alakulatok jelenlegi, könnyű gépesítettségi szintjük mellett *kiegészítő csapásokat, gyors manővereket* képesek ugyan végrehajtani, de megfelelő nehézfegyverzetű megerősítő deszant-lépcső, vagy túl későn beérkező szárazföldi támogató lépcső nélkül, hiányosságaiuk kapcsán nehéz helyzetbe is kerülhetnek. Az iraki 5. hadtest gépesített erőinek támadóbb jellegű tevékenysége nagyobb problémákat is okozhatott volna a megerősített 173. légideszantdandár erőinek. A légideszantcsapatok jelenleg rendszeresített haditechnikai eszközeikkel a nehézfegyverzetű kötelékek tevékenységét csak kisebb mértékben tudják befolyásolni. Emiatt – az elemzők megállapítása szerint - a jövőben a jelenleg alkalmazott páncélozott megerősítő elemek mellett mindenképpen szükség van a hadműveletek sikeres végrehajtásához a kerek harcjárművekkel felszerelt közepes erők deszantolására is [18/44]. (Az amerikai haderőben lényegében erre a feladatra fejlesztik a légiszállítható Stryker dandárokat.) Az ilyen jellegű légi szállítású és légideszant kötelékek alkalmazásakor mindig felmerül a megfelelő légi szállítóeszköz és

kapacitás kérdése is. Ugyanakkor a C-17 szállító repülőgépek kapacitására építve a **2003-as Öböl-háborúban jelentős előrelépés mutatkozott a légi gépesítés területén, hiszen a légideszant műveletek során a második deszant lépcsőben rendszeressé vált a harckocsik és páncélozott lövészszállító harcjárművek leszálló módszerrel történő deszantolása.** E műveletek során - a páncélozott lövész szállító harcjárművek esetében - könnyű szerkezetű (alumínium alappáncélzatú) harcjárműveket alkalmaztak, ami elősegítette és gazdaságossá tette a légi szállítást. Tették ezt annak ellenére, hogy a könnyű szerkezetű M-113 típus harcértéke minden tekintetben alatta marad az M2 Bradley harcjárművének, amely a haderő széles körben rendszeresített páncélozott lövészszállítója. A harckocsik esetében azonban nem engedtek meg semmiféle kompromisszumot. **Még akkor is a 70 tonnás M-1 alapharckocsit deszantolták a műveletek során (Bashur, H1) ha az a legkevesbé sem felelt meg a légi szállíthatóság követelményeinek.** Ezek a harckocsik nem csak rendkívül nagy tömegűek, de üzemanyag fogyasztásuk is igen jelentős. A műveletek tervezői ezt a hátrányos tulajdonságot is felváltották, és inkább további légi szállítások árán üzemanyag szállító gépjárműveket juttattak ki a deszantnak, mintsem hogy lemondtak volna az M1 alapharckocsi által biztosított magas fokú mozgékonyaságról és tüzerőről. *Ebből arra lehet következtetni, hogy a jövő légideszant műveleteinek mindenképpen szerves részét képezi majd a harckocsikból álló megerősítő lépcső deszantolása, amelynek során nem célszerű a széles körben alkalmazott alap harckocsi (55-65 tonna, 120 mm-es löveg) harcászati tulajdonságai alatti eszközt kijuttatni a légi deszantok megerősítésére.* Megjegyzendő hogy az iraki műveletek során e célra alkalmazott C-17 szállító repülőgép a harcászati szállító kategória felső határán, tulajdonképpen a harcászati és a hadászati kategóriák között helyezkedik el, így nem feltétlenül a legalkalmasabb típus erre a deszant-feladatra. *Az alapharckocsik megerősítő deszant lépcsőként történő kijuttatása a jövőben akkor válhat valóban széles körben elterjedt és gazdaságosan alkalmazható módszerré, ha rendszeresítésre kerül a C-130 szállító repülőgépet leváltó, 30-40 tonna szállítóképességű terepképes futóművel és STOL képességekkel rendelkező harcászati szállítórepülőgép-típus.* Ez a szállítórepülőgép-típus egyrészt független a repülőterektől, másrészt méreténél fogva a C-17-nél jóval alkalmasabb a hadszíntéren belüli harcászati légi szállításokra (terepkövető repülés, kis magasságú ledobás, STOL le- és felszállás). Azt is meg kell jegyezni, hogy a NATO haderők az M1 típusnál lényegesen kisebb tömegű, töltőgépes kialakítás miatt kisebb kezelő személyzettel üzemelő kisebb térfogatú, alacsonyabb üzemanyag fogyasztású alapharckocsi-típusokkal rendelkeznek. Ezek a típusok az M1-nél jóval alkalmasabbak a légi szállításra, és ami a legfontosabb: szállításuk és deszantolásuk a közeljövőben rendszeresített harcászati szállító repülőgép típusal (pl: Airbus A 400 M) is elvégezhető.

Megállapításaink:

- a jelenlegi **alap harckocsik** (M1, Leopard-2, Challenger, Leclerc) deszantolása csak a C-17 típusú – harcászati szállító repülőgépnek túlzottan nagy és költséges – típusal lehetséges, de **a harckocsik méret- és tömeg csökkentése lehetővé tenné a kijuttatást nagyobb darabszámban rendszeresíthető kategóriájú repülőgéppel** (pl. A 400 M) is

- az alapharcokocsik leszálló deszantolására alkalmas **légi szállító eszközök** – jellemzően a harcászati kategória felső határán mozgó, 37-40 tonna teherbírású szállító repülőgépek - fejlesztésében kiemelt szerepet játszik a **terepképes futóművek és a 4-600 m közötti le- és felszálló képesség** fejlesztése, ami **elősegíti széles körű alkalmazásukat légideszant-műveletek során**
- NATO tagállam európai gyártók is előállítanak légi szállításra fokozottabban alkalmas alapharcokocsi-típusokat (pl. Lengyelország – PT-91), amelyek tömege 45 tonna körül mozog, ám ezek az igazán kis szerkezeti tömeget biztosító gázturbinás erőforrással nem rendelkeznek
- a második Öböl-háború tapasztalatai alapján a **légideszant szervezetek** fejlődése – a könnyű és a közepesen páncélozott harcjárművek széles körű alkalmazása mellett - az alap harckocsik integrálásának irányába halad

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BABOS László: Az amerikai 3. gyaloghadosztály harcai Irakban I. rész. Haditechnika, 2007. évi 2. szám.
- [2] BATCHELOR, John – Love, Malcolm: A repülés enciklopédiája 1945-2005. Gabo kiadó, Bp., 2006.
- [3] BOGNÁR Károly: A második iraki háború néhány előzetes tapasztalata. Új Honvédségi Szemle, 2005. évi 5. szám.
- [4] CHARLES A. Jarnot: Air-Mech-Stryke XXI. New Revolution in Maneuver Warfare. Forth Leavenworth. 1993. www.geocities.com/air_mech_stryke/jarnotcgscthesis.htm 2. o.
- [5] COLLINS, Thomas W.: 173rd Airborne Brigade is Iraq http://findarticles.com/p/articles/mi_qa3723/is_200306
- [6] Eric MICHELETTI: Special Forces: War Against Saddam Hussein. Histoire and Collections, Paris, 2006.
- [7] Expeditionary Engineer Mission Force. Engineer, 2005. Április-Június
- [8] FM 100-5 Tábori kézikönyv: Hadműveletek. Kiadja a Magyar Honvédség Vezérkara, Bausz Kft, Bp., 1997.
- [9] GRANGE – WASS – LIEBERT – JARNOT – HUBER – SPARKS: Air-Mech-Stryke. Asymmetric Maneuver Warfare for the 21st Century. Turner Publishing Company, Paducah, 2002.
- [10] HOLLÓ József: A deszantrohamsapatok alkalmazása; Honvédelem XXXVIII. évf. 1987.
- [11] Hosszú idő után az A400M az első repülése felé halad. Tájékoztató a külföldi repülési szakfolyóiratokban megjelent fontosabb cikkekről és információkról. MH ÖHP RMMF-ség kiadványa. 2008. 1. sz.
- [12] Hugh McMANNERS: Különleges katonai kommandók. Aréna 2000 Kiadó, Budapest, 2005.
- [13] JEFFREY D. Ingram: Where is the Heavy-Light Organization in the Army 's Future Force? School of Advanced Military Studies, Fort Leavenworth, 2005.
- [14] KEEGAN, John: Az iraki háború. Európa Kiadó, Budapest, 2004.
- [15] KÓSZEGVÁRI Tibor: Hadviselés a 21. században. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Doktori Iskola jegyzet, Budapest, 1998.
- [16] LACZKÓ Mihály: A légideszantok, a légimozgékonyosság, a deszanttevékenység és a gyorsreagálású erők fogalmáról. Honvédelem XXXVIII. évf. 1987. 12. sz.
- [17] ÖRLEY György – Varga István: Katonai légi szállítás. Szárazföldi Haderő, 2006. évi IV. évf. 3. sz.
- [18] RESPERGER István: Az „Iraki Szabadság Hadművelet” 2003. ZMNE Nemzetközi és Biztonsági Tanulmányok Tanszék. Budapest, 2003.
- [19] RESPERGER István: Villámháború az Öbölben. Új Honvédségi Szemle 2006. évi 3. sz.
- [20] ROBERT W. Jones: Team Tank: Armor in Support of Special Operations. Veritas, 2005/4. sz.
- [21] TURCSÁNYI Károly: A haderő harckocsi igénykielégítési folyamatának makroszemléletű vizsgálata. Doktori értekezés, Budapest, 2008.
- [22] TURCSÁNYI Károly (szerk.): Nehéz harckocsik. Püldo Kiadó, Budapest, 2008.
- [23] TURCSÁNYI Károly - Hegedűs Ernő: A légideszant I. Püldo Kiadó, Debrecen, 2007.
- [24] WRIGHT, R. K. – Greenwood, J. T.: Airborne Forces at War. Naval Institute Press, Annapolis, 2007.
- [25] www.geocities.com/air_mech_strike (2008. 11. 10.)
- [26] www.globalsecurity.org/military/agency/army/index.html. (2008. 11. 10.)
- [27] BOMBAY – GYARMATI – TURCSÁNYI: Harckocsik 1916-tól napjainkig, Zrínyi, Budapest, 1999.
- [28] FORTY, George: Tankok világciklopédiája. Athenaeum, Budapest, 2004.
- [29] HÖRÖMPÖLY Imre – KURUTZ Károly: Különleges autómotorok. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.
- [30] www.uniteddefense.com/prod/alphabet.htm
- [31] HEGEDŰS Ernő (konz: Dr. Turcsányi Károly): *Az egységes hajtóanyag koncepció alkalmazásának jelentősége haditechnikai eszközök üzemeltetésében, különös tekintettel a szénhidrogén-víz emulziókra.* XXVI. OTDK pályamunka. ZMNE VSZTK Budapest, 2003.



Hegedűs István

E-LEARNING ESZKÖZÖK BEVEZETÉSE ÉS ALKALMAZÁSA LÉGIFORGALMI IRÁNYÍTÓK KÉPZÉSÉBEN A HUNGAROCONTROL MAGYAR LÉGIFORGALMI SZOLGÁLAT ZRT.-NÉL

I. BEVEZETÉS

A jelen cikk célja, hogy a HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. példáján keresztül bemutasson néhány fontos előnyt, melyet internetes képzési keretrendszer (learning management system) intézményi bevezetése révén lehet megvalósítani az oktatásban. Az előnyök bemutatása mellett a cikk kitér olyan, lényeges kérdésekre is, mint az internetes képzési keretrendszer bevezetésének költségei, emberi erőforrás szükséglete, eszközigénye és a célcsoporttal, vagyis a leendő felhasználókkal és oktatókkal való elfogadtatása.

II. HÁTTÉR

Az internet fejlődése és az oktatás

Az internet világméretű elterjedésének és rohamos fejlődésének produktumai között jelentős számban találunk olyanokat is, melyek kifejezetten a tudomány és az oktatás céljait szolgálják. Ezeknek egyik csoportját alkotják a képzési keretrendszerek, melyek rendkívül sokrétűen képesek növelni az oktatás rugalmasságát és hatékonyságát, valamint alkalmazásukkal bizonyos esetekben komoly megtakarítás érhető el.

Légiforgalmi irányítás és oktatás

A légiforgalmi irányítás, a légitársaságok többi területéhez hasonlóan, nagyon képzésigényes terület. Egy Ferihegy torony munkahelyen dolgozó légiforgalmi irányító 2009. évben a következő képzéseket, ill. vizsgákat köteles teljesíteni: szakmai elméleti tudásszintmérő vizsga, Frequentis (új kommunikációs eszköz) képzés, kényeszerhelyzeti képzés (elmélet és szimuláció), őszi-téli felkészítő képzés, szakmai angol nyelvi képzés, új irányítási eljárásokhoz kapcsolódó képzések, munkavédelmi képzés, (repülőtéri) védelmi tudatossági képzés, egészségügyi képzés. A képzések és vizsgák nagy száma, az ezekhez kapcsolódó óraszám és azon túli időigény (pl.: utazás, vizsgákra való felkészülés) komoly megterhelést

jelent a munkavállaló számára, de a munkaadó számára is állandó kihívás a képzések időzítése, azok műszakozó munkarenddel való összehangolása, az oktatók, a tananyag, és helyszín biztosítása, valamint a képzési követelmények teljesítésének nyilvántartása. Mindezt a munkáltatónak az elvárt magas oktatási színvonalon, és természetesen a repülésbiztonság magas szintjének megőrzése mellett kell biztosítania.

Az e-learning projekt a HungaroControl Zrt.-nél

A HungaroControl Zrt.-nél 2007 első negyedében indult az ún. HC e-learning projekt, azzal a céllal, hogy a képzések rugalmasabbá tétele révén enyhítse a fenti képzési feszültséget, valamint, hogy ahol csak lehet, tovább növelje a társaságnál folyó képzések színvonalát és hatékonyságát. A projekt első, négyhónapos szakaszának célja egy nemzetközi fejlesztésű képzési keretrendszer, a Moodle kipróbálása volt egy szakmai nyelvi vizsgára felkészítő gyakorló feladatcsomag révén. A Moodle alkalmazása mellett szólt az, hogy a Malév Zrt. ekkor már évek óta sikerrel alkalmazta a rendszert pilótái képzésében és szívesen megosztották velünk tapasztalataikat, továbbá a Moodle komoly nemzetközi referenciákkal rendelkezett (több, mint 48 000 keretrendszer több, mint 200 országban), és persze az sem volt elhanyagolható, hogy a szoftver nyílt forráskódú, így ingyenesen beszerezhető.

A keretrendszer, a letöltést, telepítést és testre szabást követően a HungaroControl Távoktató Portál (HC TOP) nevet kapta, és az első kurzus megnyitására 2007. július közepén került sor.

III. PÉLDÁK AZ ALKALMAZÁSRA, EREDMÉNYEK ÉS ELŐNYÖK

Szakmai angol légiforgalmi irányítók számára

Mivel sokak számára ez volt az első találkozás az irányított internetes tanulással, nagyon nagy figyelmet kellett fordítani a részletekre, hogy az élmény ne keltsen rossz érzéseket, és ne legyen gátja az internetes tanulás terjedésének. A szakmai angol (EPT) vizsgára való felkészülést segítő tananyag erre ideálisnak bizonyult, mivel elvégzése nem volt kötelező, az önálló tanulásban a felhasználók teljes szabadságot kaptak (a gyakorló kérdéssorokból belátásuk szerint választhattak, és tetszőleges számú próbálkozást végezhettek), és a tananyag közzétételére egy olyan időszakban került sor (július-augusztus), mikor tantermi képzésre nem volt lehetőség. Mindemellett megvolt a kellő motiváció is, hiszen egy kötelező és könnyűnek nem mondható vizsgára kellett felkészülni, mely ősszel volt esedékes. Nagy érdeklődéssel figyeltük tehát a felhasználás intenzitását és a visszajelzéseket.

Eredmények és előnyök

Az érintettek több, mint 1/3-a érdemben használta a tananyagot egy olyan időszakban (júl.-aug.), amikor hagyományos képzéssel nem lehettek volna elérhetőek a fokozott munkaterhelés miatt. Olyan képzés

valósult meg tehát, mely az adott időszakban hagyományos formában nem jöhetett volna létre. Az őszi, tantermi képzéseket is kitűnően kiegészítette a tananyag, szívesen használták az oktatók a tantermi órákon és a tanfolyami résztvevők is órák után.

Teszt: 2 Hole in Fuselage - Listen for Details

1

Jegyek: 5/7



Listen to the recording and fill in the gaps.

- The plane started descending from feet.
- The flight crew reported a of cabin pressure.
- There were passengers on board but only of them were hurt.
- Examination a on the fuselage.
- The jet had been by a baggage cart.
- The driver to report the incident.

1. ábra. Példa szakmai nyelvoktató feladatlpra a HungaroControl Távoktató Portálról

A 2007-es indulás óta jelentősen bővült a repülésszakmai angol nyelvi kínálat a HungaroControl Távoktató Portálon, elsősorban olyan készségeket fejlesztő tananyagokkal, melyek önálló gyakorlással is jól fejleszthetők (szakmai szókinccset fejlesztő gyakorlatok, hallott szövegértést fejlesztő gyakorlatok). 2009-ben az éves szakmai nyelvi képzési kötelezettség, a tantermi képzésen kívül már teljesíthető az internetes tanfolyam elvégzésével is.

Az első interneten megvalósuló képzés tapasztalatai alapján korrekciókra is sor került: egyszerűsítettük az egyéni felhasználóneveket, és csökkentettük az egy lapon megjelenő tartalom mennyiségét.

Felkészítés szakmai elméleti tudásszintmérő vizsgára

Nagyrészt nem új, de fontos elméleti ismeretek frissentartását szolgáló kötelező éves vizsga, évente 200-300 alkalmazott számára, szakterületenként eltérő tartalommal. A felkészítés a korábbi években is távoktató módszerekkel történt (nyomtatásban vagy CD-n közzétett feleletválasztós kérdések formájában), de nem az interneten keresztül. 2008-ban a vizsgaidőszak kezdete előtt egy hónappal a HungaroControl Távoktató Portálon közzétettük a vizsga teljes kérdésállományát (szakterületenként jellemzően 400 – 600 feleletválasztós kérdés) tematikus kérdéssorok és próbavizsga tesztlapok formájában.

(220 00 00 00) APP KÉRDÉSEK Hegedűs István néven jelentkezett be: Student (Visszatérés szokásos sz...

HC TOP > APP > Tesztek > APP / ATS KK / Munkatechnológia / Radar eljárások (220 10 10 30) > 1 próbálkozás

APP / ATS KK / Munkatechnológia / Radar eljárások (220 10 10 30) - 1 próbálkozás

Oldal: (Előző) 1 2 3 4 5 6 7 8 (Következő)

5 A légi jármű elér egy magasságot. A légi jármű akkor tekinthető úgy, hogy a részére engedélyezett magasságot elérte, ha az SSR C módtól származó három egymást követő megújított magasságtájékoztató az jelzi, hogy a részére kijelölt magasságtól mért ...

Jegyek: 1/1

Jelöljön be egy választ!

a. 300 láb értéken belül van.

b. 500 láb értéken belül van.

c. 400 láb értéken belül van.

d. 200 láb értéken belül van. ✓

Ellenőrzés

Helyes

Leadott munka pontjai: 1/1.

6 Egy IFR repülés radar vektorálásakor, vagy olyan közvetlen útvonal adásakor, amely a légi járművet letéríti az ATS útvonalról, ...

Jegyek: 0/1

Jelöljön be egy választ!

a. a légi jármű berendezései biztosítják a terep feletti előírt magasságot.

b. a légi jármű parancsnoka felel a terep feletti előírt magasság biztosításáért. ✗

c. a légi jármű vezetője felel a terep feletti előírt magasság biztosításáért.

d. a radarirányítói engedélyeknek biztosítaniuk kell a terep feletti előírt magasságot.

Ellenőrzés

Hibás

Leadott munka pontjai: 0/1.

2. ábra. Példa szakmai feladatlpra a HungaroControl Távoktató Portálról

Eredmények és előnyök

Az internetes módszer egyik komoly előnye, hogy a kérdésbank könnyen módosítható a kérdések közzétételét követően is (időközbeni tartalmi változások, elírások), így biztosítható, hogy a felhasználók mindig a frissített kérdésállományt használva készüljenek a vizsgára. 2008-ban az érintettek 98%-a használta a HungaroControl Távoktató Portált a felkészüléshez, csak 2 fő kérte a kérdéseket hagyományos formában.

Egy másik előny, hogy az érintettek a próbavizsga kérdéssor akár többszöri megoldásával még az „éles” vizsga előtt lemérhették saját teljesítményüket, így nagyon kevés volt az elégtelen vizsgaeredmény.

Magát a vizsgáztató szoftvert is a Moodle szoftver alapverziójából kiindulva készítettük, házilagos testreszabással. A rendszer a HungaroControl Vizsgáztató Portál nevet kapta, elérése csak a vizsgáztatási célokra szolgáló tanteremből, illetve az adminisztrátori munkahelyekről lehetséges. További előny, hogy a vizsgázók a vizsgán ugyanazzal a kezelőfelülettel találkozhatnak, amit az on-line gyakorlás során már megismerhettek.

Kezdő légiforgalmi irányítók képzése

Alapvetően tantermi képzés, melynél az e-learning eszközök bevezetésével az oktatás hatékonyságának növelése volt a cél. A 2008/2009-es tanév során 5 tantárgynál került alkalmazásra a HungaroControl Távoktató Portál, más-más szereppel és hangsúllyal.

Meteorológia, valamint Repüléselmélet és típusismeret

Mindkét tantárgynál különösen fontos a szemléltető eszközök használata. Az oktatók az internetes távoktató rendszer segítségével hallgatóik számára közzétették az órán használt diákat (PowerPoint) és az órán bemutatott képeket, a legfontosabb forrás dokumentumokat és webcímeiket. A Repüléselmélet és típusismeret tantárgyhoz az oktató témakörönként ismeretellenőrző kérdéssorokat is készített gyakorlási céllal.

The screenshot displays a web portal interface for 'Meteorológia'. At the top right, there is a button labeled 'Visszatérés szokásos szerepemhez'. Below the title, a section titled 'Tudnivalók erről az oldalról' contains several paragraphs of text providing course details, such as the 44-hour requirement, start dates (September 23, 2008), and exam dates (December 08, 2008). It also lists recommended materials like 'REPÜLÉSMETEOROLÓGIA tankönyv pilótáknak (jpg)'. Below this, three numbered sections are visible: '1 ÓRAVÁZLATOK:' listing various ATC and meteorology presentations; '2 OPMET - adatok internetes elérhetősége:' listing websites like 'www.met.hu' and 'www.jeppesen.com'; and '3 Meteorológiai mérő- és távérzékelő rendszerek:' listing various sensor and data systems. On the right side, a separate box titled 'FIGYELEM!!!' contains a notice about aircraft performance data availability on the HC TOP website. Below this notice, two more sections are shown: '1 Repüléselmélet Tananyag' with sub-sections for 'Bevezetés', 'Alapelvek', 'Hajtómű', 'Műszerek', 'Légjármű Kategóriák', and 'Teljesítmény'; and '2 Típusismeret Tananyag' with sub-sections for 'Típusismeret Könyv' and 'Típusismeret Prezentáció'.

3. ábra. Példák tantermi képzéshez kapcsolódó tartalomra a HungaroControl Távoktató Portálról

Eredmények és előnyök

A hallgatók mindkét tantárgy esetében írásban úgy nyilatkoztak, hogy sokat segítettek számukra az interneten közzétett tartalom (prezentációk, oktatói magyarázattal ellátott fotók és ábrák, szakmai dokumentumok, ismeretellenőrző tesztek, stb.) a tantárgyi vizsgára való felkészülésben, amit a használat gyakorisága is megerősített.

Szabályzat és Rádiótávbeszélő kifejezések

Mindkét tantárgy célkitűzései között szerepelnek olyan ismeretek, melyek elsajátítása csak sok ismétlés útján lehetséges. A Szabályzat tantárgy esetében példa erre az ICAO (Polgári Nemzetközi Repülési Szervezet) által meghatározott négybetűs repülőterkódok ismerete, míg a Rádiótávbeszélő kifejezések tantárgy esetében az egyes légitársaságokat jelölő hárombetűs hívójelek ismerete. A tantárgy oktatóinak kérésére, az általuk Excel táblázatban készített kérdéssorokból azonnali visszajelzést adó gyakorló, és tudáspróba (próbavizsga) feladatlapok készültek, melyeket a hallgatók gyakran és eredményesen használtak. (pl.: a légitársaság hívójelek tudáspróbával 16 tanuló összesen több, mint 120 próbálkozást végzett.) A tantárgyi zárthelyi vizsgák is a HungaroControl Távoktató portál alkalmazásával kerültek lebonyolításra.

Eredmények és előnyök

A tanulók nagyszámú próbálkozást végeztek mind az állandó tartalmú, memorizálást segítő feladatlapokkal, mind az ún. tudáspróba (próbavizsga) feladatlapokkal, így az éles vizsga előtt pontosan mérni tudták saját tudásukat.

Példák egyéb, oktatást támogató alkalmazásokra

Az előbb említett példákon túl a HungaroControl Távoktató Portált a következő módokon alkalmazzuk még az oktatás támogatására: szakmai weboldalakhoz vezető ugrópontokat teszünk közzé (linkgyűjtemény), előzetes ismeretfelmérést végzünk, visszajelzéseket gyűjtünk hallgatóktól, vizsgáztatunk, on-line vizsgaregisztrációra adunk lehetőséget, illetve oktatóink on-line médiatárként is használhatják a rendszert.

!!!! JELENTKEZÉS ELMÉLETI SZAKTUDÁS ÉRTÉKELÉSRE !!!!

HC TOP ► Jelentkezés elméleti szaktudás értékelésre ► REGISZTRÁCIÓ ► ► április 15., szerda, 09:00 - 10:00

április 15., szerda, 09:00 - 10:00

Időpont: 2009. April 15., Wednesday, 09:00 (16 nap)
Hely: ANS II, 155
Résztevők maximális száma: 6

Sorszám	Azonosítószám / Keresztnév Vezetéknév
1	L Péter
2	D Zoltán
3	N Máté
4	B István
5	F Tamás

Ha a fenti időpontban kíván vizsgázní, kattintson a *Feliratkozom* gombra!

4. ábra. Vizsgaregisztrációs eszköz a HungaroControl Távoktató Portálon

IV. AZ INTERNETES KÉPZÉSI KERETRENDSZER BEVEZETÉSÉBE FEKTETETT ERŐFORRÁSOK

Eszközigény

A HC e-learning projekt első szakaszában, a kipróbálás ideje alatt a HungaroControl Távoktató Portál bérelt tárhelyről üzemelt, ami, a viszonylag alacsony költségek (havi 6\$) miatt tovább csökkentette a kipróbálás kockázatát. A Moodle további alkalmazásáról hozott döntést követően került sor az első eszközbeszerzésre, ami egy, külön a HC TOP üzemeltetését szolgáló szerver számítógép volt.

Felhasználói oldalon nem volt szükség olyan eszköz beruházásokra, melyek kizárólag az internetes képzési keretrendszer bevezetéséhez kapcsolódtak. Ettől függetlenül is napirenden volt a tantermekben elhelyezett számítógépek számának növelése, egy ún. internetsziget kialakítása a saját használatú irodai PC-vel nem rendelkező munkavállalók számára, valamint a légiközlekedési szakkönyvtár számítógépeinek modernizálása. Mindemellett a HungaroControl Távoktató Portál elsődleges fontosságú célcsoportja, a légitforgalmi irányítók közül szinte mindenki rendelkezik otthonában internet hozzáféréssel, és ugyanez elmondható a kezdő képzésben résztvevő hallgatókról is.



5. ábra. Internetsziget a HungaroControl Zrt. székházában

Szoftverigény

Mivel az ingyenesen letölthető és használható Moodle rendszer önmagában tartalomkészítő eszközök széles skáláját adja az oktatók kezébe és rugalmasan integrálhatók bele a legelterjedtebb irodai

alkalmazásokkal készített tartalmak (pl.: Word, PowerPoint, Acrobat), a rendszer kiegészítő szoftverek beszerzése nélkül is kitűnően használható. A HungaroControl eddigi gyakorlatában egyetlen elengedhetetlen szoftverbeszerzés történt, mely lehetővé tette a szakmai elméleti kérdésbank gyors feltöltését a HungaroControl Távoktató Portálra.

Emberi erőforrás igény

A Moodle rendszer napi felügyeletéhez és a módosítások többségéhez csak kevés olyan számítástechnikai ismeretre van szükség, mely meghaladja egy átlagos számítógép-használó tudását. A HungaroControl Távoktató Portál esetében a rendszeradminisztrátori és fejlesztői teendőket egy nyelvtanár képesítésű munkavállaló látja el, aki egy húsórás képzésen kapta meg a szükséges alapismereteket. Annak következtében, hogy a projektet és az egész rendszert egy pedagógus felügyeli, már a bevezetéskor, és az azóta szinte folyamatos fejlesztések során is kitűnően érvényesülni tudnak a pedagógiai szempontok. A rendszert intenzíven használó oktatók egy 12 órás gyakorlati képzésen vettek részt.

Mindemellett elengedhetetlen az informatikai osztály közreműködése is a rendszerfrissítésekhez, új funkciók telepítéséhez, illetve az időnként előforduló hálózati problémák megoldásához.

V. AZ INTERNETES KÉPZÉSI KERETRENDSZER BEVEZETÉSÉNEK EMBERI TÉNYEZŐI

Az internetes oktatás intézményes bevezetéskor mindenképpen számolni kell az érintettek egy részének kezdeti elutasításával. Ez tájékoztatással és képzéssel ellensúlyozható, illetve várhatóan kevesebb ellenállásba ütközik a bevezetés, ha az alkalmazás kezdetben nem kötelező, viszont bőséges alkalmat biztosítunk a tájékozódásra és az új lehetőségek kipróbálására. A HungaroControl Zrt. gyakorlatában ez a következő eszközökkel valósult meg: ismertető cikkek a céges újságban, tájékoztató kör e-mailek, rövid tájékoztató vezetői értekezleten, bemutató oktatóknak oktatói értekezleten, önkéntes képzés oktatóknak, részletes használati útmutatók az érintettek számára a HungaroControl Távoktató Portálon közzétett oktatási tartalmak használatáról.

VI. KONKLÚZIÓ

A HungaroControl Zrt.-nél az internetes oktatási eszközök intézményes bevezetése sikeresen megtörtént, és az első tapasztalatok biztatóak: a célcsoport elfogadja és alkalmazza az interneten felkínált oktatási eszközöket (az intézményi és egyéni motivációktól függő intenzitással), és a képzések tervezésében is

kezdünk elszakadni a tanteremhez és meghatározott időponthoz való feltétlen kötöttségtől. Mindez hatékonyabb és rugalmasabb oktatást eredményez azokon a területeken, ahol élnek az új lehetőséggel.

Mindemellett az új eszközben rejlő lehetőségek kiaknázásának még csak az elején járunk. A tervek között szerepel, illetve folyamatban van további, főleg ismeretfelfrissítő és tájékoztató jellegű vállalati képzések e-learning útján történő megvalósítása (repülésbiztonsági képzés, környezeti kárelhárítás képzés, tűz és munkavédelmi képzés, repülőtéri védelmi ismeretek képzés), ill. az e-learning eszközökkel támogatott tantermi oktatások körének bővítése.



Hegedűs Zoltán – Dr. Szilágyi Dénes

JAR FCL-SZERINTI FEDÉLZETI EGYÜTTMŰKÖDÉS OKTATÁS A NYÍREGYHÁZI FŐISKOLÁN

Több pilótás repülőgépek üzemeltetése során szerzett tapasztalatok szükségessé tették a személyzeti tagok közötti együttműködéshez egy szabványos rendszer kidolgozását. Ez a rendszer magába foglalja a pilótafülkén belüli verbális kommunikáció elemeit (call-out-okat, vezényszavakat), a műszer-scan-flow-kat, az ellenőrző listákat és azok helyes használati módjait, valamint tartalmazza a non-normal és vészhelyzeti eljárások során a részletes teendőket. A „több pilótás személyzeti együttműködés” vagy „fedélzeti együttműködés” – a továbbiakban MCC¹ – oktatására a növendékek kezdeti képzése során eddig nem fordítottak hangsúlyt. Ilyen képzésre csak akkor került sor, amikor a pilóta egy több pilótás típusra került átképzésre. Ilyen esetekben az MCC oktatást integrálták a típus tanfolyamba, az adott légitársaság üzemeltetési gyakorlata szerinti szabványok alapján. Légitársasági szabvány üzemeltetési eljárásoktól függően, azonban jelentős eltérések lehetnek az együttműködésben melyek legtöbb esetben az ellenőrző listák struktúrájában, illetve a pilótafülkén belüli verbális kommunikáció szabványai-ban mutatkoznak meg. A motoros repülés egy évszázados történelme azonban bebizonyította mennyire negatívan, sokszor tragikusan tudja befolyásolni egy-egy repülő esemény kimenetelét a személyzeti tagok különböző kulturális hátterének figyelembe-nem-vétele, valamint a személyzetek képzettségével szemben támasztott eltérő igényű légitársasági követelmények. A repüléstudománnyal foglalkozók már régen felismerték a hatékony együttműködés szükségességét többtagú személyzet tagjai között, és erre megalakították a CRM² fogalmát. A CRM oktatása azonban nem tévesztendő össze az MCC oktatással: a két fogalom tárgyköre merőben eltérő. A CRM a személyzet összes tagja közötti általános kommunikáció és együttműködés alapjait tárgyalja, valamint arra helyezi a hangsúlyt, hogy milyen emberi tulajdonságok és képességek fejlesztésével lehet a hatékonyságot növelni. A CRM oktatást ma már előírászerűen szabályozza az EU OPS 1 dokumentum a repülőgéppel folytatott kereskedelmi légiszállítás jogszabályi környezetén belül. A CRM oktatással ellentétben, habár az MCC kurzus sem alapvetően típus-specifikus elemekre épül, annak oktatásához mégis elengedhetetlen, az oktatásra használt eljárásgyakorló berendezés kezelőszerveinek, műszereinek valamint rendszereinek és azok működésének minimálisan felhasználó szintű ismerete.

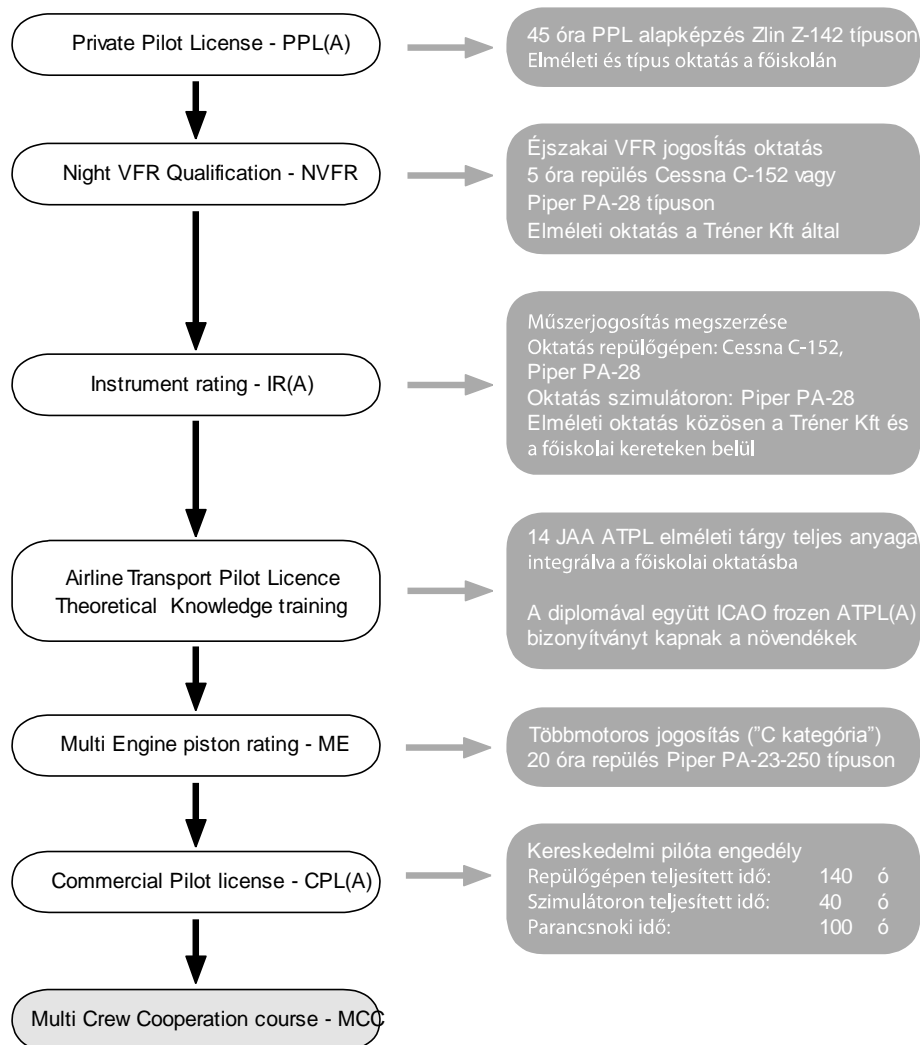
Az MCC oktatás egy modulként épül bele az alapoktól induló integrált CPL³(A) pilótaképzés szerkezetébe (1. ábra). A képzést ezzel együtt lehetősége nyílik bármely már kiképzett kereskedelmi piló-

¹ Multi Crew Cooperation (Több pilótás személyzeti együttműködés)

² Crew Resource Management (Személyzeti erőforrás gazdálkodás)

³ Commercial Pilot License (Kereskedelmi pilóta szakszolgálati engedély)

tának elvégezni, amennyiben megfelel a tanfolyam követelményeinek. A tanfolyam alapkövetelményeiként szerepel az érvényes több-motoros jogosítás, valamint műszerrepülési jogosítás megléte.



1. ábra. Az MCC oktatás illeszkedése az integrált CPL(A) oktatási programhoz

A FEDÉLZETI EGYÜTTMŰKÖDÉS HÁTTERE

A fedélzeti együttműködés célja az optimális döntéshozatal, a személyzeti tagok közötti kommunikáció, a feladatok megosztása, az ellenőrző listák használata a különböző repülési helyzetekben, a személyzeti tagok közötti folyamatos, kölcsönös kereszt-ellenőrzés, valamint a csapatmunka megteremtése a repülés valamennyi fázisa során, normál és vészhelyzeti körülmények között egyaránt, a vonatkozó eljárások végrehajtása mellett. Az MCC képzés olyan emberi tulajdonságok fejlesztésére helyezi a hangsúlyt, amelyekkel a pilóták többtagú személyzet tagjaként nem pusztán képzett szakemberként tudnak dolgozni. A növendékeknek a képzés során lehetőségük nyílik gyakorolni csapatmunkában parancsnokként és

elsőtisztként egyaránt való részvételt. A növendékek elsajátítják a személyzeti tagokkal való együttműködés optimális módjait, mind normál mind, pedig kritikus repülési helyzetekben.

Több pilótás üzemeltetésű repülőgépeken elengedhetelen a hatékony fedélzeti együttműködés, amelyhez a személyzeti tagoknak a műszaki háttér, üzemeltetési eljárások, valamint interperszonális ismeretek terén egyaránt tapasztalattal kell rendelkezniük.

A műszaki háttérismeretek alapján elvárt, hogy a pilóták képesek legyenek minden helyzetben a repülőgép irányítására, és mindezt az elérhető legnagyobb pontosság és biztonság figyelembevételével tegyék. Elengedhetetlen a repülőgép rendszereinek, azok üzemmódjainak és korlátjainak ismerete. Valamennyi automatikus vezérlést biztosító rendszert ismernie kell a hajózó személyzet tagjainak, továbbá képesnek kell lenniük a különböző automatizáltsági szintek közötti átmenetekre. A személyzetnek ismernie kell valamennyi kiadott és érvényben lévő üzemeltetési eljárást. Az eljárások fegyelmezett, következetes és pontos követése teszi lehetővé a repülésbiztonság növelését, azonban előfordul, hogy adott szituáció megkívánja a tapasztalatból származó felülbírálatát az eljáráshoz való ragaszkodásnak.

A kommunikáció részeként a személyzet tagjai információcserét valósítanak meg, melynek mindenkor tisztának, tömörnek és érthetőnek kell lennie. Fontos figyelmet fordítani a javaslatok megfontolására, még akkor is, ha valaki nincs azokkal egyetértésben. A kételyeket és bizonytalanságokat mindenkor kifejezésre kell juttatni. A parancsnok mellett a személyzet valamennyi tagjának a képességeihez mért legjobb teljesítményt kell megpróbálnia nyújtani, melyhez optimális a nyitott, barátságos légkör. Mindenkinek egyformán törekednie kell a csapatmunkában való aktív, nyitott és hasznos részvételre. A feladatokat mindig rangsorolni kell fontosságuk, valamint az adott időkereten belül rendelkezésre álló külső és belső források szerint. A szorongás és a hibás döntés lehetősége mindig jelen van, ezért törekedni kell ezek hatásának minimalizálására. A személyzet tagjainak fel kell ismerni a repülést befolyásoló tényezőket, és ezek értékelése után ki kell tudnia választani a helyes beavatkozási módot.

Mindezek alapján látható, hogy komplex rendszerekkel felszerelt, több pilóta által üzemeltetett repülőgépeken nélkülözhetetlen a személyzet tagjainak pontos, precíz és tudatos együttműködése, melyhez az MCC valamint CRM képzések közösen biztosítják a szükséges ismeretanyagot.

MCC TANFOLYAMOK TARTALMA, KÖVETELMÉNYEI

Az MCC tanfolyamok követelményeit a JAA⁴ tagállamai számára az AMC⁵ FCL⁶ 1.261(d)(3) valamint IEM⁷ FCL 1.261(d) tartalmazzák. A tanfolyam elméleti és gyakorlati részből áll.

Az elméleti tanfolyam alatt tantermi keretek között a pilóták megismerik a fedélzeti együttműködés rendszerének alapelveit; a kommunikáció módjait; vezényszavak, utasítások használatának módjait; normál és vészhelyzeti eljárások esetén való teendőket, valamint a gyakorlati képzéshez használt repü-

⁴ Joint Aviation Authorities

⁵ Acceptable Means of Compliance

⁶ Flight Crew Licensing

⁷ Interpretative and Explanatory Material

lőgép típust. A növendékek rendelkezésére állnak referenciaként többek között az adott típusra vonatkozó POH⁸, SOP⁹ illetve egy a repülőgép rendszereit ismertető számítógép-alapú, ún. CBT¹⁰ szoftver is. Az elméleti tanfolyam sikeres teljesítéséhez annak befejezése után elméleti vizsgán vesznek részt a növendékek, mely a tanfolyamon ismeretett anyagok elsajátítását hivatott ellenőrizni. A vizsgán való megfelelés feltétele a gyakorlati képzés megkezdésének.

A gyakorlati képzés integrált CPL vagy ATPL¹¹ képzésben 15 óra, melyet FNPT¹² II MCC jogosítással rendelkező eljárásgyakorló berendezésen hajtanak végre a pilóták. Minden növendék 7.5 órát PF¹³, 7.5 órát, pedig PM¹⁴, beosztásban hajtanak végre. A szimulátor képzés során egyszerre két pilóta hajt végre gyakorlatot, az oktató által meghatározott beosztás szerint, az előzőek figyelembevételével. A 15 eljárásgyakorló berendezésen repült óra végére a növendékek elsajátítják a fedélzeti együttműködés alapjait, és megtanulnak csapatként együtt dolgozva bonyolult helyzeteket megoldani. Lezárásaképpen a tanfolyamnak, valamennyi növendék gyakorlati vizsgát tesz, melynek sikeres teljesítéséről a kiképző szervezet a JAR FCL 1 követelményeinek megfelelő igazolást állít ki.

SZÁMÍTÓGÉP ALAPÚ OKTATÁS

A korszerű technikai lehetőségek mellett egyre nagyobb piacot hódítanak az elektronikus oktató szoftverek (ún. e-Learning, vagyis elektronikus tanulás). A repülésben a személyi számítógépek elterjedése óta kihasználták a számítógépek adta lehetőségeket, úgy a szimulátorok terén, mint az otthoni, önálló tanulásra alkalmas oktató programok esetében. Az elsősorban nagygépes repülésben elterjedt ún. CBT szoftverek mára már bárki számára hozzáférhetőek, és a típusokról szóló anyagokon kívül a repülés minden területének elméleti és gyakorlati ismereteit feldolgozzák. A CBT szoftverek nagy előnye, hogy otthoni, önálló tanulással, saját időbeosztással tudja az adott oktatást végrehajtani a növendék, nem igényelve elméleti oktatót és tantermi keretek között megtartott előadásokat. A mindössze egy átlagos személyi számítógépet igénylő szoftveres megoldással lehetőség van számos, a tantermi keretek között ritkán megvalósítható szemléltető példa bemutatására, interaktív elemek segítségével pedig a növendékek elsajátíthatnak gyakorlati jellegű megoldásokat is a számítógépen keresztül. További előnye a számítógépes oktató programoknak a növendék igényeinek megfelelő időbeosztás, mely nem csak a tanulás idejét, de időtartamát is rugalmasan a növendékre bízta. Az ilyen jellegű oktatásokon az otthoni tanulásra kiadott szoftver tartalmának elsajátítására adott időkeret áll a növendékek rendelkezésére. Ez alatt tartható néhány konzultációs tantermi foglalkozás is, melyeken az esetlegesen felmerült kérdéseket lehetőség van feltenni és azokra választ kapni. Az oktató programokat általában kiegészítik

⁸ Pilot's Operating Handbook

⁹ Standard Operating Procedures

¹⁰ Computer Based Training

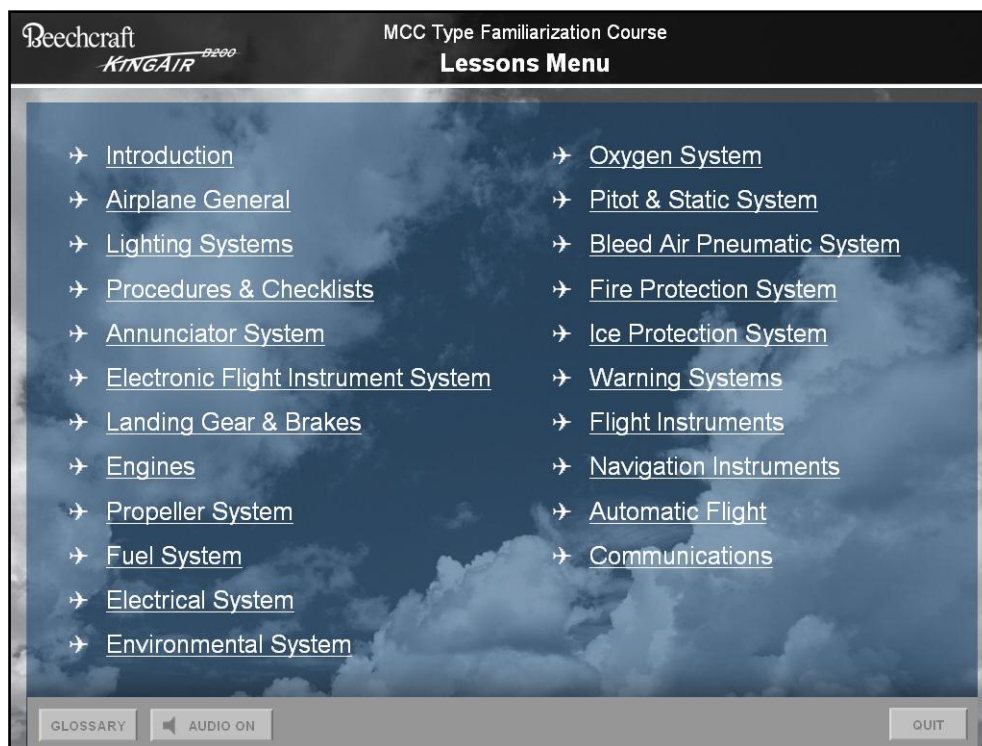
¹¹ Airline Transport Pilot License

¹² Flight & Navigation Procedural Trainer

¹³ Pilot Flying

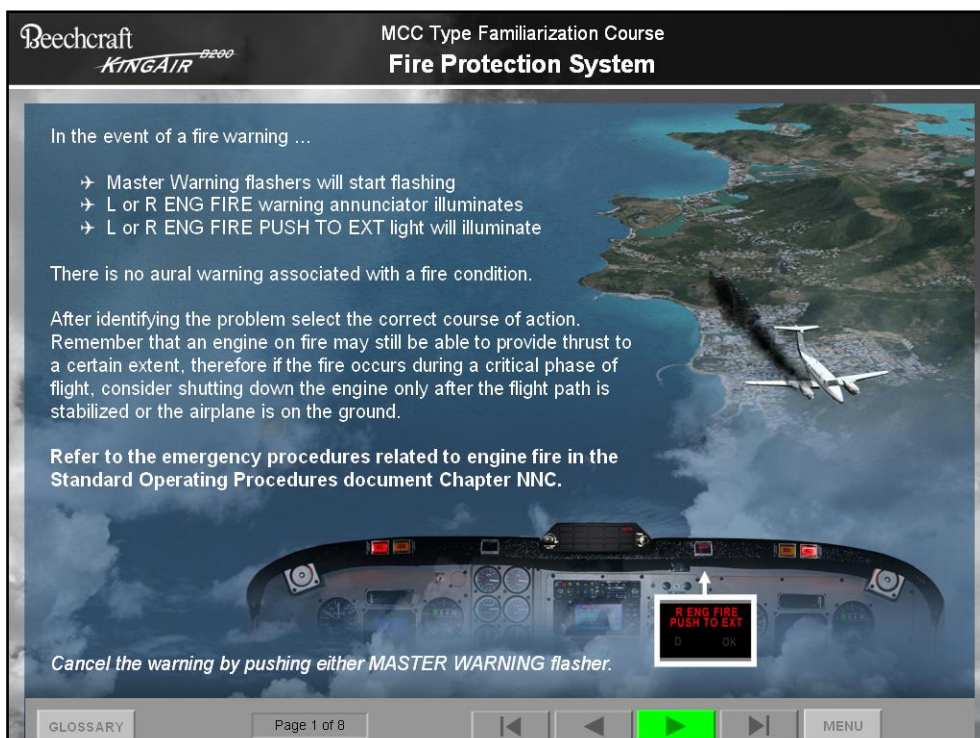
¹⁴ Pilot Monitoring

szíti egy írott formában kiadott anyag is, mely pl. a repülőgép rendszereit feldolgozó CBT szoftver esetében a típus légiüzemeltetési utasítása is lehet. A CBT szoftverek sok esetben nem dolgoznak fel mindent a nyomtatott anyagból, ezért a két oktató anyag egyidejű elsajátítása szükséges. A CBT szoftver telepítve, vagy közvetlenül a DVD lemezeről futtatva használható. A jobb, gyorsabb betöltés érdekében javasolt lassabb számítógépeken a szoftver telepítése. Az általunk fejlesztett és alkalmazott CBT szoftver a Microsoft® PowerPoint™ technológiáját használja. A szoftverben található menü segítségével lehet navigálni az egyes fejezetek között (2. ábra). A leckék alatti hang kommentár ki/bekapcsolható.



2. ábra. A CBT szoftver főmenüje. Itt választhatók ki a témakörök és egyéb beállítások.

A CBT szoftver interfésze több fajta interaktív elemet tartalmaz (3. ábra). Bizonyos esetekben a felhasználónak adott feladathoz kell megfelelő gombot/kapcsolót működtetni, máskor esetleg komplett folyamatot önállóan végrehajtani. A szoftver minden esetben feliratokkal és – amennyiben az audio kommentár be van kapcsolva – verbálisan is felszólít a szükséges beavatkozásra. Lehetőség van sok esetben a műszerek képeinek, panel elemeknek és ábráknak a nagyítására, mivel azokat nem minden esetben volt lehetőség optimális méretben megjeleníteni a képernyőn.



3. ábra. Az elméleti oktatásba integrálva a növendékeknek egyszerű gyakorlati példákon keresztül is bemutatásra kerülnek az elsajátított ismeretek. A programban való továbblépéshez ilyen esetekben a megfelelő kapcsoló/panel működtetése szükséges feltétel.

Az oktató szoftveren végrehajtott tanulási folyamat közben a pilótáknak a rendelkezésére áll a repülőgép üzemeltetési utasítása, részletes rajzok a repülőgép szimulátor műszerfaláról, valamint a hatályos SOP és QRH¹⁵ dokumentumok egy-egy példánya.

MCC OKTATÁS MEGVALÓSÍTÁSA A NYÍREGYHÁZI FŐISKOLÁN

A 2005-ben a Nyíregyházi Főiskolán üzembe helyezett FNPT II hatóságilag minősített King Air B200 eljárásgyakorló berendezés a kezdetektől fogva hordozta a személyzeti együttműködés képzés lehetőségét. Az MCC képzés elindításának azonban több akadálya volt, többek között, pl. a hiányos dokumentáció, sokáig hiányzó hatósági minősítés, megfelelő ismerettel rendelkező oktató személyzet, és számos egyéb technikai feltétel hiánya. Munkánk célja az MCC képzéshez szükséges teljes dokumentáció, oktatási anyagok és referenciák elkészítése, az eljárások kidolgozása és gyakorlati próbái, és ezzel az MCC képzés pilótaképzésbe való bevezetése volt a Nyíregyházi Főiskolán.

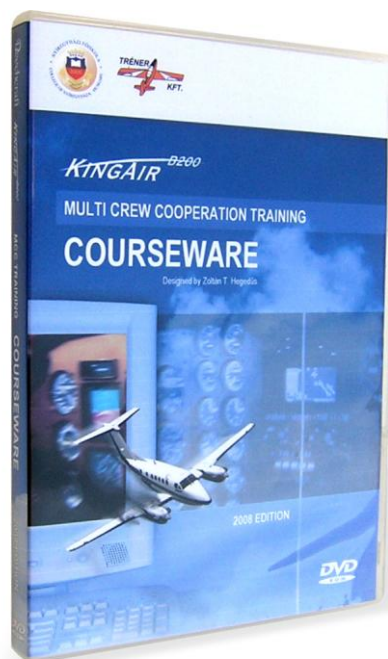
A jelen hazai és európai piaci viszonyok mellett megfigyelhető, hogy a légitársasági felvételi követelmények nagy számban írják elő sikeresen teljesített JAR-FCL szerinti MCC képzést alapkövetelményként. Ennek megszerzésére eddig csak külföldön volt lehetőség. A nemzetközi viszonylatban vett

¹⁵ Quick Reference Handbook

legmagasabb színvonalú képzésekhez igyekeztünk igazítani a képzéshez készített anyagokat, melyek elképzeléseink szerint felvehetik a versenyt külföldi repülésoktatási intézmények hasonló témájú anyagaival. Különös tekintettel arra, hogy a Magyarországon kívül elvégezhető MCC tanfolyamokat általában igen magas áron kínálják, reményeim szerint ez a képzés megteremti a magas színvonalat hazai viszonyokhoz igazított árak mellett, ezáltal elérhetővé téve a képesítés megszerzését szélesebb körben.

Az MCC képzés megvalósításához két fő csoportot kellett a dokumentációkból elkészíteni. Egyikben az elméleti oktatás típusspecifikus része került feldolgozásra, másik pedig a gyakorlati képzéshez szükséges eljárások és dokumentumok elkészítését tartalmazta. E két vonalon párhuzamosan készültek az anyagok. 2006 decemberben készült el az első teljes változata a SOP dokumentumnak, melyet azóta hétszer módosítottunk a gyakorlati tapasztalatok alapján.

A képzéshez elkészített King Air B200 típusismertető CBT szoftverben sikerült feldolgozni a típus teljes vonatkozó műszaki háttérét és rendszereit, figyelembe véve a szimulátor berendezés korlátjait. A CBT tartalma nem felel meg 100%-ig a King Air B200 típus valós anyagának, mivel több esetben is a szimulátor egyedi kialakításához kellett igazítani azt (melynek oka, hogy a berendezés 3 különböző típus használatára alkalmas). Végeredményben, a CBT szoftver olyan formában lett kialakítva, amely könnyen kezelhető, intuitív és az önálló tanulásra alkalmas. Sok interaktív elemmel, grafikai elemekkel és animációkkal igyekeztem szemléletessé tenni az oktatási anyagot. A tanfolyamhoz kapcsolódó összes oktatási anyagot – beleértve a CBT szoftvert is, valamint hasznos dokumentumokat egy menürendszerrel ellátott DVD lemezre helyezük el, amely a növendékek rendelkezésére áll a tanfolyam elvégzéséhez.



4. ábra. A tanfolyam teljes anyagát tartalmazó oktatási csomag

2008 áprilisában indítottuk el az első MCC tanfolyamot a Nyíregyházi Főiskolán, a harmad éves repülőmérnök hallgatók számára. A képzést megelőző hónapokban elkészültek a tantermi oktatáshoz szükséges prezentációk, oktatási segédletek valamint a vizsgáztatás alapjául szolgáló rendszer szabályai és anyagai. Az oktatáson szerzett tapasztalatok rendkívül hasznosnak bizonyultak, és lehetővé tették a korábban kidolgozott üzemeltetési eljárások finomítását és tökéletesítését. Folytattuk a SOP ill. QRH dokumentációk tökéletesítését, valamint átértékeltük sok tekintetben a tantermi oktatás és vizsgáztatás menetét és a kitűzött célokat. Összességében sikeresnek volt tekinthető az első MCC tanfolyam, és immár lezárásra kerültek a tapasztalatok alapján esedékes utómunkák az oktatási program dokumentációin. Ez nem zárja ki azonban a további fejlesztések lehetőségét, így pl. tervezzük a CBT szoftver technológiai háttérének továbbfejlesztését az AICC¹⁶ szabványok szerint, valamint vizsgáztató modul integrálását a rendszerbe. Terveink szerint további MCC képzések évente lesznek megtartva a főiskolán tanuló növendék pilóták és külső jelentkezők közös részvételével.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BEECH AIRCRAFT CORPORATION: Beechcraft Super King Air B200 POH and FAA Approved AFM, 1991
- [2] JOINT AVIATION AUTHORITIES: JAR-FCL 1, 1997
- [3] MECHTRONIX SYSTEMS INCORPORATED: Ascent Turboprop Flight Trainer Operator's Manual, 2005
- [4] BLAZSEK TAMÁS, TAKÁCS GÁBOR: Fedélzeti Együtműködési Tanfolyam Átképzési Tematika, 2005

¹⁶ Aviation Industry CBT Committee



dr. Hernád Mária orvos főhadnagy

AZ IED ELLENI TEVÉKENYSÉG MUNKAEGÉSZSÉGÜGYI VONATKOZÁSAI

BEVEZETÉS

A terrorizmus az erőszak alkalmazásának, vagy az azzal való fenyegetésnek olyan stratégiája, melynek elsődleges célja félelem, zavar keltése és ennek révén meghatározott politikai eredmények elérése, vagy a hatalom megtartása. A félelemkeltés az erőszak minden formájának – a kocsmai verekedéstől a hagyományos hadviselésig – velejárója, segítője lehet, de a terrorizmus esetében ez a viszony fordított, az erőszak közvetlen áldozatai, kárvallottai legfeljebb csak szimbolikus kapcsolatban állnak az akció valódi céljával, kiválasztásuk másodlagos jelentőségű, legtöbbször véletlenszerű.

A terrorizmust, mint lehetséges veszélyforrást már a Szövetség 1999-es Stratégiai Koncepciója is megemlíti, a NATO azonban a 2001. szeptember 11-i eseményeket követően kapcsolódott be aktívan a terrorizmus elleni küzdelembe. A Szövetség – történetében először – életbe léptette az Észak-atlanti Szerződésnek a kollektív védelemről szóló V. cikkét, majd megkezdte a terrorizmus elleni fellépés különböző elemeinek kidolgozását.

A 2002 novemberében tartott prágai csúcstalálkozón elfogadták a NATO terrorizmus elleni katonai koncepcióját, amelynek fontosabb elemei: a terrorizmus-elhárító, védekező intézkedések, a már bekövetkezett terrorista támadás következményeinek kezelése, a terrorizmus felszámolására irányuló, „támadó” lépések, valamint a katonai együttműködés. E koncepció is kimondja, hogy a terrorfenyegetést kizárólag katonai eszközökkel leküzdeni nem lehet. A katonai műveleteket koordinálni kell, és a diplomáciai, gazdasági, társadalmi, jogi és információs kezdeményezésekkel összhangban kell végrehajtani.

A terrorfenyegetettség az egyes embert éppúgy érinti, mint az egész társadalmat, így minden ország kötelessége, hogy támogassa a terrorizmus elleni harcot az ENSZ határozata értelmében. Ezt az üzenetet hangsúlyozták az ENSZ-csúcstalálkozóján, 2005 őszén, ahol a tagállamok elítélték a terrorizmus minden formáját, tekintet nélkül annak céljára, és kijelentették, hogy a terrorizmus jelenti az egyik legnagyobb veszélyt a nemzetközi békére és biztonságra. [1, 2, 3, 4]

A légi közlekedés járművei és telepített objektumai kiemelten veszélyeztetettek a terrorizmussal szemben. Az itt szolgálatot teljesítő állománynak különös figyelmet kell fordítani és fel kell készülni következőkre:

- a felszállást előkészítő személyzet, felszállásra készülő repülőgépen elkövetett erőszakos cselekményre, a bekövetkezett esemény elszigetelésére, lehetőség esetén elhárítására;

- a leszállást végrehajtó repülőgépen elkövetett cselekmény további folytatásának megakadályozására;
- a repülőtéren túsok szedésével, azok fogva tartásával megkísérelt cselekmények izolálására;
- a repülőtér területére robbanóanyag, fegyver bejuttatásának felderítésére, felhasználásának megakadályozására;
- forgalmi vagy műszaki előtereken lévő repülőgépek megszerzésére, felrobbantására irányuló cselekmény elhárítására;
- a repülőtér főépülete, utasváró, tranzitváró, tetőterasz elleni támadás megakadályozására;
- a repülőtéri szolgálati helyek, az ott feladatokat ellátók vagy objektumai ellen irányuló támadás megelőzésére;
- a repülőtér területén várható vagy bekövetkezett olyan rendkívüli esemény vagy cselekmény esetére, amely veszélyezteti a repülőtér és a légi közlekedés biztonságát. [5]

IED ESZÖZÖK

A terroristák akcióikat rendszerint fegyveresen, robbanóanyagok felhasználásával, vagy azzal való fenyegetéssel követik el.

Az IED definíciója: az improvizált robbanóeszközök olyan rombolóhatású nem nagyüzemi módon előállított bombák, amelyek a romboló vagy halálos hatást egészségre ártalmas anyagokkal, pirotechnikai eszközökkel vagy gyújtóhatású vegyi anyagokkal érik el. Alkalmazásuk célja személyek vagy gépjárművek alkalmatlanná tétele a harci alkalmazásra. Az IED-eket az ellenséges erő zavarására, rombolására, késleltetésére vagy eredeti támadó szándékának feladására használják. Az IED-ek előállításához használhatnak katonai vagy más, kereskedelmileg előállított robbanóanyagokat, esetenként a kettő keverékét, vagy más, házilag előállított robbanóanyagot. [6]

Maga a szerkezet viszonylag egyszerű: robbanótöltetből és gyújtószerkezetből áll. Formájukat, az alkalmazott gyújtási módokat, a robbanóerőt és robbanótöltetet illetően azonban már sokfélék lehetnek. Az IED töltete lehet akár a kereskedelemben beszerezhető anyagokból, de lehet katonai robbanóanyag is. Fennáll viszont az a veszély is, hogy szélsőséges elemek vegyi, biológiai vagy radioaktív (nagy mérvű radioaktív szennyeződést okozó „piszkos bomba”) töltetű IED-eket vetnek be [6].



1. ábra. IED eszköz [7]

A hagyományos, telepített IED-ek hatásukat csak az adott helyen, illetve közvetlen környezetükben fejtik ki. A robbantást maga a cél (pl. a jármű kerekének súlya), vagy általában távirányítással, a robbantást végző személy válthatja ki. A távirányítás történhet vezetékkel, mobiltelefonnal, garázs-távirányítóval, de egy egyszerű gumicsővel is, amellyel megfelelő nyomást lehet létrehozni egy kapcsoló működtetéséhez. A hagyományos robbanóeszközök új változatai „rendszeresítésén” túl a gerillaerők új „célba juttatási” eljárásokat is kidolgoztak. Ezek egyik módszere az egyéni öngyilkos merénylő, aki 5–12 kg robbanóanyagot visz magával a testére rögzítve, vagy a hátizsákjában. A töltet közé a nagyobb hatás elérése érdekében szögeket és golyócsapágy-golyókat (vagy más fémtárgyakat) tesznek.

A járművekre telepített IED (VBIED – Vehicle Born Improvised Explosive Device) igen veszélyes eszköz, hiszen az iniciálható robbanóanyag mennyiségét elméletben csak a jármű teherbírása korlátozza. A VBIED veszélyességét nagymértékben növeli, hogy a támadó a járművet pontosan célra irányíthatja, az akciót elhalaszthatja, vagy akár le is állíthatja. A VBIED-k veszélyességét az egyik amerikai szakértő pontosságuk és robbanóerejük alapján a Tomahawk szárnyas rakétaéhoz hasonlítja [6].

2001. szeptember 11. óta nemcsak célpontként gondolunk a légi közlekedési eszközökre, hanem tudjuk, hogy VBIED-ként hatalmas pusztításra képesek.

IED ELLENI VÉDELEM

Az IED okozta veszteségek és a támadások növekvő tendenciája miatt az ellenük való védelem az USA és más országok fegyveres erőinél a figyelem középpontjába került. A védekezés, illetve az ellentévékenység több területre terjed ki: a konvojműveletek során alkalmazott harcászati elveknek a szerzett tapasztalatok alapján történő módosítására, a felderítésre, valamint a passzív és aktív védelem eszközeinek és módszereinek fejlesztésére.[6]

Az IED-ek elleni harc egyik fontos területe a felderítés és megsemmisítés lehetőségeinek folyamatos fejlesztése, új típusú eszközök kidolgozása, az élő erő védelme. A világ hadseregei és fegyvergyártó cégei versenyben állnak a terroristák által alkalmazott egyre fejlettebb módszereivel.

A Magyar Honvédség is új kihívásokkal néz szembe az afganisztáni misszióban történő szerepvállalás és a pápai repülőtér fejlesztése miatt. 2006 előtt a honvéd tüzserészek alapvetően a fel nem robbant katonai lőszeres hatástalanításával és megsemmisítésével foglalkoztak, a PRT-ban szükségessé vált az IED eszközökre történő felkészítés, új eszközök beszerzése.

Az elmúlt két évben több eszköz rendszerbe állítását végezték el szakembereink, mint az EOD-9 típusú nehéz tüzserész védőruha, LDE típusú könnyű tüzserész védőruha, rádiózavaró eszközök, fémkereső detektorok, tüzserész robotok, diszrupter, manipulátor kar.

MUNKAHELYI EGÉSZSÉGVÉDELEM

A munkahely minden olyan szabad vagy zárt tér, föld alatti létesítmény, jármű, ahol munkavégzés céljából vagy azzal összefüggésben munkavállalók tartózkodnak. A munkavállaló napi 8 órát, tehát életének harmadát itt tölti. Azok a hatások, amelyek itt érik, az egész életét és egészségét befolyásolják [8].

Az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés érdekében a munkáltató köteles olyan intézkedéseket hozni, hogy lehetővé tegye a veszélyek elkerülését, ha ez nem lehetséges, azokat értékelni kell, és stratégiát kell kidolgozni az ártalmak csökkentésére.

A munkáltató köteles minőségileg, illetve szükség esetén mennyiségileg értékelni a munkavállalók egészségét és biztonságát veszélyeztető kockázatokat, különös tekintettel az alkalmazott munkaeszközökre, veszélyes anyagokra és készítményekre, a munkavállalókat érő terhelésekre, valamint a munkahelyek kialakítására. Az értékelés alapján olyan megelőző intézkedéseket szükséges hozni, amelyek biztosítják a munkakörülmények javulását, beépülnek a munkáltató valamennyi irányítási szintjén végzett tevékenységbe. A kockázatértékelés elvégzése munkabiztonsági és munkaegészségügyi szaktevékenységnek minősül. A kockázatértékelést a kémiai biztonság területén a külön jogszabályban foglaltak szerint kell elvégezni. A kockázatértékelés elengedhetetlen mozzanata a monitorozás, a kockázat mennyiségi meghatározása. [9]

A kockázatanalízis eredménye alapján, kockázatkezelési stratégiát kell kidolgozni, melynek célja, hogy a szolgálatot teljesítő állomány munkahelyi egészsége és biztonsága érdekében a foglalkozási eredetű megbetegedések és munkabalesetek kockázatát elfogadhatóan alacsony szinten tartsuk.

Megfelelő műszaki és munkaszervezési megoldásokkal jelentősen csökkenthetők a munkavállalókat terhelő egészségkárosodások. Ezek alapelvei: mérgező veszélyes anyagok és technológiák helyettesítése veszélytelenebbekkel; automatizálás, robottechnika, zárt technológia bevezetése; megfelelő műhely – épület kialakítása, pl. rezgésmentes alapozás; zajos gépek elkülönítése; gyártási-, munkafolyamatok elkülönítése, pl. építészeti, légtéri elválasztás, távolság növelése; megfelelő karbantartás; megfelelő szellőzés, elszívás, klíma, fűtés; munkaidő (expozíciós idő) korlátozása; szolgálati évek korlátozása. Amennyiben a kollektív védelemre nincs lehetőség vagy nem megfelelő mértékű, egyéni védőeszközöket kell alkalmazni. [9]

TÚZSZERÉSZ MUNKA KOCKÁZATI TÉNYEZŐI

Az IED tevékenységet misszióban és a pápai repülőtéren tűzszerezés járőrök látják el, melynek összetétele egy járőrparancsnok, beosztott tűzszerezés(ek) és gépjárművezető.

A következő táblázatban részletezem a tűzszerezés munka kockázati tényezőit vázlatos formában.

károsító hatás	egészségkárosodás	védekezés
<u>munkakörnyezet kialakítása, baleseti kockázat:</u>		
kedvezőtlen klimatikus viszonyok	hideg, meleg, nedves környezet hatása	szellőztetés, hűtés, fűtés, védőital, pihenőidő
robbanás, légnyomás és repeszhatás mozgó-forgó, vágó alkatrészek lepattogó részecskék kéziszerszámok használata tárgyak esése, dőlése nyílt láng vizesvágó	sérülések	balesetvédelmi rendszabályok betartása, jelzések, műszaki intézkedések, rendszeres karbantartás, automatizálás védőeszközök: szemüveg, álarc, speciális védőruházat (LDE, EOD-9 ruha)
<u>ergonómiai kóroki tényezők:</u>		
túl nehéz teher, helytelen emelés kézi anyagmozgatás	lumbago, mozgásszervi panaszok	helyes emelés, gépesítés
kényszertesthelyzet	mozgásszervi panaszok,	
<u>kémiai kóroki tényezők:</u>		
robbanóanyagok (TNT, hexogén, nitropenta, tetryl, ammónium-nitrát, lőpor stb. önállóan vagy keverékekben)	bőr és nyálkahártya irritáció szervspecifikus hatások	higiénés szabályok betartása védőeszközök (védőkesztyű, védőszemüveg, védőruházat, légzésvédő)
porok: robbanóanyagok pora, fém-oxidok, finom szemcsés homok	légúti, bőr irritáció, gyulladás idült bronchitis szervspecifikus hatások	részecskeszűrő típusú légzésvédő: FFP3 P3 osztályú félálarc
robbanás során felszabaduló gázok (CO, NOx)	mérgezés	szellőztetési idő betartása
speciális esetben előfordulnak a robbanótestek töltetként egyéb vegyi anyagok (foszfor, kősav, depletált urán)	mérgezés	higiénés szabályok betartása védőeszközök (védőkesztyű, védőszemüveg, védőruházat, légzésvédő)
<u>fizikai kóroki tényezők:</u>		
zaj (dörej)	halláskárosodás	egyéni hallásvédelem: fültok biztonsági távolság helyes meghatározása, terepviszonyok megfelelő kihasználása
hőterhelés	hőkimerülés, nehéz fizikai munka fokozza	hűtött védőruha (EOD-9)
ionizáló sugárzás (csomag-átvizsgáló rtg)	sztokhasztikus hatás	doziméter, védőtávolság, rendeltetés-szerű használat, rendszabályok
lézer (robot pontlézer)	retina károsodás, cataracta	védőtávolság, védőszemüveg
elektromágneses sugárzás (fémkereső kapu, rádió-zavaró)	cataracta, nemzőképesség csökkenése, fejfájás, szédülés	határértékek betartása, karbantartás
<u>biológiai kóroki tényezők</u>		
munkakörnyezetből adódóan kapcsolatba kerülhetnek állatokkal, ízeltlábúakkal pl. kullancs	Lyme-kór, encephalitis	védőoltás, rovarriasztó, rendszeres ellenőrzés
<u>pszichoszociális kóroki tényezők</u>		
a munka fokozottan balesetveszélyes jellegéből adódó rendkívüli pszichés terhelés	kimerülés, abúzusok, stressz okozta pszichoszomatikus betegségek	megfelelő kiképzés, felkészítés, stresszoldó tréningek
alá-fölé rendeltségi viszony, szervezeti hierarchia	stressz okozta pszichoszomatikus betegségek	
túlmunka, ügyeleti rendszerben 24 óras szolgálat	kimerülés, abúzusok	

1. táblázat. Tűzszerészek munkaegészségügyi kockázati tényezői

A fenti táblázat néhány pontjára kiemelten szeretném felhívni a figyelmet.

Robbanóanyagok toxikus hatása

A robbanóanyag olyan vegyület, vagy keverék, amelyet meggyújtva vagy felrobbantva egy rendkívül gyors, heves kémiai reakció játszódik le, nagy mennyiségű gáz és hő képződésével, amelyet fény, hang és nagy nyomású lökéshullám kísér. A fekete lőport már az ókorban is ismerték, de a ma széles körben elterjedt vegyületeket a XVIII. és XIX. században találták fel, és mint gyógyszer vagy festék alkalmazták, és csak később derült fény pusztító hatásukra.

típus	hatásfok	robbanóanyag
Iniciálók		ólom-azid ólom-sztfínát tetrazén higany-fulminát
Brizáns	alacsony	ANFO ANDO
	közepes	TNT paxit nitrocerkezit
	nagy	EGDN NG NC PETN RDX Dinamitok
Tolóhatású		fekete lőpor lőgyapot NG
Pirotechnikai keverékek		

2. táblázat. Legfontosabb robbanóanyagok csoportosítása



2. ábra. 400 g TNT préstest

Az emberi szervezetbe felszívódása por, melegítéskor gőz formájában a tüdőn, bőrön keresztül történik, de orális bejutás is lehetséges szándékos lenyelés vagy munkahelyen kontaminált kézzel

történő evés, dohányzás közben. Ép bőrön a TNT gyorsabban, a hexogén nagyon lassan adszorbeálódik, munka utáni alapos kézmosás csökkenti az expozíciót. Nagyobb jelentősége a sérült bőrön keresztüli felszívódásnak van, ezért nagyon fontos a robbanóanyagokkal való munka közbeni sérülés alapos tisztítása és ellátása.

robbanóanyag	célszerv	betegség
TNT	vérképző rendszer máj szív-érrendszer vese szem bőr, nyálkahártya	hemolízis, aplasticus anaemia májelégtelenség, májcirrhosis hypotonia degeneráció cataracta sárga elszíneződés, irritáció
Hexogén	idegrendszer légutak szív-érrendszer vese szem bőr	epilepsia foglalkozási asthma szívizom elfajulás papillanecrosis cataracta dermatitis
Nitropenta	szív-érrendszer vörösvértest	hypotonia methemoglobinaemia

3. táblázat. A legfontosabb robbanóanyagok egészségkárosító hatása

Általánosságban elmondható, hogy a TNT és hexogén esetében tünetek késleltetve jelenhetnek meg, sokszor az expozíció után néhány hét, hónap múlva, nitropenta esetében a panaszok azonnal jelentkeznek. Expozícióból való kiemeléskor a spontán regenerálódási készség és gyógyulás esélye nagy. Ismétlődő TNT mérgezéskor maradandó elváltozások, májcirrhosis és anaemia fejlődhet ki.

Késői toxikus hatások tekintetében a TNT az IARC monográfiája szerint nem rákkeltő, egy esetben fordult elő a mérgezettnél leukaemia, amit a robbanóanyag benzollal történő szennyeződésének tulajdonítottak, állatkísérletes adatok szerint nem okoz carcinogenesisist, teratogenesisist. A hexogén az IARC szerint nem rákkeltő, állatkísérletek során egerekben hepatocelluláris adenoma és carcinoma fordult elő, emberben nem észleltek fejlődési rendellenességet, patkányokban csont és belső szervek eltéréseit mutatták ki, kis születési súly viszonylag gyakran fordult elő, feltehetőleg az anya mérgezési állapota miatt.

A diagnózist a klinikai tünetek, a laboratóriumi elváltozások és az expozíció bizonyítottsága alapján állítjuk fel. Első teendő az expozícióból való kiemelés, további mérgezés lehetőségének megakadályozása, szükség esetén dekontaminálás, tüneti kezelés a kialakult kórképnek megfelelően, specifikus antidotum, terápia nincs.

Mivel a bőrön át is felszívódhatnak rendkívül fontos a megfelelő védőruházat, védőkesztyű, védőszemüveg, munkahelyi utáni fürdés és az esetleges sérülések minél korábbi szakszerű ellátása. Munkahelyeken a dohányzás és az étkezés tilos, csak a megfelelően kialakított szociális helyiségekben

lehet étkezni és a kijelölt dohányzóhelyen lehet dohányozni alapos kézmosás után. A robbanóanyag felhasználásához, darabolásához alkalmazott eszközöket más célra használni tilos. Határérték feletti légtérkoncentráció esetén légzésvédő (FFP3P3 védelmi képességekkel rendelkező részecskeszűrő félálarc) használata kötelező.

A fentiek ismeretében belátható, hogy mennyire fontos a megfelelő védelem, műszaki intézkedések és egyéni védőeszközök használata. A parancsnokok, munkavédelmi tisztok és az egészségügyi szakállomány fordítsanak fokozott figyelmet az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés körülményeinek biztosítására. [10, 11]

Piszkos bombák okozta egészségkárosodás

A piszkos bombák pánikkeltő tömegpusztító hatású fegyverek, amelyek egy megfelelően választott töltet segítségével (alfa emitterek) a vegyi fegyverek jellegzetességeit mutatják miközben radioaktív sugárzás is keletkezik. Az alfa sugárzás rövid áthatoló képességű, rendkívül erős ionizáló hatású, melynek a sugárzó anyag inkorporálása esetén súlyos élettani következményei lehetnek. Az akut sugárbetegség kialakulásához pár nanogramnyi Po-210 is elég. Az ionizáló hatás mellett nem hagyhatók figyelmen kívül a sugárzó anyag kémiai jellegzetességei és toxikus hatásai sem. Főként belégzéssel jutnak a szervezetbe, ezért veszély esetén elsődleges fontosságú a katona védelme az inhaláció ellen részecskeszűrő és vegyi anyagokkal szemben is ellenálló maszk vagy légzőkészülék segítségével. Másik lehetséges bejutási kapu a szennyezett bőrsérülés, nagyon fontos, hogy a legkisebb sérülést is megfelelő szakellátásban részesítsünk. [12]

Védőruha okozta megterhelés



3. ábra EOD-9 nehéz tüzserész védőruha

Katonai védőeszköz: kizárólag, illetve elsődlegesen katonai célra kifejlesztett és gyártott – a veszélyforrás kiküszöbölésére vagy a veszélyforrás hatásának csökkentésére szolgáló – védő funkciójú eszköz. A veszélyes haditechnikai eszközöket, továbbá valamennyi katonai védőeszközt rendszeresíteni, szervezetbe állítani vagy alkalmazásba venni csak akkor lehet, ha a haditechnikai eszköz rendelkezik hadi-megfelelőségi tanúsítvánnyal, a katonai védőeszköz pedig hadi-minősítő bizonyítvánnyal.

A nehéz tűzszerész ruha (EOD-9), amelyet a tűzszerészek IED hatástalanítás közben viselnek, a katonai védőeszközök csoportjába tartozik. Kiegyensúlyozott védelmet biztosít a túlnyomás, repesz, lökéshullám és a hőhatás ellen, de nem nyújt garanciát arra, hogy robbanás esetén nem lesz súlyos sérülés vagy halál. Bár a ma használt ruha már rugalmas, könnyen állítható méretre, belső kommunikációs, folyadékellátó és környezet-megfigyelő rendszerrel rendelkezik, a sisakban ventilátor, valamint a ruha alá vehető hűtőrendszer védi használatját a túlzott hőterhelés ellen, nem hagyhatjuk figyelmen kívül azt a tényt, hogy a tűzszerész munka közben a felszerelésen túl még több mint 45 kg terhet cipel, ennyi ugyanis a ruha tömege. Ez a többlet jócskán megnöveli a katonát érő megterhelést és igénybevételt. [13]

A megterhelés a foglalkozáshoz kapcsolódó munkavégzésből (fizikai, fiziológiai, pszichés) és a munkakörnyezetből (fizikai, kémiai, biológiai, ergonómiai, pszihoszociális) eredő baleseti veszélyek, megterhelések és kóroki tényezők. Ugyanaz a megterhelés különböző egyének számára (testi felépítésüktől, izomzatuk fejlettségétől, egészségi állapotuktól függően) különböző igénybevételt jelent, az a munkahelyi megterhelés a megengedhető, amely által okozott igénybevétel az optimálistól tartósan nem tér el. [8]

Ebben az esetben tehát fontos az előzetes egészségügyi vizsgálat, gyakorlás, rendszeres testedzés, és a megfelelő akklimatizáció az adott munkaterületen. Védőital, pihenőidő biztosítása, és a megfelelő, mérethelyes felszerelés szintén nem elhanyagolható szempont.

Dörejártaalom

A dörej egy rendkívül erős, rövid ideig tartó hangjelenség, amelynél a nagyintenzitású hang és egyidejűleg nagymértékű légnyomásváltozás lép fel. Robbanást vagy sűrített levegő, gáz kifúvását kíséri. A robbanás okozta dörej spektrumában főleg a mély hangok dominálnak. [14, 15]

A robbanásokat követő hangjelenség a robbanás potenciális energiájának azon részéből származik, amely akusztikus hullámokat kelt a hallható hangok frekvenciasávjában. Tehát az akusztikus hullámok a légnyomásváltozás részjelensége az adott esetben, a nyomás-idő görbék korrelálnak egymással. Terjedését befolyásolja a levegő hőmérséklete, légmozgások, terepviszonyok.

A zaj okozta halláskárosodás patomechanizmusa a fülben: az érzékelő szőrsejtek destrukciója, melyekben a zaj feltehetőleg oxigénhiányos állapotot idéz elő. Míg a légnyomásváltozás nélküli nagyintenzitású hang hatására főleg a magas hangok területére korlátozódó percepciós típusú halláscsökkenés alakul ki, a dörejártalomnál a középfül és a belfül struktúrájának károsodása miatt

általában kombinált típusú halláscsökkenés jön létre. A dörej erejétől függően a membrana tympanin kisebb-nagyobb szakadások, a középfülben bevérzés, a hallócsontláncolat luxációját, szakadása, a fenestra ovális rupturája, a basalmembrán leszakadása, a Corti-szerv, illetve a szőrsejtek károsodása jöhet létre. [8, 16]

Megelőzésére a következő szempontokat kell számításba vennünk a kockázatkezelési stratégia kidolgozásakor:

- a robbantási terület helyes megválasztása, terep adottságainak kihasználása, megfelelő biztonsági távolság meghatározása;
- a robbantás közelében az a minimális létszámú állomány tartózkodjon, akik még képesek a feladatot maradéktalanul végrehajtani;
- egyéni védőeszköz biztosítása.

Ionizáló és nem ionizáló sugárzások

Elektromágneses sugárzást bocsátanak ki munka közben a fémdetektor kapu vagy a rádióadást zavaró berendezések, amelyek sugárzási szintjének mérésekor nem érték el a kimutathatóság szintjét. Ilyen berendezések alkalmazásakor munkahelyeken a határértékeket a 2004/40/EK irányelv határozza meg. Az elektromágneses sugárzás esetében a biológiai hatás az élő szervezet belső víztartalmának felmelegítése révén jön létre. A vérkeringés ezt némileg kompenzálni képes a hőleadás fokozásával, a rossz vérellátású illetve hőérzékeny szervek érzékenyebbek, mint a szemlencse (szürkehályog jelentkezik) vagy a herék (csökkent spermium termelő képességet fedeztek fel egyes esetekben). Rák kialakulása a jelenlegi kutatási eredmények szerint valószínűtlen. [17]

Mind az Andros F6-A nehéz tűzszerező robot és a TR 0906 Telemax típusú tűzszerező robot rendelkezik a célmegjelöléshez lézeres irányzókkal. [18] A lézer a magyar szabályozás szerint 3B osztályú, közepesen veszélyes. Alkalmazásakor a sugárnyalábra 10 méteren belülről védőszemüveg nélkül tilos belenézni, illetve azt 10 méternél közelebb álló személyre irányítani tilos. Baleset esetén azonnal szemészeti vizsgálat szükséges az érintetteknek, mivel a lézer elsősorban a szemben okoz elváltozásokat, szürkehályogot, szaru- és ideghártya sérülést.

Csomagok, konténerek, bombák átvilágításához alkalmazható röntgensugár is. Az alakulatunknál rendszeresítés alatt áll az XRS-3 röntgensugár generátor. Működésekor 50 ns időtartamú nagyenergiájú impulzusokkal világítja át a kijelölt tárgyat. A gyártó utasítása szerint használatkor a megfelelően kiképzett katonának ionizációs típusú dozimétert kell viselnie, valamint minden körülmények között be kell tartani a biztonsági távolságot. [19]

Vizesvágó okozta sérülés

A vízsugaras vágó berendezések esetében a helyzeti energiát egy nagynyomású szivattyú állítja elő, kb. 4000 bar víznyomást hoz létre. A speciálisan kialakított fűvókán a nagynyomású víz áthaladva felgyorsul kb. 750 m/sec - ra, a helyzeti energiából így nyerjük a vágáshoz szükséges kinetikus

energiát. A vágás történhet tiszta vízzel, ekkor a vágási szélesség 0,08 -0,4 mm, illetve abrazív anyag (pl. homok) hozzáadásával, ekkor a vágási szélesség 0,5 -1,5 mm. A berendezés képes 2,5 cm vastag acéllemez átvágására is, nagyon pontos és a vágáskor nem keletkezik szikra.



4. ábra. MINI MACE Vizesvágó

A sérülés megjelenhet egy pontszerű, kis vérzéssel járó, ártalmatlannak tűnő seb képében, de végtag amputáció is előfordulhat.

A tünetek kezdetben szegényesek lehetnek, a páciens nem érzi súlyosnak, sokszor nem jelentkezik ellátásra sem. Pár óra múlva fokozódó fájdalom, feszülés, zsibbadás, elszíneződés, duzzanat tapasztalható. Az aránytalanul nagy fájdalom kompartment szindrómára utal. Mozgáskiterjedés csökken, majd az érintett ujj(ak) merevvé válnak. Először a vénás rendszer komprimálódik, az ujj kék színű, majd az artériák is összenyomódnak, sápadtság, hűvös bőr és érzéketlenség jelzi.

A károsodás mértékét befolyásolja az idegen anyag toxicitása (homokszemcsék krónikus gyulladást okoznak, fibrózis gyakori), viszkozitása, volumene, valamint a penetráció mélysége, helye és a befecskendezés nyomása.

A maradandó elváltozást, legtöbbször rokkantságot okozó sérüléseket megelőzni kell elsősorban, ezt pedig a munkavédelmi szabályok betartásával és betartatásával, megfelelő műszaki és egyéni védőeszközös védelemmel lehet. Szintén oktatni kell az esetleges sérülések megjelenési formáit, jelentőségét, hogy még a legjelentéktelenebbnek tűnő elváltozást is jelentsék az egészségügyi szolgálatnak.[20]

Pszichés terhelés

Pszichológiai stresszállapot akkor jön létre, ha a szervezet olyan helyzettel találkozik, amely az egyén saját megítélése szerint meghaladja a rendelkezésére álló erőforrásokat.

Stresszoroknak a szervezetre ható külső erőket, körülményeket, vagyis azokat az ingereket nevezzük, amelyek kellemetlennek megélt testi változásokat és lelki reakciókat váltanak ki. Közös jellemzői: a stresszkeltő események befolyásolhatatlannak tűnnek, bejósolhatatlanok, képességeink határait érintik, megkérdőjelezzik énképünket.

A stressz bizonyos fokig az önvédelmet szolgálja egy fenyegető helyzetben, lehetővé teszi, hogy az ember teljes energiájával az adott veszélyre koncentráljon, maximális fizikai erőt összpontosítson, és felkészüljön a fenyegetésre adandó válaszlépésre, de túlzott vagy le nem vezetett stressz bizonyítottan egészségkárosító hatású. [21]

Tűzszerészek esetében az IED elleni tevékenység esetében a bizonytalanság, bejósolhatatlanság, kiszolgáltatottság még kifejezettebb, mint más katonáknál. Itt a legbiztosabb tudás, legnagyobb gyakorlat sem ad biztos védelmet. A balesetek után a hátramaradottakban nagyon gyakori a poszttraumás stressz. Nemcsak az adott feladat jelenik meg, mint stresszfaktor, hanem az állandó készenlét, a szigorú alá-fölé rendeltség, a rendszeres túlmunka is.

A tűzszerész beosztásban dolgozók esetében a pszichés alkalmasságnak kiemelt figyelmet kell fordítani, alakulatunknál csapatpszichológus segíti a katonákat, illetve az alkalmassági vizsgálaton szigorú követelmények vannak megszabva.

TŰZSZERÉSZEK ÉS AKNAKUTATÓK KIEMELT EGÉSZSÉGÜGYI ALKALMASSÁGI KÖVETELMÉNYEI

Az alkalmassági vizsgálatok elvégzésének alapvető célja, hogy megállapítsuk a munkavállaló arra való alkalmasságát, hogy tudja-e teljesíteni feladatait önmaga és mások veszélyeztetése nélkül, elősegítsük a munka adaptálását a munkát végző egyénhez, valamint minél korábban megállapítsuk a munka okozta elváltozásokat.

A 7/2006 HM rendelet írja elő a tűzszerészek és aknakutatók kiemelt alkalmassági követelményeit. A kiemelt alkalmasság előzetes elbírálása:

- (1) A tűzszerész és az aknakutató beosztású katona fegyvernemi (beosztási) alkalmassági vizsgálatát és minősítését az MH HEK AVI végzi.
- (2) Tűzszerész és aknakutató beosztásban alapkövetelmény az A3 rovat szerinti „A” minősítés.
- (3) A beosztásba helyezés előtti kiemelt minősítés követelményei:
 - a) az idegrendszer kifogástalan állapota,
 - b) kifogástalan látás és színlátás,
 - c) audiometriával igazolt ép hallás,
 - d) a kéz ujjainak teljes épsége.
- (4) A beosztásba helyezést megelőző alkalmassági minősítés ellenjavallatai:
 - a) a pszichés funkciók bármilyen eredetű károsodása,
 - b) gyógyszer-, alkoholfüggőség, valamint pozitív drogszűrési eredmény,
 - c) mozgáskoordinációs zavar, végtag tremor,
 - d) látóélesség csökkenés, a színlátás zavara,
 - e) halláscsökkenés.

Az időszakos alkalmassági vizsgálat:

- (1) Az időszakos alkalmassági vizsgálat tervezett és soron kívüli lehet:
 - a) a tervezett időszakos alkalmassági vizsgálatot két évente kell elvégezni,
 - b) a tűzszerész és aknakutató egészségi állapotában bekövetkezett változás esetén kérésére, illetve az állományilletékes parancsnok vagy a csapatorvos kezdeményezésére a vizsgálatot soron kívül kell elvégezni.
- (2) Az időszakos alkalmassági minősítés követelményei:
 - a) a látóélesség korrekciója olyan mértékű lehet, hogy a közeli látás Csapodi 4-nek feleljen meg,
 - b) kifogástalan színlátás,
 - c) élettani hallás mindkét fülön. Mérsékelt, 30 decibelt meg nem haladó beszéd halláscsökkenés, illetőleg 60 decibelt meg nem haladó csökkent hallás a magas frekvenciatarományban megengedhető.
- (3) A beosztás ellátásának ellenjavallatai:
 - a) aktuálisan kialakult és várhatóan tartós vagy progrediáló pszichés funkciókárosodás,
 - b) a látásélesség elérhető optimális korrekciója sem teszi lehetővé a tárgyak egy mm-es részleteinek megbízható érzékelését,
 - c) 30 decibelt meghaladó halláscsökkenés a beszédzónában,
 - d) a végtagok vagy a kezujjak funkciókárosodását eredményező bármilyen eredetű kórállapot.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az előbbieken igyekeztem rávilágítani arra, hogy az IED elleni tűzszerész tevékenységek nemcsak azt a baleseti veszélyt hordozzák magukban, amelyet nap mint nap a médiában is láthatunk, hanem igen sokrétű kockázatnak vannak katonáink kitéve munkaegészségügyi szempontból is.

Az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés feltételeinek megteremtéséért a munkáltató a felelős, természetesen ezen a területen kompromisszumokra kényszerülünk, de amennyiben lehetséges, minden esetben próbáljuk betartani és betartatni a fent említett higiénés szabályokat. Ez minden parancsnok, munkavédelmi és egészségügyi szakember feladata és felelőssége.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] KŐSZEGVÁRI Tibor – RESPERGER István: A nemzetközi terrorizmus elleni harc katonai tapasztalatai, ZMNE, Budapest, 2002.
- [2] A nemzetközi terrorizmus elleni küzdelem <http://www.norvegia.hu/policy/security/terrorism/terrorism.htm>
- [3] LUKÁCS László: Robbantásos merényletek elkövetésének lehetősége Magyarországon, Hadtudományi tájékoztató 1994/1 II. kötet pp. 33-39.
- [4] LUKÁCS László: Terrorrobbantás Papírsárkány vagy reális fenyegetés, Detektor plusz 1996/4 pp. 26-30.
- [5] SZABÓ Imre: A Határőrség feladatai terrorelhárítás esetén <http://www.zmne.hu/tanszkek/kvt/digitgy/20011/hadtud/szaboim.html>
- [6] Az improvizált robbanóeszközök alkalmazásáról http://www.hm.gov.hu/hirek/kiadvanyok/uj_honvedsesegi_szemle/az_improvizalt_robbanoeszkozok_alkalmazasarol
- [7] <http://nymilim.com/Videos/RoadsideIED.jpg>
- [8] UNGVÁRY György: Munkaegészségtan, Medicina, 2004 p. 983.

- [9] 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről, egységes szerkezetben a végrehajtásáról szóló 5/1993. (XII. 26.) MüM rendelettel.
- [10] HERNÁD Mária: Robbanóanyagok toxikológiája I.- TNT, Műszaki Katonai Közlöny 2007/1-4. pp. 191-198.
- [11] HERNÁD Mária: Robbanóanyagok toxikológiája II.- RDX, PETN, Műszaki Katonai Közlöny 2008/1-2.
- [12] MOLNÁR Kolos, VINCZE Árpád, SOLYMOSI József: Alfa-sugárzóval elkövetett „piszkos bomba” támadás következményei és azok felszámolása, Sugárvédelem, 2008/1. pp. 21-29.
http://www.sugarvedelem.hu/sugarvedelem/docs/V1i1/Moln_04V1_final.pdf
- [13] EOD-9 nehéz tűzszerész védőruha használati utasítás, Med-Eng Inc.
- [14] LUKÁCS László: Katonai robbantástechnika és környezetvédelem, ZMNE jegyzet (1997) p.304 (133-144)
- [15] Munkahelyi zajexpozíció okozta halláskárosodás és megelőzése
<http://www.mvkepviselelo.hu/archiv/2005/zajexpozicio.htm> Letöltés: 2008.12.02.14.49.
- [16] ÉKES Erika: Halláskárosodottak munkakörüi alkalmasságának véleményezése, szakmai segédanyag, OMFI (2004) p. 40
- [17] Az elektromágneses terek és a lakosság egészsége <http://www.osski.hu/info/emfph/emfph4/emfph4.html>
- [18] GÁCSER Zoltán: Tűzszerész és felderítő robotok a magyar haderőben, Robothadviselés 7. Tudományos Szakmai Konferencia, 2007. november 27.
- [19] XRS-3 Kezelői kézikönyv
- [20] HERNÁD Mária: Nagynyomású vízvágó okozta sérülések jelentősége, Műszaki Katonai Közlöny 2008/1-2.
- [21] Munkapszichológia <http://pszicho.btk.ppke.hu/diakelet/segedanyagok/munkapszichologia.doc>



Imreh Lajos - Blaskovits Zsuzsanna - Dr. Restás Ágoston

ÚJ MÓDSZEREK A LÉGI TŰZOLTÁSBAN

Bevezetés

Az elmúlt években, de különösen 2007 júliusában a szokásosnál több erdő-, bozót- és tarlótűzhöz riasztották tűzoltóságokat. Szinte nem volt olyan tájegysége hazánknak, ahonnan naponta ne kértek volna segítséget a növényzet kisebb-nagyobb fokú tüzeinek az oltásához. Statisztikák szerint 2007-ben 2400 hektárnyi erdő vált a tűz martalékává. A nagy kiterjedésű erdő és bozót tüzek megmutatták, hogy a hagyományos tűzoltó eszközökkel az oltás nem, vagy csak nehezen kivitelezhető. Ennek egyik oka az, hogy az erdős területeken a tűzoltóautók számára nehezen járható, vagy járhatatlan erdészeti utak lehetetlenné teszik a tűz frontvonalának elérését. A nagy tengelyterhelésű vízszállító járművek mozgása nehéz, ebből adódóan a szükséges vízmennyiség utánpótlása lehetetlen és szélirány változás esetén a gépjárműveket nagy veszélynek teszik ki. Nagy értékű tűzoltóautókban olyan mértékű károk keletkeznek, aminek helyreállítása nagyon költséges és idő előtti kivonásukat jelentheti a rendszerből. Ezeket a tűzoltóautókat városi tüzek elhárítására tervezték. A nehéz terepviszonyok bebizonyították, hogy önmagukban a földi eszközök nem alkalmasak a nagy kiterjedésű erdőtüzek oltásához, ezért szükség lenne több légi járműre, ami nem csak felderítésre, hanem tűzoltásra is alkalmas.

A legnagyobb biztonságot talán a légi tűzoltás jelenti, mivel minden szinten képes a földi egységek támogatására. Bevetésének eddigi akadályai az oltási, üzemeltetési költségek mértéke és a megfelelően hasznosítható légi jármű hiánya volt, de egy átlagos településcsoport, régió – ami természetesen erdőtűzveszélyes területnek minősül - költségvetésének részét is képezhetné egy készenléti helikopteres egység fenntartása, vagy időszakos készenlétké helyezése.

A Forgószárny Kft. 1989. április 25-én alakult meg, mint légitársaság. A '90-es évek elejétől bővült tevékenységi köre, és kezdett el foglalkozni katasztrófavédelemhez kapcsolódó feladatokkal. A fő cél az volt, hogy a nehezen megközelíthető, nagy kiterjedésű tüzek hatékonyabb, gyorsabb oltására egy új, légi technológia kerüljön kidolgozásra, melynek eredménye egy ún. belsőtartályos rendszer megalkotása lett.

A REPÜLŐGÉPEK ÉS HELIKOPTEREK ALKALMAZÁSA

Felderítés

Az erdőtűz oltási technika az elmúlt évtizedekben nemzetközi szinten folyamatosan fejlődött, a fejlesztések követték a repülőeszközök technikai fejlődésének tendenciáját. A repülőgép „tűzoltói bevetése” legelőször arról szólt, hogy kiterjedt erdőtűznél a parancsnok (az oltásvezető) a légi jármű fedélzetéről tudja

felderíteni, megfigyelni a tüzet, és képes legyen hatékonyan és eredményesen vezetni, vezényelni csapatát. Az alapgondolat ennél az alkalmazásnál az, hogy a levegőből a parancsnok sokkal jobb áttekintéssel rendelkezik, mint a földön, az erdőben. A magasból a tájékozódás, a tűz felderítése pillanatok alatt lehetséges, de behatárolható a tűz nagysága, terjedési iránya. Egyértelműen meghatározható milyen irányban, távolságon kell megkezdeni az oltási, illetve fa kivágási munkálatokat, hova kell az erőket koncentrálni, honnan kell időben elvezényelni a veszélyeztetett csoportokat. A földi „erőkkel” való állandó kapcsolat, a megbízható vezetés a beavatkozás hatékonyságát, de a „vezényelték” biztonságát is szolgálja.

Tűzoltás

Magyarországon napjainkban nagy kiterjedésű, illetve nehezen megközelíthető helyek oltására eddig a BAMBY-BUCKET külső függesztésű tartály alkalmazása volt a legelterjedtebb légi tűzoltási technológia. Az oltásnál gyakran használták a kisebb teljesítményű Mi-2-es, illetve bevetettek nagyobb teljesítményű Mi-8-as, vagy Mi-17-es honvédségi helikoptereket is.

A helikopter elsősorban a nehezen, vagy egyáltalán meg nem közelíthető helyek oltására hivatott. A Mi-2 helikopter elegendően nagy belső térrel és teljesítménnyel rendelkezik ahhoz, hogy egyrészt egy belső tartály a megfelelő mennyiségű oltóanyagot be tudja fogadni a kijuttatásig, másrészt egy mentőszemély és a tűzoltás vezetője is helyet kapjon ezzel egyidőben a fedélzeten. Ezzel a szállítókapacitással nehezen megközelíthető helyen rekedt személy (bajbajutott tűzoltó, lakos) kimentése is lehetséges, még akkor is, ha az már földi úton nem érhető el.

AZ INNOVÁCIÓ LÉNYEGE

A 90-es évek végétől került sor a többcélú Mi-2 típusú helikopter speciális fejlesztésére. Erre a célra egy alacsony üzemeltetési költségű, de legalább 1000 kg vagy ennél több oltóanyag szállítására alkalmas Mi-2 lett átalakítva. Következő fejlesztések valósultak meg:

Az oltóanyag befogadására alkalmas speciálisan kialakított belső tartály megtervezése és legyártása.

A tartály feltöltésének és ürítésének gyors és megbízható módjának kialakítása.

Az oltóanyag gyors és pontos célba juttatási módjának, eszközének, vezérlésének kialakítása.

A többcélú hasznosíthatóságához szükséges fejlesztések, átalakítások elvégzése.

A cél az volt, hogy a megvalósult rendszer bárhol és bármikor bevethető legyen, nem csak Magyarország területén, hanem akár a környező országokban is. Nem csak tüzet olt és felderít, hanem szükség esetén bajbajutott emberek kimentésére is alkalmas. A belsőtartály kialakítása úgy lett megtervezve, hogy egy mentésre jogosult személy is helyet kapjon a gépen. Ezzel is növeltük a helikopter felhasználhatóságát.

A belsőtartályt egy speciális adapteren keresztül kell feltölteni, ami kompatibilis a tűzoltóságnál használt tömlőkkel és a feltöltés idejét átlagosan 20 másodpercre csökkenti. A fejlesztés során olyan

tapasztalatokra tettünk szert, amely a légi mentés és tűzoltás módszertani alapjait a későbbiekben lerakhatja és a következő kutatás-fejlesztési tevékenységek támaszául szolgálhat.

A fejlesztői munka során nem egy már meglévő technológia került adaptálásra, illetve átalakításra céljainknak megfelelően, hanem egy teljesen új, a gép testben elhelyezhető belső tartályos tűzoltórendszert fejlesztünk ki. Kijelenthető tehát, hogy nem az eddig használt technológiák továbbfejlesztéséről van szó, hanem egy merőben új, eddig sehol sem alkalmazott módszert dolgoztunk ki. A bamby-bucket módszerrel ellentétben nem külső, függesztett megoldást használunk, mert annak számtalan hátránya van. Az általunk tervezett megoldás a törzsben elhelyezett zárt tartály, mely képes az oltóanyag befogadására. A kijuttatás 700 mm-es nyíláson történik, ami egy másodperces ürítést tesz lehetővé 1200 liter oltóanyag esetén. A kifejlesztésre került műszaki konstrukció előnye, hogy az oltóanyagot kis magasságból, nagy pontossággal és főként nagy kinetikus energiával tudjuk kijuttatni. A kijuttatás pontosságát, időzítését egy erre a célra kifejlesztett elektromos mechanizmus vezérel.

A helikopter sebességéből származó kinetikus erő kihasználása révén az oltóhatás növekedését érhetjük el. A víz ütőhatása és az a tény, hogy nem porlad el, nem szóródik szét, hanem egyszersmind impulzusával részt vesz az oltásban, jótékonyan befolyásolja az oltás gazdaságosságát.

Megoldásunk fontos jellemzője a merőben új kijuttatási mód, mely nem a gép tengelyében, hanem erre merőlegesen juttatja ki a tűzoltó anyagot. Ezzel a módszerrel nem szükséges a géptestet átalakítani, mivel a belső tartályból a tűzoltó anyag a gép oldalán távozik. A kijuttatás emiatt gyorsabb és biztonságosabb, hiszen nem kell a helikopternek a tűz fölé berepülnie. Ez a tény a repülő személyzet számára egyértelműen kockázatsökkentő, még az alacsonyabb magasságból való kijuttatás esetén is.

A TALÁLTMÁNY ELŐNYE A HAGYOMÁNYOS MÓDSZERHEZ KÉPEST

A helikopteres tűzoltásban elterjedten alkalmazott módszer az úgynevezett BAMBY-BUCKET segítségével történő oltás, melyet elsősorban a nehezen megközelíthető tüzek oltására használnak. A módszer lényege, hogy a helikopterre rögzített és arról a géptest alá lelógatott puttonyt a gép egy szabad vízfelületen megmeríti, majd az így felvett vizet az oltás helyszínén kiengedi. A hagyományosan használt BAMBY-t elméleti térfogata kb. 600 liter víz szállítására teszi alkalmassá, azonban lévén, hogy a puttony egy helikopterre rögzített kötélén himbálózik, a felvett víz jelentős része még azelőtt távozik a szerkezet nyitott tetején át, hogy azzal a gép a megfelelő helyre érne. A rugalmas falú tartály pulzálása közben értékes literék vesznek kárba, a vízmennyiséget a menetszél hatására felületről leváló vízpára is jelentősen csökkenti. Így mire egy Bamby Bucket odaér a bevetés helyére jó, ha 400-500 liter víz van a tartályában. A módszer hatékonyságát tovább rontja a kis átmérőn, nagy magasságból, hosszú idő alatt történő leürítés, a víz porladása és szóródása.

A kiürített víz, ahogy "kilép" a tartályból – a légi jármű által keltett turbulenciától eltekintve – az azt körülvevő nagyjából nyugalmi állapotú levegővel találkozik. A kibocsátás kezdetén még nagy sebességű - a repülési sebességgel megegyező sebességű - viszonylag nagy cseppek a levegővel ütközve szinte szétporladnak. Ez megnöveli a vízcseppek felületét, ami nagyobb területet képes beborítani, illetve az oltóanyag a vízszintes irányú sebességét szinte teljesen elveszíti, majd a környező levegő vízszintes síkú mozgását veszi át. Ebből nyilvánvaló, hogy a szél is jelentős hatással van a célzás pontosságára, tehát a vízkibocsátás megkezdésének pontja valószínűleg nem fog egybeesni a "bepermetezni" kívánt terület kezdetének függőleges metszetével. Ezáltal célszerű a tartály kiürítését a célterület felé érkezés előtt – természetesen az adott területen éppen uralkodó szél tulajdonságainak ismeretében – megkezdeni. Ebből adódik az a gyakorlati tapasztalati tény, hogy minden 10. dobásból átlagosan 1 ér pontosan célba. Számos paraméter egyidejű figyelembe vétele nem könnyű feladat a pilóták számára. Ráadásul veszélyes környezetben, rossz látási viszonyok és erős turbulencia, magas környezeti hőmérséklet mellett kell végeznie munkáját, meghozni döntéseit a pontos célba juttatás érdekében. Ráadásul a függesztmény jellege, a helikopter felépítése miatt pont az ürítés előtti pillanatban a gép teste kitakarja a célterületet. A fenti statisztikai adatból is jól látszik, hogy ez nem könnyű feladat.

A LÉGI TŰZOLTÁS MÓDSZEREI

A helyes módszer kiválasztása számos befolyásoló tényezőtől függ. A repülőgépes oltás tapasztalataiként elmondható: A módszer nehéz terepviszonyok esetében nagy kiterjedésű tüzesetknél jól használható. A megfelelő oltóhatás elérése érdekében többszöri rárepüléssel növelni lehet a hatékonyságot. Célszerű a repülőgépes oltást követően a lefedetlen területre légi tűzoltó deszant bevetése az utómunkálatokra. Az utómunkálatoknál történő bevetés esetén célszerű az oltandó helyet helikopterrel kijelölni, illetve rávezetni. A légi felderítések tapasztalata az, hogy infrakamera használata nagymértékben elősegíti a tűzgócok kijelölését. A földfelszínről átláthatatlan területek tűzoltás-irányítási tapasztalata, hogy a levegőből történő tűzoltás-irányítás nagymértékben segíti a védelem munkáját, amennyiben egyértelmű a rádió összeköttetés ideje alatt a földi erők jelölése és a a helyzetük meghatározása.

Nagy hátránya ennek a hagyományosnak mondható módszernek, hogy amennyiben a bevetés közelében nyílt vízfelület nem áll rendelkezésre, úgy a puttony feltöltésére a helyszínre kell szállítani egy megfelelő méretű konténert (medencét), amelybe valamilyen módszerrel (fecskendő, tartálykocsi, szivattyú, tűzcsap) folyamatosan vizet kell juttatni. A folyamat meglehetősen gazdaságtalan, hiszen a vizet ez esetben kétszer kell mozgatni, ráadásul a megfelelő méretű, térfogatú töltőmedencéről is gondoskodni kell, ami sok esetben további nehézséget jelenthet. Ráadásul ez a medence a legkritikább esetben helyezhető el a tűz közelében, általában a tüztől távol kerülhet csak kialakításra. A medence töltése ezáltal megosztja földi tűzoltó csapatok szállító kapacitását és jelentősen megnöveli a helikopterrel történő un. ráhordási időt.

Az általunk kifejlesztett, új módszer lényege, hogy a helikopter belsejében egy speciálisan oda tervezett tartály kap helyet, amelyet közvetlenül egy tömlő segítségével egy közönséges gépjárműfecskendő tölt fel vízzel. A módszer óriási előnye a nyílt vízfelszíntől való függetlenség, a nagyon gyors bevethetőség, valamint a jelentős többlet oltóvíz kapacitás, mely ráadásul 100%-ban felhasználható, veszteség nélkül, köszönhetően a zárt rendszernek.

Mivel az új technológia segítségével a teher nem egy hosszú kötél végén, hanem a gép belsejében helyezkedik el, ezért a helikopter manőverezhetősége- így az oltóvíz célba juttatásának pontossága, valamint az egyes fordulókörök sebessége jelentősen megnövekedhet, ami szintén a hatékonyságot növeli.

Igaz ugyan, hogy a nagyobb hasznos terhelhetőséggel bíró helikopterek nagyobb mennyiségű oltóvíz szállítására képesek, de lomhaságuknak köszönhetően az óránként szállított vízmennyiség jelentősen elmarad a kisebb víztömeget szállító Mi-2-es gép teljesítményétől. Kijelenthetjük, hogy az általunk fejlesztett rendszer és az alkalmazott Mi-2-es helikopter a tűz hatékony oltása (óránkénti fordulók száma egy fordulóval eljuttatott víz mennyisége) szempontjából ideális párosítást alkot. A gyakorlatban ez annyit jelent, hogy míg a tűzoltásnál, illetve gátépítő/erősítő munkálatoknál használt nagyobb gépek óránként 3-4 forduló teljesítésére képesek, addig a Mi-2-es helikoptereknek elegendő 4-5 perc egy kör teljesítésére, azaz óránként 12-15 alkalommal tudnak teljesíteni fordulót. Ha ezen felül számításba vesszük a nagyobb helikopterek üzemóránkénti átlagosan 3-4-szeres üzemeltetési költségét, akkor a mi általunk használt helikoptertípus jó esetben is 6-7-szer gazdaságosabban bevethető erdőtüzek oltása esetén.

A Mi-2 helikopter üzemeltetése olcsóbb, méreténél fogva mozgékonyabb, jobban manőverezhető, mint az eddig alkalmazott helikopterek. Az általunk kifejlesztett, zárt, belső tartályos technológiának köszönhetően a helikopter kis magasságból, oldalirányba juttatja ki az oltóanyagot. A ledobott oltóanyag mennyiség 100%-a jut a célba, nincs veszteség. A vízdobó berendezés nincs vízfelülethez kötve, a helikopter bármely tűzoltó járműről, vízvételi helyről a bevetés közvetlen közelében, gyorsan újratölthető. Teljesen kompatibilis a ma használatban lévő tűzoltó szállítóeszközökkel, ide értve az európai és amerikai rendszereket is. Kiemelt gazdasági haszon az, hogy a tűz eloltása hatékonyan, rövidebb idő alatt megy végbe, ezért az anyagi kár is jóval kevesebb. A Mi-2 helikopter üzemeltetése sokkal olcsóbb a hasonló kategóriájú mentőhelikopterekénél.



Dr. Jakab László Phd. nyá. alezredes¹

BAJBAJUTOTT LÉGIJÁRMŰVEK SZEMÉLYZETÉNEK ÉS UTASAINAK KUTATÁSA ÉS MENTÉSE SUGÁRSZENNYEZETT TERÜLETRŐL

Ebben az évben 106. éve, hogy az első hajtóműves repülő eszköz egy rövid időre felemelkedett a földről –Wright fivérek repülőeszközének kísérlete 1903. szeptember 14-én történt – majd sikeresen leszállt. Az 1930-as években már huzamosabb időt voltak képesek a levegőben tölteni a tervezett repülőeszközök, 1950-től viszont már a hadseregek is rendszeresítették (USA: Skorsky) és napjainkban már a különböző országok légierőinek döntő hányadát képviselik.

Mivel a repülőeszközök egy harmadik dimenzióban (a földi és a vízi dimenzió után) képesek feladatot végrehajtani, természetesen megjelentek a légtérben való repülés veszélyei is. Repülőeszközök levegőben történő meghibásodása esetén vagy kényszerleszállást hajtottak végre általában leszállásra alkalmatlan, vagy kevésbé alkalmas helyen, vagy lezuhantak egy adott területre, vagy a pilóta kiugrott ejtőernyővel, vagy katapultált és úgy ért földet. Minden ilyen eset felvetette a túlélők utáni kutatás - mentés szükségességét. Mivel egy adott területen nemcsak polgári, hanem katonai repülőeszközök is bajba kerülhettek, ezért fontos volt egy összehangolt kutatás – mentési szervezet létrehozása.

A KUTATÁS – MENTÉS ALAPJAI

Magyarországon a több minisztériumot érintő *együttes rendelet*¹ rögzíti a kutatás – mentés (SAR) alapjait és a *NATO harcászati kiadványa*² is összhangban van ezzel.

Általános tudnivalók

A *NATO harcászati kiadványa* rögzíti hogy; minden ország aláírta 1947-ben a Nemzetközi Polgári Légiforgalomról szóló Chicágó-i konvenciót és minden ország felelős a kutatás – mentés teljesítéséért a saját területén, valamint békében a NATO kutatás – mentés szolgáltatás országos felelősség marad (betartva a NATO és ICAO előírásokat).

A magyar együttes rendeletet kell alkalmazni: az ország területén és légtérben bajba jutott, eltűnt légijárművek, azok személyzete, utasai felkutatására, mentésére. Nemzetközi egyezmények alapján, vagy felkérésre a szomszédos országok légtérben (területén), illetve hazánk légtérben (területén) szomszédos országból kutatás – mentésre.

¹ ZMNE BJKMK Vegyi-, és Katasztrófavédelmi Intézet Email: jakab.laszlo@zmne.hu

Alapvető szabályzók

A kutatás – mentés jogi hátterét: az 1947-es Chicágó-i egyezmény, az 1951-es ICAO egyezmény, az 1995-ös XCVII. Törvény, a 23/1992-es HM rendelet, a 25/ 1997-es HM utasítás, a 30/ 1998-as BM-HM-NM-PM együttes rendelet, a 10/1999-es HM utasítás, a 134/1999-es MHPK, VKF intézkedés, a 219/2001-es LEPK intézkedés szabályozza.

A kutatás – mentés fajtái

„NATO katonai elmélet felosztása szerint a harcbiztosító légi hadműveletek egyike a kutató-mentő művelet (SAR). A kutató-mentő műveletek forgó-, vagy merevszárnyú repülőeszközök, speciális személyzet és felszerelés felhasználását foglalja magába, tengeren vagy földön veszélyhelyzetbe került személyek felkutatása és kimentése céljából. A kutató-mentő tevékenységnek két alapvető formája ismert: az egyik a nem harci viszonyok között végzett kutatás-mentés (SAR – search and rescue) , a másik pedig a harci kutatás-mentés (CSAR). A z utóbbi az ellenséges területen elszigetelt személyi állomány – gyakran nemzeti határokon át – történő mentését foglalja magában.”³

A kutatás – mentés két nagy időszakra osztható: békében kutatás – mentést (légi-, vagy földi kutatás – mentést) alkalmazunk, minősített időszakban hadműveleti területeken pedig harci kutatás – mentést (CSAR) alkalmazunk.

A Légi Kutató- Mentő Készültségi Szolgálat (LKMKSZ)

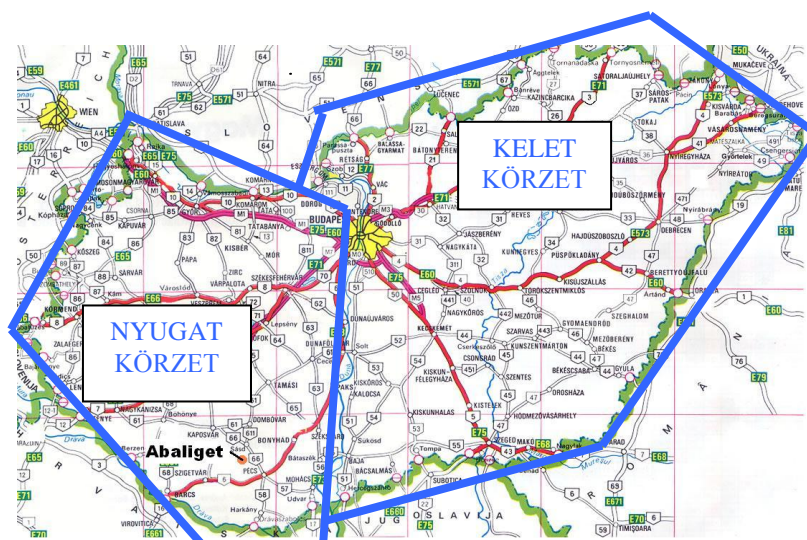
A rendeltetését és feladatait a *magyar együttes rendelet* rögzíti, melyek „Az általános tudnivalók” fejezetben találhatók.

Létrehozásra került egy „Mentést Összehangoló Központ”(MÖK), amely a Magyar Köztársaság kormánya alárendeltségében működik. Az irányító és koordináló szerepben a „Magyar Honvédség Központi Ügyelete”(MH KÜ), a *Légierő Hadműveleti Központja* (LHK), a végrehajtó szerepben pedig a Magyar Honvédség 86. Szolnok Repülő Bázis légi kutató – mentő szolgálatba kijelölt alegységei.

A felelősségi körzetek

A felelősségi körzetek két csoportba oszthatók: „*NYUGAT KÖRZET*” (a Dunától nyugatra eső területek) és „*KELET KÖRZET*” (a Dunától keletre eső területek).

A „*NYUGAT KÖRZET*” *Légi Kutató- Mentő Szolgálat* alegységei a pápai repülőbázison, a „*KELET KÖRZET*” *Légi Kutató- Mentő Szolgálat* alegységei a szolnoki repülőbázison települnek.



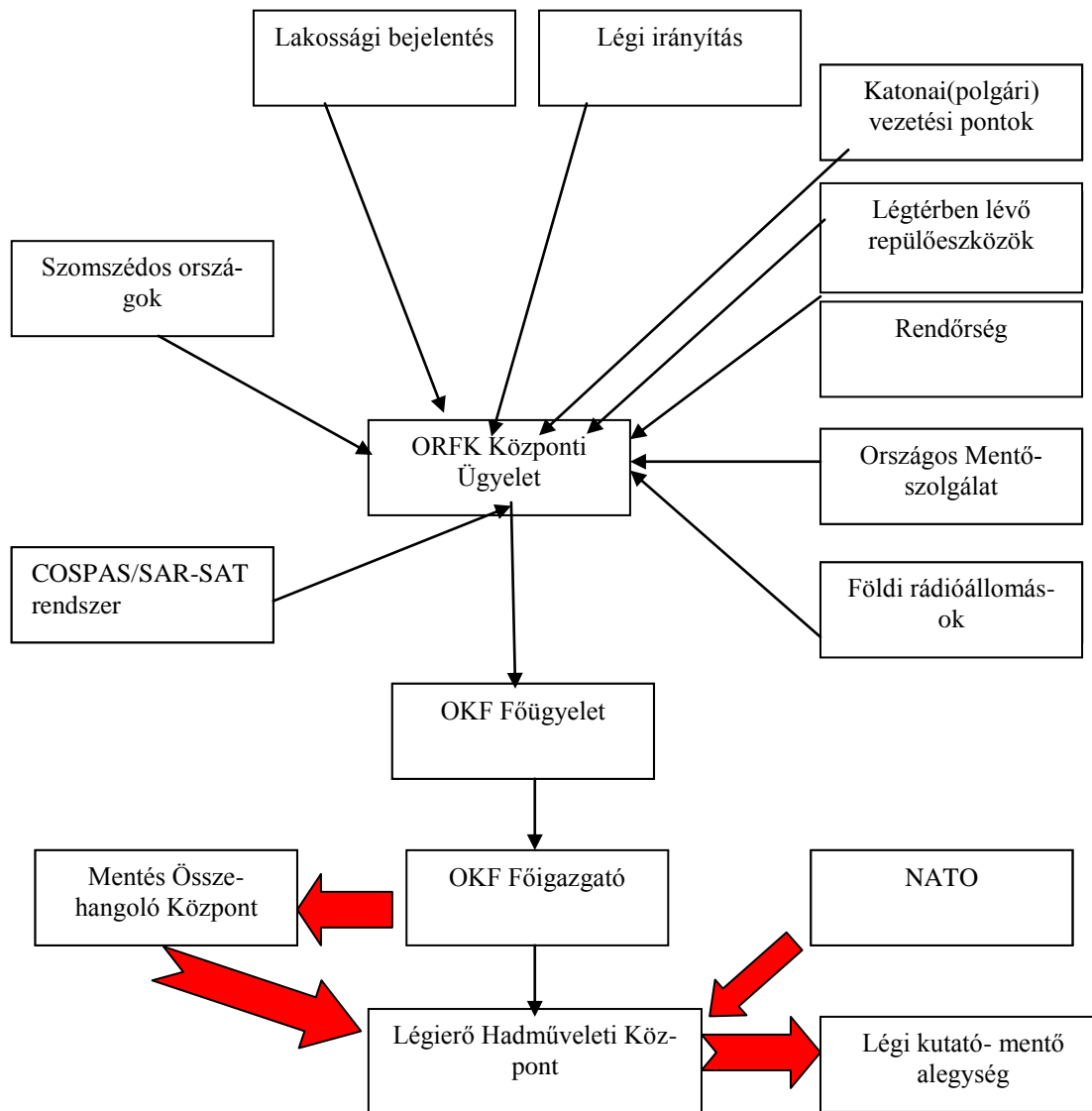
1. kép. Légi kutató – mentő felelősségi körzetek

Készenléti fokozatok

A vészhelyzetnek három nemzetközileg megállapított fázisa van: „*A bizonytalansági állapot*” (NATO kód: „*INCERFA*”), „*A riasztási állapot*” (NATO kód: „*ALERFA*”), és „*A veszély állapot*” (NATO kód: „*DETRESFA*”⁴). A bizonytalansági állapotot akkor kell kinyilvánítani, ha kétség merül fel egy repülő egység, vagy személyzet biztonságát illetően (helyzetéről, haladásáról nincs információ, vagy olyan információ van ami szokatlan). A riasztási állapotot akkor kell kinyilvánítani, ha aggasztó egy repülő egység, vagy személyzet biztonsága (hosszabb ideje nincs információ, vagy olyan információ van, ami előrevetíti a végveszély bekövetkeztét). A végveszély állapotot akkor kell kinyilvánítani, ha azonnali segítségre van szükség.

Riasztás, értesítés a Magyar Köztársaság Katasztrófavédelmi Rendszerében

A riasztás és értesítés több irányból is érkezik: az ország területéről állampolgári bejelentés alapján, légiforgalmi irányítótól, levegőben lévő és a balesetet észlelő repülőeszköz személyzetétől, katonai forrásból, rendőrségtől, a mentőktől, vagy a szomszédos országokból, a NATO-tól, /COSPASSARSAT műholdon keresztül. Azonnal megalakul a „*Mentést Összehangoló Központ*” Ferihegyen a Repülőtéri Katasztrófavédelmi Igazgatóságon és megkezd a kutatás – mentési műveletek megtervezését és megszervezését.



1. ábra. Riasztás és értesítés rendje

Erők és eszközök

Légi kutató – mentő szolgálatot teljesítenek a Magyar Honvédségben a 86. Szolnok Repülő Bázis légi kutató – mentő szolgálatba kijelölt alegységei. Légi kutató-mentő feladatot láthatnak el a polgári légi jármű tulajdonosok és üzemben tartók, a levegőben tartózkodó, vagy erre a célra kijelölt felszállásra kész légi járművek.

Földi kutató-mentő feladatot láthatnak el: a készenléti szolgálatot teljesítő szervezetek, intézkedő hatósági személyek.

Körzetenként szolgálatba kell tartani: 1 db kutató-mentő feladatra felkészített közepes szállító helikoptert és 1 db tartalékot, egy teljes gépszemélyzetet, 1 fő földi mechanikust, 2 fő ejtőernyős kutató-mentő szakszemélyzetet, 1 fő EÜ tiszthelyetteset(orvost),, egy teljes tartalék hajózó személyzetet és 2 kutató-mentő szakszemélyzetet.

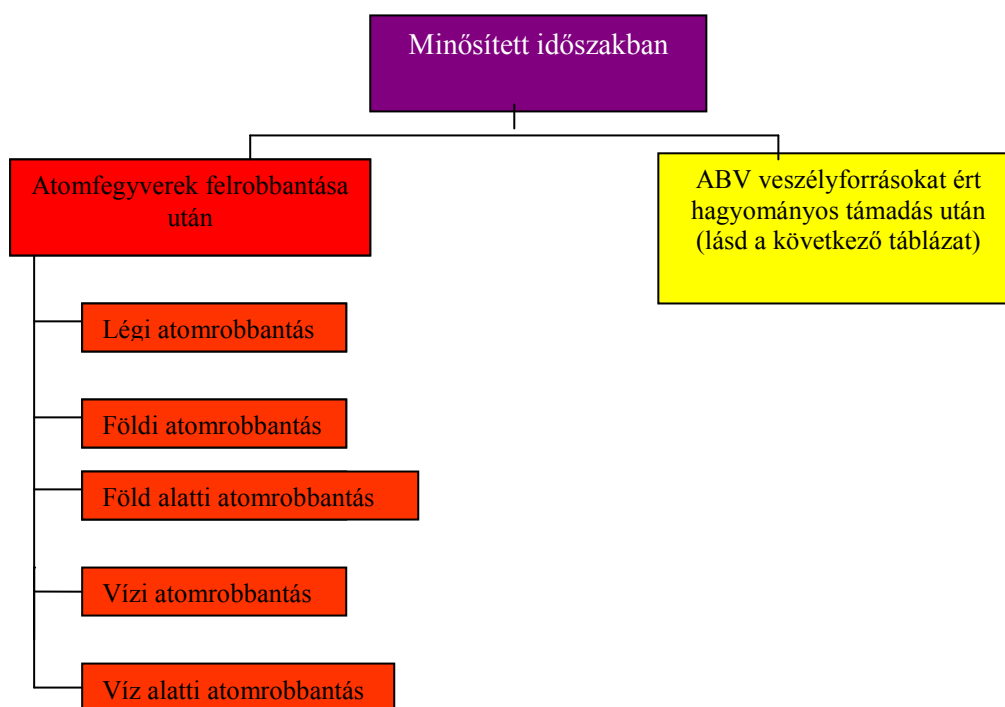
A SUGÁRSZENNYEZETTSÉG FORRÁSAI LEHETNEK

A sugárszennyezettségek kialakulhatnak minősített időszakban katonai műveletek során atomfegyverek felrobbanása után, vagy békeidőszakban atom-, vegyi-, és biológiai(ABV) veszélyforrások aktivizálódása után. Az ABV veszélyforrások egy része minősített időszakban történt hagyományos fegyverekkel történt támadás után is aktivizálódhat: atomerőművet(Paks)-, atomreaktort (BP Műegyetem, KFKI), részecskegyorsítót(Debrecen) ért csapások után, saját légtérben atomfegyvert szállító NATO repülőgép lelövésekor, saját repülőeszköz ellenség által történt lelövésekor, a szomszédos országokban történt atombaleset után az országra átterjedő sugárszennyezetség miatt.

Sugárszennyezetség a levegőből

Minősített időszakban a hadműveletek során: légi atomrobbantás után a levegőben a láncreakcióban keletkező radioaktív izotópokból és a láncreakcióban részt nem vett radioaktív hasadóanyagokból világos színű(fehér) radioaktív felhő képződik, mely a szél hatására felhigul, kiterjed és a radioaktív részecskék a széliránynak megfelelően kihullanak a földre.

Béke időszakban atomfegyvert szállító repülőeszköz légi katasztrófája esetén a repülőeszköz lezuhanása után az atomfegyver nem robban fel, mert többszörös biztonsági rendszere van, hanem a robbanófej a földön szétszóródva a robbanótöltet anyaga (U,Pu) okoz sugárszennyezetséget.



2. ábra. Minősített időszakban a sugárszennyezés forrásai lehetnek

Békeidőszakban a földre zuhant műholdak a földön apró darabokra hullanak és a műholdak sugárzó anyagai a földön szétszóródva okoznak sugárszennyezetséget.

Békeidőszakban repülőeszközök katasztrófája során a repülőeszközök jégmentesítőjében, illetve egyes repülőeszköz típusoknál a hajtóműszabályzó rendszerében lévő sugárzó anyagok a földre zuhanás után szétszóródva okoznak sugárszennyezettséget.

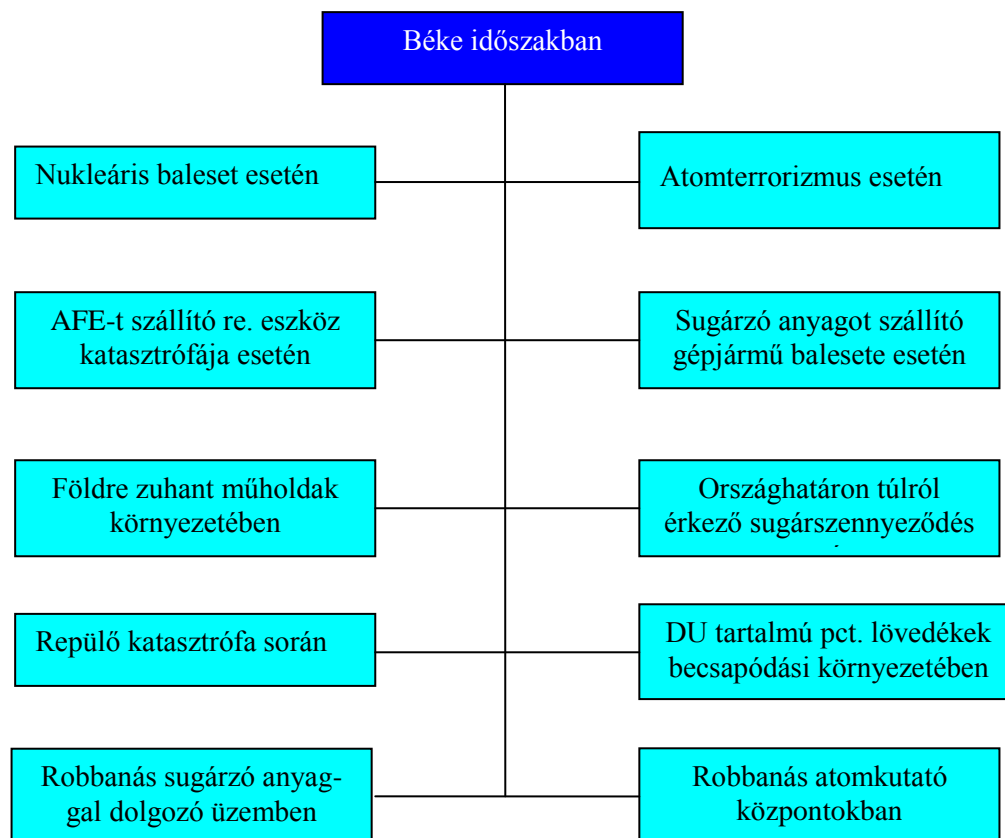
Békeidőszakban országhatáron túlról érkező radioaktív szennyezés forrása lehet atom(reaktor)erőmű balesetből származó radioaktív felhő, ha a szomszédos országokban történt a baleset.

Hazánkban békeidőszakban, de valamelyik szomszédos országban háborús hadműveletek esetén szegényített uránt (DU) tartalmazó páncéltörő lövedékek használatakor erősen ionizáló hatású sugárszennyezettség kerülhet át az országhatáron (lásd Délszláv háború: Pécs és környéke)

Sugárszennyezettség a földfelszínről

Minősített időszakban földi atom robbanás során az áthatoló sugárzás hatására radioaktívvá válnak, a robbanás után a levegőbe kerülve (több kilométer magasra emelkedik) nagy méretű és erősen radioaktív felhőt képeznek, amely a széliránynak megfelelően nagy területeket képes erősen sugárszennyezetté tenni.

Békeidőszakban atomreaktorokban keletkező nukleáris baleset esetén a láncreakcióban keletkező radioaktív izotópokból és a láncreakcióban részt nem vett radioaktív hasadóanyagokból és a környezet felaktiválódott anyagaiból erősen radioaktív felhő képződik, amely 2 km magasra felemelkedve a szél irányának megfelelően a kihullott radioaktív részecskék sugárszennyezettséget okoznak.



3. ábra. A sugárszennyezettség lehetséges forrásai béke időszakban⁵

Béke időszakban robbanás sugárzó anyaggal dolgozó üzemből az üzem környezetében sugárzó anyagok kerülhetnek a közvetlen üzemi területre és körzetébe, illetve a robbanás mértékének függvényében a levegőbe, ahonnan kihullva a radioaktív részecskék sugárszennyezettséget okoznak.

Atomterrorizmus esetén az ország területére terroristák becsempészhetnek kis hatóerejű atomfegyvert, azt felrobbantják, vagy a hazánkban lévő atomreaktorokat hagyományos robbanó anyagokkal felrobbanthatják, vagy radioaktív anyaggal töltött improvizált robbanó szerkezetet (RDD-IED) robbanthatnak. Ebben az esetben a robbanás körzetében nagy területen nagyon magas intenzitású radioaktivitás jön létre és a levegőbe történő radioaktív anyagok a széllel nagy távolságokra szétszórják a különböző aktivitású radioaktív anyagokat.

Sugárzó anyagot szállító gépjármű balesete esetén általában a hazánkon átmenő tranzit forgalomban hivatalosan, vagy a szállítólevélen nem feltüntetve (csempészve) a közúti baleset során a szállított sugárzó anyagok az út környezetében szétszóródva okoznak sugárszennyezettséget.

Robbanás atomkutató központokban (vagy sugárzó anyaggal kísérletező intézményekben) alapvetően a sugárszennyezettség a központ (intézet) környezetében okozhat sugárszennyezettséget, nagy mennyiségű sugárzó anyag kikerülése esetén egy részük a levegőbe kerülve a szélirányban hozhat létre sugárszennyezett területeket.

Sugárszennyezettség a föld alól

Földalatti atomrobbantás, vagy atomterrorista akció során, amennyiben a hatóerő miatt a robbanás ereje a sugárzó földréteget a földfelszínre, vagy esetleg a levegőbe emeli, akkor a robbanás környezetében nagyon nagy intenzitású és nagy mennyiségű radioaktív anyag kerülhet a környezetbe (1 KT hatóerejű robbanás esetén 30 tonna por kerül a levegőbe) ⁶ a talajra és a levegőbe, ahonnan kihullva okozhat sugárszennyezettséget.

Sugárszennyezettség a víz felszínről és a víz alól

A vízi (vízfelszíni), víz alatti robbantáskor a vízrészecskék sugárzás hatására radioaktívvá válnak és ún. "radioaktív eső" keletkezik, amely a szél hatására szennyezheti a vízfelszín, a vízfelszínen tartózkodó úszó objektumokat és a közvetlen partszakaszokat.

A SUGÁRZÁS KÁROS HATÁSAI

A sugárzás különböző hatással van az emberi szervezetre (azonnali hatások, késői hatások), a felszín (föld, víz), a levegőt, a tereptárgyakat szennyezik, ezért szükségessé válhat a védőruházat viselése és a különböző technikai eszközök, tereptárgyak, terep sugármentesítése. Más megközelítéssel beszélhetünk „Szomatikus hatás”-ról, amikor egy személyen jelentkeznek a hatások, melyeket „Determinisztikus hatás”-nak is nevezhetünk és a károsodás egy küszöbdózis felett jelentkezik és beszélhe-

tünk „*Genetikai hatás*”-ról, amely egy populáción jelentkezik, melyeket „*Sztocasztikus hatás*”-nak is nevezhetünk és a károsodás függ a dózistól, de nincs küszöbdózis.

Sugárzás hatása az élő szervezetre

A radioaktív sugárzásnak az élő szervezetre gyakorlatilag mindig káros a hatása. A hatások mértéke függ a besugárzott *dózis intenzitásától*(időegység alatt besugárzott dózis), a sugárzás fajtájától és a besugárzott energia nagyságától. Kis mértékű dózis intenzitás esetén a szervezet igyekszik a vérben keletkezett elváltozásokat kijavítani ⁷. A *dózis* a sugárzásból 1 kg anyag által elnyelt energia mennyisége, mértékegysége a *Gray(Gy)*. (1 Gy=1 J/kg)

Az egészséget károsító mértéket a dózis és a *biológiai hatásosság(RBE)* szorzata adja és *equivalens dózissnak* nevezik, melynek mértékegysége a *Sievert(Sv)*. (1 Sv=1Gy X RBE).

Béke időszakban a lakosság *természetes sugárterhelése*(a földkéregből, a kozmoszból jövő sugárzások) 2,4 mSv/év. Magyarországon ez az érték 3 mSv/évre nő, mert a lakosság nálunk sokkal többet tartózkodik különböző épületekben(panel lakások, emeletes épületekben lévő munkahelyek), ennek oka a *Ra(don)* sugárzás, ami a földből és az építményekből éri a lakosságot. Ehhez hozzáadódik a *mesterséges sugárterhelés*(röntgen sugárzás, nukleáris ipar és az atomrobbantási kísérletek hozadéka) 0,4 mSv/év.

Ezeket a sugárterheléseket a szervezet jól tolerálja, viszont, ha ezeken felül kap sugárterhelést a szervezet – lásd ABV sugárforrások aktivizálódása – akkor, a káros hatások már nehezen fordíthatók vissza, vagy nagy dózis intenzitások esetén akár a sugárbetegség különböző fokozatai alakulhatnak ki.

Már a kis intenzitású sugárzások is befolyásolhatják hosszabb távon a késői sugárhatások(japán tapasztalat az atomrobbanások késői hatásairól) a szürke hályog, a daganatos betegségek és a fehérvérűség kialakulását.

Békeműveletek esetén a *NATO STANAG 2473:”Az alacsony szintű radioaktivitású környezetben végrehajtandó műveletek esetén”* a harcképesség szempontjából jelentéktelen kockázat kategóriába sorolja a hatásokat.⁸

Elnyelt dózis (cGy)	Radiológiai kockázat mértéke	Radiológiai kockázat megnevezése
0	0	Nincs
0-70	1	Jelentéktelen, elhanyagolható

1. táblázat. Kockázati kategóriák(STANAG 2083 alapján készült).

Van egy nemzetközi dóziskorlátozás, melyet a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség dolgozott ki, ezen dózis korlátok átlépése nem célszerű és a korlát átlépésével járó tevékenységek nem engedélyezhetők!

Dózis	Foglalkozási korlát	Lakossági korlát
Effektív dózis	5 év alatt max: 100 mSv(1 évben max: 50 mSv)	5 év alatt max: 5 mSv
Egyenértékű dózis évente szemlencsére	150mSv	15 mSv
Egyenértékű dózis évente bőrre	500mSv	50mSv
Egyenértékű dózis évente kézre, lábra	500mSv	-

2. táblázat. Dóziskorlátok a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség előírásai alapján

Ezek az értékek a természetes háttérsugárzás szintje felett értendők.

A STANAG 2083: „Parancsnoki útmutató a sugárhatás alatt álló csoportokra” atomfegyverrel, vagy más módszerekkel(lásd ABV veszélyforrásokat!) rövid idő alatt nagy dózis intenzitású sugárhatásokat elemzi, ezen esetek nagy része minősített időszakra vonatkozik.⁹

Dózis(cGy)	Kezdeti tünetek	A kezdeti tünetek időtartama	Teljesítő képesség
0-70 (Elhanyagolható kockázat)	Átmeneti fejfájás, hányinger, 50-70cGy: 5%-nál hányás	6.-12. óra	Harcképes
70-150 (Közepes kockázat)	5-30%-nál hányinger, hányás, hasmenés	2. óra – 1. nap	Harcképes
150-300 (Magas, veszélyeztetési kockázat)	20-70%-nál közepes hányinger és hányás, 20-60%-nál közepes fáradékonyság és gyengeség	2. óra -2. nap	Igényes feladatok teljesítmény romlása: 4. órától a regenerálódásig, igénytelen feladatok teljesítmény romlása: 6. órától 1 napig. A regenerálódás: 6 hét! 10% halálozás előfordulhat!
300-500 (Magas, veszélyeztetési kockázat)	50-90%-nál közepes hányinger, hányás és fáradékonyság. A 2.-5. héten 20-60%-nál fertőzés, vérzés, láz, fekélyesedés, étvágytalanság, hasmenés.	2. óra – 3. nap	Igényes (igénytelen) feladatok romlása a 3.(4.) órától a halálig. A halál beállta:a 2. héten. 50% halálozás előfordulhat!
500-800 (Magas, veszélyeztetési kockázat)	80-100%-nál: súlyos hányinger, hányás, fáradékonyság, gyengeség. 10 naptól-5. hétig: 50-100%-nál fertőzés, vérzés, láz, fekélyesedés, étvágytalanság, hasmenés, folyadék és elektrolit háztartás felbomlása, magas vérnyomás.	1 órán belül	5-6 hét alatt 90%-os halálozás

3. táblázat. Sugárzás hatása a műveletek hatékonyságára (STANAG 2083 alapján készült)

A KUTATÁS-MENTÉS SAJÁTOSÁGAI SUGÁRSZENNYEZETT TERÜLETRŐL

A kutatás-mentés végrehajtását nehezíti, ha azt sugárszennyezett területről kell végrehajtani. Külön felkészültséget és esetleg külön eszközöket, anyagokat igényel a végrehajtó állománytól. A végrehajtó parancsnoktól nagy körültekintést igénylő feladatot, manővereket követel meg

Kényszerleszállás sugárszennyezett területre

A hajózó állomány megfelelő kiképzettséggel rendelkezik a vészhelyzetben végrehajtandó feladatokról (összeköttetés, vészjelzés adása, fedélzeti mentőeszköz használat (ha van ilyen a légijármű fedélzetén), segélynyújtás, túlélés).

Légijármű személyzetének tevékenysége sugárszennyezett területre történő kényszerleszállás előtt és az arra történő felkészülés során

Kényszerleszállás előtt három lehetőség van: a vészjelzés leadása után, a helyzet ismeretében a hajózó állomány tudja, hogy sugárszennyezett területen fog kényszerleszállást végrehajtani; a vészjelzés leadása után közlik velük, hogy sugárszennyezett az a terület ami felett megkezdik a kényszerleszállást; vagy csak a kényszerleszállás után szembesülnek azzal, hogy sugárszennyezett területen vannak. Helikopterek, vagy oktató vadászrepülőgépek esetében egyszerre több személyt érinthet, ami egészség megőrzési szempontból hátrány, de konzultációs, segítség nyújtási szempontból előnyös. Normál vadászgép esetén a pilóta csak magára és a túlélő felszerelésére számíthat. Amennyiben van idő a kényszerleszállásra és a fedélzeten tartózkodó állomány rendelkezik egyéni védőeszközökkel, akkor célszerű a gázálcot az állománnyal felvetetni. Valószínű, hogy a védőeszköz zubbony-, nadrág-, és lábbeli részének felvételére nem lesz idő, de azokat is elő kell készíteni. Ha előtte volt információ arról, hogy esetleg sugárszennyezett terület közelében repülnek, akkor a személyi sugáradag mérők már kiosztásra kerültek. Ha a szállítandó állománynál nincs egyéni védőeszköz, akkor célszerű zsebendőt köttetni a légzőszervek elé és ha van, akkor valamilyen takaró anyagot előkészíteni. Ha vízfelszínre történik a kényszerleszállás, akkor kidobásra fel kell készíteni a mentőeszközöket és felszerelést. Ha a vadászgép manővere rosszul sikerül, vagy a gépet már nem tudja a pilóta a levegőben tartani, akkor ejtőernyővel kell kiugrani a gépből.

Légijármű személyzetének tevékenysége sugárszennyezett területre történő kényszerleszállás alatt

A kényszerleszállás alatt a fedélzeten szállított személyek alapvető feladata a túlélés és a pánik elkerülése. A pilóta feladata, hogy a legjobb területen (vízfelszínen) és biztonságban tegye le a repülő eszközt. Itt fontos szerep hárul minden személyre, mert kiemelten kell egymásra figyelni és bátorságot adni a félelemtől megrémült társaknak. Amennyiben zuhanó repülésbe fordult a repülőeszköz, akkor

már nincs idő az előzőekre. Ha ejtőernyővel kiugrott a pilóta, akkor, ha tudja, hogy hol lehet a sugárszennyezett terület úgy kell a levegőben manővereznie, hogy lehetőleg elkerülje azt.

Légijármű személyzetének tevékenysége sugárszennyezett területre történő kényszerleszállás után

A földet érés után azonnal vegyék fel a védőruha nadrágot, csizmát és kiszállás után(közben) a védőruha zubbonyt. Ha nincs védőeszköz, akkor a légzőszerveket zsebkendővel védve, burkolózzanak be valamilyen takaró anyagba. A helikopterek a földet érés alatt felkavarják a sugárszennyezett port, amely kihull a személyekre. Ha megvan jelölve a sugárszennyezett terület, akkor a lehető leggyorsabban meg kell keresni a legkisebb szennyezettségű(vagy szennyezetlen) területet. Ott ki kell jelölni egy „Szükségmentesítő hely”-et, ahol egymásról a sugárszennyezett port „Szükségmentesítő eszköz”-el(leveles ágakkal, növényekkel) tisztítsuk meg, ügyelve arra, hogy a szennyezett személy mindig szélirányban álljon, mögötte a mentesítő személlyel. Háborús műveletek során a közelben lévő vegyi-védelmi alegység által telepített mentesítő helyre(állomásra) kell a szennyezett személyeket szállítani; személyi és ruházat mentesítés céljából. A mentesítés hatékonyságát műszerrel ellenőrizni kell. Béke időszakban a rendőrségnek kell biztosítani a terület lezárását, a mentőknek az elsősegélynyújtást, az adott megyei katasztrófavédelmi szervezetnek a sugárszennyezettség megállapítását, mentesítő helyre szállítást, a mentesítés végrehajtását és hatékonyságának ellenőrzését.¹⁰ Vadászrepülőgép sugárszennyezett területre történt kényszerleszállása után, hadműveleti területen először a repülőeszközt kell sugármentesíteni, majd a pilótát kell – védőeszközbe takarás(öltöztetés) után kiemelni a repülőeszközből, elvezetni a mentesítő helyre. Ott a ruházat mentesítése után le kell vetni a ruházatot és személyi fürdetést kell végrehajtani. Jó gyakorlati példa volt erre a „TOXIC TRIP 2008” NATO gyakorlat Pápán 2008 szeptemberében.



2. kép. Toxic Trip 2008 gyakorlat: repülőtér sugárfelderítése (Air Power Blog)



3. kép. Toxic Trip 2008 gyakorlat: A pilóta „betakarás utáni” kiemelése (Air Power Blog)

A repülőtér légi-sugár felderítését a szolnoki MI-24V helikopter is képes végrehajtani, amely fel van szerelve egy légi-sugár felderítésre alkalmas konténerrel(1óra alatt 300 km² képes felderíteni). De földi sugárfelderítéssel is végre lehet hajtani. Ha sérült személyek is vannak, akkor a sérülés foka dönti el, hogy először elsősegélynyújtásban részesülnek-e, vagy sugármentesítésben.



4. kép. Toxic Trip 2008 gyakorlat: mentesítésre készen (Air Power Blog)

A KUTATÓ-MENTŐ LÉGIJÁRMŰVEK TEVÉKENYSÉGE SUGÁRSZENNYEZETT TERÜLETRŐL TÖRTÉNŐ KUTATÁS-MENTÉS SORÁN

A riasztási fázis után a tervezés legfontosabb része az információk gyűjtése és értékelése. A legsürgősebb információt a baleset(katasztrófa) helye, szállított személyek száma, túlélési esélyeik, egyéb jel-

lemzők (harcis kutatás-mentés esetén még: ellenséges területen, vagy azon kívül, egyéb jellemzők). Az egyéb jellemzőkbe mindkét típusú kutatás-mentésnél beletartozhat, hogy az adott területen van-e sugárszennyezettség.

Kutató-mentő légijárművek személyzetének tevékenysége sugárszennyezett felszínről történő kutatás-mentés során

A kutató- mentő repülőeszköz parancsnoka tisztázza, hogy az adott katasztrófa helyszínén milyen nagyságú a sugárszennyezett terület és hogy a bajbajutott hajózó személyzet tudja-e. Ha igen, akkor pontosítja a helyzetet és a mentési technikát. A Toxic Trip 2008 gyakorlaton a bajbajutott vadászgép pilótáját a helikopterből alpin technikával emelték ki.



5. kép. Fotó:Sövegjártó Zoltán-Jetfly Magazin

Ha a terület sugárszennyezett, akkor már elindulás előtt a kutató-mentést végrehajtóknak is, akik a helikopterből leereszkednek!) fel kell venniük a gázálcot és az egyéni védőruhát. Célszerű előkészíteni a bajbajutott pilóta részére védőleplet, vagy rugalmas fólia ruhát, hogy kiemeléskor védjük a sugárszennyezettségtől. Ha a helikopterrel kell elszállítani a szennyezett hajózót a mentesítési helyre, célszerű függesztett állapotban, mert ha beemeljük a helikopter belsejébe akkor az sugárszennyezett lesz. Ha több személyt kell egyszerre menteni, akkor célszerű a helikopterbe emelni őket, de akkor a mentesítő helyen(állomáson) a repülő eszköz belsejét is mentesíteni kell. A mentesítés után – főleg béke időszakában – célszerű orvosi vizsgálatra elküldeni a személyeket, hogy tisztázzák mekkora károsító hatása volt a besugárzásnak. Harci műveletek során, ha sugáradagmérővel sikerült mérni a sugárdózist, azt a közvetlen parancsnoknak jelenteni kell, mert befolyásolhatja a későbbi harcképességet. Ha a kutatás-mentés vízfelszínről történik, akkor általában függésből történik a mentés.



6. kép. Fotó: Sövegjártó Zoltán-Jetfly Magazin

Sugárszennyezettség a vízből a ruhába kerülhet, ezért úgy kell kezelni a mentendőket, mint akik sugárszennyezettek és a csörlő-ülésen segítő mentő személy is sugárszennyezetté válik..

FÖLDI KUTATÓ-MENTŐ OSZTAGOK TEVÉKENYSÉGE SUGÁRSZENNYEZETT TERÜLETRŐL TÖRTÉNŐ KUTATÁS-MENTÉS SORÁN

A földi kutató-mentőknek az előírt szakmai képzésen túl tisztába kell lenniük, hogy hol, mekkora a sugárszennyezett terület, hogyan lehet a leggyorsabban megközelíteni, mekkorák a sugárdózisok az egyes részeken, hogy mikorra fog települni mentesítő hely(állomás) és hogy hogyan lehet a bajbajutott és földet ért gépszemélyzetet és utasokat közlekedtetni.

Földi kutató-mentő osztagok tevékenysége sugárszennyezett földfelszínről történő kutatás-mentés során

A földi kutatás esetén a mentőegységek irányítását a MÖK végzi együttműködésben a rendőrséggel, mentőkkel, polgári védelemmel, tűzoltósággal és a Magyar Honvédség erőivel és eszközeivel. A helyszín biztosítását a rendőrség végzi, előtte azonban az egész területet a katasztrófavédelem sugárfelderítői ellenőrzik és pontosítják a sugárzási helyzetet. A tűzoltás és műszaki mentés a tűzoltók feladata.

Katonai műveletek során a földi kutató-mentő osztagnak ki kell küldenie egy felderítő csoportot, amelybe be kell osztani egy sugárfelderítésre kiképzett alegységet, akik pontosítják a sugárzási helyzetet és megjelölik a sugárszennyezettségeket az előírt NATO szabványok szerint. Meg kell határoznia a közvetlen biztosítás feladatait és erőit, a mentesítés helyét, a közlekedési útvonalakat. Az osztagot el kell látni sugáradag mérőkkel és fel kell készíteni egy csoportot esetlegesen repülőeszközök mentesítésére.

Vízi kutató-mentő osztagok tevékenysége sugárszennyezett vízfelszínről történő kutatás-mentés során

A vízi kutató-mentő osztagok jelölhetőek ki vízfelszínre került bajbajutott repülő személyzetek és utasaik kimentésére. Erre a feladatra „ROCSÓ”-kal és mentőhajóval ellátott műszaki alegységeket célszerű kijelölni. A mentő osztag parancsnokának tisztába kell lenni a víz felszín sugárzási helyzetével. Ha sugárszennyezett a víz, akkor célszerű a mentést gázlárcban és egyéni védőruhában végrehajtani, mert a víztől sugárszennyezett mentendők szennyezhetik a mentőket is. A kimentés után ellenőrizni kell a kimentettek sugárszennyezettségét és utána sugármentesíteni kell őket, majd orvosi vizsgálatra kell küldeni őket. A kutatás-mentésben részt vett eszközöket saját szivattyú és nyomótömlő igénybevételével önállóan végre lehet hajtani. A mentést végrehajtók számára is kötelező a sugárellenőrzés és a mentesítés, ha szennyezettek.

Mind a légi-, mind a földi kutatás-mentés végrehajtását nehezíti a sugárszennyezettség jelenléte a műveletek során, mert plusz feladatokat, esetenként plusz embereket, plusz eszközöket és anyagokat kell igényelni hozzá, de ezek szükségesek, mert biztosítják az emberek egészségmegőrzését és a túlélést.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 30/1998. BM-HM-NM-PM EGYÜTTES RENDELET A BAJBAJUTOTT LÉGIJÁRMŰVEK MEGSEGÍTÉSÉT ELLÁTÓ KUTATÓ-MENTŐ SZOLGÁLATOKRÓL
- [2] ATP-10(D) kutatás-mentés (NATO harcászati kiadvány)
- [3] 219/2001. MH Légierő Parancsnoki intézkedés a Magyar Köztársaság légi kutató-mentő készségi szolgálat ellátásának rendjéről.
- [4] Dr. Jakab László: A Légierő ABV védelme a NATO AFS STO előírásai alapján –ZNNE jegyzet-2001.
- [5] Dr. Jakab László: NBC védelem a NATO főbb tagállami Légierőinél- ZMNE RMI jegyzet -2000.
- [6] Dr. Jakab László: Az NBC védelmi túlélést biztosító rendszabályok –ZMNE RMI jegyzet- 1999.
- [7] Jakab László- Verdes István: Vegyikiképzés- tanszéklet I. –KGYRMF-1992.
- [8] Dr. Pintér István: A sugárhelyzet monitorozása a megújuló NATO szabványok és az atomtörvény tükrében – pályázati anyag a Vegyivédelmi Szolgálat fennállásának 50. évfordulójára-2000.
- [9] STANAG 2083: Parancsnoki útmutató a sugárhatás alatt álló csoportokról-NATO szabványosítási egyezmény-1996.
- [10] 48/1999. BM rendelet a belügyminiszter irányítása alá tartozó szervek katasztrófavédelmi feladatairól és a védekezés végrehajtásának rendjéről, valamint e szervek irányítási és működési rendjéről.



Prof. Dr. Kende György – Prof. Dr. Seres György – dr. Miskolczi Ildikó –
Dr. Hangya Gábor – Dr. Fórika Krisztina

AZ E-TANULÁS LEHETŐSÉGEI A KÜLSZOLGÁLATOT TELJESÍTŐ KATONÁK KÉPZÉSÉBEN

Kivonat:

A Magyar Honvédség nemzetközi kötelezettségvállalásai következtében az állomány jelentős része fél-egyéves váltásokban ma külföldi katonai missziókban szolgál. Ennek következtében, sok, előléptetésre váró, külszolgálatot teljesítő tiszt és tiszthelyettes csak megkésve tudja teljesíteni az előléptetéshez előírt követelményeket.

Az infokommunikációs technika – az online e-tanulás, vagy e-learning lehetősége – ma már, minden szintű oktatási intézmény és szervezet részére rendelkezésre áll, ami lehetővé teszi az élethosszig tartó hatékony tanulás megszervezését.

Ennek a lehetőségnek a kihasználását mutatjuk be dolgozatunkban a külszolgálatos katonák oktatásának példáján keresztül.

A bemutatandó példa ellenőrzése céljából létrehoztunk, egy internetes domaint, hogy ezt az elvi lehetőséget a gyakorlatban is kipróbáljuk.

BEVEZETÉS

A Magyar Honvédség hivatásos állományának általános előmeneteli rendszere biztosítja, hogy a tisztek és a tiszthelyettesek szervezett keretek között sajátítsák el az előmenetelükhöz szükséges ismereteket. A tiszti állomány számára ezt a lehetőséget a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Katonai Továbbképző Központja biztosítja, az általános előmeneteli tanfolyamok szervezésével¹. A tanfolyamok évente, távoktatás keretében kerülnek levezetésre. Ez jelenleg azt jelenti, hogy a tanfolyamhallgatóknak a megnyitó alkalmával kapott DVD-n rögzített tananyagot kell elsajátítani, és egy kötelező dolgozatot e-mailben kell beküldeni, azonban négy alkalommal – két oktatási, egy konzultációs és egy vizsganapon – Budapestre kell utazniuk.

A Magyar Honvédség nemzetközi kötelezettségvállalásai következtében az állomány jelentős része, fél-egyéves váltásokban ma külföldi katonai missziókban szolgál. Ennek következtében, sok, előléptetésre váró, külszolgálatot teljesítő tiszt és tiszthelyettes csak megkésve tudja teljesíteni az előléptetéshez előírt követelményeket.

Az infokommunikációs technika – az online e-tanulás, vagy e-learning lehetősége – ma már, szinte minden szintű oktatási intézmény és szervezet részére rendelkezésre áll, ami, elvben, lehetővé teszi az élethosszig tartó hatékony tanulás megszervezését. Ennek a lehetőségnek a kihasználását mutatjuk be dolgozatunkban a külszolgálatos katonák oktatásának példáján keresztül.

¹ http://www.zmne.hu/tanfoly/alt_elomeneteli_tanf.doc

A katonai oktatás napjaink tudásalapú világában a Magyar Honvédség struktúrájának is szerves részét képezi. E mellett azonban rohamosan nő azon katonáink száma, akik – a NATO-ban és egyéb nemzetközi szervezetekben vállalt kötelezettségeinknek eleget téve – rövidebb vagy hosszabb ideig külszolgálatot látnak el a világ közelebbi vagy távolabbi területein (1. ábra).



1. ábra. A Magyar Honvédség részvétele a béketámogató műveletekben²

Az „egy életen át tartó” tanulás, képzés koncepciója (BSc, MSc, vezérkari tanfolyam, szaktanfolyamok, nyelvképzés, előmeneteli tanfolyamok stb.) hatékonyan hozzájárul a különböző rendfokozatú és beosztású katonák ismeretszintjének folyamatos szinten tartásához és aktualizálásához, bővítéséhez. Az így megszerzett elméleti ismeretekhez szükséges gyakorlati jártasságot a nemzetközi missziók hivatottak biztosítani. Ezen két fontos, egymást feltételező és kiegészítő terület sajnos nem mindig van összhangban egymással, aminek egyik fő oka a védelmi tárca évek óta kényszerpályán mozgó humánerőforrás gazdálkodása. Ennek a kérdésnek a koncepcionális, illetve gyakorlati megoldása egy hosszabbtávú folyamat, így a közeljövőben nem kínál megoldást az oktatás, képzés rendszerének és a külszolgálati, missziós feladatok közötti ütközésekre, illetve átfedésekre.

A két kiemelt jelentőséggel bíró terület közötti – a rendszer működéséből fakadó – anomáliák feloldására adhat tartós megoldást az Internet felhasználásával megvalósítható online távoktatás rendszere, amely egyidejűleg biztosít lehetőséget a tanulásra, továbbképzésre, valamint a külföldi, szakmai feladat-végrehajtásra.

A missziós tapasztalatokat figyelembe véve, erre a fajta megoldásra komoly igény jelentkezik, mind a munkáltató, mind a felhasználói oldal körében.

Pozitívumok:

A katonai vezetés oldaláról könnyebbé tehető a missziós létszámok feltöltésénél – amely napjainkban komoly kihívást jelent – az egyes már beiskolázott vagy tanulásra kötelezett katonákat

² http://www.honvedelem.hu/mutat.html?image=http://www.honvedelem.hu/images/9/900009123_1.jpg

ugyanúgy számításba vehetik, és a képzés felfüggesztésének, illetve halasztásának lehetősége nem befolyásolja negatív irányban az egyes jelölteket.

A különböző képzésekben résztvevő katonák számára lehetőség nyílik az elméleti oktatás mellett gyakorlati tapasztalatszerzésre, amely egyértelműen felgyorsítja, és hitelessé teszi a tanulás folyamatát.

A katonai vezetés és a felhasználók köre egyaránt időt és energiát takaríthat meg, korunk felgyorsult világában.

A tanulás lehetősége – a missziós feladat-végrehajtás mellett – értelmes és hasznos időtöltést biztosít, a családjától egyébként is távollévő katonák számára (pszichológiai vonatkozás).

Az Internet felhasználásával megvalósítható online távoktatáshoz szükséges informatikai háttér, igény esetén egyéb – a közhangulatot pozitívan befolyásoló – célra is felhasználható (a családdal történő kapcsolattartás, szórakozás stb.).

Nehézségek:

Az MH missziók döntő többsége (lásd Afganisztán, Balkán) rendelkezik ugyan – az online távoktatáshoz szükséges – közös használatú számítógépes munkaállomásokkal, illetve Internet hozzáféréssel, de azok korszerűsítésre (sávszélesség, multimédiás jelleg stb.), illetve bővítésre szorulnak.

Az MH Összhaderőnemi Parancsnokság, mint a missziókat felügyelő és irányító szervezet nem rendelkezik távoktatási gyakorlattal, így az ehhez szükséges általános szabályzók sem léteznek, azok kidolgozásra várnak.

A bemutatandó példa ellenőrzése céljából létrehoztunk, egy internetes portált, hogy ezt az elvi lehetőséget a gyakorlatban is kipróbáljuk³.

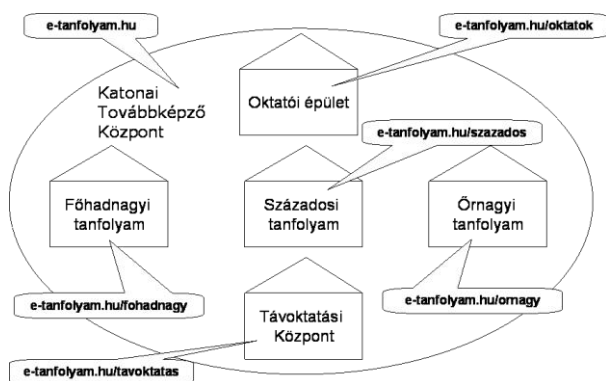
1. A rendszer felépítése - a Virtuális Campus

A XXI. század – az interaktivitást biztosító Web 2.0 rendszer – technikai lehetőségeit kihasználó, online működő távoktatás céljából az általános előmeneteli tanfolyamokat szervező Katonai Továbbképző Központ részére az Interneten létre kell hozni egy „Virtuális Campus”- például e-tanfolyam.hu domain címen –, amelyen belül a 2. ábra szerinti „virtuális épületeket” különíthetjük el.

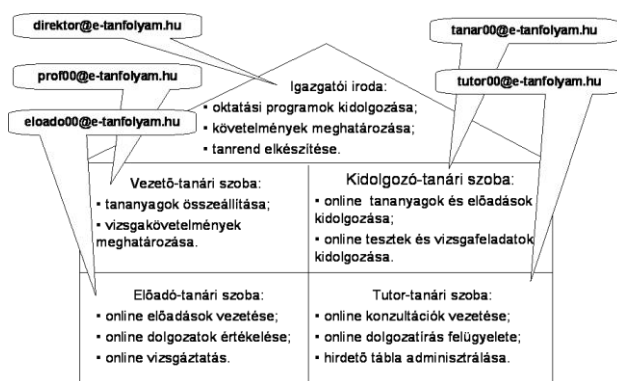
A virtuális campus virtuális oktatói épületében folynak az oktatással kapcsolatos tevékenységek. Az oktatói épületben folyó tevékenységek feladatkörönként kerültek elosztásra, így az egyes pozíciókban dolgozó oktatók munkája jól elkülöníthető, jól nyomon követhető, nincs átfedés, így egyértelművé válik, hogy kinek mi a feladata.

Ezek, valamint a virtuális helyiségek lakói és virtuális címeik a 3. ábrán láthatók. (Az igazgatói pozíción kívül, bármely beosztásban lehetnek többen is, amelyet számozással jelöltünk az elérhetőségben.)

³ A portál valós, de mivel a pályázat jeligés, a domain neve a dolgozatban nem a valóságos portálé.

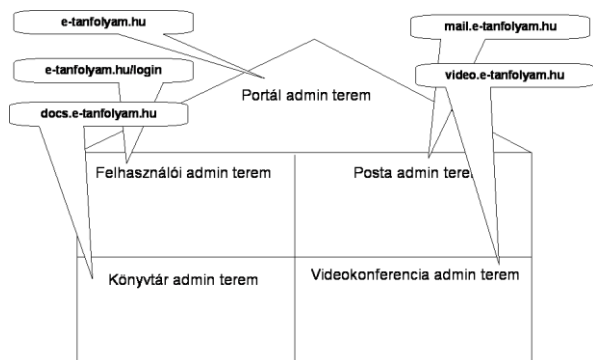


2. ábra. A Katonai Továbbképző Központ virtuális campusa és épületei.

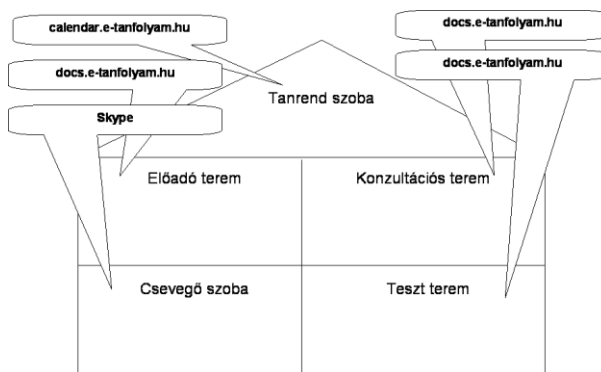


3. ábra. A virtuális oktatói épületben folyó tevékenységek, és a virtuális helyiségek lakói.

A virtuális campus technikai kiszolgálását a Távoktatási Központ virtuális épületében működő adminisztrációs egységek végzik. Az egyes virtuális helyiségekben dolgozó szervek által adminisztrált aldomainek címeit a 4. ábrán mutatjuk be.

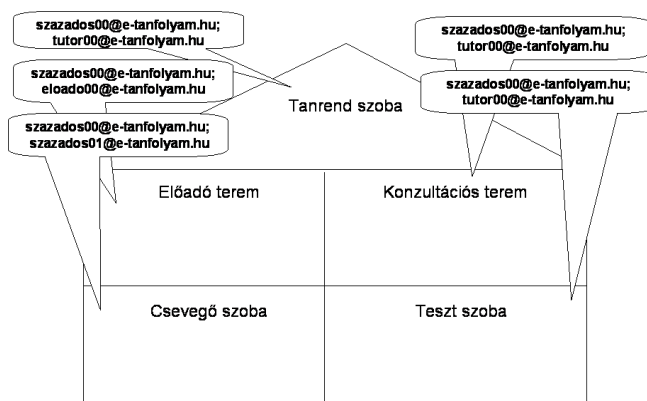


4. ábra. A Távoktatási Központ egyes virtuális helyiségeiben dolgozó szervek által adminisztrált aldomainek címei



5. ábra. A tanfolyamok virtuális épületeiben folyó tevékenységek, illetve ezek aldomain címei

Az egyes tanfolyamok virtuális épületeiben folyó tevékenységek, illetve ezek aldomain címeit az 5. ábra, az egyes virtuális helyiségek felhasználóinak virtuális címeit pedig a 6. ábra szemlélteti.



6. ábra. Az egyes virtuális helyiségek felhasználóinak virtuális címei

A fenti vázlatos bemutatásból kitűnik, hogy a Katonai Távoktatási Központ virtuális campusának valamennyi virtuális épülete és azok virtuális helyiségei, illetve valamennyi valóságos oktatója, valóságos üzemeltetője és valóságos felhasználója azonos domainen belüli internetes címen elérhető, ezért teljesen közömbös, hogy a rendszer elemei fizikailag a világ mely – Internet-eléréssel rendelkező – pontján található. Ezért a rendszer egy zártkörű, virtuális intranet hálózatot alkot, amely alkalmas a valós idejű online távoktatás bármely formájának alkalmazására.

2. Az „e-tanfolyam.hu” portál zártkörű, online, virtuális intranet hálózata

A távoktatási portálra – az „e-tanfolyam.hu” domain keretein belül – az egyes kurzusok oktatói és hallgatói egyéni felhasználóként jelentkezhetnek be, az üzemeltető adminisztrátorok által megadott felhasználói névvel és jelszóval.

A portál virtuális intranet hálózata az alábbi szolgáltatások elérését biztosítja a felhasználók részére:

2.1 Levelező fiók

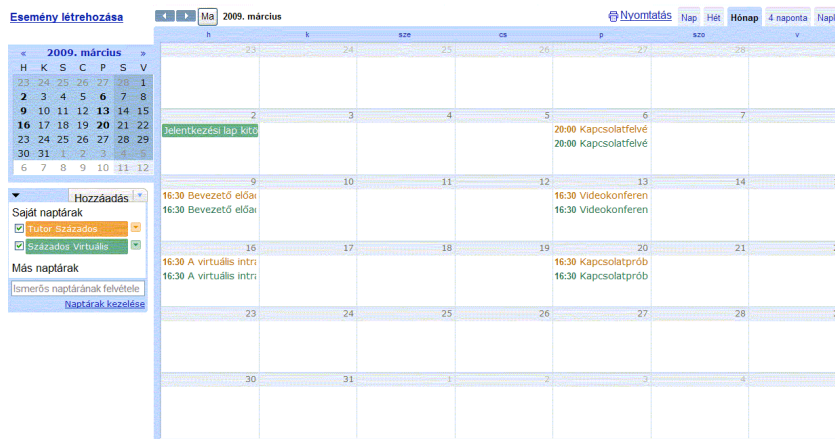
A portál minden felhasználójának rendelkezésére áll egy e-mail levelező fiók, amely elsősorban a belső levelezésre szolgál, de megfelelő engedély birtokában külső levelezésre is használható. Bárhonnan, bármikor elérhető a <http://mail.e-tanfolyam.hu> címen (7. ábra).



7. ábra. A virtuális postaláda

2.2 Határidőnapló és tanrend

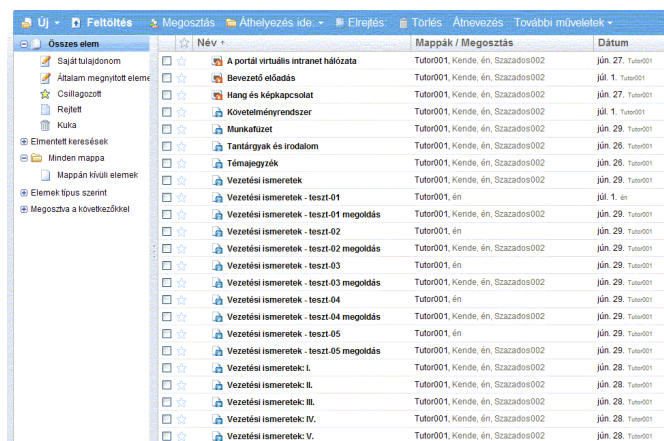
Minden résztvevőnek rendelkezésére áll egy határidőnapló, ami elsősorban a virtuális tanrend szerepét tölti be. Ezért alaphelyzetben csak a tulajdonos hallgató és a számára kijelölt előadó, illetve tutor látja. A kurzus hallgatói egymás között is megoszthatják a domainen belül. (Ha egy adott bejegyzést magánjellegűnek jelöl be a felhasználó, akkor az adott bejegyzést csak a tulajdonos láthatja.) Bárhonnan, bármikor elérhető a <http://calendar.e-tanfolyam.hu> címen (8. ábra).



8. ábra. A virtuális tanrend-naptár

2.3 Dokumentumszerkesztő és könyvtár

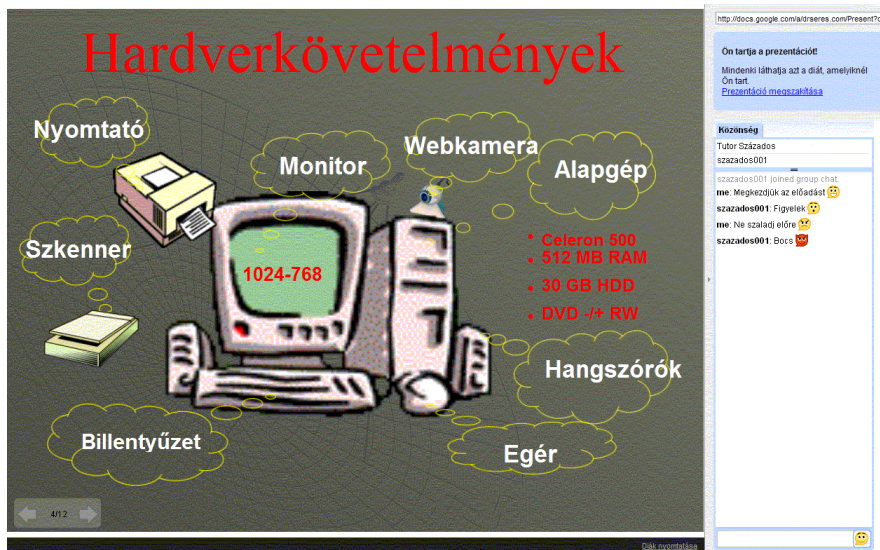
Minden résztvevőnek rendelkezésére áll egy interaktív dokumentumszerkesztő rendszer, melynek tartalomjegyzékéből (9. ábra), mint egy virtuális könyvtárból elérhető a kurzus elvégzéséhez szükséges teljes tananyag és a rendszerben készített összes dokumentum. Az erre feljogosított felhasználók egyénileg és közösen olvashatják, követhetik, vagy szerkeszthetik online a dokumentumokat – szöveget, prezentációt és táblázatot. Ezért a rendszer kiválóan alkalmas az előírt feladatok elkészítésére, valós idejű online prezentációra, feleltetésre és vizsgáztatásra is. Bárhonnan, bármikor elérhető a <http://docs.e-tanfolyam.hu> címen.



9. ábra. A virtuális könyvtár és online dokumentumszerkesztő tartalomjegyzéke

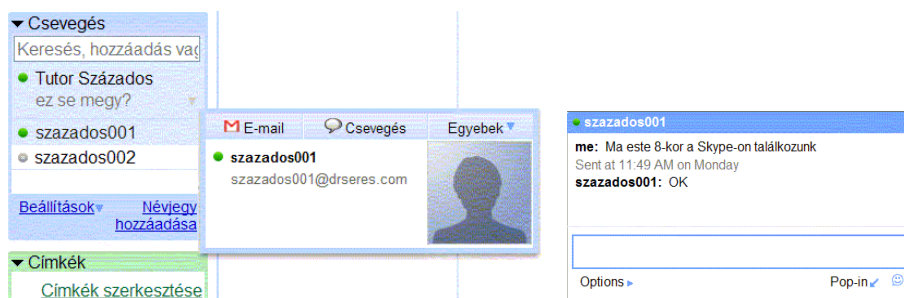
2.4 Csevegő rendszer

Minden résztvevőnek rendelkezésére áll egy online csevegő (chat) rendszer, amellyel a közös online prezentációk és egyéb dokumentumok követése vagy szerkesztése alkalmával lehet szöveges üzeneteket cserélni (10. ábra).



10. ábra. Csevegés online prezentáció közben

Emellett a levelező fiókból is lehet online szöveges csevegést kezdeményezni a csoport tagjaival és a tannel, – ha online állapotban van (11. ábra).



11. ábra. Csevegés kezdeményezése a postafiókból

2.5 Hang-és képkapcsolat

A hallgatók és az online előadó, vagy tutor, illetve a hallgatók egymás közötti hang- és képkapcsolatát bármelyik ingyenes rendszerrel (Skype⁴, LiveMessenger⁵, GoogleTalk⁶), illetve valamely professzionális videokonferencia rendszerrel (például a Nemzeti Információs Infrastruktúra Fejlesztési Intézet videokonferencia szolgáltatásával⁷, amelynek a ZMNE Központi Könyvtárban is van kiépített végpontja⁸) biztosítani lehet.

A rendszer próbája során – az ingyenes rendszerek közül – a legmegbízhatóbbnak a Skype rendszer bizonyult, amely kétoldalú hang- és képkapcsolatot, illetve, 24 résztvevőig, konferencia-beszélgetést tesz lehetővé.

⁴ <http://skype.hu>

⁵ <http://get.live.com/messenger/overview>

⁶ <http://www.google.com/talk/>

⁷ <http://www.niif.hu/hu/vidkonf>

⁸ <http://www.zmne.hu/ujdontasok/vidkonf.htm>

3. A portál működése és menürendszere

A Katonai Továbbképző Központ virtuális campusának „főbejárata” az interneten a <http://e-tanfolyam.hu> címen érhető el⁹. A portál virtuális kapuja feletti órák a képzésben potenciálisan résztvevők helyőrségi időzónái szerint járnak. Így könnyebb az időpontok egyeztetése az eltérő időzónákban tartózkodó oktatók és hallgatók között.

A felhasználói fiókba történt bejelentkezés és a megfelelő kurzus kiválasztása után jutunk a tanfolyam (12. ábra) virtuális épületébe (lásd az 5. ábrát).



12. ábra. Az őrnagyi tanfolyam virtuális épületének bejárata

A nyitólap középső, legnagyobb részét elfoglaló ablakában fog megjelenni a baloldali „kapufélfán” kiválasztott menüpontokhoz tartozó aktuális tartalom¹⁰. A menürendszer a következő felépítésű:

- Honlap
- Jelentkezési lap
- Bejelentkezés
- Előadások
- Tananyag
- Feladatok
- Hirdetőtábla
- Posta
- Naptár
- Könyvtár

⁹ A tényleges próbaportál címe: <http://drseres.com/szazados>

¹⁰ A rendszert az Internet Explorer és a FireFox böngészők legfrissebb verzióival teszteltük, az ablakváltás más böngészőknél ettől eltérhet.

3.1 Jelentkezési lap

A jelentkezési lap kitöltésével a tanfolyam megkezdésekor a résztvevők alapadatait, alapvető rendszeradatait, és kompetenciáit mérjük fel egy egyszerű kérdőív¹¹ kitöltésével (azonosító, vezetéknev, keresztnév, életkor, rendfokozat, beosztás, szolgálati hely, előjáró e-mail címe, szövegszerkesztői gyakorlat, táblázatkezelői gyakorlat, prezentáció készítői gyakorlat, internethasználói gyakorlat, operációs rendszer, irodai rendszer, web böngésző, levelező rendszer, internetkapcsolat, egyéb).

3.2 Bejelentkezés az online foglalkozásokra

Az online foglalkozások megkezdésekor be kell jelentkezni, illetve a kinyíló ablakban a jelenlélet jelző jelet beállítani a megfelelő ablakban, majd képernyőt frissíteni. Így a tutor láthatja a rendszerben éppen benn tartózkodó hallgatókat (13. ábra).

3.3 Előadások

A menüpontra kattintva a hallgató bármikor önállóan is lejátszhatja a rendszerben fennlévő előadás-prezentációkat, az online előadások előtt pedig innen léphet be a virtuális előadóterembe (14. ábra).



13. ábra. Bejelentkezés az online foglalkozások előtt



14. ábra. A kurzus előadás-prezentációi

3.4 Tananyag

A tananyag menüpont alatt olvashatók online, illetve letölthetők és kinyomtathatók a tanfolyam követelményrendszere, az előírt tananyagok, valamint a kötelező és ajánlott irodalom, stb.

3.5 Feladatok

A feladatok menüpont alatt olvashatók online, illetve letölthetők és kinyomtathatók a munkafüzetek, az egyes témákat/fejezeteket lezáró feladatlapok, az önellenőrzést szolgáló tesztek és megoldásaik, illetve a kötelezően megoldandó feladatsorok.

¹¹ <http://spreadsheets.google.com/a/drseres.com/viewform?key=p-3PHOHuVUc2-60rptSnnUg&hl=hu>

3.6 Hirdetőtábla

A hirdetőtáblán a tutor teszi közzé a hallgatók közérdeklődésre számottartó munkáit, feladatmegoldásait, a hallgatóknak az egyes témák, előadások kapcsán kialakított véleményét, értékelését. Tutori jóváhagyással a hallgatók is elhelyezhetik saját munkáikat a hirdetőtáblán.

3.7 Postafiók

Saját levelezésüket bonyolíthatják le az oktatók és a hallgatók (lásd 8. ábra), illetve csevegést kezdeményezhetnek (lásd 12. ábra).

3.8 Naptár

Saját időbeosztását, illetve a tanrendet és a közös programokat tekintheti itt meg a hallgató (lásd 9. ábra).

3.9 Könyvtár

A menüpontból a dokumentumszerkesztő-könyvtár tartalomjegyzéke érhető el, ahol a hallgató megtalálja mindazokat a dokumentumokat, amelyek olvasására illetve szerkesztésére jogosult (lásd 10. ábra).

4. On-line vizsgáztatás

A rendszerben kipróbáltuk az on-line vizsgáztatás lehetőségét is a Szolnoki Főiskola távoktatási rendszerében tanuló hallgatók bevonásával, Környezetgazdálkodás tantárgyból – mivel a Főiskola ILIAS rendszere nem támogatja a tanár és a hallgatók közötti on-line kapcsolatot. Módszerként komplex – szóbeli és írásbeli – vizsgáztatást alkalmaztunk.

A hallgatók az előre kiadott témák¹² közül választhattak, majd azt egy prezentációban dolgozták fel. A vizsga során on-line bemutató keretében, előadást tartottak a feldolgozott ismeretekből.

4.1 A vizsga előkészítése

A csoportlétszám 32 fő volt, amelyből 22-en jelezték on-line vizsgázási szándékukat az első – e-mailben küldött – felhívást követő egy héten belül. A jelentkezők vendégként jelentkezhetek be a rendszer virtuális intranet hálózatába, ahol kitöltötték az on-line jelentkezési lapot¹³, melynek adatai megjelentek a vizsgáztató tanár táblázatában¹⁴.

A jelentkezési időszak lezárása után mindenki egyéni felhasználói fiókot kapott, hozzáfért a dokumentumtárhoz, és elkészíthette, illetve feltölthette a prezentációját. A vizsgaidőpontok kiválasztása szintén on-line történt, egy – minden felhasználó által szerkeszthető – táblázatban¹⁵.

¹² http://docs.google.com/a/drseres.com/Doc?docid=dc8mwhn4_40h72tkwfv&hl=hu

¹³ <http://spreadsheets.google.com/embeddedform?key=p-3PHOHuVUc1WM9iwY6GOOQ>

¹⁴ <http://spreadsheets.google.com/a/drseres.com/cc?key=p-3PHOHuVUc1WM9iwY6GOOQ&hl=hu>

¹⁵ <http://spreadsheets.google.com/a/drseres.com/cc?key=pQq6smDvtWgiqcsDChbD-bQ&hl=hu>

Ahhoz, hogy a vizsgamunkát ne csak az adott hallgató, hanem a vizsgáztató tanár és a csoporttársak is láthassák, meg kellett osztania a csoport tagjaival. A könnyebb kommunikáció érdekében, egy levelezőlistát is létrehoztunk a postafiókhoz.

4.2 A vizsga lefolyása

A 22 jelentkező közül végül 15 hallgató – a csoport 50%-a – vállalta az on-line vizsgát. A rendszerhez tartozó azonosítók kiosztása után a hallgatók beléptek a rendszerbe, és az, előre kiadott írásos tájékoztató alapján gyorsan megismerkedtek az on-line dokumentumszerkesztő használatával. Néhányan próba-anyagokat tettek fel és on-line szerkesztéssel is próbálkoztak már az első alkalmakkor.

Miután minden hallgató láthatta a jelentkezési táblázatot, kiválaszthatták, hogy melyik csoporttársuk előadását hallgatnák meg. Az adott időpontban beléphettek a rendszerbe, csatlakozhattak az on-line prezentációhoz, és a beépített csevegő használatával, vagy Skype konferenciabeszélgetés, keretében „résztvehetek” a vizsgán.

Bár az előzetes elképzelések szerint egy-egy vizsga kb. 10-15 percesre volt tervezve egy vizsga sem lett rövidebb fél óránál – volt olyan hallgató, aki 50 percet beszélt önállóan a kiválasztott témájáról. Amikor több résztvevő volt a vizsgán, a konferenciabeszélgetésben a többiek is aktívan bekapcsolódtak, vagy csak megfigyelőként végignézték és hallgatták csoporttársuk prezentációját.

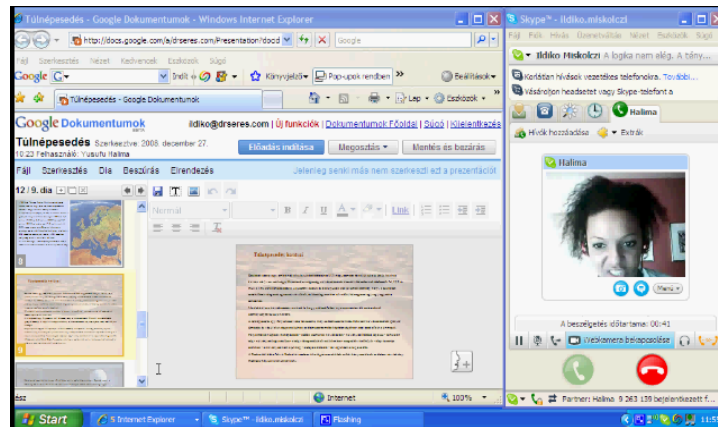
4.3 A hallgatók véleménye

A hallgatók értékelése szerint ez a vizsgáztatási forma nem csak újszerűsége miatt volt érdekes és kellemesnek mondható, de szinte mindannyian értékelték a lehetőséget, hogy csoporttársaik munkájába is betekintést kaphattak. Bár lehetőség volt saját jegyzetek használatára feleletkor, azonban szinte senki nem használt előre leírt jegyzeteket. Illetve ha volt is, nem tekintettek bele a beszélgetés során.

További pozitívuma a módszernek – a hallgatói visszajelzések alapján – a rendszer rugalmassága. Sem időhöz, sem helyhez nincs kötve senki, csupán Internet kapcsolat szükséges. Este 10-kor és délelőtt 9-kor csakúgy vizsgáztak hallgatók, mint szombat délelőtt vagy vasárnap délután. Két hallgató külföldről vizsgázott munkahelyi ebédszünetében.

A vizsgák során a képernyőtartalmat videófájlokba rögzítettük. Ezekből egy példát mutatunk be a 15. ábrán, néhány jellegzetes vizsga-felvételből, pedig részleteket tettünk fel a YouTube portál E-TANÁR csatornájára¹⁶.

¹⁶ <http://www.youtube.com/drseres>



15. ábra. Online vizsga egy részlete

5. Közösségépítő szerep

A XXI. században, az e-learning területén is egyre nagyobb szerepet kapnak az olyan interaktív távoktatási rendszerek, portálok, amelyek nem csupán ismeretközlő szereppel rendelkeznek, de kihasználják és felhasználják a felhasználói aktivitást, így teret nyitnak a közösségek kialakulásához, a tanulási folyamatban az együttgondolkodáshoz, az együttes munkához.

Az önálló tanulás, nehéz, küzdelmes feladat. A távoktatásban, a felnőttképzésben pedig talán még nehezebb a napi eltérő életvitelek, életritmusok mellett összehangolni a tanulást az egyéb feladatainkkal. A „valódi” távoktatásban ezen túlmenően nincsenek a hagyományos értelemben vett kontaktórák, konzultációs órák, hiszen nem tanteremben, és nem tanári magyarázat mellett történik egy-egy anyagrész feldolgozása. Nem elég megtanulni, de alkalmazásképesen kell elsajátítani azt. Ezért a követelmények sikeres teljesítésében nagy szerepe lehet a tanuló társakkal való kapcsolattartásnak csakúgy, mint a ttorral, tanárral való személyes, vagy online kapcsolattartás lehetőségének. Maga a tudat, hogy problémáival, nehézségivel van kihez fordulnia a tananyag feldolgozása során, lendületet, erőt, biztosságot ad az önálló tanulás nehézségeinek leküzdésében a tanulóknak.

Egy e-learning portál közösségépítő szerepe éppen az „együttgondolkodás” és az interaktivitás lehetővé tételében valósul meg, amelynek számos különálló, de mégis szervesen együttműködő eleme van a rendszer egészében. Ilyen elemek:

- valós idejű hang és kép közvetítése;
- közös dokumentum-szerkesztés;
- közös időpont egyeztetési lehetősége a naptár funkcióval;
- dokumentumtár használata;
- tananyagfal használata;
- faliújság működtetése;
- hallgatói fórumok létrehozása és működtetése;
- csevegő „szobák”;

- online vizsga;
- online prezentációk;
- játékok;
- stb...

A közös online munka alapvető pillérei a kontaktus tartására alkalmas *kommunikációs* eszközök, mint a Skype, a GoogleTalk, a Gmail beépített csevegő rendszere, vagy az LiveMessenger. De bármelyik levelező rendszer beépített csevegő rendszere használható. Másik fontos elem a közös online munka lehetősége, a közös, valós idejű *dokumentumszerkesztés*. Nem csupán dokumentumok elhelyezése, és megosztása révén másoknak elérhetővé tétele a funkciója, hanem az alkotó munkát segítő a közös szerkesztés lehetősége is segít a megszerzett ismeretek feldolgozásában a hallgatócsoportnak. Több szem többet lát, több gondolat új gondolatokat szül. Ilyen formán hamarabb és nagyobb valószínűséggel kap választ a hallgató az egyéni problémájára. Egy „hagyományos képzésben” valódi kontaktelődáson nem biztos, hogy van idő, lehetőség az egyéni kérdések megválaszolására, arról nem is beszélve, hogy gátat szabhat a kérdésfeltevésnek az, hogy nem biztos, hogy mindenkit érdekel az adott egyéni probléma. A Google rendszer *naptár* funkciója tökéletes lehetőséget nyújt csoportos online találkozók megszervezéséhez, egyeztetéséhez. Beírhatók saját feladatok ütemezése, határidők. Beállítható itt nem csupán az időpont, de a téma, a részvételi szándék konkretizálása csakúgy, mint az esemény előtt emlékeztető e-mail küldése saját postaládánkba vagy a meghívandó vendégek. Ezen emlékeztető időpontok beállítása akár napokkal vagy órákkal a találkozó előttre lehetséges. Csakúgy, mint a dokumentumtárban, itt is megteheti a tulajdonos, hogy csak ő maga látja és szerkeszti saját naptárát, de megvan a lehetősége, hogy láthatóvá tegye saját „teendőlistáját” a csoport más, vagy akár összes tagja számára csak olvasásra, vagy akár szerkesztésre is. Ez utóbbi esetben csoporttársa kezdeményezésére is lehet „virtuális találkozót” szervezni, nem csak saját indíttatásból. A *dokumentumtár* igazi online, virtuális könyvtárként szolgálhat a tanulócsoport összes tagja számára. Ide elhelyezhető és elérhetővé tehető mindenki számára a képzés összes dokumentuma. Ha a dokumentum tulajdonosa (feltöltője) nem csupán olvasási, de szerkesztési jogosultságot is beállít, lehetőség van az együttes online szerkesztésre, legyen az egy szöveges, táblázatos vagy prezentációs dokumentum. Bárki szerkesztheti, mentheti az általa fontosnak, jónak tartott változtatásokat. Egyszerre többen is dolgozhatnak ugyanazon a dokumentumon a valós időben. A *tananyagfal* használata hasznos az új, aktuálisan feldolgozandó témakörök kiemelésére, az adott tananyagegységhez tartozó szöveges, prezentációs, vagy más formátumú anyagok elhelyezésére. Ezáltal a hallgató is könnyebben tud tájékozódni az egy-egy téma feldolgozását segítő segéd- és tananyagok között. A *faliújságok* kialakításával lehetőségünk van egy-egy érdeklődésre számot tartó, vagy kiemelkedő hallgatói munka, vélemény, anyaggyűjtés közzétételére, vagy kiegészítő tananyagegységek, ismeretanyagok elhelyezésére. A hallgatói *fórumok* lehetőséget adnak arra, hogy konkrétan egy-egy témában, témakörben megvitassák ismereteiket, tapasztalataikat, kérdéseiket a hallgatók, akár a tutor irányításával, akár a nélkül kötetlen formában. Ráadásul a hagyományos írásos

fórum-formát követve a rendszerbe később vagy más időpontban belépők számára is láthatóak és elérhetőek maradnak az előzőekben megbeszéltek kérdések és a rájuk adott válaszok. Fontos, hogy jogosultsággal nem csak a tutor, de a hallgatók is hozhatnak létre új fórumtémákat. A fórumok továbbfejlesztésével pedig *csevegő szobákat* hozhatunk létre, ahol valódi, építő jellegű vita-fórumok alakulhatnak ki egy-egy kérdés kapcsán. Az *online vizsga* lehetősége talán az egyik legnagyobb sikerélményt adhatja a hallgatónak, és tanárnak egyaránt. A megszerzett tudás prezentálása a hallgatótársak előtt történő bemutatása igen érdekes, értékes lehetősége a rendszernek. Tanulságos lehet ez a tanárnak a további fejlesztések szempontjából is, és a hallgatóknak egymás munkájába való betekintés miatt is. A vizsga értékelése azonnali. Akár írásbeli, akár szóbeli vizsgák lebonyolítására alkalmas a rendszer.

6. Első tapasztalatok, a fejlesztés további lehetőségei

Bár a rendszer kipróbáltan működik, a visszajelzések és tapasztalatok pozitívak, a fejlesztés itt még koránt sem ért véget. A mindennapok tapasztalatai, a nagyobb létszámú felhasználó általi véleményalkotás alakíthatja annak szerkezetét, funkciórendszerét a mind könnyebb használhatóságért..

A zártkörűen működő portál létrehozásával elsődleges célunk az volt, hogy megalkossunk és bemutassunk egy olyan virtuális intranet környezetet, amely lehetővé teszi a világ bármely pontján tartózkodó felhasználó számára, az előírt és az ajánlott tananyagokhoz való hozzáférést, az online kapcsolattartást és munkát és az elsajátított ismeretek komplex számonkérését. Úgy hoztuk létre ezt a zárt környezetet, hogy ne csak az egyéni munkát támogassa, ne csak a tananyagok elérhetőségét biztosítsa, de alkalmas legyen konzultációra, kapcsolattartásra, együttes, vagy önálló online feladatmegoldásra, dokumentum-szerkesztésre – legyen az szöveg, táblázat vagy bemutató –, és online vizsgáztatásra egyaránt. Az interaktivitás biztosítása ugyanakkor a kapcsolattartás, véleménycsere, tapasztalatok megosztásának alapvető követelménye is, így feladatunknak tekintettük ennek biztosítását is. A portál tehát nem csupán a tananyagok elérhetőségét szolgálja és biztosítja, de konzultációra és online vizsgáztatásra is lehetőséget ad. Ezen túlmenően a rendszer biztosítja azt, hogy párhuzamosan több típusú előmeneteli képzést is kezeljen. Alkalmas a távoktatás és az e-learning legmodernebb, de mégis bárki számára bárhol elérhető alapvető eszközrendszerének kezelésére, összekapcsolására és alkalmazására.

Feladatunknak tekintjük a későbbiekben a vizsgáztatási lehetőségek további finomítását és cizelláltabb kiépítését is, hiszen a direkt videó-kapcsolat nem alkalmas minden vizsga módszerének. Más típusú vizsgák esetében (pl. írásbeli teszt) is biztosítani kell a hallgató egyértelmű azonosításának lehetőségét, illetve az esetleges nem megengedett eszközök és módszerek vizsgán történő használatának kiszűrését is meg kell oldani a fejlesztőknek. Figyelni kell az időkorlátokra, az egyes vizsgák időbeosztására a csúszások miatt. Szorgalmazva a konferenciabeszélgetéseket, a rendszer továbbfejleszhető más irányokba is. Más típusú feladatok, írásbeli vizsgák lebonyolítására is alkalmassá kell tenni, illetve minél több feladattípust alkalmazni a vizsgáztatás során.

FELHASZNÁLT IRODALOM:

- [1] **Kende György – Noszkay Erzsébet – Seres György:** A tudás-átadás és a tudásbázis-fejlesztés egyidejű alkalmazása a K+F területén *Előadás az MTA Vezetés- és Szervezéstudományi Bizottságának Tudásmenedzsment Albizottsága 2007. évi workshopján.* http://www.vati.edu.hu/files/vati/mta_vege_1.ppt
- [2] **György Kende – Erzsébet Noszkay – György Seres:** Role of the Knowledge Management in Modern Higher Education – the e-Learning *AARMS, Vol. 6, Issue. 4 (2007) p. 559-573*
<http://www.zmne.hu/aarms/docs/Volume6/Issue4/pdf/01kend.pdf>
- [3] **Kende György – Seres György:** Egy interaktív e-learning portál első tapasztalatai *Előadás az MTA Vezetés- és Szervezéstudományi Bizottságának Tudásmenedzsment Albizottsága 2008. évi workshopján.*
<http://vati.szie.hu/files/vati/mta-2008.pdf>
- [4] **Kende György – Erzsébet Noszkay – Seres György:** Tests and Knowledge Management in Modern Higher Education – the e-Learning, *elearningeuropa.info, 21 May 2008,* <http://www.elearningeuropa.info/files/media/media15805.pdf>
- [5] **Kende György – Seres György – Miskolczi Ildikó – Hangya Gábor:** Virtuális Campus, *a Zrínyi Miklós Hadtudományi Alapítvány, Gondolkodó katona pályázatán díjazott tanulmány 2008.,*
http://www.drseres.com/publik/pdf/virtualis_campus.pdf
- [6] **Kende György – Seres György – Miskolczi Ildikó:** Tanuljunk könnyen, gyorsan – élethosszig, bármikor, bárhol, *Jampeper.eu, online folyóirat, 2008./III./3.*
- [7] **Seres György – Miskolczi Ildikó – Szabó László:** Hatékony felsőoktatás – az Internet lehetőségei a távoktatásban, *A Föld éve - Tudományos Konferencia 2008., Szolnoki Tudományos Közlemények XII.,*
http://www.szolnok.mtesz.hu/sztk/kulonszamok/2008/cikkek/seres-gyorgy_szabo-laszlo_miskolczi-ildiko.pdf
- [8] **Miskolczi Ildikó:** Egy e-learning kurzus tapasztalatai, *előadás az MTA Vezetés- és Szervezéstudományi Bizottságának Tudásmenedzsment Albizottsága 2008. évi workshopján.* <http://vati.szie.hu/files/vati/Miskolczi.ppt>



Kerülő Balázs - Dr. Szilágyi Dénes Ph.D.

TELJESÍTMÉNYELEMZŐ SZOFTVER ÉS DÖNTÉSTÁMOGATÓ INFORMÁCIÓS RENDSZER „B” TELJESÍTMÉNYOSZTÁLYÚ REPÜLŐGÉPEKRE

Az ég nem csak a légitársaságoké. A polgári légiforgalom másik szegmense, a kisgépes repülés (*general aviation*) bár kevésbé látványosan, de mégis jelen van, sőt: a világ egyre sűrűbb gazdasági és politikai válságai az üzemeltetés alacsonyabb költségei miatt a kisgépes iparágat kevésbé rázzák meg. Bár a reflektorfény haloványabb, a kisrepülőgépek üzemeltetői tudják: ha kereskedelmi tevékenységet (légitaxi, áru fuvarozás, vagy egyéb, megfizetett repülési feladat) végez a gépük, akkor a jogi felelősség szempontjából gyakorlatilag nem különbözik egy légitársaság nagy gépétől.

A nagygépes légi szállítmányozás világában kétféle repült gépóra jut egy baleset – egy nyugalmazott légitársasági kapitány egész „életműve” jó, ha eléri a 20.000 repült órát. Ezzel szemben a kisgépes (20 utasülés alatti befogadóképességű repülőgépeket üzemeltető) iparágban egy nagyságrenddel rosszabb ez az arány, pedig az utasszállítók jóval bonyolultabb, következképp nagyobb műszaki meghibásodási kockázatot jelentő szerkezetek.

Ez az anomália meglátásunk szerint két fő okra vezethető vissza:

1. Egyrészt, a menetrendszerű járatokat bonyolító légitársaságokat nagy éves utasforgalmuk miatt jóval szigorúbban ellenőrzi az illetékes hatóság, mint a légitaxizásra, charterfuvarozásra, eseti megbízásokra szakosodott kisgépes cégeket. A jogszerűtlen működés náluk sokkal hamarabb kiderül, így számukra létkérdés a repülés előkészítésével, végrehajtásával és dokumentálásával kapcsolatos minden előírás betartása. A repülés-előkészítési feladatok ellátásáért (azaz az egyes repülések biztonságos végrehajthatóságának elemzéséért) nemzeti légitársaságunknál például a mintegy ötvenfős navigációs osztály felel. A sokszor mindenestül legfeljebb tíz főt alkalmazó kisgépes vállalkozások jóval szerényebb erőforrásokra támaszkodhatnak e téren – miközben rájuk lényegében ugyanazok a feladatok és előírások vonatkoznak a repülés-előkészítés terén, mint a légitársaságokra.
2. A másik fő ok, ami az iparág két szegmensének biztonsági mutatóit a fentiek szerint befolyásolja, az utasszállítók és a többcélú kisgépek műszaki felszereltségében mutatkozó szakadéknai különbség. Míg a nagygépek tervezési irányelveit rögzítő világszabványok kötelezően előírják például a kormányrendszer, a hidraulika, a fontosabb fedélzeti műszerek, sőt a hajtóművek többszörözését, emellett a robotpilótát és a fedélzeti számítógépek sokaságát, addig a kisgépes követelményrendszer – főleg a műszerezettség és az automatizáció terén – jóval kevesebb kötelező elemet tartalmaz.

A kiséges balesetek több, mint kétharmadában (!) [9] a feltárt okok közt szerepel az alábbi kettő közül legalább az egyik:

- A repülőgép személyzete nem volt megfelelően felkészülve az adott repülési feladat végrehajtására – azaz nem volt megfelelő a repülés előkészítése, ld. a fenti 1. pontot
- A repülőgép műszerezettség vagy teljesítmény szempontjából nem volt alkalmas az adott feladat végrehajtására (ld. a fenti 2. pontot).

Mivel az egy-egy repülés előkészítésekor figyelembe veendő tényezők nagy- és kiségek esetén nagyjából megegyeznek, egy kiséges feladat jogszerű előkészítése nagyjából ugyanolyan bonyolult tevékenység, mint nagyobb társaiké.

A XX. század végére az emberi hibák elkerülésének kézenfekvő lehetőségévé érett a számítástechnika és az automatizálás széleskörű alkalmazása, ahol az emberi tényező, ha az adatok bevitelének és kiértékelésének folyamatából nem is, de legalább az adatfeldolgozásból kiküszöbölhető. A repülés „veszélyes üzem”, ezért minden olyan automatizálásra irányuló törekvésnek, mely biztosítja az emberi ellenőrzés és felügyelet lehetőségét, kiemelt létjogosultsága van. 2008-ban a Nyíregyházi Főiskolán, egy szakdolgozat keretében megvizsgáltuk egy olyan számítógépes szoftver előállításának, és működésének lehetőségeit, amely elsősorban a kiséges repüléstervezés számításigényes, de jól tipizálható munkafázisai során segíti az üzemeltetőt a repülési feladatra való teljes körű, gyors és pontos felkészülésben úgy, hogy hűen – és legalább ilyen fontos, hogy a mindenkori jogi követelmények kötelező iránymutatásainak megfelelően – modellezi az adott géptípus teljesítmény-jellemzőit.

A TELJESÍTMÉNYELEMZŐ SZOFTVER ELVE

Követelmények

A szakdolgozat témájául szolgáló projekt során egy olyan számítógépes szoftver fejlesztését és tesztelését végeztük el, amely az alábbi tulajdonságokkal rendelkezik:

- Bármilyen ismertebb operációs rendszert futtató személyi számítógépre feltelepíthető;
- Lehetőséget biztosít a felhasználónak az üzemeltetett EU-OPS 1 szerinti „B” teljesítményosztályú géptípusok teljesítményadatainak egyértelmű, hibamentes és ellenőrizhető bevitelére a gyártó által a Repülőgép Üzemeltetési Kézikönyvben (a továbbiakban Aircraft Operating Manual, AOM) megadott teljesítménydiagramok és táblázatok alapján;
- A rögzített gépadatok, illetve a végrehajtandó repülési feladat paraméterei (időjárás, futópályák, útvonal magassága, kereskedelmi terhelés, stb.) alapján elvégzi az EU OPS 1 szerinti teljesítményanalízist (üzemeltetési minimumok, korlátok, szükséges tüzelőanyag-mennyiség, fel- és leszállási úthossz, útvonali paraméterek, stb.)

- Az elvégzett számításokat képes elmenteni, illetve a felhasználó igényei szerinti részletességgel megjeleníteni képernyőn és nyomtatásban;
- A szoftver által alkalmazott számítási logika a felhasználó által módosítható és bővíthető (gondolva arra az esetre, ha az üzemeltető az EU OPS 1-nél szigorúbb normákkal kívánna dolgozni, vagy az FAA, illetve más hatóság területén kíván üzemelni).

Jelenleg létező megoldások

A projekttel kapcsolatos munka során erős motivációt jelent számunkra az a tény, hogy a fenti feladatokat elvégezni képes általános, azaz géptípus-független, az üzemeltetők által testre szabható szoftver nincs a *general aviation* piacon forgalomban. A gyártók az új típusokhoz esetenként már adnak teljesítményszámítást végző szoftvert, sőt az integrált számítógépes fedélzeti rendszerekkel szállított komolyabb új kisgépek a teljesítményszámítást megkönnyítő beépített logikával kerülnek forgalomba. E programok azonban az adott géptípust szolgálják, felhasználói felületük és kialakításuk gyártónként változik, illetve nem kevés plusz pénzbe, konkrétan kb. 60.000 dollárba kerül, mondjuk egy Piper Meridian-t Flight Data Computer-rel rendelni, igaz, ebben a felárban már a hagyományos műszereket helyettesítő folyadékkristályos képernyőkkel felszerelt, ún. *glass cockpit* műszerfal ára is benne van.

A Jeppesen által forgalmazott FliteStar repülés tervező program újabb változatai feltölthetőek ugyan alapszintű teljesítményadatokkal, de ezek csak arra elegendők, hogy néhány útvonali paramétert automatikusan kalkuláljon a program - amelynek a fő profilja tulajdonképpen az útvonaltervezés, nem pedig a teljesítményelemzés, így nem is róhatjuk fel azt hiányosságának, ha a kereskedelmi repülésekre OPS 1 szerint megkövetelt szintű teljesítmény-dokumentáció előállítására nem alkalmas.

Működési alapelv

Mivel a cél egy általános, az üzemeltető által is feltölthető teljesítmény-adatbázissal rendelkező szoftver, különös gondot kellett arra fordítani, hogy a gyártó által az AOM-ben megadott adatok feltöltése egyszerű, gyors, zökkenőmentes, egyértelmű, és felhasználóbarát legyen. A gyártók a berepülési programból mérésrel nyert, vagy számított teljesítmény-összefüggéseket elsősorban adattáblázatok, illetve görbeseregek (ún. nomogramok) formájában teszik közzé. A táblázatos forma esetében a táblázat első sora és oszlopa a teljesítményt befolyásoló környezeti paraméterek értékeit tartalmazza bizonyos lépésközzel, a megfelelő sorok és oszlopok metszéspontjában pedig a kérdéses teljesítményjellemezőnek az adott paraméterek együttállásakor mért vagy számított értéke olvasható le. Ahol az aktuális környezeti paraméterek két gyárilag megadott érték közé esnek, ott a teljesítményjellemező valós értéke lineáris interpolációval rendszerint elégséges mértékben megközelíthető.

POWER		75%				65%				55%						45%					
FUEL FLOW		29.0 GPH				23.3 GPH				18.7 GPH						16.0 GPH					
RPM		2,500	2,600	2,400	2,500	2,600	2,100	2,200	2,300	2,400	2,500	2,600	2,100	2,200	2,300	2,400	2,500	2,600			
PRESS ALT (ft)	ISA °C	MANIFOLD ABSOLUTE PRESSURE (Hg in) (MAP)																			
		0	15	34.0	33.0	33.8	32.0	31.0	31.2	30.3	29.4	28.2	27.2	26.3	27.1	26.4	25.5	24.3	23.3	22.5	
2,000	11	33.8	32.7	33.2	31.7	30.7	30.5	29.7	28.8	27.8	26.8	26.0	26.4	25.8	24.6	23.7	22.8	22.1			
4,000	7	33.6	32.4	32.8	31.5	30.5	30.0	29.2	28.3	27.4	26.4	25.6	25.8	25.0	24.0	23.2	22.3	21.8			
6,000	3	33.4	32.2	32.5	31.2	30.3	29.7	28.8	28.0	27.0	26.2	25.3	25.3	24.5	23.5	22.8	21.9	21.5			
8,000	-1	33.1	32.0	32.3	31.0	30.1	29.4	28.4	27.7	26.8	25.7	25.0	24.8	24.0	23.0	22.4	21.6	21.2			
10,000	-5	33.0	31.9	32.0	30.9	30.0	-	28.3	27.5	26.5	25.5	24.7	24.4	23.7	22.8	22.0	21.4	21.0			
12,000	-9	32.5	31.8	31.8	30.7	29.8	-	28.3	27.2	26.3	25.3	24.6	24.0	23.3	22.5	21.7	21.2	20.9			
14,000	-13	-	31.7	-	30.5	29.7	-	-	27.1	26.1	25.2	24.4	-	23.0	22.3	21.4	21.1	20.8			
16,000	-17	-	31.6	-	30.4	29.5	-	-	-	25.9	25.0	24.3	-	-	22.0	21.3	21.0	20.6			
18,000	-21	-	-	-	-	29.4	-	-	-	-	25.0	24.2	-	-	-	21.2	20.9	20.5			
20,000	-25	-	-	-	-	29.3	-	-	-	-	-	24.2	-	-	-	21.2	20.8	20.4			
22,000	-28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.1	-	-	-	-	-	20.4			
MAX EGT		1,525°F						1,650°F													
24,000	-33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.4			
25,000	-34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.4			

1. ábra. Példa a táblázatos adatmegadásra. Piper Seneca ajánlott szívótérnyomás-értékei a nyomásmagasság és a teljesítmény-beállítás függvényében. (Forrás: [5])

A táblázatok értelmezésénél és a sorok-oszlopok diszkrét értékei közötti interpolációnál érdekesebb matematikai probléma az AOM-ben nomogramok formájában közzétett gyári teljesítményjellemzők számítógépre alkalmazása. A nomogramok ugyanis általában többváltozós, nemlineáris függvényeket határoznak meg, amelyek különböző fokszámú polinomok szuperponálásával megközelíthetők ugyan, de az eljárás egyrészt magas szintű matematikán alapul (ld. [3]: Fourier-transzformációk), másrészt szinte minden nomogram függvényrendszerének meghatározása más és más módszert igényel.

A 2. ábrán látható nomogramot például az $f(x_1, x_2, x_3, x_4)$ függvény határozza meg, ahol a nyomásmagasság, a külső levegő hőmérséklete, a felszállótömeg és a szél a paraméterek. Amellett, hogy a függvény négydimenziós, explicit megadását tovább bonyolítja, hogy szembeszél illetve hátszél esetén más-más kifejezést kapunk.

ACCELERATE – GO – FLAPS 0%

ASSOCIATED CONDITION:

POWER TAKE-OFF POWER SET BEFORE BRAKE RELEASE
 FLAPS 0%
 AUTOFEATHER ARMED
 LANDING GEAR RETRACT AFTER LIFT-OFF
 RUNWAY PAVED, LEVEL, DRY SURFACE
 OBSTACLE HEIGHT 35 FEET

WEIGHT ~ POUNDS	SPEED ~ KNOTS	
	V _R	V ₂
12,500	95	121
12,000	95	119
11,000	95	115
10,000	95	111
9,000	95	108

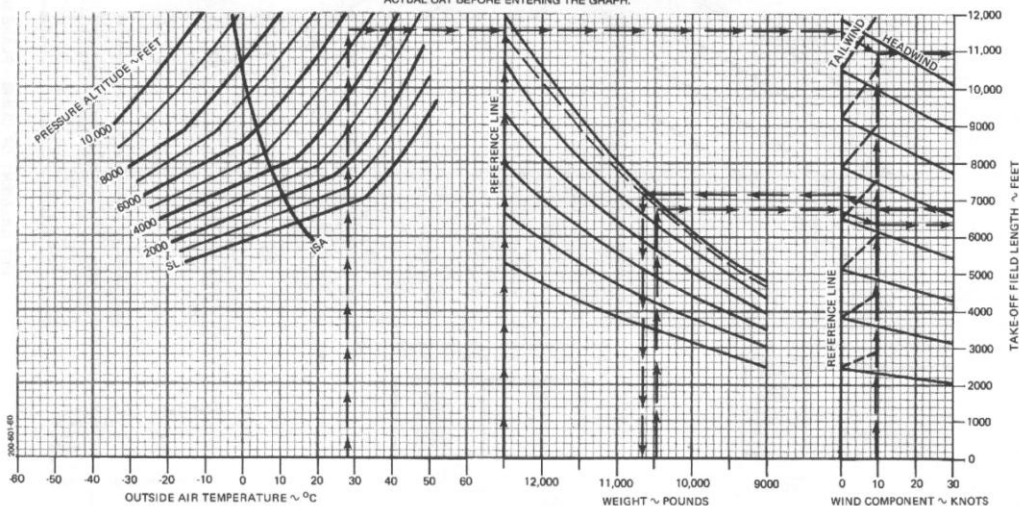
EXAMPLE:

OAT 28°C
 PRESSURE ALTITUDE 5430 FT
 HEADWIND COMPONENT 9.5 KTS

TAKE-OFF WEIGHT ~ POUNDS	TAKE-OFF FIELD LENGTH ~ FEET
12,500	10,950
10,650	6,786
10,470	6,370

- NOTE: 1. AIR DISTANCE IS 50% OF TAKE-OFF FIELD LENGTH
 2. V₁ (ENGINE FAILURE SPEED) EQUALS V_R (ROTATION SPEED)
 3. USABLE CLEAR WAY CANNOT EXCEED 25% OF THE RUNWAY LENGTH.
 4. FOR OPERATION WITH ICE VANES EXTENDED, ADD 6°C TO THE ACTUAL OAT BEFORE ENTERING THE GRAPH.

SPEEDS (10,470 POUNDS): V_R 95 KTS
 V₂ 113 KTS



2. ábra. Példa a nomogramos adatmegadásra. A B200 King-Air típus gyorsítási úthosszának (Accelerate-Go Distance) számítása a nyomásmagasság, külső hőmérséklet, a felszállótömeg és a szél függvényében. (forrás: [2])

Egy komolyabb típus, mondjuk a Beech 200-as King Air nomogramjait tanulmányozva belátható, hogy a görbeseregek sokfélesége túlzottan megnehezíti az általuk leírt függvények analitikus módszerrel történő visszafejtését.

Egy másik, elméletileg lehetséges megoldás a nomogram által meghatározott függvény igazságtáblázattal történő megadása. Ha a bemeneti paraméterek összes lehetséges kombinációjára megoldjuk a nomogramot, akkor egy egyszerű adattáblát kapunk, melyet már könnyen be lehet gépelni a számítógépbe. Tegyük fel, hogy a 2. ábrán látható nomogram igazságtáblázatát szeretnénk elkészíteni úgy, hogy -40 és +40 °C közt 10 °C-onként, 0 és 10.000 láb nyomásmagasságok közt 2000 lábanként, 9.000 és 13.000 font felszállótömegek között 1.000 fontonként, illetve -5 és +15 csomós szembeszélkomponensek közt 5 csomónként számoljuk ki a gyorsítási úthossz értékét. A paraméterek ez esetben egyenként az alábbi értékeket vehetik fel:

Paraméter	Adható értékek									Értékek száma
Hőmérséklet [°C]	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	9
Nyomásmagasság [ft]	0	2000	4000	6000	8000	10000				6
Tömeg [lb]	9000	10000	11000	12000	13000					5
Szembeszél [kts]	-5	0	5	10	15					5

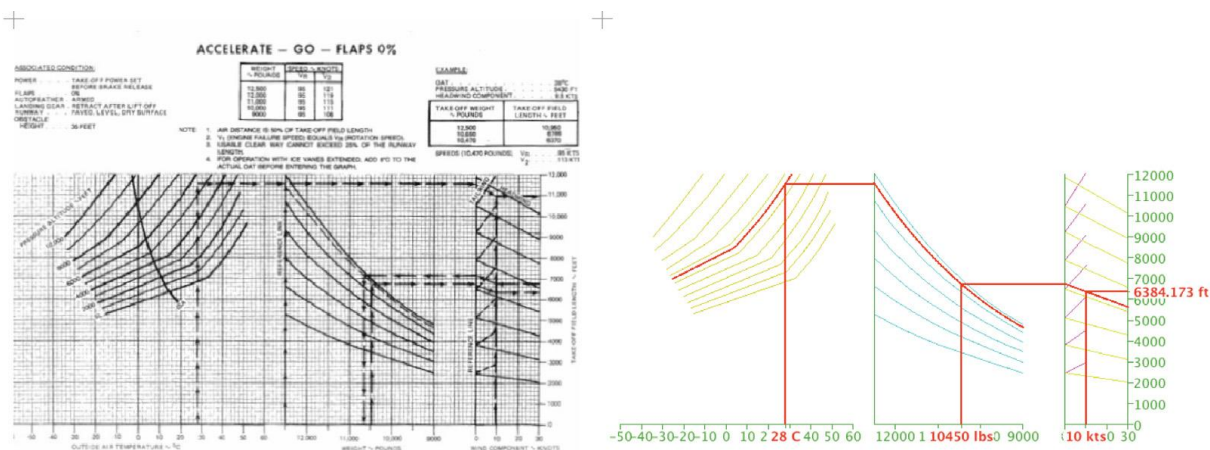
1. táblázat: Igazságtábla bemenő paraméterei

Belátható, hogy egy ilyen, viszonylag kis felbontású igazságtáblázathoz is $9 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 5 = 1350$ alkalommal kell megoldanunk a nomogramot, hogy a paraméterértékek minden kombinációjára legyen egy-egy megoldásunk, és a köztes értékeket még így is interpolálni kell. Bonyolultabb nomogramoknál, vagy sűrűbb mintavételnél ez a szám a sokszorosára nő, így az igazságtáblázatos megadás gyakorlati lehetőségét elvetettük.

Végül is mi a nomogram? Geometriai görbék összessége, melyek alakja és egymáshoz viszonyított elhelyezkedése egyértelműen meghatároz egy paraméteres egyenletet, amit a felhasználók egy ceruza és egy vonalzó segítségével percek alatt megoldanak. A ceruza elindul valamelyik skálázott tengely adott pontjáról egy meghatározott irányba, egyenesen halad egy megadott referencia-vonalig, ott irányt változtat, más tengelyekről húzott vonalakkal metszéspontokat alkot, melyek új vonalak kiinduló pontjai lesznek, stb. A felhasználó által húzott vonal végül valahol eléri azt a tengelyt, amely a keresett paraméter lehetséges értékei szerint van skálázva. A tengely skálájáról leolvassva a metszéspont koordinátáját, megkapjuk azt az értéket, amelyre szükségünk van.

Bár néhány bekezdéssel korábban beláttuk, hogy analitikus módszerrel nem kifizetődő visszafejteni a nomogramokba bújtatott többdimenziós függvényt, a görbeseregek görbéi egyenként viszont lényegesen könnyebben felírhatóak egydimenziós, maximum harmadfokú függvényekkel, illetve törtvonalak esetén azok egymás után illesztésével, amint azt később részletesen tárgyaljuk. A görbék egymáshoz viszonyított helyzete is regisztrálható, ha a nomogram síkját egy derékszögű koordinátarendszerként fogjuk fel, adott origóval. Ha egyenként megkerestük a nomogramokat alkotó görbéket leíró függvényeket ebben a koordinátarendszerben, és megadjuk a gépnek azt a logikát, amely szerint vonalakat húzzon ezen görbék közé a megoldáshoz vezető metszéspontokat keresve, akkor az egész probléma koordináta-geometriai feladatként megoldható.

Lényegében: Rajzoljuk meg a nomogramot pontról-pontra számítógéppel, és tanítsuk meg a „megoldóceruza” használatára. Ha ez egyszer megvan, a gép már bármilyen paraméter-kombinációval meg tudja oldani a feladatot, ugyanazzal a módszerrel, amivel az ember, csak hibák nélkül és jóval gyorsabban.



3. ábra. A korábbi gyorsítási úthossz nomogram formája az AOM-ben, illetve az időközben elkészült Nomogramszerkesztő modullal modellezve. A piros vonalak a számítógép által adott megoldást jelölik arra a példára, melyet az eredeti nomogram is megad.

Mint a nagyfokú testre szabhatóságot biztosító számítógépes alkalmazások általában, a projekt keretében megvalósított a szoftver is önmagában csak egy keretrendszer, amelyet használatba vétel előtt fel kell tölteni a felhasználói adatokkal, amely esetünkben az üzemeltetett géptípus(ok) gyári teljesítmény-adatait jelenti legalább olyan részletességgel, mely az OPS 1 szerinti teljesítményanalízishez szükséges. A Nyíregyházi Főiskolán üzemelő King Air szimulátor AOM-jét lapozgatva nyilvánvalóvá vált számunkra, hogy ez egy komolyabb típus esetében akár száznál több nomogramot és táblázatot is jelenthet. A program használatba vételének alapfeltételét jelentő adatbázis előállítását tehát komoly feladat, ennél fogva komoly eszközöket igényel, különösen azért, mert az adatbázis előállításakor elkövetett esetleges hibák észrevétlen maradványként minden teljesítményszámítási feladat eredményét meghamisíthatják. Jelentősége miatt a géptípusok teljesítmény-adatainak bevitele, mint ember-gép kommunikáció külön elemzést igényelt, amelyben igyekeztünk a minden szempontból lehető leghatékonyabb módszert megtalálni.

Az adatbevitel elve

A kommunikáció-elmélet egyik alaptétele az, hogy az információáramlás hatékonyságának letéteményese az adó és a vevő közötti egyezményes átviteli protokoll. Ennek biztosítása még két ember közt is nehézkes, hiszen a szavak és a metakommunikáció értelmezése erősen kultúra- és egyénfüggő. Az ember-számítógép közti kommunikációs problémák létezését pedig mi sem bizonyítja jobban, mint az a sok repülőgépes baleset, amely az egyre „okosabb” repülőgépek és pilótáik együttműködésének anomáliáira vezethető vissza.

A kérdéskörrel foglalkozó kutatók egyetértenek abban, hogy ahol a hibamentesség és a hatékonyság a cél az ember-gép párbeszédben, ott az emberi gondolkodásmódot nem tanácsos befolyásolni. Inkább olyan intuitív, ergonomikus és antropocentrikus protokollt kell a számítógépre

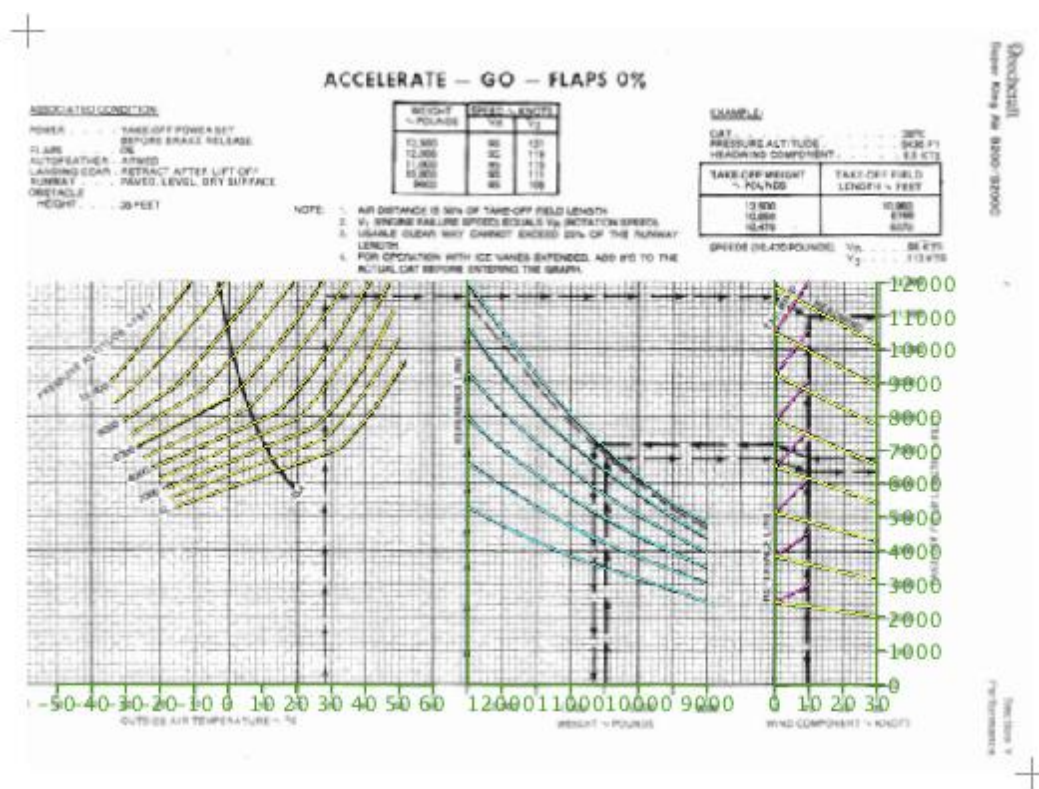
„rákényszeríteni”, amely a lehető leginkább megközelíti az emberi logikát. Ha az ember a „saját nyelvén” kommunikálhat a géppel, az információátvitel gyorsabb, pontosabb, hatékonyabb lesz. [3]

Az üzemeltetett típusok adatainak feltöltését biztosító felhasználói felülettel szemben támasztott követelményeket az alábbiak szerint fogalmaztuk meg:

- Pontos adatbevitel biztosítása a grafikus formában adott adatoknál is;
- Áttekinthető, az eredetivel a munka során folyamatosan egyeztethető, gyorsan javítható és módosítható adatbeviteli metódus;
- Könnyen tanulható és megszokható, ergonomikus kialakítás;
- A gyári adatok gyors feldolgozása a lehetőségekhez képest.

A repülőgéptípusok nomogram formájában közölt teljesítményadatainak bevitelekor arra jutottunk, hogy a fenti elvárást az alábbi folyamatmodell közelíti meg leginkább:

- Nomogram beolvasása képfájlbba szkennel segítségével;
- Nomogram képének elhelyezése a virtuális rajzasztalon;
- A képen látható görbék „átrajzolása” geometriai elemekké;
- A nomogram megoldási algoritmusának közlése a számítógéppel.



4. ábra. Egy digitalizált nomogram, ahogy a Nomogramszerkesztő szoftvermodulban látható

A felhasználótól tehát az optimális teljesítmény érdekében csak egy egyszerű és magától értetődő, különösebb gondolkodást nem igénylő „másolás” adatbeviteli metódust szabad elvárni. Ha egy fehér

papírra nyomtatott ábrát kézi módszerrel duplikálni szeretnénk, a legegyszerűbb, ha pauszt borítunk rá és átrajzoljuk. A másolandó ábra esetünkben a szkennelrel digitalizált teljesítmény-nomogram, a pausz egy virtuális rajzasztal, a ceruza pedig a Nomogramszerkesztő programrészt egyenesekből és görbékkel álló rajzi eszköztára. Ha a szkennelt ábrán látható összes görbére és a változókat jelképező tengelyekre is azokkal pontosan megegyező hosszúságú és alakú számítógépes alakzatokat illesztünk, akkor egy koordinátákban értelmezhető ábrát kapunk, amiben a rajzelemek végpontjait koordinátapárok jelentik, alakjukat matematikai függvények írják le, egymáshoz viszonyított helyzetük pedig egyértelműen definiálja a nomogramot, legalábbis formai szempontból.

Az adatbevitel ellenőrzésének egyszerűsége nyilvánvaló: ha a felrajzolt görbesereg pontosan fedi a szkennelt ábrát, akkor jól dolgoztunk. Itt nem kell elfelejtkezni arról, hogy a kézi szerkesztésnél elérhető pontosság a gyártók és a hatóságok részéről elfogadható. A felhasználói interfész feladata, hogy a vizuális formában megadott adatok értelmezésével kapcsolatos munkát a számítógépre hárítsa.

Ugyanezt az elvet igyekeztünk alkalmazni a berajzolt nomogramok megoldási logikáját definiáló metódus kialakításakor. Mivel ez a logika nomogramonként változik, ehhez létre kellett hozni egy egyszerű programnyelvet, amely nyelvtanilag hasonlít az írott szövegre, így könnyen elsajátítható, és a segítségével úgy "magyarázhatjuk el" a számítógépnek a nomogram megoldásának menetét, mint ahogy azt egy pilótanövendék oktatásakor tennénk. Egy-egy nomogramnak általában több megoldási módszere is van attól függően, hogy mely bemeneti változókat keressük, és melyeket ismerjük. Az eddigi példákban szereplő gyorsítási úthossz-számításnál kereshetjük a felszálláshoz szükséges pályahosszt adott tömeg esetén, de kiindulhatunk az adott pályahosszból is, a maximális megengedhető tömeget keresve. Ezért egy nomogramhoz több megoldási logikát kell csatolnunk, hogy majdan a teljesítményszámítást végző végfelhasználó dönthesse el, hogy épp mire használja azt.

```

ASK "Outside Air Temperature" AS °C OFFERING 15!
ASK "Pressure Altitude" AS ft OFFERING 0!
ASK "Takeoff Weight" AS lb!
ASK "Headwind Component" AS kts OFFERING 0!
DRAW Line1 THROUGH "Pressure Altitude" OF PressAltLevelField!
DRAW Line2 STARTING ON OATaxis AT "Outside Air Temperature" GOING VERTICAL TO Line1!
SET EndPointOfLine2 AS END OF Line2!
DRAW Line3 STARTING AT EndPointOfLine2 GOING HORIZONTAL TO WeightReferenceLine!
SET EndPointOfLine3 AS END OF Line3!...

```

Kérdezd meg a külső levegő hőmérsékletét °C-ban, felajánlva a 15 °C alapértelmezett értéket!
Kérdezd meg a nyomásmagasságot lábban, felajánlva a 0 láb alapértelmezett értéket!
Kérdezd meg a felszállósúlyt fontban!
Kérdezd meg a szembeszélkomponens értéket csomóban, felajánlva a 0 csomós alapértelmezett értéket!
Rajzolj görbét Line1 néven a PressAltLevelField névre hallgató szintvonalcsoporthal párhuzamosan a nyomásmagasság változó által megszabott értéken!
Rajzolj egyenest Line2 néven, amely az OATaxis nevű tengelyen kezdődik a külső levegő hőmérséklet értékénél és függőlegesen halad a Line1 vonalig, majd ennek az egyenesnek a végpontját nevezd el EndPointOfLine2-nek!
Rajzolj egyenest Line3 néven EndPointOfLine2 kezdőponttal, vízszintesen a WeightReferenceLine vonalig, majd ennek az egyenesnek a végpontját nevezd el EndPointOfLine3-nak!...

5. ábra. A gyorsítási úthossz számítására használt nomogram egyik programjának részlete, illetve a sorok jelentése tükörfordításban (félkövér szedésben a nyelv kulcsszavai láthatók)

Az 5. ábra példája a nomogramok programozásához, azaz a megoldási logika megadásához fejlesztett egyszerű programnyelv szintaxisát szemlélteti. A nyelv kulcsszavai angol szavak, mert az angol nyelvben nincs szóvégi ragozás, így a viszonylag kötött szórenddel is megvalósítható, hogy a kész

program nyelvtanilag helyes felszólító mondatok egymásutánjaként is olvasható és értelmezhető legyen.

Nomogramok egymásba ágyazása

Egy-egy komplex teljesítményszámítási feladat elvégzéséhez a legritkább esetben elegendő egyetlen nomogram, vagy táblázat kiértékelése. Már egy egyszerű útvonali fajlagos tüzelőanyag-fogyasztási számítás is legalább két nomogramot igényel, legalábbis, ha pontos, megfelelően kompenzált adatokra vagyunk kíváncsiak. Az útvonali fajlagos fogyasztás ugyanis egy állandó fordulatszámú légsavarral ellátott dugattyús repülőgépen minimum az alábbi állapotjellemzők függvénye [4]:

- A repülőgép aktuális tömege
- Beállított keverékarány
- Beállított szívóternyomás-érték
- Beállított fordulatszám
- Külső levegő hőmérséklet (illetve annak eltérése a Nemzetközi Egyezményes Légkörtől)
- Nyomásmagasság
- Súlyponthelyzet

A repülés tervezésekor meghatározzuk a kívánt utazómagasságot, illetve rendelkezésünkre állnak a tömegre és az utazómagasságon uralkodó hőmérsékletre vonatkozó információk. Tudjuk azt is, hogy mennyire sietünk, azaz, hogy egy gazdaságosabb, vagy egy nagyobb utazósebességet biztosító üzemmódban kívánunk repülni. Mielőtt elővonnánk a fajlagos fogyasztás nomogramot, a fentiek ismeretében meg kell határozzuk tehát a beállítandó szívóternyomást, keverékarányt és fordulatszámot - azaz néhány olyan kérdést, melyre géptípustól függően egy vagy több táblázatból, esetleg más nomogramokból kapunk választ.

Ha azt akarjuk, hogy szoftverünk ezeket a lépéseket automatikusan elvégezze, biztosítanunk kell a nomogramok be- és kimenő adatainak elérését bármely más nomogram megoldóprogramjából. Ez programozói szinten egy sor logikai problémát vet fel, melyek kiküszöbölésének hatékony és a fejlesztők körében elfogadott módja a különböző változóterek (melyek jelen esetben a különböző nomogramok) alá- és fölérendeltségi hierarchiába szervezése. Adjuk meg a felhasználónak a lehetőséget arra, hogy egy nomogram rajzasztalára bármely más, korábban már elkészült nomogramot vagy táblázatot elhelyezhessen tetszőleges helyre, méretben és példányban, és biztosítsuk ezen beágyazott nomogramok/táblázatok megoldóprogramjainak elérését a főnomogram programjaiból! Ezzel megteremtjük a tetszőleges bonyolultságú számítások lehetőségét, akárhány nomogram vagy táblázat is szükséges azok elvégzéséhez.

A nomogramok összekapcsolásával, egymásba ágyazásával komplex, intelligens teljesítményelemző programokat írhatunk a repülőgépek teljesítmény-modelljéhez. A projekt során egy Piper PA-23 Aztec repülőgép útvonalaira végeztünk teljesítmény-teszteket. A projekt jelenlegi

állása szerint a megfelelő modell előállításával az alábbihoz hasonló komplex számítási eredményekhez juthatunk hozzá:

PERFORMANCE ANALYSIS									
Piper PA23 Aztec E			HA-YCD		© Kerülő Balázs 2008				
DOF:	09/04/2008			PIC:	KERÜLŐ Balázs				
DEP ARPT:	LHNY		DEST ARPT:	LRBM	ALTN:	LRSM			
AIRCRAFT WEIGHT DATA					ALTITUDE CONVERSIONS				
Departure TOM:			4689 lbs		Departure Dens. Alt:			393.584 ft	
Destination LM:			4603.856 lbs		Destination Dens. Alt:			719.656 ft	
Alternate LM:			4574.475 lbs		Alternate Dens. Alt:			643.892 ft	
AIRFIELD DATA									
RWY HDG	TODA TORA	ASDA	LDA	OAT	WIND		SLP	RWY COND	ELEV
LHNY	357	3280 ft	3280 ft	59 F	90 deg	4.59 mph	0 %	Dry/Wet Concrete	338 ft
LRBM	99		5905 ft	57.2 F	120 deg	4.47 mph	1 %	Cont. d/Wet Concr.	692 ft
LRSM	19		8202 ft	59 F	90 deg	4.47 mph	0 %	Dry Concrete	536 ft
OPS1 DEPARTURE						OK			
V1	88 mph	Headwind comp.		0 mph		ASD		OK	
Vy _{ME}	117 mph	Ground distance to 1500 ft QFE		1.7 NM		TOD		OK	
Vy _{SE}	95 mph					CLIMB		OK	
						V1		OK	
OPS1 LAND ON DESTINATION						OK			
Vy _{ME}	116 mph	Headwind comp.		2.087 mph		LD		OK	
Vy _{SE}	94 mph					CLIMB		OK	
OPS1 LAND ON ALTERNATE						OK			
Vy _{ME}	116 mph	Headwind comp.		0.728 mph		LD		OK	
Vy _{SE}	94 mph					CLIMB		OK	
OPS1 CONCLUSION						FLY!			
CAUTION! Pre-release version! Do not use for real flight planning!									



Calculated by
Penaud's Powered Toys
in 17.2 seconds

Printed: 4/22/08 8:44 PM UTC
1 / 5

6. ábra. Komplex Repülőtéri teljesítményanalízis első, összefoglaló oldala
(forrás: a szoftver béta-verziója)

TOVÁBBFEJLESZTÉS – A CÉL EGY INTEGRÁLT RENDSZER

A szakdolgozattal kapcsolatos konzultációk során felszínre került az elképzelés diagnosztikai felhasználásának lehetősége is. A nagyjavítások, időszakos ápolások után előírt berepülések jelen formájukban nagyon kevés információt szolgáltatnak arra nézve, hogy a repülőgép aktuális teljesítményjellemezői hogyan viszonyulnak az AOM-ben közölt teljesítményadatokhoz, amelyek a gyártáskori állapotot tükrözik. Mivel a repülőgépek drága járművek, élettartamukat az üzemeltetők

igyekeznek a lehetőségek határáig kiaknázni, ezért nem ritka, hogy egy-egy időszakos berepülésre 20-30 évvel a gyártás után kerül sor. Ha a szoftvert felvértezzük arra, hogy mért adatokkal is képes legyen dolgozni, akkor egyrészt nagyot lépünk a ténylegesen valóságghú teljesítményanalízis irányába, másrészt könnyebben regisztrálhatjuk repülőgépünk paramétereinek eltérését a gyári adatoktól. Így olyan diagnosztikai információk birtokába jutunk, amelyek sokat segíthetnek a kialakulás alatti stádiumban lévő hibák időbeni feltárásában.

Diagnosztika és valós adatok felhasználása

A repülési pályából számítható teljesítményjellemzők méréséhez elméletileg egy útvonalrögzítésre alkalmas GPS berendezés elegendő. Viszont, ha már repülés közben mérünk, akár mérhetjük a teljesítményt befolyásoló egyéb tényezőket is – többek közt a külső levegő hőmérsékletét és a pillanatnyi üzemanyag-fogyasztást is. Ezt ma már megtehetjük önálló műszerek segítségével, egy közép kategóriás repülő GPS és egy kompakt motordiagnosztikai rendszer alkalmas erre. A rögzített adatokat számítógépre letölthetjük, és az elkészült szoftver erre felkészített változatába importálhatjuk. Így egyrészt lehetőségünk nyílik a gyári paraméterek összevetésére a valós teljesítményjellemzőkkel, másrészt a szoftver a későbbi repüléselőkészítési számításoknál már a rendelkezésre álló legutóbbi mért adatokkal kalkulálhat, valóságghú eredményeket produkálva „öreg” repülőgépek esetén is.

Integrált döntéstámogató rendszer

Tegyük fel, hogy a teljesítményt befolyásoló tényezőket (GPS-pozíció, külső léghőmérséklet, üzemanyag-fogyasztás, illetve a fel- és leszállási úthossz) folyamatosan mérjük egy integrált szenzorcsoporttal, amely egy GPS vevőt, hőmérséklet-jeladót, átfolyásmérő szenzort és a fel- és leszállás pillanatát regisztráló gyorsulásmérőket tartalmaz! A szenzorok jeleit egy mikroprocesszorral rendelkező fedélzeti számítógéppel folyamatosan feldolgozva még a leszállásig sem kell várnunk a teljesítményjellemzők aktualizálásával. Ha a korábban bemutatott szoftverrel készült digitális teljesítménymodellt a számítógépsébe másolva a fedélzetre visszük és felhasználói interfészként például egy kézisámítógépet, PDA-t alkalmazunk, akkor lehetségessé válik akár repülés közben is jogszerű, OPS 1-konform számítási elveken alapuló döntéstámogatást nyújtanunk a pilótának. Vajon az útvonalhoz közel eső, találmra kiválasztott repülőter itt és most, ezzel a repülőgéppel, az aktuális körülmények között alkalmas-e kitérőnek? Ilyen kérdések megválaszolására a rendszer pillanatok alatt képes lenne. Emellett, mivel folyamatosan tisztában van a repülési adatokkal, a berendezés alkalmas lehet, pl. az üzembentartói repülési terv előállítására mellett annak naprakész, automatikus kitöltésére is, beleértve az útvonali tüzelőanyag-számítás rendszeres és pontos elvégzését.

A projekt fejlesztése folyamatban van, pillanatnyilag a hardveroldal kiépítéséhez és az innovációs költségek társfinanszírozására keresünk támogatókat és az elgondolásban piaci lehetőséget látó befektetőt. Az időzítés gazdasági szempontból a válság miatt talán nem a legjobb, de a világpiac fejlődni fog – például Kína ma még katonai ellenőrzés alatt tartott légtere egy-két éven belül

megnyílik a *general aviation* számára is. A fejlesztés sikere nagy lépés lehet a kisgépes világban a jogszerű kereskedelmi üzemeltetés ideája felé.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 14/2000. (XI. 14.) KöViM rendelet a Magyar Köztársaság légterében és repülőterein történő repülések végrehajtásának szabályairól
- [2] Beechcraft Super King Air B200 & B200C Pilot's Operating Handbook and Airplane Flight Manual Hawker-Beechcraft, Wichita, KS, USA, 1991.
- [3] FÜZI János: 3D grafika és animáció PC-n ComputerBooks, Budapest, 1996.
- [4] JAA ATPL Theoretical Knowledge Manual Book 6-7. Oxford Aviation, London, 2004.
- [5] JAR-FCL CAP 697 Flight Planning Manual Civil Aviation Authority, London, 1996.
- [6] Piper PA23-250 Aztec E Pilot's Operating Handbook and Airplane Flight Manual Piper Aircraft Corp., Lock Haven, PA, USA, 1970.
- [7] Regulation (EC) No 1899/2006 of The European Parliament and of The Council of 12 December 2006 (EU OPS) Official Journal of the European Union, 2006.12.27. L337/1
- [8] DR. SZILÁGYI Dénes Ph.D.: Repülés előkészítés és tervezés I. – II. Főiskolai jegyzet, Nyíregyházi Főiskola, 2006.
- [9] Az International Civil Aviation Organization honlapja, Flight Safety Information Exchange <http://www.icao.int/fsix/>



Kis J. Ervin

A HADMŰVÉSZETI ALAPELVEK ÉRVÉNYESÜLÉSE AZ ARAB-IZRAELI HÁBORÚKBAN

Egy konfliktus elemzésében hasznos segédeszköznek bizonyul a kiegészítő (biztonság és meglepetés) és az ellentétes (tömeges és gazdaságos erőfelhasználás) háborús elvek felhasználása. A következőkben a háborús elvek érvényesülése kerül ismertetésre mindkét vizsgált háborúban.

MEGLEPETÉS

A váratlan támadás nem új elgondolás a hadviselésben, de az izraeliek a lehető legnagyobb mértékben igyekeztek kihasználni ennek előnyeit. Több tényezője volt a sikerüknek, az első közülük a *megetésztés*. Ahogyan az 1967. évi háború közeledett az izraeliek néhány nagyobb légi járőrt küldtek ki az Akabai-öbölhöz. Ezért az egyiptomiak azt gondolták, hogy az izraeliek a Sínai-félsziget déli része felől támadnak az északi helyett és emiatt a frontvonal vadászrepülő erőinek egy részét a Sínai-félsziget déli részére telepítették. A repülőtereiket ért támadások egy váratlan irányból következtek be. Az izraeli repülőgépek nyugatról támadtak észak vagy kelet helyett.

Ez az egyiptomiakat összezavarta és még azt vélhették, hogy brit és amerikai repülőgép-hordozók is részt vettek a rajtaütésekben. Ennek a megetésztő harcmodornak az alkalmazásával az izraeliek képesek voltak mind hadműveleti, mind harcászati szinten meglepetést előidézni. Mi több, Izrael hadászati meglepetést ért el, bár nem annyira a saját műveleteivel, hanem azzal, hogy az arab nemzetek nem ismerték fel, hogy a háború Izraellel be fog következni, és Izrael kezdheti a támadást egy megelőző csapással. Bár egy meglepetésszerű izraeli támadás esélye elég nagy volt, az egyiptomiak mégsem tettek semmilyen intézkedést a saját védelmükre, vagy egy ilyen támadás következményeinek csökkentésére. Például az egyiptomi harci repülőgépek többsége néhány repülőtéren összpontosult, mind az izraeli repülőgépek hatósugarán belül.

A megetésztés nagy szerepet játszott a szárazföldi ütközetekben is. A Sínai-félszigeten az izraeliek úgy tettek, mintha erőket vonnának össze Kuntilla mellett, ezért az egyiptomiak úgy gondolták, hogy egy támadást terveznek Sarm-el-Sejk (a Sínai-félsziget déli részén) irányába, amint azt 1956-ban is tették. Az egyiptomiak nem vártak egy közvetlen frontális támadást a Sínai-félsziget közepén. Ezt a megetésztő tervet egy félrevezető légi művelettel kapcsolták össze, még hihetőbbé téve a tervet az egyiptomiak számára. Ciszjordániában minden fő erőkiejtéshez egy megetésztő támadást indítottak a front egy másik szakaszán. A Golán-fennsíkon az izraeliek a legnehezebb terepet választották a támadáshoz, ezáltal képesek voltak a szíriaiakat készületlenül érni.

A *felderítés* volt a másik legfontosabb tényezője az izraeli meglepetés kivívásának. Nyilvánvalóan bonyolult lett volna ilyen átütő sikert kivívni anélkül, hogy pontosan tudták volna, hogy hol, mikor és hogyan támadjanak. Természetesen az izraelieknek minden szükséges információ a birtokában volt. A célok megközelítésénél elkerülték az egyiptomi lokátorokat, vagy a felderítési zóna alatt repülve, vagy kirepülve a Földközi-tenger fölé. Az izraeliek minden egyiptomi repülőteret elérhettek, tudták melyeket kell megsemmisíteni, mert fenyegetést jelentenek, és melyeket lehet figyelmen kívül hagyni. Amikor a célterület fölé értek, az izraeli pilóták pontosan tudták, hol helyezkednek el az egyiptomi repülőgépek, ezért nagyon kevés igazi repülőgép maradt sértetlen, és szinte egy álcarepülőgépet sem támadtak. Annak a tudásnak a birtokában, hogy mikor a legsebezhetőbb az ellenség (amikor a legtöbb repülőgépe a földön tartózkodik és a légierő magas rangú vezetői még munkába tartanak), Izrael meghatározó előnyre tett szert.

BIZTOSÍTÁS

A meglepetéssel együtt jár a saját erők biztosítása. Bár az 1967. évi háborút indító légi csapást évekkel előre megtervezték, és gyakran elpróbálták június 5-e előtt, az izraeliek képesek voltak a művelet titokban tartani a harctevékenységek megkezdéséig. Kétséges, hogy az egyiptomiaknak egyáltalán fogalmuk lett volna arról, hogy támadás érheti őket, ugyanis semmilyen intézkedést nem tettek a támadás megelőzése, vagy a károk mérséklése érdekében.

Másrészről az arabok kevés szokásukat tartották titokban a háborút megelőzően, lehetővé téve Izrael számára, hogy minden, a megelőző légi csapáshoz szükséges felderítési adatot begyűjtsenek. A háború során Izrael képes volt lehallgatni, és felhasználni az egyiptomi hírforgalomból szerzett adatokat is.

CÉL

Izrael mindig sikeresen fogalmazta meg a céljait, majd olyan tervet dolgozott ki és hajtott végre, amellyel megvalósította azokat. Stratégiai célja a túlélés volt. Ebből határozta meg a hadműveleti célokat: az ország lakosságának védelme és a területi egységének fenntartása. Annak érdekében, hogy ezeket a célokat megvalósíthassa, két okból is légi fölényt kellett kivívnia. Először, hogy nullára csökkentse a veszélyét az izraeli városok bombázásának az egyiptomi nagy hatótávolságú bombázók által. Másodszor, hogy biztosítsák a szárazföldi csapatok szabad mozgását műveleteikhez. A légi fölény kivívásának egyetlen módja számukra a megelőző csapás volt, amely akkor semmisítette meg az egyiptomi légierőt, amikor az a legkevésbé várta.

Az arabok célja ugyanakkor Izrael állam megsemmisítése volt, amit sosem voltak képesek olyan tervvé formálni, amellyel elérhették volna azt.

TÁMADÁS

A meglepetésszerű támadás lehetővé teszi, hogy megragadjuk a kezdeményezést. Nyilvánvaló, hogy az izraeliek megragadták és fenntartották a kezdeményezést a levegőben, de a szárazföldön is támadtak. A Sínai-félszigeten sem volt az egyiptomiaknak más választásuk, mint a kezdeményezés átadása, miután harminc perccel az első bombatámadás után már megindult az izraeli szárazföldi csapatok támadása. A jordániaiak sem jártak jobban, 11.00 óráig késlekedtek a szárazföldi támadással június 5-én. A legrosszabbul a szíriaiak végezték, akik türelmesen vártak lövészárkaikban négy napig, mielőtt az izraeliek megkezdték a támadást.

A VEZETÉS EGYSÉGE

Az izraeli szárazföldi csapatok három, a Déli (Sínai-félsziget), a Központi (Ciszjordánia) és az Északi (Golán-fennsík) parancsnokság alatt tevékenykedtek. Az izraeli légierőnek egyetlen parancsnoksága volt. Végül mind a szárazföldi csapatokat, mind a légierőt a Védelmi Minisztérium és Moshe Dajan tábornok irányította, aki az erőket az egyik fronttól a másikig vezényelhette, és vezényelte is, amikor arra szükség volt.

A légi művelet vezetése és irányítása kiváló volt. Az 1967. évi háborúban az első hullám szinkronizálása, amely során tíz különböző repülőter támadását egyazon időben indították meg, azt eredményezte, hogy az izraeli veszteségek minimálisak, az egyiptomiaké viszont a legnagyobbak voltak. Másrésről a háború kitörésének idején a koordináció hiánya az egyiptomi, jordániai és szíriai hadvezetés részéről nagymértékben hozzájárult Izrael győzelméhez. Ha a három ország légierője jobban összehangolt és irányított lett volna június 5-én reggel, az izraeliek képtelenek lettek volna nemhogy az összes arab ország légierőjét egyszerre megsemmisíteni, de valószínűleg akár egy ország ellen is meghatározó erőt összevonni.

Ez lehetetlenné tette, vagy késleltette volna az izraeli légi fölény kivívását. Ennek eredményeképpen a szárazföldi csapatok nem élvezhették volna azt a mozgási szabadságot, amit ez által kaptak. Mindez csak késleltette volna az elkerülhetetlent, bár a kérdés az, hogy milyen hosszan lettek volna az izraeliek képesek egy háromfrontos háború megvívására?

A szárazföldön az izraeli parancsnokok szabad kezet kaptak a kezdeményezéshez és a rugalmas végrehajtáshoz és így hajtották végre feladataikat. Bár a jordániai haderőt egy egyiptomi tábornok irányította, az arabok soha sem valósították meg a vezetés hatásos egységét, a hadműveleti vezetésük és irányításuk gyenge volt.

Az arabok sosem voltak képesek elég összehangoltan tevékenykedni ahhoz, hogy komoly, többfrontos harcot folytassanak Izrael ellen. A harctéri összeköttetésük is hamar összeomlott, így az alegységek magukra maradtak, azaz nem voltak képesek összehangoltan támadni vagy védekezni.

MANŐVER

Az izraeliek a Sínai-félszigeten maximálisan kihasználták a manőverezés adta lehetőségeket, amikor szinte járhatatlan sivatagi területeken mozgatták csapataikat annak érdekében, hogy a megerősített egyiptomi állásokkal szemben előnyt szerezzenek. A Golán-fennsíkon az izraeliek hasonló módon manővereztek, amikor a legnehezebb terepen kezdték meg a támadást.

Az egyiptomiaknak nem volt kidolgozott koncepciójuk a manőverező sivatagi hadviselésre, kiépített védelmi állásokat foglaltak el és védtelenül hagyták a szárnyakat és a hátukat.

AZ ERŐ GAZDASÁGOS ALKALMAZÁSA

Felismervén, hogy nem tudnak meghatározó erőt telepíteni minden frontra egyidejűleg, Izrael nem engedhette meg magának, hogy nagyobb műveletekbe bonyolódjon Ciszjordániában vagy a Golán-fennsíkon, amíg a Sínai-félszigeteken a csata el nem dőlt. Végül Izrael képes volt késleltetni a támadást, amíg a többi frontot biztosította és az erőit egy fronton vonhatta össze. Jó példa a gazdaságos erőfelhasználásra az az ejtőernyős dandár is, amelyet eredetileg El Aris-ban való bevetésre terveztek, majd a Sínai-félszigetről mozgatták át őket Ciszjordániába, amikor a legnagyobb szükség volt rájuk.

Tömeges alkalmazása

Izrael kétségtelenül jól összpontosította légierőjét a megelőző csapáshoz. Szintén összpontosította szárazföldi csapatait egy páncélos ékbe két támadási ponton az egyiptomi védelem áttöréséhez. A többi fronton a szárazföldi csapatok és a légierő közötti koordináció lehetővé tette az összefegyvernemi csoportosítások létrehozását elsősorban a megerősített állások ellen és a szárazföldi műveletek során.

Ami szorosan összefügg a kezdeményezés megragadásának elmulasztásával az az, hogy az arabok nem összpontosították erőiket és nem kezdtek háromfrontos háborút Izrael ellen. A háború 7.45-kor kezdődött, de 12.00-ig sem Szíria, sem Jordánia nem indított semmilyen támadó légi műveletet. Hasonlóképpen 9.00-kor a jordániai erők egyiptomi parancsnoka megparancsolta a második front megnyitását, de csak szórványos gyalogsági és tüzérségi tűzváltás történt, amíg Izrael meg nem kezdte a szárazföldi támadást. Harcászati szinten, amikor a csata a Golán-fennsíkon megkezdődött, a szíriaiak nem összpontosították a tüzérségi tüzüket a támadó izraeliek ellen, ami lehetővé tette az izraelieknek, hogy fenntartsák a támadás lendületét.

Egyszerűség

Erre az alapelvre jó és rossz példákat is találhatunk, Izrael jól alkalmazta ezt az alapelvet, amikor a harctevékenységeinél az egyszerűséget tartotta szem előtt: egy időben csak egy fronton folytattak harctevékenységet. Azonban a megelőző légi csapás például egyszerű ötleten alapult ugyan, azonban rendkívül összetett feladat volt.

A háború alapelveinek helyes alkalmazása önmagában még nem jelentette az elsőpró izraeli győzelem zálogát. A vezetés, a kiképzés, a morál és más tényezők szintén fontos szereppel bírtak. Azonban a helytelen alkalmazás, vagy egyes esetekben ezen elvek semmibevétele is nagymértékben hozzájárult az arabok vereségéhez.

Két alapvető tanulságot vonhatunk le ebben a konfliktusban a háború alapelveinek helyes és a helytelen alkalmazásából.

Először: a háború alapelveinek fogalmihoz való ragaszkodás fontossága. Az elvek megfelelő alkalmazása segít a jövő hadművelési parancsnokainak a siker kivívásában, akármilyen fejletté válik a technika, vagy számítógép-hálózat központú lesz a hadsereg.

Másodszor: egy nemzet sem tervezheti meg a következő háborúját az utolsóra visszatekintve. Az egyiptomiak csúfos vereségének egyik oka 1967-ben a Sínai-félszigeten az volt, hogy délen várták az izraeliek támadását úgy, mint 1956-ban. Az izraeliek ebből a könnyű győzelemből nem sokat okultak és lebecsülték az arab katonákat. Az arabok másrészt sokat tanultak, legfőképpen a meglepetés szükségességéről, a biztosításról és a támadásról. Ezeknek a tapasztalatoknak nagyon komoly hatása volt arra, hogyan készült fel és vívta meg a két fél a harcot az 1973-as háború első napjaiban.

A FENTIEK ALKALMAZÁSA, AVAGY A LÉGIERŐ ÉS LÉGVÉDELEM A XXI. SZÁZADI IZRAELBEN

Izrael állama ma is a korábbi háborúkban sikeresen alkalmazott „offenzív védelemre” alapozott hadművelési elvet alkalmazza, és egyszersmind demonstrálja, hogy az izraeli államiság korai időszakában követett társadalom mozgósító modell miként alapozta meg és igazolta, tartotta fenn a védelmi erőfeszítéseket. Az izraeli katonai stratégia alaptételei tehát a következők:

Alaptételek

- Izrael nem engedheti meg magának, hogy egyetlen háborút is elveszítsen;
- Stratégiai szinten védelmi jellegű, nincs területi követelése;
- Politikai eszközökkel és az elrettentés megfelelő alkalmazásával kívánja elkerülni a háborút;
- Az eskaláció megelőzése;
- Egy esetleges háború kimenetelének gyors és döntő eldöntése;
- Terrorizmus elleni küzdelem, gerillatevékenység elleni taktikai formák továbbfejlesztése;
- A Hezbollah „rakéta-terrorizmusa” elleni preventív módszerek;
- A lehető legkisebb veszteségre való törekvés.

Hadművelési szinten

- Védelmi jellegű stratégia mellett offenzív hadművelés-harcászat;
- Védelemre való felkészülés:

- Kis létszámú szárazföldi haderő korai előrejelző képességgel, reguláris légerő és haditengerészet;
- Tartalékosok mozgósításának hatékony rendszere,
- Ellentámadásba való gyors átmenet,
- A haderőnemek hatékony együttműködése;
- A hadműveletek az ellenség területére történő gyors kikényszerítése;
- A háború céljainak gyors elérése.

A hagyományos fenyegetések jelentőségének csökkenése fényében az újabb és sokkal intenzívebb kihívások keletkezése okán: a fenyegetési spektrum egyik végén a terrorizmussal és a felkelésekkel kell számolni, míg a másik végén a nagy hatótávolságú hordozóeszközök és tömegpusztító fegyverek bevetésével. Mindezen változások összegezett eredményeként a hagyományos biztonsági koncepciók elavultak, és felvetődött a nemzetbiztonsági politika reformjának az igénye. Az, hogy milyen sürgető ez az igény, nagymértékben azon a politikai kontextuson múlik, melynek függvényében az igény kialakult és formálódott, de leginkább az izraeli-arab viszony természete az, mely meghatározza, vajon milyen sürgős is a változtatás.

Azonban ez nem csupán külső tényezők kérdése, hiszen mindez nagymértékben függvénye Izrael önmeghatározásának is, azaz a belpolitikának és az izraeli társadalomnak is. Ez az írás tehát egyaránt vizsgálja a biztonsági kérdések belső dimenzióit is, és elemzi a belső dimenziók és a külső fenyegetési környezet kölcsönös egymásra hatását. Ebben a tekintetben különösen két átalakító hatású változás következményeit vizsgálja: az egyik a hagyományos politikai konszenzus kudarca, mely az 1967 után megjelent új ideológiai áramlatok hatásának köszönhető, a másik pedig a hagyományos izraeli társadalmi közmegegyezés és az éltető állami mítoszok kudarca mely az etnikai/közösségi és gazdasági rétegződéseknek köszönhető. A kialakult belső törésvonalak csak felerősítik a változó külső környezet által az alapvető biztonsági koncepcióval szemben támasztott kihívást.

Mind a folyamatok, mind az intézményi struktúra tekintetében az izraeli biztonságpolitika további változtatásokra szorul, melynek része az izraeli haderő hivatásos jellegének megerősítése, fokozottabb hangsúlyozása, a hivatásos komponensre való mind erőteljesebb támaszkodás. Ezek a változások megkérdőjelezzik a hadsereg és a társadalom viszonyának hagyományos szövetét is. Ez a téma szorosan kapcsolódik ahhoz a nagy ívű és nagy horderejű kérdéshez, hogy milyen irányba fejlődik az izraeli társadalom. Izrael válaszához érkezett, mind saját identitását, mind pedig külkapcsolatait illetően.

A fent említett kérdéseket két alapállásból lehet eldönteni: befelé forduló „visszahúzó” álláspontról, és egy kifelé forduló „nemzetközi” álláspontról. Bármely álláspont győzedelmeskedjen is a másik felett, egyértelmű kihatással lesz az ország biztonságpolitikájára, egyrészt olyan értelemben, hogy milyen jellegű fenyegetésekkel fog a jövőben szembesülni, másrészt, hogy mennyire lesz képes (milyen jól) kezelni azokat. Bár még nem győzedelmeskedett egyik álláspont sem, egyfajta „korlátozott nemzetköziesség” kezd teret nyerni. Amennyiben ez az irányvonal érvényesül, akkor Izraelnek komoly

esélye lesz arra, hogy fennállásának második félszázadában már „a többi államhoz hasonló államként” nagyobb biztonságot és stabilitást biztosíthasson magának.

A LÉGIERŐ JELENLEGI HELYZETE

A palesztin-izraeli konfliktus, valamint az ennek következtében megromlott izraeli-arab viszony, a békefolyamat kilátástalansága bizonyos mérvű változásokat hozott az izraeli katonai gondolkodásban, a haderőnemek alkalmazási elképzeléseiben is.

Kétségkívül igaz az a tény, hogy Izrael elsődleges veszélyként értékeli a tömegpusztító eszközök térségbeli elterjedését, elsősorban Irak és Irán, de Szíria vonatkozásában is. Ennek megfelelően az atom-ütőképességre és annak elrettentési oldalára kiemelt figyelmet fordítanak. A nagyhatalmak mintájára Izrael is rendelkezik a triád képességével, azaz a légierő, a Jerikó-rakéták és újabban a haditengerészetnél rendszerbe állított tengeralattjáróról mért csapásmérés képességével, bár az utóbbi még nem hadra fogható atomeszköz szempontjából.

Dan Haloutz, az izraeli véderő vezérkari főnöke szerint a jövő háborúja nem vívható meg az Öböl-háború, vagy a NATO koszovói háborúja mintájára. Izrael stratégiai helyzetéből, valamint az ország méretéből adódóan Izrael nincs berendezkedve hosszú távú hadviselésre. Ebből kifolyólag arra kell törekedni, hogy az ellenséges célt saját területén semmisítsék meg az összes rendelkezésre álló eszközzel. A légierő alkalmazása biztosít időt Izraelnek a tartalékosok mozgósítására. A légierő fejlesztési célja olyan képesség elérése, hogy a harci célokat Irak, vagy Irán területén semmisítsék meg, kizárva azok alkalmazási lehetőségét.

Az elképzelés megköveteli, hogy a légierő támadó képességét növeljék a technológiai fejlesztések során. Az alkalmazást illetően pedig azt is számításba kell venni, hogy nem csak harcászati célok, például harckocsik, tüzérségi eszközök, rakéták megsemmisítésére, hanem elsődleges célként az azokat előállító üzemek, valamint a vezetési központok lerombolásával is számolni kell. Azokat kell elpusztítani, akik működtetik a rakétákat.

A katonai technológia, a doktrína és az emberi erőforrás kombinálására van szükség a nagyobb hatékonyság elérése érdekében.

Ennek megfelelően az izraeli légierő a jövőben elsősorban a repülőgépek megsemmisítő képességére és a saját gépek védelmére fog odafigyelni.

Az új doktrína kiemelt figyelmet szán az F-15 és F-16-os gépek elektronikai hadviselési képességének és önvédelmének korszerűsítésére. A légierő gépeinek képesnek kell lennie nagytávolságú repülésekre, az ellenséges cél megsemmisítésére és a hazai bázisra történő mielőbbi visszatérésre Izrael határain kívüli külön támogatás nélkül is. Az elektronikus hadviselés nélkülözhetetlen eleme a hadviselésnek és minden új gépnek rendelkeznie kell integrált elektronikus berendezéssel, lézerrel és GPS-sel. Másik fontos prioritás a „láss és lőj” (lookdown-shotdown) radarrendszerek alkalmazása.

Az új doktrínának megfelelően az izraeli légierő kisebb jelentőséget tulajdonít a pilóta nélküli eszközöknek a légierő fejlesztésében. Ezeket az eszközöket elsősorban a szárazföldi erők használatára tervezik. Dan Haloutz szerint a pilóta nélküli repülőgépek soha nem fognak MiG-eket, vagy Szuhojokat lelőni, egy konfliktusban elsősorban a vadászgépeknek van jelentősége.

Ugyanakkor a szárazföldi erők parancsnoksága kisméretű, dandár szinten alkalmazható pilóta nélküli repülőgépek beszerzését tervezi, melyek hatótávolsága 30 km. Az ilyen típusú gépek rendszerbe állítása illeszkedik a haderőfejlesztés azon elképzelésébe, amely szerint csökkenteni kell a felderítési adatok megszerzése és azoknak a felhasználókhöz történő eljuttatása közötti időszakot.

Az izraeli légierő fejlesztése nem független az Egyesült Államok légierőjének fejlesztésétől, így az ott folyó, a jövő repülőgépével foglalkozó viták érintik az izraeli légierőt is. Az Egyesült Államok JFS (Joint Strike Fighter) programban történő részvételéért Izrael 1 millió dollárt fizetett az Egyesült Államoknak, ennek fejében megfigyelői státuszban minősített adatokhoz jut az amerikai fejlesztésekről. A Clinton-kormányzat utolsó időszakában Izrael ígéretet kapott az F-22-esek beszerzésére, azonban a gépek magas költsége miatt legfeljebb egy század felszerelésére lesz képes a költségvetés, ez is csak akkor válik lehetővé, ha az új gépeket külföldi országnak is eladják.

Összefoglalva tehát – az izraeli doktrína elsősorban támadó jellegű volta miatt – továbbra is kiemelt szerepe van a légierőnek. Ezt a fejlesztési elképzelések egyértelműen alátámasztják. A térségben egyre nagyobb veszélyt jelentő nem hagyományos eszközök elterjedése arra készíti az izraeli katonai vezetést, hogy ezek megsemmisítésére kiemelt figyelmet fordítson. Fentiek alapján Izrael nem zárta ki, hogy az iráni atomkapacitás megsemmisítése érdekében megelőző csapást mér, amelyre egyébként az iraki atomreaktorok esetében már volt is példa.

A palesztinokkal meglévő vitákban hosszú távú konfliktussal számolnak, ami kétségkívül megrontja az arab-izraeli kapcsolatokat is. Mindez pedig megköveteli a stratégia felülvizsgálatát, a technológiai fejlesztést, a háttér védelem naprakész állapotban tartását, valamint a tartalékos állomány képzettségének folyamatos szinten tartását.

AZ IZRAELI LÉGVÉDELEM NAPJAINKBAN

Az izraeli légvédelem történetének - megalakulása óta - a legfontosabb állomásai a következők voltak:

- 20, 30, 40 mm-es légvédelmi gépágyúk alkalmazása;
- 1963-ban a Hawk-ütegek rendszerbe állítása;
- 1991-ben a Patriot-2 ütegek rendszerbe állítása;
- 2000-ben az Arrow-üteg rendszerbe állítása.

Izrael sajátos geopolitikai környezete, az ország kis mérete, valamint a fenyegetettsége miatt a légvédelem sajátos szervezetű.

Az ország számára a legnagyobb veszélyeztetettséget jelentik a ballisztikus rakéták: SS-21, Scud B,C, D változat, az EL HUSSZEIN rakéta, Shihab-3 rakéta, valamint a környező és távolabbi környezet merev

szárnyú repülőgépei és helikopterei. Különös fontossággal bír a veszélyeztettség megítélésében a tömegpusztító eszközök alkalmazásának lehetősége. Fontos szerepet játszik a veszélyeztettségben az ellenséges eszközök hatótávolsága (Izrael teljes területét képesek elérni), gyorsasága, manőverező képessége, áttörő képessége, pontossága és egy aszimmetrikus helyzet kialakulásának lehetősége. Az izraeli katonai tervezés számol egy meglepetésszerű szír támadással, ebből adódóan az északi körzetben, a Golán-fennsíkon a légvédelmi erők csoportosítása is erős és magasabb a hadrafoghatósági szintjük.

Az országot légvédelmi szempontból négy körzetre tagolták, ezek északról délre haladva az alábbiak:

- Golán-fennsík és Galilea egészen Haifáig;
- Tengerparti övezet;
- Judea, Samaria vidéke;
- Negev sivatag.

A légvédelem szervezésében figyelembe kell venni, hogy az ország, középső része sűrűn lakott, ugyanakkor az utak kapacitása korlátozott. Másik tényező, ami a hadsereg szervezésére más területen is érvényes, a nagyszámú tartalékos állomány, amit a hadsereg az igénynek megfelelően képes mozgatni (kiképzés, továbbképzés, mozgósítás).

Számolni kell a palesztinok jelenlétével, továbbá a már jelzett meglepetésszerű támadás lehetőségével is.

A légvédelem feladata: kombinált módon, integrált keretben védelmet nyújtani a tömegpusztító eszközök, légi eszközök ellen, együttműködve a légierővel. A légvédelem a csapatok mindenoldalú védelmének szerves része. A légvédelem a VKF mellett működő törzsben részt vesz a tervező, kidolgozó munkában.

A légvédelem a légierő alárendeltségében működik, a légvédelem parancsnoka a légierő parancsnok közvetlen alárendeltségében van.

A szárazföldi erők felépítésének megfelelően a légvédelem is három területi parancsnoksággal rendelkezik: északi, központi, déli. A légvédelmi parancsnokságok szoros együttműködésben működnek a területi parancsnoksággal, feladatuk nemcsak az erők szervezése, hanem operatív működtetése is.

A légvédelem parancsnokának alárendeltségében az alábbi fontosabb szervezetek működnek:

- logisztika;
- hadművelet;
- kiképzés és doktrina;
- légvédelmi csapatok.

A légvédelmi csapatok 3 vegyes rendeltetésű dandárból állnak, ezek csoportosítása eltérő, legerősebb az északi körzet. A dandárok önállóak, 96 órát képesek minden külső támogatás nélkül működni. Minden dandárban összekötők vannak, akik a szárazföldi erőkkel és a légierővel tartják a kapcsolatot. A légvédelemnek saját kiképző központja van, amely a déli körzethez tartozik. A légvédelem operatív vezetését egy harcvezető központ végzi, amely a beérkező adatok alapján eldönti, milyen eszközt használnak.

Az izraeli légvédelem integrált rendszerben működik vegyes fegyverzettel. A védelem koncepciója a korai riasztáson, az aktív légvédelmen, a csapásmérő erőkön és a passzív védelmen alapul.

A korai riasztó rendszer műholdas megfigyelésen alapul, szerződés alapján tagolva van az Egyesült Államok korai riasztó rendszerébe, az Egyesült Államok Földközi tengeri Flottájának bevonásával.

A légvédelem fegyverzete három szintű, ezek fentről lefelé az alábbiak:

- Arrow-üteget (legfelső szint);
- Hawk-, Patriot-2-ütegek (középső szint);
- Stringer, Machbet (Supervulcan légvédelmi gá.), Ermit légvédelmi rakéta (alacsony szint).

A jelzett eszközök egységes rendszerben, interoperabilis módon működnek. A légvédelem az ILADS (Israel Law Altitude Detector Search) lokátorokat használja.

TERRORIZMUS

Az utóbbi több mint fél évszázad arab-izraeli konfliktusainak fő sajátossága alig érintette Izrael területét. Mivel az ország csak egy Dunántúl nagyságú területen fekszik, ezért nincs hová visszavonulni, és mélységi védelmet szervezni, így a hadműveleteknek az ellenség területére történő átvitelének gyors kikényszerítése alapvető érdek (volt) az izraeli hadsereg számára. Az utóbbi időben azonban megváltozott a helyzet, a palesztin konfliktus, a terrorizmus miatt az ország területén belül is alkalmazni kényszerülnek a légierőt.

Izrael légieroje a klasszikus légierő-feladatok mellett az utóbbi években így egyre több bevetést hajt végre a tulajdonképpen rendőri feladatnak is tekinthető – a terrorizmus elleni háború izraeli megfelelőjének tekinthető – műveletsorozatokban. Ezen bevetések legnagyobb hányada - természetesen politikai szempontból - ellentétes érzelmeket vált ki, ugyanakkor a légierő alkalmazásában egy új szerepnek tekinthető.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BIMBÓ J., *A légierő a háborúkban*, Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1973.
- [2] BIMBÓ J., *A légvédelem harcászata*, Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1983.
- [3] BAXTER, S., *Arab-Israeli War October 1973, Lessons Learned, Lessons Forgotten*, Naval War College, Szakdolgozat, Newport, 1994.
- [4] CHOREV, M. C. I., *Surprise Attack: The Case of the Yom Kippur War*, in *The Industrial College of Armed Forces*, National Defence University, Washington D.C., 1996.
- [5] COOPER, G. H., *Operational Art in the 1973 Arab-Israeli War (An Egyptian Perspective)*, Naval War College, Szakdolgozat, Newport, 1997.
- [6] DOROSKI, C. F., *The Fourth Arab-Israeli War: A Clausewitzian Victory for Egypt in Seventy-Three?*, Naval War College, Szakdolgozat, Newport, 1995.
- [7] HALLER, J. JR., *Flexible Air Strategy and the 1973 October War*, 1995.
- [8] HANDLE, M. I., *Perception, Deception and Surprise: the case of the Yom Kippur War*, The Hebrew University, Jeruzsálem, 1976.
- [9] LOEFSTEDT, A. B., *Yom Kippur 1973: An Operational Analysis of the Sinai Campaign*, Naval War College, Szakdolgozat, Newport, 1996.
- [10] THE MILITARY BALANCE 1973-1974, The International Institute for Strategic Studies, London, 1973.
- [11] O'BALLANCE, E., *No Victor, No Vanquished: The Arab-Israeli War 1973*, Presidio Press, Novato, 1978.
- [12] OFRY, D., *A jom-kipuri háború*, Zohar, Tel-Aviv, 1974.
- [13] OSZETZKY, T., *Arab-izraeli háborúk 1948-1982*, Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1984.
- [14] SPEIER, W.A., *Operational Art Considerations For Army Air And Missile Defense: Lessons From The October War*, Szakdolgozat, School of Advanced Military Studies - United States Army Command and General Staff College: Fort Leavenworth, 2003.
- [15] BOLIA, R. S., *Overreliance on Technology in Warfare: The Yom Kippur War as a Case Study*, Parameters, 2004. XXXIV, No. 2., 46-56. p.



Koleszár Béla

SZÁRAZFÖLDI ROBOTOK, AZ UAV-K SZEGÉNY ROKONAI?

1. BEVEZETÉS

Repüléstudományi konferenciáról lévén szó, a címben bátran használtam az UAV¹ rövidítést, amit a katonai szakzsargonban gyakorlatilag mindenki ismer. Az UGV² kifejezés már nem ennyire elterjedt, ezért inkább a magyar megfelelőjét, a szárazföldi robotok elnevezést tüntettem fel.

Valószínűleg igaz lehet, hogy a légi fölény kivívása nélkül nem lehet háborút nyerni a modern korban. Viszont egy ellenséges területet teljesen ellenőrzés alá vonni csak a levegőből biztosan nem lehet. A szárazföldi, légideszantos, ill. tengerészgyalogos csapatokra hárul az egyes területek elfoglalásának, átvizsgálásának és ellenőrzésének minden nehézsége. Az ember vezette repülő eszközök mellett már az UAV-k is hatékony légi támogatást tudnak nyújtani, a felderítés mellett egyes típusok csapásmérésre is alkalmazhatók. Ugyan még nem ilyen nagy mértékben, de egyre hatékonyabb, közvetlen segítséget nyújtanak a szárazföldi (UGV) és vízi robotok (USV³-k és UUV⁴-k).

A légi robotok elterjedésének sikertörténetével ellentétben a „földhözragadt” robotok fejlesztése inkább a háttérben zajlik, a nyilvánosság kevesebbet tud róla. Amit látunk, az valószínűleg csak a képzeletbeli jéghegy csúcsa.

Jelen cikkemben röviden felvázolom a légi, szárazföldi és a vízi robotok főbb bevetési területeit. Rámutatok az eltérő közegek és mozgásterek adta alapvető különbségekre. Összehasonlítom az egyes részegységeikkel szemben támasztott követelményeket, felsorolom a szárazföldi robotokra leselkedő veszélyeket. Harcjármű-tervezőként [1] a valós méretű, kis rosszindulattal mondva a „nagy károkozó képességű” robotjárművekre koncentrálok, a kisebb, ún. személyi robotokkal most nem foglalkozom.

A 2008-as Repüléstudományi Konferencián a szárazföldi és légi robottechnikai eszközök jövőbeni kölcsönös együttműködéséről/szimbiózisáról beszéltem, most, ezt egy kicsit kibővítve felvetem az egymás ellen harcoló robotok problematikáját, rámutatok a robotok szükséges védelmére.

2. A LEGELTERJEDTEBB ALKALMAZÁSOK

A robotrepülőgépek, illetve robothelikopterek elsődleges feladata a felderítés, járőrözés, terület-megfigyelés, adatok gyűjtése. Az utóbbi időben a földi célpontok etikai szempontokból kritizált

¹ UAV - Unmanned Aerial Vehicle = személyzet (pilóta) nélküli légi jármű (robot)

² UGV - Unmanned Ground Vehicle = személyzet nélküli szárazföldi jármű (robot)

³ USV - Unmanned Surface Vehicle/Vessel = személyzet nélküli úszó (vízfelszíni) jármű (robot)

⁴ UUV - Unmanned Underwater Vehicle/Vessel = személyzet nélküli víz alatti jármű (robot)

támadása, csapásmérés is a feladataik közé került. A legnagyobb robotrepülőgépek képességeiket tekintve, megfelelő fegyverzettel ellátva akár hadászati jelentőséggel is bírhatnak.

A szárazföldi robotokat leginkább aknakereső-, aknamentesítő-, felderítő- (főleg házakban, pincékben, barlangokban), illetve csapásmérő- (fegyverekkel illetve robbanótöltettel felszerelve) feladatokra használják. Újabban komoly fejlesztések történnek a logisztikai felhasználásuk irányába is, ezek azonban még nem kifarrottak. Az eddigi szárazföldi robotok aránylag lassúk, csak kivételes esetekben működnek teljesen önállóan. A felderítésben nagyon jó szolgálatot tehetnek az ide tartozó harctéri érzékelők – UGS⁵-ek [2], amelyek kézzel, robottal, levegőből telepítve, vagy csöves tüzéséggel átlöve akár hónapokig is képesek adatokat szolgáltatni az ellenséges területekről. Őrszemként, elektrooptikai, infravörös, rádió-, vegyi, biológiai, hang-, mágneses, szeizmikus, nukleáris detektorokkal ellátva hasznos részei a többdimenziós információgyűjtés átfogó rendszerének.



1, 2. kép. Harctéri érzékelők [3]

A vízfelszíni robotokat leginkább őrzőjáratózásra, felderítésre, aknakeresésre, a víz alattiakat aknamentesítésre, ill. mentési feladatokra fejlesztették ki. A tengeralattjárók elleni harc az egyik legfontosabb feladatuk, így felválthatják az eddig erre a célra leginkább alkalmazott helikoptereket. Sokkal olcsóbbak, egy robothordozó „anyahajóról” felügyelve nagy területet ellenőrizhetnek.

3. ELTÉRŐ KÖZEGEK ÉS MOZGÁSTEREK

Első pillantásra úgy tűnik, hogy sokkal egyszerűbb két dimenzióban mozogni, mint háromban. Ez a nyílt tengeren úszó robotokra érvényes is, a rendelkezésükre álló két dimenzióban nagyon biztonságosan mozoghatnak, még ha elfogy az energiájuk, akkor sem merülnek el. A robot-tengeralattjárók három dimenzióban mozognak, de a biztonságos felhajtóerő nekik is mindig

⁵ UGS - Unattended Ground Sensor = felügyelet nélküli földi telepítésű érzékelő (rendszer)

rendelkezésükre áll. Az egyik legnagyobb problémájukat az információtovábbítás jelenti, mivel a víz alatt teljesen másként terjednek a hullámok. Ezért pontos tájékozódás, rádióösszeköttetés céljából időnként fel kell merülniük, vagy más navigációs, információs eszközöket kell használniuk (pl. giroszkóp, szonár, stb.) A sós tengervíz, illetve a tengeri levegő agresszív hatását is figyelembe kell venni, főleg a felhasznált anyagok választásánál, csak így lehet elfogadható mértékre csökkenteni a korrózió káros hatását.

A szárazföldi robotok ugyan a föld felszínén és gyakorlatilag két dimenzióban mozognak, ennek ellenére a légi és a szárazföldi robotok informatikai egységeivel szemben támasztott követelmények összehasonlításánál paradox módon a légi robotok vannak előnyben. A külső behatások a repülőgépeknél (hideg, légnyomás-változások, rezgések) ugyan szélsőségesek, de jól behatároltak.

A légi robotok bevetési ideje általában csak pár óra, csak pár nagyobb felderítőgépe (például Northrop RQ-4B Global Hawk [4;5]) maximálisan kb. 2 nap. A bázisra visszatéréskor lehetőség van az energiahordozók cseréjére, a szoftver változtatására, illetve az informatikai részek (hardware) cseréjére. Az elvárt összélettartam is csak a töredéke a földi robotokénál elvártak. A legtöbb robotrepülőgép „részautonóm” üzemmódban repül. Ez azt jelenti, hogy számítógép által vezérelve repülnek, de bármikor változtatható a pályájuk. Egy operátor több robotrepülőgépet is felügyelhet. Egy bármilyen okból történő, akár hosszabb időre is kieső összeköttetés nem jelent komolyabb problémát. Ha van elegendő üzemanyaga / energiája és éppen nem egy kritikus fázisban (pl. leszállás) repül, akkor pl. a leszállóhely fölött körözve „kivár”.

Irányítástechnikai szempontból az A pontból B pontba való önálló repülés a térben nem jelent nagy kihívást, hiszen az egyenes iránytól való akár nagyobb eltérések sem jelentenek problémát. A föld felszínének kopírozása (a felderítést megnehezítendő okokból) már összetettebb feladat, főleg nagy sebességnél és kis magasságban. Ezt az üzemmódot azonban csak bizonyos harci gépeknél, például az úgynevezett szárnyas rakétáknál (pl. Tomahawk [6]) használják.

A légi robotok működtetésének, mint általában az összes repülő alkalmas repülésének legkritikusabb szakasza a fel-, de főleg a leszállás. A légi robotok döntő többsége operátor segítségével száll le, illetve más módon, például ejtőernyők segítségével (vertikálisan) landol, de egyre több kisméretű rendszer is rendelkezik az önálló „vakleszállás” képességével. *„Az esetek túlnyomó többségében a repülőgépet ember vezeti az alkalmazási körzetben, szoros kapcsolatot tart fenn vele, a szükséges manővereket rádió-távírányítás útján hajtja végre. A fedélzetre beépített automatikus repülőgép vezető berendezés, más szóval fedélzeti robotpilóta azt a célt szolgálja, hogy olyan szakaszokon tehermentesítse a kezelőt, amikor kritikus repülési mozzanat, például leszállás történik, illetve például a nagy távolságra való repülés során az irány és magasság tartása hosszú időn át fárasztó és unalmas. A robotpilóta által jól megoldható feladat például a repülőgép adott útvonalon tartása, a fordulópontokon való végigvezetés, vagy a repülést zavaró turbulenciák hatásainak kompenzálása, ezért ezeket a feladatokat a pilóta előszeretettel bízhatja rá.” [7]*

Hasonló módon a nyílt tengeren is tehermentesíthetők az USV-k és UUV-k operátorai. A szárazföldi robotoknál ez nagyon kevés kivételtől eltekintve (nyílt, akadálymentes terep - pl. homoksivatag) még nem működik.

A Robothadviselés 8 konferencián [8] megtartott előadásom témájául a „Szárazföldi robottechnikai eszközök tervezésének és alkalmazásának biztonsági szempontjai”-t választottam. Itt felsoroltam az egyes veszélyforrásokat: „A „csak” két dimenzióban mozgó földi robottechnikai eszközöknél óriási előny a szilárd talaj, legalábbis addig, míg egy helyben áll a jármű. Amint elindul, változik a helyzet, a sebesség fokozásával egyre hasonlatosabb lesz egy éppen leszálló repülőgéphez. Sőt! Sokkal rosszabb a helyzete, mert nem rendelkezik egy / kijelölt / körbekerített / lezárt / egyenes / jó felületű pályával. A földi robotok „pályája” girbe-görbe, hepe-hupás, rosszul, vagy egyáltalán nem kijelölt, nyitott még a szembe- és keresztforgalomnak is! Az utakról letérve még bonyolódik a helyzet, számtalan terepakadály, házak, árkok, gödrök, folyók, fák, bokrok, kövek, veszélyes lejtők, víz, sár, mocsár, homok, hó-jég, köd, stb. leselkednek rá. Mindezeket a veszélyforrásokat menet közben érzékelni, értékelni lehetséges, de szinte „emberfeletti” feladat, sajnos ezt bizonyítják a közlekedési baleseti statisztikák is... Ha rendelkezünk is elegendő szenzorral, megfelelő információval, akkor is a végtelen felé konvergáló kombinációs lehetőségek kiértékelése miatt a valós idejű feldolgozás akadozhat. Hosszú évek szükségesek, míg a „tanuló” programok és maguk a programozók a különböző tereptípusokra szabott szoftvereket optimalizálják, majd a legkülönbözőbb terepeken tesztelik.

A földi robotoknál, nehéz terepen menet közben fellépő, állandóan változó (pozitív és negatív) gyorsulások, ütések, rezgések, a külső mechanikai behatások (pl. ágak, szögesdrót), a szennyeződés lehetősége (eső, hó, dér, por, sár, harcanyagok jelenléte, stb.) a szenzorok terepi kivitelezésére is komoly, részben még megoldandó feladatokat rónak. A változatos, előre nem kiszámítható terep a meghajtás állandó változtatását (gyorsítás, fékezés, kormányzás) igényli, ez nagyon energiaigényes, a vezérlő egységek informatikai kapacitását is állandóan igénybe veszi.” [9]

4. TOVÁBBI ELŐNYÖK ÉS HÁTRÁNYOK

A szárazföldi járműveknél a repülőgépekkel összehasonlítva a tömeg nem olyan kritikus, ezért jobban védhetők, páncélozhatók. Olyan, nagyobb berendezések és fegyverek is beépíthetők, amelyek az UAV-k esetében nem jöhetnek számításba.

Kivárázó üzemmódban nagyon kevés árulkodó jelet bocsátanak ki, jól álcázhatók, ezért örszemként is kiválóan alkalmazhatók.

Az UGV-k esetleges összekapcsolásával is új távlatok nyílnak.

- a terepjáró-képesség javításának a céljából: a kisebb robot számára leküzdhetetlen akadály leküzdése egymásba kapcsolódva megoldható, majd ha a helyzet úgy kívánja, a robotok ismét külön-külön folytatják az útjukat;
- a már részben automatizált, síneken történő közlekedés mintájára;

- már a közeljövőben lehetséges lesz kevert, illetve teljesen UGV-kből álló robotkonvojokat összeállítani.

A személyzet hiánya miatt a járművek ballisztikai és a különböző robbanótestek elleni védelme másodlagos lehet, a szükséges „komfortjuk” is csak a szállítandó áru érzékenységtől függ. Az így elérhető tetemes súlymegtakarítást a hasznos teher növelésére lehet használni, tehát jóval kevesebb számú jármű képes ugyanolyan volumenű logisztikai feladatokat ellátni. Az esetleges emberi veszteségek csökkentése is természetesen nagyon fontos, az összes közül a legfontosabb szempont.

A légi robotok csak földközélen (leginkább fel- és leszállásnál) veszélyesek a saját földi erőkre. Ezzel szemben a szárazföldi robotok bevetésénél nem lehet kizárni, hogy az élő erővel ne keresztezzék egymás útját. Ez nem is lehet cél, hiszen együttműködve, egymást segítve kell megoldaniuk a kijelölt feladatokat. A baleseteket megelőzendő, pontosan ki kell dolgozni a biztonsági előírásokat, ill. ezzel karöltve a robotok alkalmazását engedélyező jogi kereteket.

Az ipari robotok példáját lehet felhozni, amelyeket eddig leginkább emberek elől zárt térben használnak, viszont komoly fejlesztések történnek ennek a megváltoztatására. Már léteznek elegendően biztonságos robotok, biztonságos vezérléssel, az emberdetektáló rendszereket még tovább kell fejleszteni, ugyanis *„még nagyon statikusan és mereven dolgoznak, a jövőben szükséges, hogy átkapcsolhatók legyenek rugalmas és dinamikus üzemmódra, hogy az ember nagyobb akciósugarban dolgozhasson...”* [10] A jogi kereteket is tágitják, az ISO 10218 szabvány első része a robotok biztonságos építésével foglalkozik. A még csak javaslatként létező második rész a robotrendszerek perifériáinak biztonságos kialakításáról szól, taglalja az ún. „kollaboráló” (emberekkel közvetlen együttműködésben dolgozó) robotok esetét. [11]

A légi, vízi, ill. a szárazföldi robotoknál a távlati cél a civil légi, vízi közlekedésben, ill. közúti forgalomban való engedélyeztetés.

A német LUNA⁶ UAV-nál [12] egy új biztonsági rendszert is sikerrel teszteltek, ahol egy lézertechnológián alapuló szenzor segítségével önállóan észlelt egy akadályt (egy lehorgonyzott léghajót) figyelemmel kísérte, majd egy kritikus kikerülési időpont elérése után automatikusan megkezdte a kikerülő manővert. Ezzel azt akarták bizonyítani, hogy egy UAV rendszer a civil légtérben úgy viselkedhet, mint egy ember által vezetett repülőgép. A következő lépésben az ellenőrzött légtérben (légiforgalmi irányítással) való repülést lehetővé tevő előfeltételek megteremtésén munkálkodnak. [13]

Az UAV-kkel végzett állandó megfigyelés drága, csak több géppel megoldható, sokáig a levegőben lenni csak a nagyobb gépek képesek. A bevetési/megfigyelési helyre repülni egy nagyobb géppel hosszabb ideig tart, mert a starthely nem lehet a frontvonal közvetlen közelében, hiszen ott nagyon árulkodó, és így veszélyeztetett lenne.

⁶ Luftgestützte Unbemannte Nahaufklärungs-Ausstattung = pilóta nélküli légi közelfelderítő- rendszer

A robotok költségei mellé még az operátorok munkahelyeinek költségeit is hozzá kell számolni, ezek még akkor is tetemes költséget jelentenek, ha stacionárisak és valahol a hátszágban kerülnek telepítésre. A robotok bevetési területeihez közelebbi, mobilis, például konténerekben elhelyezett munkahelyeknél figyelemmel kell lenni a terepi kivitelre, az energiaszükségletekre, az ergonómiai követelmények, stb. biztosítására.

Az esetleges személyi veszteségeket figyelmen kívül hagyva, egy pilóta nélküli repülőeszköz elvesztése nem jár olyan anyagi veszteséggel, mint egy pilóta által vezetetté. A nagyobb, komolyabb szárazföldi robotok esetében ez nem így van. A bonyolult műszerekkel, szenzorokkal, irányítóegységekkel, távirányított fegyverekkel való ellátottsága miatt jóval többbe kerülhetnek, mint a hagyományos, emberek által vezetett és kiszolgált földi járművek. Például egy teljesen távirányított, automatizált önjáró tarack kifejlesztése műszakilag kivitelezhető lenne, viszont valószínűleg többször annyiba kerülne, mint egy hagyományos. **Az emberi veszteségeket teljes mértékben viszont csak robotjarművek alkalmazásával zárhatjuk ki**, így a legveszélyesebb bevetéseknél jönnek majd hangsúlyozottan szóba. Ha egy szorult helyzetben lévő alegység tűztámogatást kér, nekik teljesen mindegy, hogy emberek által vezérelt rendszertől, vagy távirányított robot-rendszertől jön a segítség, a lényeg az, hogy időben jöjjön. Ahhoz, hogy egy robotjarmű a szokványos hadszíntereken helyettesíteni tudjon egy sofőr által vezetett járművet, legalább olyan képességekkel kell rendelkeznie. Ez a hibrid járműoszlopokra is érvényes, csak a valós méretű robotjarművek képesek autópályán, illetve nehéz terepen is lépést tartani a hagyományos szállító-, ill. harcjarművekkel. A sebesség, a terepjáró-képesség, illetve az egyes terepakadályok leküzdésének képessége hasonló kell, hogy legyen.



3. kép. „A pilóta nélküli gépek új generációját is fejlesztik” [14]

A nagyobb akadályokat, épületeket, fákat észlelni, kikerülni aránylag egyszerű, sokkal problémásabb az úgynevezett negatív akadályokat (lövészárkok, szakadékok, mély horpadások, süppedős homokkal, hóval, sárral, vízzel teli gödrök, mocsarak, stb.) észlelni, a mélységüket, „teherbíró” képességüket meghatározni, illetve leküzdeni őket.

Az UGV-k is szállíthatnak kisebb UAV-t, hogy például valamilyen fontos célt közelebről is megfigyelhessenek, illetve nagyon erős ellenséges zavarás esetén a már megszerzett fontos információkat az UAV-val („postagalambként”) még időben a saját erőkhöz továbbíthassák. Az UAV lehet helyből felszálló forgószárnyas, vagy gyorsító rakétával indított légcsavaros repülőgép.

A nagyobb UGV-k a jövőben rendelkezhetnek az UAV-k indítására és „befogására” szolgáló szerkezettel [15].

Főleg a védelemben tartok elképzelhetőnek olyan nagyobb, helyből felszálló UAV-eket, amelyek egyszerűbb UGV platformokra vannak telepítve. Egészen addig szárazföldi járműként működik a rendszer, míg fel nem fedezik, illetve ha az ellenséges erők elöl már nem lehetséges a visszavonulás. Akkor az UAV-k a földi részeit hátrahagyva, a legértékesebb műszerekkel, fegyverekkel, berendezésekkel, adathordozókkal együtt biztonságos helyre repülnek.

A nagyon tagolt területeken, a magas hegyek árnyékoló hatása miatt, mély völgyekben repülve már a kisebb UAV-knek is szükségük van további, reléállomásként működő UAV-kre, hogy a földi állomásokat ne kelljen a veszélyes, távolról megfigyelhető, támadható magaslatokon üzemeltetni. Ilyen szolgáltatásra legalábbis időről időre az UGV-knek is szükségük van.

5. ROBOT - ROBOT ELLEN, ROBOTOK VÉDELME

A mai békefenntartó műveleteknél meglévő, gyakorlatilag teljes légi fölény nagyon megkönnyíti az UAV-k bevetését. A tömegesen hadrendbe vett felderítő-csapásmérő robotrepülőgépek elleni várható egyre hatékonyabb válaszcsapások (automatikusan működő gyorstüzelésű csöves fegyverek, önrávezetésű rakéták, nagy teljesítményű lézerfegyverek, járőröző ellenrobotok, stb.) miatt az egyik, aránylag jó védettséget nyújtó út a terep „kopírozása” lesz. Ezek ellen az alacsonyan repülő kisebb, gyakorlatilag semmilyen ballisztikai védelemmel nem rendelkező légi robotok ellen is hatékonyan bevetethők a hálózatba telepített robotok. A cél észlelése, láncszerű „továbbadása”, majd közösen történő értékelése, bemérése után a legoptimálisabb helyzetben lévő csapattag kapja meg a tűzparancsot. Elég egy jól terített sörétfelhő, vagy az újonnan kifejlesztett, könnyű „metal storm” [16; 17] csövek golyózápora, esetleg egy kisebb (ön-) irányított rakéta, hogy megsemmisüljön, illetve a bevetését megszakítva, idő előtt visszaforduljon/landoljon a repülőgép.

A felderíthetőség szempontjából a levegőben mozgó UAV-k a földön, jól álcázható UGV-kkel szemben hátrányban vannak. Ezek álló (kivárá) helyzetben alig bocsátanak ki árulkodó jeleket, az energiafelhasználásuk is minimális. A már felderített légi robotok viszont a sebességüket, a kitűnő manőverező képességüket kihasználva könnyebben kitérhetnek egy ellenséges támadás elöl. A terep

egyenetlenségeit kihasználni képes repülőket egéruat nyerhetnek, a hozzájuk képest „cammogó” földi és vízi robotok ilyen helyzetben a menekülés helyett csak a saját passzív/aktív védelmükben, illetve a saját erők ellencsapásának hatékonyságukban bízhatnak. Itt szerepet kaphatnak a harci UAV-k is, akár direkt támadással, akár csapásmérő rakéták indításával.

A dinamikus harctéri szituációkban, amikor kisebb területen számtalan kisebb, nagyobb UAV kerül majd bevetésre mindkét oldalon, számítani lehet a légtér telítettségével, amikor egymás befolyásolására, akár ütközésekre is sor kerülhet. A saját erők léghajmúvei egy valós időben működő, állandóan aktualizált, alá és fölérendelt egységekkel rendelkező mátrixban kell, hogy együttműködjenek, egymást segítve, a feladatokat közösen megoldva. Ebben a mátrixban a szárazföldi robotjárműveknek, illetve a harctéri érzékelőknek, jeladóknak is helyük van, például „biztos” pontokként a navigációban, illetve átjátszó állomásként.

A robotok minimális élettartama és megbízhatóága mellett a minimálisan szükséges védelmüket és túlélőképességüket is előre le kell fektetni, hiszen csak így lehet velük reálisan számolni a harci cselekmények tervezésekor. Meg kell határozni viszont elfogadható keretfeltételeket is, amin belül egy robot elvesztése elfogadható, hiszen nem szabad a szemünk előtt téveszteni: **a robotok fő célja az emberek védelme és munkájuknak a megkönnyítése.**

A szárazföldi járművek közötti kommunikáció kiemelten kezelt kérdés. Az út menti rádiótávvezérlésű bombák elleni védekezés eszközeként használt szélessávú zavaróadók problémát jelentenek. A járművek egymást zavaró hatása is jelentős lehet: Az aktív módban működő, pásztázó sugarak visszaverődött jeleit érzékelő szenzorok „telítődhetnek”. Megkülönböztetett szerepet kap az egyes berendezések elektronikai védelme, a vezetékek, csatlakozók árnyékolása.

6. A JÖVŐ, VAGY CSAK „KACSA”?

A jövő a robotok tekintetében is még nagyon sok újat fog hozni. Tudományos-fantasztikus regénybe illik a következő gondolat: A rajban mozgó, egymással kapcsolatot tartó és együttműködő, áruklodó elektromágneses hullámokat egyáltalán nem kibocsátó, fémeket nem tartalmazó, szennyeződéseket és vizet taszító felületű szárazföldi robotok (UGV) a vízi akadályhoz érve úszva (USV) járőröznek tovább, majd a víz alatti bevetésük (UUV) után ismét felmerülve, az eddig rejtett szárnyaikat és vezérsíkjaikat szétnyitva elrepülnek (UAV). Közben a környezetükből még elégséges energiát vesznek fel, és meghatározott időnként a saját maguk klónozásáról is gondoskodnak... Ma még mindezt elképzelhetetlennek tartjuk, pedig sok vízimadárnak ez az életforma alkotja a mindennapjait...

A kecses madarak mindig is a repülés mozgatórugói voltak, bár ma a madarak okozta légi balesetek miatt sokszor rossz szemmel nézünk rájuk, pedig még mindig van mit tanulnunk tőlük. Szemléltetőként csak egy kiragadott példát mutatok be: Figyelemre méltó a télen-nyáron mellettünk élő, arasznyi testű, nem egészen 50 grammos, törekenynek tűnő jégmadarak alkalmazkodó képessége, gyorsasága és pontossága.



4. kép. „Mecélozza” [18]



5. kép. „Elkapja” [18]



6. kép. „A bőség zavara” [18]

Robot-tervezőként tehát még van mit tennünk, míg megalkotjuk az első működő szárazföldi – úszó – merülő – repülő robotot, azaz az „U-GSUA-V”-t! ☺

A szárazföldi járműveknél is próbáljuk ellesni a természet alkotta remekeket, eddig még inkább kevesebb sikerrel. A kerék adta lehetőségek gazdag tárháza, kiforrottsága és gazdaságossága fékezi a más irányú fejlesztéseket. Az aszfalton, erdei, mezei utakon, könnyű terepen a kerék még mindig verhetetlen. Nehéz terepen, mély talajon, hóban viszont a széles lánctalpak nagy hordfelülete és az ezzel elérhető nagyobb hasznos teher nehezen megkerülhető. Az állatvilágból ismert extrém terepjáró- és mászó- képességek ugyan csábítóak, de a hasonló, ember alkotta szerkezetek bonyolultak és kiforratlanok. A katonai közlekedés döntő többségét kitevő országutakon és könnyű terepen még aránylag lassan, darabosan és főleg gazdaságtalanul közlekednek. A legnehezebb, „járhatatlan” területek ellenőrzése különben is ma könnyebben megoldható a levegőből, például pilóta nélküli repülő eszközökkel, illetve fixen telepített harctéri érzékelőkkel.

7. ÖSSZEGZÉS, KÖVETKEZTETÉSEK

A légjárműveknél már ma megfigyelhető trendhez hasonlatosan számíthatunk arra, hogy az újonnan fejlesztett szárazföldi járművek egyre nagyobb részét robotjárművek fogják alkotni.

A valamikor kicsit lenézett, megmosolygott kis repülőmodellekből fejlődtek ki a mai, teljes értékű UAV-k. Ezek mintájára az UGV-k is nagy jövő előtt állnak, bár itt célravezetőbb lenne a távirányított

gyerekjátékok, modellautók, futurisztikus konstrukciók helyett a már bevált, jó terepjáró képességű, valós méretű járművekre alapozni.

Hasonlóan, mint az UAV-k egyre több, hagyományos, pilóta vezette repülőgépet tudnak kiváltani, a szárazföldi robotoknál is ez a cél, hogy **a katonák közvetlen veszélyeztetettsége nélkül hajtsák végre a kitűzött feladatokat**. Az elején inkább a monoton, időigényes, illetve a veszélyes bevetéseknél, később az emberek fiziológiai korlátjait túlhaladó missziókban is részt vehetnek.

A hálózatban működő, „összhaderőnemi” robotizálás jelentőségét talán csak a lovasságot kiszorító motorizálás, illetve a repülőgépek színrelépésének jelentőségéhez lehet hasonlítani. A megvalósítás még évtizedekig is eltarthat, de megállíthatatlan folyamat.

Az új versenykiírásoknál / tenderek kiírásánál, ill. a járműfejlesztőknek már most gondolniuk kell arra, hogy a közeljövőben nagy kereslet lesz a távirányítható, a terepi körülményeknek megfelelő, harcászati releváns teherbíró képességgel rendelkező robotplatformok és járművek iránt. Ezért az új konstrukciókban célszerű a távirányítást lehetővé tévő „drive by wire”⁷ részegységeket (kormányzás, fékek, motorvezérlés, stb.) választani. Nem csak a harcjárművek esetében, hanem általában. Például a szériagyártmányú, tehát külön, speciális védelemmel nem rendelkező, aránylag olcsó földmunkagépek alkalmazása előtt is teljesen új távlatok nyílnak meg, ha kevés költséggel távirányíthatóvá tehetők.

Pár évtizeden belül ezek a trendek még erősödni fognak, a jövő harcterein egyre gyakrabban állnak majd egymással szemben a legfejlettebb technológiákkal készített robotok, illetve egyre hatékonyabban segítik elő a saját csapatok biztonságának a növelését.

Már a jelen eseményei is azt mutatják, hogy azok a hadseregek, amelyeknek nincs elegendő anyagi, emberi lehetőségük a légi-, vízi-, és szárazföldi robotok fejlesztésére, illetve a megvásárlásukra, jelentős hátrányba kerülnek. Mint mindenhol, itt is arra kell törekednünk, hogy megtaláljuk a saját- és szövetségeseink céljaihoz, elvárásaihoz, költségvetésünkhöz igazodó mindenkori egyensúlyt.

HIVATKOZOTT IRODALOM JEGYZÉKE⁸

- [1] <http://www.steyr-ssf.com/>
- [2] http://de.wikipedia.org/wiki/Unattended_Ground_Sensors
- [3] Kép 2: <http://defense-update.com/features/du-1-06/feature-ugs.htm>
- [4] http://www.szrfk.hu/rtk/folyoirat/2008_2/2008_2_29.html
- [5] <http://www.harcirepulo.hu/RQ-4/index.html>
- [6] http://hu.wikipedia.org/wiki/BGM%E2%80%9393109_Tomahawk
- [7] Dr. Kovács László – Dr. Ványa László: *Pilóta nélküli repülőgépek a terrorizmus elleni harcban*
http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2007_cikkek/kovacs_laszlo_vanya_laszlo.pdf
- [8] <http://www.zmne.hu/tanszkek/ehc/konferencia/robot8.html>
- [9] Koleszár Béla: *Szárazföldi robottechnikai eszközök tervezésének és alkalmazásának biztonsági szempontjai*
http://www.zmne.hu/tanszkek/ehc/konferencia/prezrw8/Koleszar_Bela.pdf
- [10] Sabine Knoll: *Kollege Roboter*; Industrieanzeiger, Nr. 12/2009; Konradin Verlag GmbH, Leinfelden-Echterdingen; ISSN 0019-9036Z p.p. 48-49
- [11] https://www.on-norm.at/ecom/preview.dyn%3Bjsessionid=KPOPIKLEJXCVC2CQCAICCFEQ?PROD_ID=306428&SKU_ID=306428910
- [12] [http://de.wikipedia.org/wiki/Luna_\(Drohne\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Luna_(Drohne))

⁷ drive by wire = szó szerint „vezetés dróton át”

⁸ Az internetes hivatkozások esetében a 2009. március 30-i állapot van megadva

- [13] Frank Wasgindt: LUNA Eine Erfolgsgeschichte; Oktober 2007/ Strategie und Technik p. 32; http://www.emt-penzberg.de/fileadmin/presse/2007-10-SuT_de.pdf
- [14] Kép 3: http://hvg.hu/Tudomany/20090227_utesallo_zsele_onjaro_robot_uav_ugv_mod.aspx
- [15] Koleszár Béla: *Elképzelések a szárazföldi és légi robottechnikai eszközök jövőbeni kölcsönös együttműködéséről/szimbiózisáról* http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2008_cikkek/Koleszar_Bela.pdf
- [16] http://megilyet.blog.hu/2008/06/20/robotizalt_femvihar
- [17] http://megilyet.blog.hu/2008/06/11/egymillio_lovedek_per_perc
- [18] Képek 4,5,6:
http://www.stop.hu/gallery/gallery.php?&database_name=articles&database_id=446636&median_code=11888217551326&category=rovat&subcategory=tudomany&relations=1&images=4&videos=0&title=Bámulatos%20fotók%20a%20jégmadár%20vadászatáról&id=138764&ext=jpg



Koller József alezredes

GÉPPARANCSNOKI BEOSZTÁSBA TÖRTÉNŐ KIVÁLASZTÁS ÚJSZERŰ MÓDSZERE

A Magyar Honvédség erőforrásainak csökkenése nem az utóbb kialakuló „gazdasági válság” megjelenésével kezdődött. A légierőn belül évről-évre folyamatosan csökkentek a felhasználható erőforrások, az éves rendelkezésre álló egy hajóóra jutó repülési idő minden típuson évről-évre kevesebb lett. Változtak a körülmények és változtak a feltételek. Kerestük és keressük a költséghatékony módszereket. Bár szakmai körökben többször elhangzik, hogy az előírásokban szereplő 180 óra helyett egy pilóta, ha 90-100 órát repül évente, az elégedett lehet. És elég is kell, hogy legyen a jártasság fenntartásához, sőt újszerű feladatok begyakorlásához is. A csökkenő repülési idő mellett a parancsnokok célja, hogy a repülés minden egyes percét a lehető leghatékonyabban használják ki.

Amikor közel 2 évvel ezelőtt megkerestem parancsnokomat, azzal, hogy lenne egy ötletem az operátorok, másodpilóták gépparancsnokká történő objektívebb és költséghatékonyabb kiválasztására, akkor csak részben gondoltam, hogy ennyi járulékos hasznot fog hozni az egészséges versenyztetés. Parancsnoki támogatással sikerült helyes irányba vinni a kiválasztás módszerét. Elmaradhatatlanul fontos elmondanom, hogy a végleges kiválasztási módszer kialakításában a harcihelikopter zászlóalj minden oktatója kivette munkájának részét és szakmai tudása legjavával, ötleteikkel segítettek formálni és véglegesíteni a kiválasztás módszerét.

Fontos döntésként jelent meg minden évben, hogy a gépparancsnoki állomány utánpótlása érdekében a másodpilóták, operátorok közül azt a jelöltek válasszuk ki, akit a legkevesebb repülési időből a leggyorsabban és leghatékonyabban lehet kiképezni gépparancsnoknak. Sokan gondolhatják, hogy a „legjobb kezű” pilótából lesz a legjobb gépparancsnok. Ez bizony nem így van. A kiváló repüléstechnika meglehetősen fontos, a gépparancsnoki kiválasztásnak azonban néha sokkal fontosabb feltétele a felelősségtudat, a határozottság, a helyes döntéshozatali képesség, hogy csak néhányat említsek a jó gépparancsnok elmaradhatatlan képességeiből.

ÁLTALÁNOS TUDNIVALÓK

Évtizedeken keresztül az első pilóták kiválasztása úgy történt, hogy a hajóóraszázad vagy a zászlóaljparancsnok javaslatára az egység parancsnoka (aki szintén tapasztalt hajózó) meghozta a döntést, és a másodpilóta vagy operátor megkezdte a gépparancsnoki átképzését. Az elmúlt évek gyakorlata szerint a gépparancsnoki állomány kinevezésére, valamint a helikoptertervezető-lövész beosztásban lévő állomány felsőüléssből a HHKU-77 200. pontja¹ alapján történő repültetésére a személyi javaslatokat a zászlóalj parancsnoka tette az állomány illetékes parancsnok irányába, alapozva döntését saját és tapasztalt kollegái javaslatára.

¹ HHKU-77 (Re/390) A Mi-24D helikopter harckiképzési szakutasításának 200. pontja lehetővé teszi a jó képességű helikoptertervezető-lövészek számára a felső ülésből történő repülést.

Ezen döntés **objektivitását** elősegítve a harcihelikopter zászlóalj parancsnokaként, a zászlóalj oktatói állománya segítségével, egységes pontrendszert hoztunk létre. A helikoptervezető-lövész állományból gépparancsnoki beosztásba történő kiválasztás végrehajtására ezen pontrendszer segítségével újszerű módszer bevezetését indítványoztam.

A HHKU-77 200. pontja alapján kiképzésre kerülő helikoptervezető-lövészek kiválasztására történő jelentkezés feltétele, hogy a jelölt MI-24 típuson helikoptervezető-lövész CR² minősítéssel és helikoptervezető-lövész szakszolgálati engedéllyel rendelkezzen.

Az egységes pontrendszer kialakításának igen fontos szerepe van azon szakmai követelmény megteremtéséhez, ami egy szintet állít be a MI-24 helikopter felső üléséhez szükséges tudás eléréséhez. **Ezt a mércét igen magasra helyeztük** és szeretnénk fenntartani a jövőben is, azért, hogy felső ülésbe csak az ülhessen, aki a pontrendszerünk mindhárom területén eléri a minimális szintet.

A PONTOZÁSRÓL

A pontozás az alábbi területek (szempontok) szerint történik, és mint három oszlopra épül fel:

- a) Elméleti felkészültség;
- b) Gyakorlati, repüléstechnikai felmérés;
- c) Rátermettségi értékelés;

Mindhárom területen 0-100-ig százalékos arányban történik a pontozás és az összesítés. Az a jelölt, aki nem éri el a 60%-os teljesítményt, vagy valamelyik területen 60% alatt teljesített, a tárgy évben kiesett a versenyből. (Itt van a mérce magasra helyezve! Lásd teszt lap."A" melléklet.)

Elméleti felkészültség

Az elméleti felkészültség pontozása írásbeli feleletválasztós tesztből és szóbeli vizsgából áll.

Írásbeli feleletválasztós teszt: („A” melléklet)

100 kérdés, 100 pont.

Témakör	Kérdések	Pontok
Repülési szabályzatismeret: HHKU, URV, 3/2006, 14/2000, 16/2000, 16/1998, LHSN, LHKE, LHPA, Bottlang.	20	20
Aerodinamika	10	10
Légi üzemeltetés	20	20
EMO&RTB	15	15
Sárkány-hajtómű	10	10
Fegyver	10	10
KLGS esetek	15	15

A kérdések pontszáma adja a teszt végeredményét.

² CR- Combat Ready (Kiképzett, korlátozás nélkül bevethető hajóztót jelent).

(A teszt kérdéseit az oktatók állították össze területenként, külön- külön.)

A legtöbb pontot elért maximum 4 fő vehet részt a szóbeli vizsgán.

Szóbeli vizsga:

Témakör	Osztályzatok
Repülési szabályzatismeret	0-8
Aerodinamika	0-8
Légi üzemeltetés	0-8
EMO	0-8
Sárkány-hajtómű	0-8
RTB	0-8
Fegyver	0-8
KLGS esetek	0-8
Kabinismeret	0-8
Meteorológia	0-8

Témaköröknek megfelelő pontszám: **80**.

Pontozási elvek

0	Nem megfelelő tudásszint	A jelölt nem rendelkezik a témában megfelelő ismeretekkel. A kérdések kevesebb mint a felére képes helyes választ adni.
2	Kielégítő tudásszint	A kérdések legalább 50%-t képes helyesen megválaszolni.
4	Megfelelő tudásszint	A kérdések legalább 60%-t képes helyesen megválaszolni.
6	Jó tudásszint	A kérdések legalább 80%-t képes helyesen megválaszolni.
+2	Kiváló tudásszint	Felismeri a tények közötti összefüggéseket és helyesen képes következtetni tárgyi tudása alapján

A szóbeli vizsgához kapcsolódóan a maximálisan szerezhető 80 pont fölött 20 pont szerezhető az előadásmóddal és a stressztűrő képesség következőkben felsorolt szintjeinek felmérésével:

Előadásmód

0	Zavart előadásmód	A jelölt akadozva, zavartan adja elő mondandóját, tárgyi tudásától függetlenül.
5	Magabiztos előadásmód	A jelölt magabiztosan, szabatosan, érthetően adja át tárgyi tudását
10	Kiváló előadásmód	A jelölt magabiztosan, szabatosan, érthetően, meggyőzően adja át tárgyi tudását, valamint előadásmódjával képes elrejteni tárgybéli hiányosságait.

Stressztűrés

0	Alacsony	A jelöltet tudásszintjétől függetlenül is megzavarhatják az alattomos, vagy agresszív megnyilvánulások
5	Megfelelő	A jelöltet csak akkor zavarják meg az alattomos, vagy agresszív megnyilvánulások, ha a feltett kérdésre nem képes megfelelő választ adni.
10	Kiváló	A jelöltet nem befolyásolják az alattomos, vagy agresszív megnyilvánulások.

A szóbeli vizsga pontszámát a témaköröknek, az előadásmódnak és a stressz tűrésnek megfelelő részeredmények teszik ki.

Elérhető pontszám: 100/jelölt/oktató.

Gyakorlati repülés

A HHKU-77 573. és 574. gyakorlata alapján történik.

Függésnél osztályozni kell: elmozdulások a függés helyétől, iránytartás, magasságtartás, függőleges sebesség a földetéréskor.

Iskolakörön osztályozni kell: magasság-, sebességtartás, bedöntés valamint koordináltság.

A repteknikai készség mellett a következő képességeket szintén osztályoztuk:

- Rádiózás; (Az oktató megítélése alapján 0-10 pontig)
- Légtér & rádiófigyelés;(Az oktató megítélése alapján 0-10 pontig)
- Hibák felismerése és korrigálása.(Az oktató megítélése alapján 0-10 pontig)

Az összpontszámot az egyes elemek pontszámainak átlaga teszi ki. Amennyiben a jelölt olyan durva repteknikai hibákat vét, melyet az oktatónak kell kijavítania, a repüléstechnikai pontszámot 10%-al csökkenteni kell.

A gyakorlati repülés eredménye alapján, a legtöbb pontot elért maximum 8 fő vehet részt az elméleti vizsgán.

(Értékelő lap alapján „B1”és „B2” mellékletek)

Az értékelő lap osztályozási irányelveinél alapul vettük a HHKU-77 vonatkozó osztályozási irányelveit. Az elmúlt években az operátorok saját feladatainál megfigyelt jellemző eltéréseket bedolgoztuk az értékelő lapon szereplő elvárásokba.

Rátermettség („C” melléklet)

Probléma megoldó képesség	0-10 pont.
Konfliktus tűró képesség	0-10 pont.
Konfliktus más jelöltekkel	0-10 pont.
Közösségi szellem	0-10 pont.
Őszinteség	0-10 pont.
Szabályok tisztelete	0-10 pont.
Határozottság, döntéshozatali képesség	0-10 pont.
Példamutatás	0-10 pont.
Segítőkészség	0-10 pont.
Egyéni megjelenés, törzskultúra	0-10 pont.

Az oktató megítélése alapján 0-10 pontig történik a pontozás. Fontos, hogy csak olyan oktató értékelhette a rátermettségi mutatókat, aki folyamatos munka kapcsolatban áll a jelölttel, évek óta együtt szolgál, együtt él és repül az értékelendő személlyel.

Maximálisan elérhető pontszám: 100/jelölt/oktató

GÉPPARANCSNOKI ÁLLOMÁNY KIVÁLASZTÁSÁNAK PONTRENDSZERE RÉSZLETEIBEN

A pontrendszer alapja, hogy hangsúlyozottan, minden- a kiválasztásra jelentkező - helikoptervezető-lövész egyforma eséllyel indul, **korra és nemre való tekintet nélkül**. (Fontos megemlíteni, hogy a pontrendszer nem lehet 100 százalékosan objektív, hiszen a pontokat emberek adják embereknek, mégis törekszik az objektivitásra, mivel az oktatók által adott pontok beosztásra való tekintet nélkül egyformán esnek latba.) A pontozás időtartama 80 nap idő intervallum alatt történik. Mivel a kiválasztás alapja az, hogy az oktatók megismerjék a kiválasztásra tervezett helikoptervezető-lövészek képességeit, azok kötelesek a kiválasztás időszakában a lehető legaktívabban részt venni a zászlóalj éves kiképzési intézkedésében meghatározott munkákban, illetve a szabadságolásukat úgy tervezni, hogy az ne lehessen akadálya a döntési folyamatnak. Mivel a kiválasztás időszaka relatíve nem hosszú, minden helikoptervezető-lövésznek meg kell hozni a döntését, hogy képes-e ezzel a feltétellel részt venni a kiválasztáson.

A döntés, melyet a zászlóalj parancsnokával közölnek, egyúttal felelős döntés a következő 80 nap egyéni elképzeléseiről. Amennyiben a kiválasztást végző oktatói állomány úgy ítéli meg, hogy a kiválasztásra jelentkező nem vesz részt kellő aktivitással a kiválasztás időszakában, joga van oktatói értekezleten a jelentkező elutasítására időközben is. A kiválasztást végző oktatói állomány jogosult a jelentkező visszautasítására, ha bármilyen más ok felmerül a pontozási időszak alatt.

Minden kijelölt oktatónak kötelessége **minden** kiválasztásra jelentkező helikoptervezető lövészt pontoznia. A pontozás értéke 1-től 100 pontig terjed. Minden jelölt minden oktatótól 1 pontszámot kap (területenként) a kiválasztás teljes időszakában, mely osztályzatok az időszakos oktatói értekezleteken kerülnek rögzítésre a kiképzési tiszttel vezetett nyilvántartásban. Amennyiben az adott oktató nem kapott képet egyes jelöltekről bizonyos tárgyakban, nem köteles pontoznia azt. Ilyen esetben a többi oktató által adott pontok átlaga kerül hozzáadásra az összpontszámhoz. Külföldi gyakorlatnak megfelelően, **a legmagasabb és a legalacsonyabb pontszám minden jelöltnél törlődik**. A pontozás (osztályozás) az alábbi szempontok szerint történik, és külön dokumentumban, kidolgozottan kerül a jelöltek tudomására.

- I. Elméleti felkészültség – a pontozási időszak végén végrehajtott **komplex elméleti vizsga**,
- II. Repülés-technikai felkészültség – fedélzeten nyújtott teljesítmény – a kiválasztásra jelentkezőknek a zászlóalj tervezésért felelős kiképzési tisztje köteles **3 óra (6x30 perc) saját repülési időt** a kiválasztás időszakán belül a tervtáblán biztosítani. Amennyiben megoldható, a fenti repülési időt kampányszerűen, minél rövidebb időn belül be kell tervezni, és le kell repülni a kiválasztásra kijelölt oktatói állomány felügyelete mellett, lehetőleg azonos napon, azonos meteorológiai körülmények között. A repülésekről teljes kiértékelést kell kérni és azt meg kell őrizni. A pontszámok kiosztásának figyelembe vételekor az oktatók által külön erre a kiválasztásra kidolgozott rep.technikai pontrendszer az alap, mely nem tér el a HHKU-77 osztályozási irányelveitől, de annál bővebb és részletesebb. Ennek elemei:

- Függes végrehajtása;
- Iskolakör elemei:
 - Sebességtartás;
 - Magasságtartás;
 - Kör felépítése;
 - Siklóprofil beállítása;
 - Elméleti ismeretek alkalmazása a fedélzeten.

III. Emberi kapcsolatok, rátermettség, vezetésre való alkalmasság – az egyén beilleszkedettsége, kollégáival való szakmai és emberi kapcsolata, és kiemelten a konfliktustűrő képessége. Tulajdonságok felmérése: (szabályok betartása, őszinteség, döntéshozatali képesség, határozottság, példamutatás és segítőkészség)

Végeredmény: A jelöltek a repüléstechnikai rész, a teszteredmény, a szóbeli vizsga összpontszámai, valamint az egyén rátermettségének vizsgálata alapján kerülnek besorolásra.

Anonim módon egy példa a véglegesen kialakult eredményeket tükröző táblázatból. Megfigyelhető, hogy azonos jelölt közel azonos szinten kapott pontot különböző oktatóktól, annak ellenére, hogy az oktatók nem látták a másik oktató értékelését.

		OPER1	OPER2	OPER3	OPER4	OPER5	OPER6	OPER7	OPER8
Teszt		73,00	50,00	67,00	66,00	45,00	54,00	74,00	64,00
Szóbeli	OKTAT5	70,00		75,00				76,00	50,00
	OKTAT6	78,00		84,00				84,00	71,00
	OKTAT4	82,00		85,00				85,00	35,00
	OKTAT7	81,00		84,00				78,00	22,00
	OKTAT2	74,00		70,00				73,00	36,00
	Összes:	77,67		81,00				79,33	40,33
Repülés	OKTAT1	66,30	56,60	72,90	63,00	55,85	54,40	75,40	72,20
	OKTAT2	69,90	56,75	73,50	59,63	50,10	47,10	70,30	68,10
	OKTAT3	75,02	60,75	70,65	60,10	50,94	45,56	71,53	75,73
	OKTAT4	66,30	64,89	78,25	63,75	71,78	72,50	79,28	78,03
	Összes:	72,46	58,75	73,20	61,55	53,40	50,75	73,47	73,97
Rátermettség:	OKTAT7	77,00	52,00	80,00	60,00	64,00	46,00	73,00	43,00
	OKTAT5	72,00	62,00	75,00	62,00	61,00	59,00	76,00	64,00
	OKTAT3	100,00	98,00	99,00	98,00	99,00	96,00	95,00	99,00
	OKTAT2	77,00	53,00	84,00	59,00	62,00	47,00	73,00	69,00
	OKTAT4	97,00	94,00	89,00	85,00	93,00	88,00	81,00	94,00
Összesen:	83,67	69,67	84,33	68,67	73,00	64,67	76,67	75,67	
Mindösszes:	74,38		73,73				75,60	59,43	
Mindösszes rátermettséggel:	76,70		76,38				75,87		

Végeredmény

A jelöltek a repüléstechnikai rész, a teszteredmény, a szóbeli vizsga pontszámai, valamint az egyén rátermettségének vizsgálata alapján kerülnek besorolásra.

Külföldi tapasztalatoknak megfelelően minden területen kiesik az egyén legmagasabb és legalacsonyabb pontszáma, így a maradék pontok átlaga adja a végleges pontszámot.

A jelöltek csak 1-2 helyezett nevét tudják meg. Azt, hogy ki lett az utolsó vagy utolsó előtti, stb, nem tudják meg, hiszen, aki végigküzdte ezt a pontozási rendszert, az szakmailag és emberileg is többnek mondhatja magát, mint néhány hónappal előtte, tehát nincs utolsó, csak győztese van a kiválasztásnak. Természetesen a számszakilag legmagasabb pontszámot elért jelölt a kiválasztás befutója.

A kiválasztás adminisztratív része

A kiválasztás megkezdése előtt Bázisparancs készül, melyben kijelölésre kerülnek az oktatók. Meghatározott a felkészülésre szánható minimális időtartam, a jelöltek felkészülési tantárgyai, a földi trenázs végrehajtása stb. Külön gyűjtőbe fektettük le a kiválasztás közben született anyagokat, a pontozott dokumentumokat, felkészülési lapokat.

Tapasztalatok, összegzés

Január hónapban tudhatták meg a helikoptervezető-lövészek, hogy áll a zászló mindenkinek és most rajtuk múlik az, hogy a MI-24-es hátsó ülésébe kerüljenek. Immár két év tapasztalatait, két kiválasztási folyamaton vagyunk túl, így éretnek láttam az időt arra, hogy megoszthassam tapasztalatainkat. Természetesen évről-évre bedolgozzuk az előremutató változtatásokat, javaslatokat. Jövőbe mutató a kecskeméti ROB bevonása, hiszen az alkalmasság, rátermettség megállapításában döntő és lényeges segítséget nyújthatnak. Megkeresésemre a ROB szakembere készséges és előremutató segítségéről biztosított. A következő kiválasztásnál a ROB bevonásával valósítjuk meg a gépparancsnoki kiválasztást.

Nézzük milyen hatással volt a zászlóalj életére a kiválasztás

Először egy kampányszerű tanulás indult meg. Minden operátor légiüzemeltetési utasítással feküdt és kelt fel. Azt hittük majd alább hagy a lendület, de inkább magukkal ragadták a helikoptervezető állományt is, hiszen nagyon kényelmetlen volt, az a szituáció, amikor az operátorok egyre nehezebb kérdéseket tettek fel és esetleg egy kinevezett helikoptervezető nem tudta a válaszokat.

Folyamatosan igényelték, hogy előadásokat tartsanak az oktatók az állományoknak. A jelöltek maguknak szerkesztettek olyan bemutatókat számítógép segítségével, amin a helikopter minden rendszerét, néha interaktívan, tanulmányozni tudták. A hangárban, a hajtómű metszet mellett, a bázis legelismertebb mérnökével, Magyar József őrnagy úr segítségével videót készítettek, hogy később is fel tudják idézni a hajtómű fontosabb részeit. Saját költségekre, színesben, kabin műszerekből táblát készítettek, ami mellett könnyebben tanulhatták a helikopter kiszolgálását a kabinban. Szinte soha sem lehetett olyan

pillanatot találni, hogy 1-2 operátor ne trenázolt volna, oktatók segítségével, kint a gépek kabinjában. A „verseny” ellenére egymást folyamatosan segítették, konfliktus nem keletkezett közöttük.

A kiváló felkészülést bizonyítja, hogy az értékelésen, a nehéz teszt és egész napos szóbeli vizsga ellenére szokatlanul magas szinten teljesítettek.

Az oktatók egyöntetű véleménye alapján elmondható, hogy egyikünk sem vizsgáztatott ennyire felkészült helikoptervezető-lövészeket.

A típusanfolyam során felhasználandó irodalom

- Re/807 Szakutasítás a Mi-24D helikopter hajózó személyzete részére, I. könyv: Légi üzemeltetés
- Re/374 Szakutasítás a Mi-24D helikopter hajózó személyzete részére, II. könyv: Harci alkalmazás
- Re/1337 Mi-24D helikopter harci alkalmazása, Módszertani segédlet a hajózóállomány részére
- Re/1415 A Mi-24V helikopter harci alkalmazása, Módszertani segédlet a hajózóállomány részére
- Re/1443 Szakutasítás a Mi-24D helikopter hajózó személyzete részére, 2. könyv: Harci alkalmazás
- Re/390 A Mi-24D helikopter harc kiképzési szakutasítása /HHKU-77/
- Re/1618 A Mi-24V típusú helikopter vezetési technikája és légi tájékozódása, Módszertani segédlet
- Re/1349 A Mi-24 helikopter gyakorlati aerodinamikája
- Re/24 Repülés meteorológia
- Re/665 Légitájékozódás helikopterekkel
- Re/16 Légitájékozódás
- Re/1038 A helikopter aerodinamikája és repülési dinamikája
- Repülőtérrend MH 86. Szolnok Helikopter Ezred
- 1995. évi XCVII. törvény a légiközlekedésről, egységes szerkezetben a végrehajtásáról szóló 141/1995. (XI. 30.) Kormányrendelettel
- 242/2005. (X. 28.) Korm. rendelet a légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. törvény végrehajtásáról rendelkező 141/1995. (XI. 30.) Korm. rendelet módosításáról
- 3/2006. (II.2.) HM rendelet az állami repülések céljára kijelölt légterekben történő repülések szabályairól
- 5/2003. (II. 1.) HM rendelet az állami célú légiközlekedés szakszemélyzetének képzéséről
- 13/2005. (IV. 21.) HM rendelet az állami célú légiközlekedés szakszemélyzetének képzéséről szóló 5/2003. (II. 1.) HM rendelet módosításáról
- 16/1998. (X. 28.) HM-EüM együttes rendelet az állami célú légiközlekedés szakszemélyzetének szakszolgálati engedélyeiről
- 14/1998. (VI. 24.) KHVM-HM-KTM együttes rendelet a magyar légtér légiközlekedés céljára történő kijelöléséről

- 16/2000. (XI. 22.) KöViM rendelet a légiforgalom irányításának szabályairól
- 85/2005 MH 86. Szolnok Helikopter Ezred Ezredparancsnoki intézkedés
- 4/1998. (I. 16.) Korm. rendelet a magyar légtér igénybevételéről
- 14/2000. (XI. 14.) KöViM rendelet a Magyar Köztársaság légterében és repülőterein történő repülések végrehajtásának szabályairól

„A” melléklet

Teszt 1-100-ig (nem teljes kérdéssor, csak részlet)

- 1. Éjszaka, külső terület repülése folyamán, hosszú falon, a bal hajtómű leáll. A helikopter képes vízszintes repülésre. Elhatározás:**
 - a. Azonnal kényszerleszállást kell végrehajtani enyhe előrehaladó sebességgel;
 - b. A külsőn, kapuba kell végrehajtani a leszállást enyhe előrehaladó sebességgel;
 - c. A külsőn kell végrehajtani a leszállást repülőgépszerűen saját fényszóró felhasználásával;
 - d. LHSN reptéren kell végrehajtani a leszállást repülőgépszerűen;
- 2. Az RV-5 valóságos repülési magasság mérési pontossága a magasságjelző műszer alapján 10 – 750 m magasságon.**
 - a. $\leq \pm 8 \%$;
 - b. $\leq \pm 10 \%$;
 - c. $\leq \pm 8 \text{ m}$;
 - d. $\leq \pm 10 \text{ m}$;
- 3. A forgószárny önforgási üzemmódján ha növelem a sebességet...**
 - a. a forgószárny fordulatszáma nő, függőleges sebesség nő;
 - b. a forgószárny fordulatszáma nő, függőleges sebesség csökken;
 - c. a forgószárny fordulatszáma csökken, függőleges sebesség csökken;
 - d. a forgószárny fordulatszáma csökken, függőleges sebesség nő;
- 4. Maximális bedöntés normál vagy kisebb felszállósúly esetén:**
 - a. 60° , H=50-100 m;
 - b. 45° , H=50-200 m;
 - c. 50° , H=50-500 m;
 - d. 45° , H=45-500 m;
- 5. GAT szabályok szerint végrehajtott kötélkérepülés esetén a kötélekben repülő légi járművek mennyire távolodhatnak el egymástól?**
 - a. Vízszintes irányban maximum 1 km, függőleges irányban maximum 30 m;
 - b. Nem távolodhatnak el egymástól;
 - c. Vízszintes irányban maximum 300 m, függőleges irányban maximum 10 m;
 - d. Vízszintes irányban maximum 3 km, függőleges irányban maximum 300 m;
- 6. Mely repülőterek adatait tartalmazza a JEPPESEN BOTTLANG AIRFIELD MANUAL?**
 - a. csak a katonai;
 - b. csak a polgári;
 - c. polgári és vegyes felhasználású;
 - d. katonai és vegyes felhasználású;
- 7. Mekkora lehet az a 25 m-es akadályokkal körülvett minimális méretű leszállóhely, amely egyes helikopterek leszállását biztosítja?**
 - a. nappal 50 x 50 m, éjjel 75 x 100 m;
 - b. nappal 75 x 200 m, éjjel 100 x 300 m;
 - c. nappal 150 x 300 m, éjjel 200 x 400 m;
 - d. nappal 300 x 450 m, éjjel 350 x 600 m;

„B1 melléklet”

FÜGGÉS

ELMOZDULÁSOK FÜGGÉS KÖZBEN

100 pont

80 pont

60 pont

40 pont

2 m 4 m 6 m

IRÁNYTARTÁS FÜGGÉS KÖZBEN

100 pont

80 pont

60 pont

40 pont

5° 15° 25°

MAGASSÁGTARTÁS FÜGGÉS KÖZBEN

100 pont

80 pont

60 pont

40 pont

±1 m ±2 m ±3 m

FÜGGŐLEGES „V” FÖLDETÉRESKOR

100 pont

80 pont

60 pont

40 pont

0,2 m/s 0,3 m/s 0,4 m/s

NÉV

RÁDIÓZÁS (0-50 PONT)

LÉGTÉR ÉS RÁDIÓFIGYELÉS (0-50 PONT)

HIBÁK FELISMERÉSE ÉS KORRIGÁLÁSA (0-50 PONT)

ISKOLAKÖR

„H” TARTÁS ISKOLAKÖRÖN

100 pont

80 pont

60 pont

40 pont

±20 m ±40 m ±60 m

„V” TARTÁS ISKOLAKÖRÖN

100 pont

80 pont

60 pont

40 pont

±10 km/h ±20 km/h ±30 km/h

KOORDINÁLTSAĞ

100 pont

80 pont

60 pont

40 pont

Elt.nélk. 1/2 golyó 1 golyó

BEDÖNTÉS FORDULÓKBAN

100 pont

80 pont

60 pont

40 pont

±2° +3v-5° -10v+5°

NÉV

RÁDIÓZÁS (0-50 PONT)

LÉGTÉR ÉS RÁDIÓFIGYELÉS (0-50 PONT)

HIBÁK FELISMERÉSE ÉS KORRIGÁLÁSA (0-50 PONT)

REPÜLÉSTECHNIKAI FELMÉRÉS
A HHKU-77 200. PONTJA ALAPJÁN KIKÉPZÉSRE KERÜLŐ
HELIKOPTERVEZETŐ-LÖVÉSZEK RÉSZÉRE

NÉV, RF	DÁTUM

• **ÁLTALÁNOS SZABÁLYOK**

A helikoptert a felmérést végző oktató repüli ki a külső kapukba, majd a felmérés végén az oktató repüli vissza az állóhelyre.

Az osztályozási irányelvek a HHKU-77 alapján **függésnél**: elmozdulások a függés helyétől, iránytartás, magasságtartás, függőleges sebesség a földetéréskor. **Iskolakörön** magasság-, sebességtartás, bedöntés valamint koordináltság. (Értékelő lap alapján)

• **VÉGREHAJTANDÓ FELADATOK**

I/1 feladat: felszállás, függés 5 méteres magasságon 10 másodpercig, majd leszállás; (max: 1 perc);

I/2 feladat: felszállás, függés 5 méteres magasságon 10 másodpercig, függés 15 méteres magasságon 10 másodpercig, függés 5 méteres magasságon 10 másodpercig, majd leszállás; (max: 2 perc);

II/1 feladat: robotpilóta kikapcsolása után felszállás, függés 5 méteres magasságon 10 másodpercig, majd leszállás; (max: 1 perc);

II/2 feladat: Kikapcsolt robotpilótával felszállás, függés 5 méteres magasságon 10 másodpercig, függés 15 méteres magasságon 10 másodpercig, függés 5 méteres magasságon 10 másodpercig, majd leszállás; (max: 2 perc);

III/1 feladat: Bekapcsolt robotpilótával, iskolakör végrehajtása a HHKU-77 574. gyakorlatának megfelelően az oktató szóbeli **iránymutatásai alapján**;

III/2 feladat: Bekapcsolt robotpilótával, iskolakör végrehajtása a HHKU-77 574. gyakorlatának megfelelően az oktató szóbeli **iránymutatásai nélkül**;

• **PONTSZÁMOK**

ÉRTÉKELÉS:	ÖSSZPONTSZÁM

.....
Felmérést végző oktató

.....
Helikoptervezető-lövész

RÁTERMETTSÉG ÉRTÉKELÉSE
A HHKU-77 200.PONTJA ALAPJÁN KIKÉPZÉSRE KERÜLŐ
HELIKOPTERVEZETŐ-LÖVÉSZEK RÉSZÉRE

NÉV, RF	DÁTUM

<u>TERÜLET:</u>	PONT 0-10
PROBLÉMA MEGOLDÓ KÉPESSÉG	
KONFLIKTUS TŰRŐ KÉPESSÉG	
KONFLIKTUS MÁS JELÖLTEKKEL	
KÖZÖSSÉGI SZELLEM	
ŐSZINTESÉG	
SZABÁLYOK TISZTELETE	
HATÁROZOTTSÁG, DÖNTÉSHOZATALI KÉPESSÉG	
PÉLDAMUTATÁS	
SEGÍTŐKÉSZSÉG	
EGYÉNI MEGJELENÉS, TÖRZSKULTÚRA	
ÖSSZESEN:	



Kota László

TERMELÉSI MÉLYSÉG OPTIMALIZÁLÁSA ANT COLONY ALGORITMUS ALKALMAZÁSÁVAL

BEVEZETÉS

Napjainkban a termelési mélység optimális kialakítása, menedzselése a termelés mélységének megválasztása az egyes termékeknel a termelővállalatok logisztikai és a termelési menedzsmentjének kiemelten fontos stratégiai döntései közé tartozik. Az egyes beépülő, alkatrészeknél a „make or buy” döntés, a profilidegen termékek gyártásának, szerelésének kiszervezése, valamint az egyes beszállítóktól megrendelt alkatrészek, félkész termékek költségei nagymértékben befolyásolják a termék árát. Persze nemcsak maga a nyersanyag ára fontos, hiszen a késztermék árában a logisztikai költségek hányada általában igen magas, ami szintén összefügg a beszállítók kiválasztásával, illetve legtöbb esetben összefügg a rendelt mennyiséggel is. Valamint, mindezek mellett a zártláncú gazdaság és ezzel együtt az újrahasznosítás megnövekedett jelentősége is hozzájárul a „make or buy” kérdés stratégiai szerepéhez, nemcsak az összeszerelés, hanem a szétszerelés területén is. [1]

A PROBLÉMA

A kutatás célja egy olyan innovatív, a mindennapi gyakorlatban is jól alkalmazható modell kifejlesztése, amely az elsősorban az összeszereléssel foglalkozó vállalatoknál használt többszintű darabjegyzék (Bill Of Material) optimális kialakítására alkalmas. A BOM kialakításánál a menedzsment szintjén elsődlegesen a költség szerinti optimalizálás a legfontosabb. A minimális költségre törekvés problémájának vizsgálatakor merül fel, hogy mely terméket gazdaságosabb gyártani vagy vásárolni, amely egy vállalat stratégiai döntései között elsődleges. Illetve az alkatrész vagy beépülő termék vásárlása esetén mely beszállítót optimális választani, amely szintén a beszerzés stratégiai és/vagy taktikai döntései közé tartozik. Hiszen a beszállítók kiválasztásánál a vásárolt termék árát nagymértékben befolyásolják a kapcsolódó logisztikai költségek, esetlegesen nagymennyiségű beszerzés esetén kedvezményes egyénileg megállapított termékár, vagy a már megkötött keretszerződésekben foglalt paraméterek is. Illetve befolyásoló, költségként mérhető tényezők a termék minőségével kapcsolatos költségek. Még meg nem kötött keretszerződések esetén a kifejlesztett modell alkalmas az ajánlatok közül a legmegfelelőbb kiválasztására is. A kutatás eredményeképpen a kifejlesztett modell a gyakorlatban megvalósult és implementálásra került. Az implementáció egyes részei a cikkben röviden bemutatásra kerülnek.

A MODELL

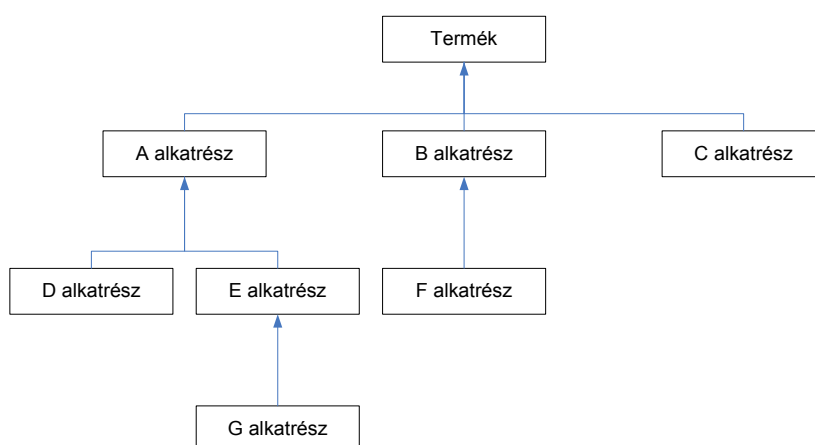
A modell bemenő paraméterei:

- a többszintű darabjegyzék (1. ábra),
- a beszállítók listája (2. ábra),
- a beszállítók ajánlatai (2. ábra).

A többszintű darabjegyzék egy fa struktúra, amelyben a faágak az egyes komponensek, amelyek a kapcsolódó komponensbe épülnek be.

Ezek lehetnek:

- nyersanyagok,
- segédanyagok
- alkatrészek,
- félkész vagy
- késztermékek

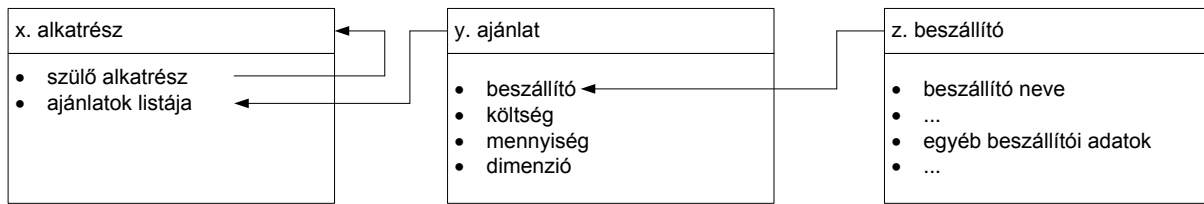


1. ábra. A többszintű darabjegyzék

A BOM fa modelljében az egyes komponensekhez a következő paramétereket rendeljük:

- Szülő komponens: Az a komponens, amibe az adott alkatrész vagy anyag beépül.
- Beszállító: annak a beszállítónak a neve ahonnan a megadott alkatrészt rendeljük. Az alkatrész lehet saját gyártású ilyenkor a beszállító lokális.
- Költség: az adott termék teljes költsége. Itt a termék ára mellett figyelembe kell venni az egy termékre jutó logisztikai költségeket is, mint szállítás, raktározás.
- Mennyiség: Az adott komponensből hány darab épül be a fában felette elhelyezkedő termékbe.
- Dimenzió: ez egy az optimalizálásban nem használt paraméter, a beépülő termék mennyiségének dimenziója. A paraméter szükségességét a modell gyakorlati alkalmazása indokolta.

Az optimalizáló algoritmus vizsgálatához egy olyan egyszerűsített adatmodellt alkalmazunk, ami már a fa struktúra megvalósítására, a különböző beszállítói ajánlatok kezelésére, mivel a probléma vizsgálatához szükséges alapvető feltételeket kielégíti. [3, 4]



2. ábra. BOM adatmodell

Ahol komponens listaelem adatmezői:

- A szülő komponens: ez a mező szükséges a fa struktúra felépítéséhez, amennyiben az adott komponensnek nincs szülő komponense akkor az alkatrész már nem épül be semmilyen más termékbe, tehát késztermék.
- Ajánlatok lista: tartalmazza az adott alkatrésze vonatkozó beszállítói ajánlatokat.

Az ajánlat listaelem adatmezői:

- beszállító: referencia a beszállító adatbázisra,
- költség: az egységnyi alkatrész költsége,
- mennyiség: beépülő darabszám,
- dimenzió.

A beszállító listaelem adatmezői:

- beszállító neve,
- egyéb beszállítói adatok.

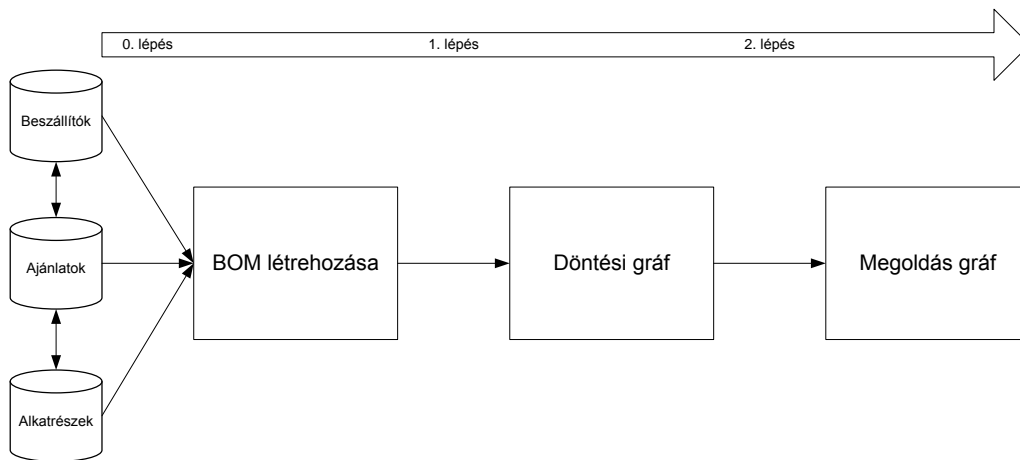
AZ ANT COLONY OPTIMALIZÁLÁSI MÓDSZER

Az optimalizálás folyamán alkalmazott eljárás az Ant Colony optimalizáló algoritmuson alapul, amelyet Marco Dorigo fejlesztett ki és a hangyák szociális viselkedésének modellezésén alapuló metaheurisztikus módszer. Az Ant Colony optimalizáló eljárás a biológiai folyamatok által inspirált egyik nagy területhez a raj intelligencia csoporthoz tartozik. Az algoritmus egyik legelső felhasználása volt a legrövidebb út keresése a hangyák élelemgyűjtő viselkedése alapján. Az itt ismertetett optimáló eljárás során is ennek a módszernek a felhasználásával végezzük el az optimumkeresést. A módszer alapja hogy a hangyák a valós világban, kezdetben véletlenszerűen keresik az élelemforrást. Ha élelmet találnak, visszatérnek a bolyba és közben feromonnal jelölik meg az utat. Ha más hangyák megtalálják ezt a feromonjelet akkor nagyobb valószínűséggel választják ezt az utat a véletlenszerű vándorlás helyett. Viszont a feromon párolgása miatt idővel az útvonal „vonzereje” csökken. Tehát annak a valószínűsége, hogy a hangyák a megjelölt utat választják. Minél hosszabb az út a feromonok annál tovább párolognak, mivel a hangyáknak több időbe kerül az út bejárása. A rövidebb utakon a feromon mennyisége magasabb lesz mivel ezek gyorsan bejárhatóak így a hangyák a feromont gyorsabban pótolják, minthogy elpárologna. A feromon párolgás segíti elő, hogy az algoritmus leragadjon egy lokális optimumnál. Mikor a hangyák egy rövid utat találnak az élelemforráshoz a pozitív visszacsatolás miatt igen nagy valószínűséggel fogják azt az utat választani. Az Ant Colony

eljárás igen sok kombinatorikus optimalizációs probléma megoldására alkalmas és ezek köre az új kutatásokkal egyre szélesedik. Ilyenek például a kvadratikus hozzárendelés, utazó ügynök probléma, vagy járművek valós idejű irányítása. Az Ant Colony algoritmus előnye például a szimulált hűtés és a genetikussal szemben hogy az állapotgráf az optimalizálás folyamán dinamikusan változhat, az Ant Colony algoritmus valós időben képes alkalmazkodni a változáshoz. [2]

AZ OPTIMALIZÁLÁS

Az optimalizálási eljárás két fő lépésre tagolható, a gyakorlati megvalósítás szükségessé teszi egy nulladik lépés beiktatását is, a bemenő adatstruktúra előállításához.



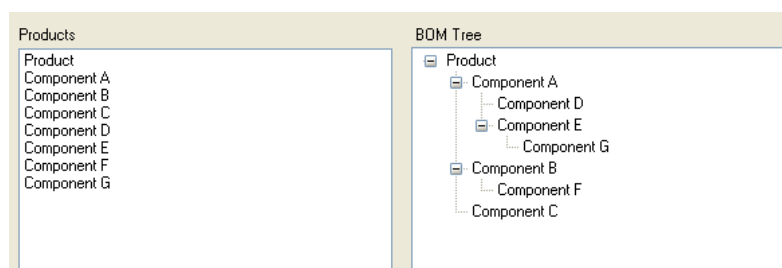
3. ábra. Az optimalizálási eljárás egyszerűsített menete

Ahol:

- 0. lépés a BOM fa struktúra létrehozása
- 1. lépés az ajánlatok döntési gráfjának előállítás a BOM fából
- 2. lépés az optimalizálás végrehajtása

Az optimalizálási folyamat

A 2. ábrán látható adatmodellnek megfelelően az optimalizálni kívánt termékadatokból létrehozuk a BOM fa struktúráját. Mivel a fában minden node tartalmazza a szülő objektum hivatkozását, a fa struktúra rekurzívan bejárható.

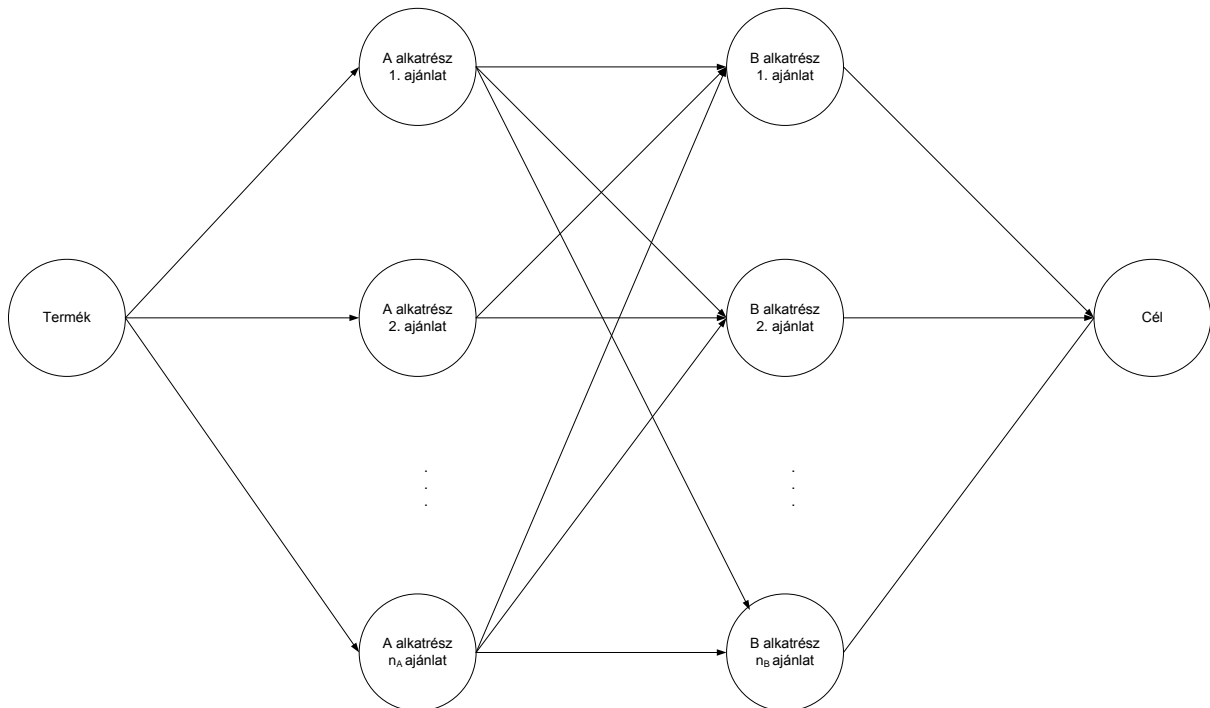


4. ábra. Alkatrészjegyzék és BOM struktúra

A döntési gráf

Az optimalizáló algoritmus alkalmazásához szükséges döntési gráfot a BOM fa struktúra és a beszállítói ajánlatok listája felhasználásával készítjük el.

A BOM fa gyökérnodejától kiindulva, az egyes komponensekhez tartozó beszállítói ajánlatokból építjük fel a döntési fát.



5. ábra. A döntési gráf struktúrája

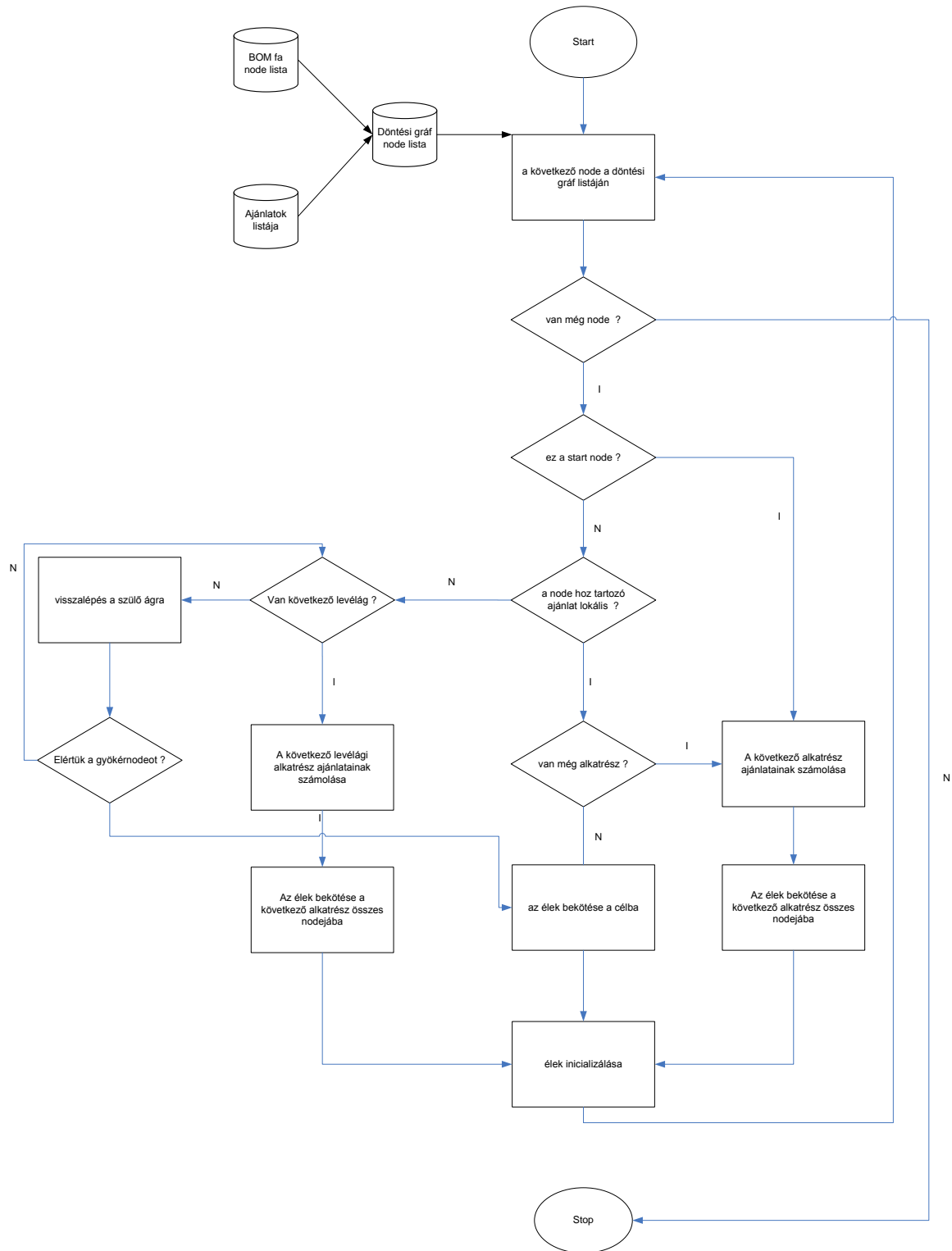
A döntési gráf előállításának szabályai:

- A döntési gráfot a BOM fa struktúrájából építjük fel minden komponens figyelembe véve.
- Első lépésben elállítjuk a döntési gráf nodejainak listáját ahol egy komponens beszállítói ajánlatából képeztük a döntési gráf egy önálló nodeját.
- Ha a beszállítói ajánlat lokális, tehát a cég maga gyártja a terméket, a döntési ág a következő komponens beszállítói ajánlataival folytatódik.
- Ha a beszállítói ajánlat nem lokális, tehát az adott komponenszt vásároljuk, nem gyártjuk akkor azon a döntési ágon az adott komponensbe beépülő összes terméket kihagyjuk. Ekkor a döntési ág a BOM fa következő levélágán folytatódik. Hiszem ekkor a vásárolt termékbe beépülő összes komponenszt annak gyártója menedzseli, nekünk nem kell az egyes beépülő komponensek költség igényével foglalkozni.
- Amennyiben nincs következő levélág vagy komponens a döntési ágat a döntési gráf célnodejába kell bekötni.
- A döntési gráf éleinek költségértéke értéke a beépülő termék termék költségével megegyezik

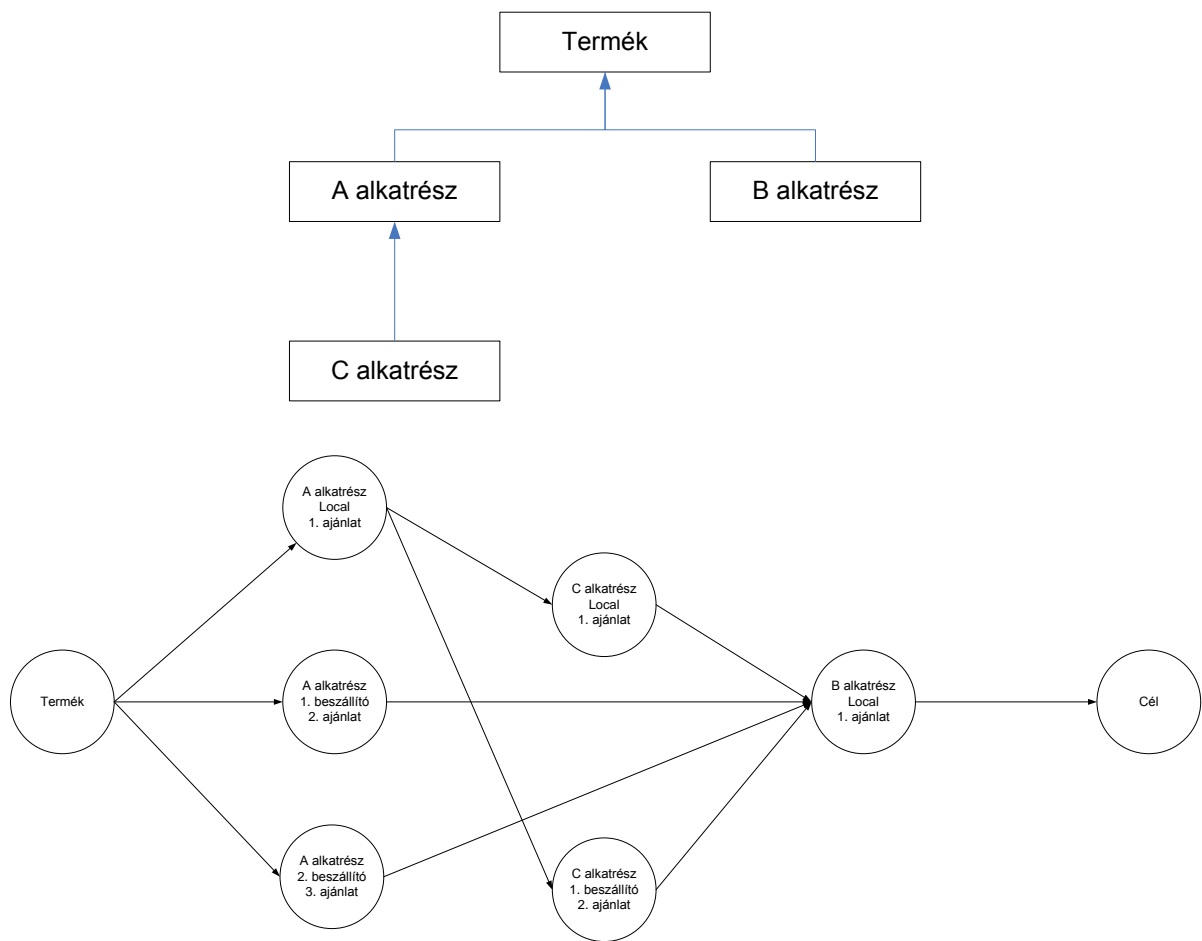
$$c_{xy} = c_{0y} \cdot q_y \quad (1)$$

Ahol:

- c_{xy} : az x-edik és az y-adik nodeot összekötő él költsége
- c_{0y} : az y-adik beépülő alkatrész egységköltsége
- q_y : az y-adik beépülő alkatrész darabszáma



6. ábra. Döntési gráf előállításának algoritmus



7. ábra. Egy egyszerű három komponensből álló BoM döntési gráfja

ANT COLONY

A probléma célfüggvénye:

$$C_p = \sum_{i=1}^n (c_i \cdot x_i) \Rightarrow \min \quad (2)$$

Ahol:

- C_p : a p termék költsége
- c_i : az i-edik komponens költsége
- $x_i \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$
 - $x_i = 0$ ha az i-edik komponens nem épül be a termékbe
 - $x_i = 1$ ha az i-edik komponens beépül a termékbe

Az Ant Colony optimáló módszer lépései:

- Kezdeti paraméterek beállítása, inicializálás

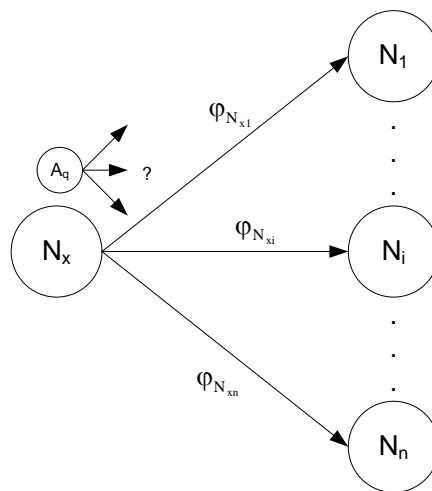
- Iterációs lépések:
 - Hangyák következő lépésének kiszámítása
 - Feromon aktualizálása

A kezdeti paraméterek beállításakor megadjuk:

- Iterációk maximális száma (I_{\max})
- A hangyák száma (q)
- A minimális feromon szint a gráf élein (φ_{\min})
- Feromon párolgási állandó (ρ)
- útválasztási kitevő (α); ennek értékét számos kísérlet elvégzésével határozták meg, az $\alpha = 2$ adódott optimálisnak [2]

Útvonalválasztási algoritmus

A hangyák az egyes nodeokban döntési helyzetbe kerülnek, kivéve, ha az adott nodeból csak egy út vezet tovább ilyenkor 100% ban ezt az utat választják. Az egy adott nodeba lépés valószínűsége egyenesen arányos a nodeba futó élen található feromon mennyiségével. Tehát minél több a feromon az adott élen, annál vonzóbb lesz a hangyák számára és annál nagyobb valószínűséggel választják ezt az utat.



8. ábra. Útvonalválasztás

$$p_{N_{xy}}^q = \frac{(\varphi_{N_{xy}})^\alpha}{\sum_{i=1}^n (\varphi_{N_{xi}})^\alpha} \quad (3)$$

Ahol:

- $p_{N_{xy}}^q$: az y-adik node felkeresésének valószínűsége az x. nodeból, a q-adik hangyanál
- $\varphi_{N_{xy}}$: az x-edik és y-adik nodeot összekötő élen lévő feromon mennyisége

- α : útválasztási együttható
- n : az x -edik nodeból kiinduló élek száma
- A_q : a q -adik hangya

Ha egy hangya eléri a célnodeot a startnodeba visszaindulva a bejárt útvonalon feromont rak le, amely fordítottan arányos az általa megtett úttal. A hangyák által befutott mindenkori minimális út költségét tároljuk ($\text{Min}(C)$) mivel a modellben a lerakott feromon mennyisége a költséggel fordítottan arányos.

A lerakott feromon mennyisége a

$$\varphi_{N_{xy}}^q = \varphi_{N_{xy}} + \frac{2}{\sum_{i=1}^n c_i - \text{Min}(C) + 1} \quad (4)$$

összefüggéssel számítható.

Ahol:

- $\varphi_{N_{xy}}$: az x -edik és y -edik nodeot összekötő élre kerülő feromon mennyisége a q -adik hangyánál
- n : a hangya által bejárt élek száma
- c_i : az i -edik nodeba eljutás költsége
- $\text{Min}(C_p)$: a mindenkori minimális költség

Esetünkben az alkalmazott gráf jellege olyan hogy hurok nem képződhet így az útvonal visszakövetési és feromonrakási folyamat során nincs szükség a hurkok eltávolítására a bejárt útvonalból.

Feromon párolgás

A feromon párolgási folyamat gyakorlatban a felejtés egy formája. Lehetővé teszi, hogy a hangyák a keresési térben új területeket is felfedezzenek. Megakadályozza, hogy az algoritmus egy lokális optimumnál leragadjon.

A feromon párolgás megvalósítására többféle eljárás is létezik, jelen esetben az

$$\text{a } \varphi_{N_{xy}} > \varphi_{\min} \text{ akkor } \varphi_{N_{xy}} = \varphi_{N_{xy}} \cdot (1 - \rho) \quad (5)$$

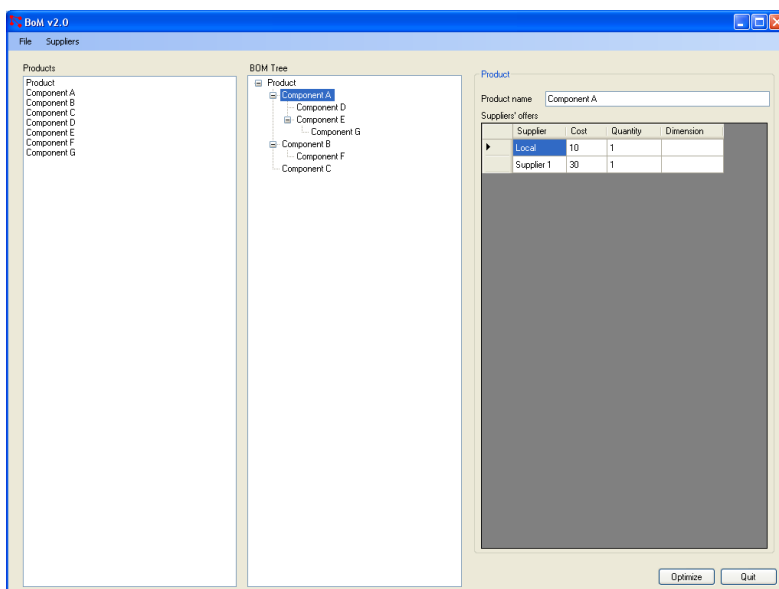
összefüggés került alkalmazásra.

Ahol:

- : az x -edik és y -edik nodeot összekötő élre kerülő feromon mennyisége
- ρ : feromon párolgási állandó

AZ ALKALMAZÁS

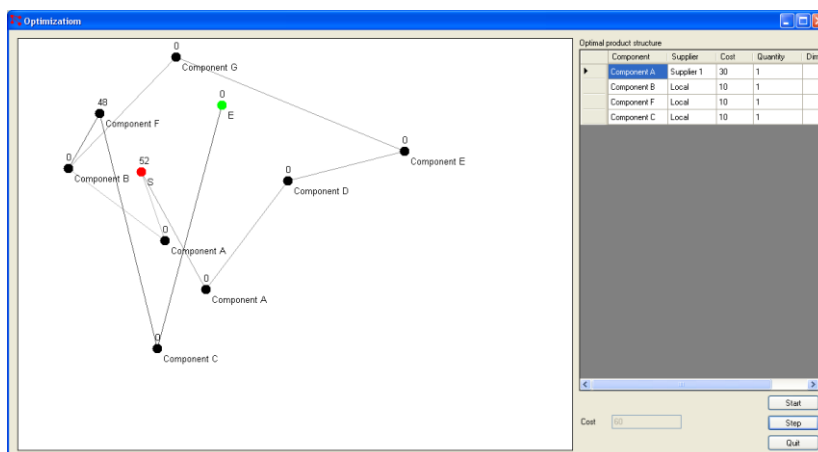
A cikkben ismertetett modell alapján készült egy alkalmazás is a probléma vizsgálatára és a paraméterek meghatározására. Az alkalmazás segítségével a felhasználó képes a megadott komponenslistából a BOM fa struktúra felépítésére, majd elvégezheti a BOM optimalizását a megadott beszállítói ajánlatoknak megfelelően.



9. ábra. Az alkalmazás

Az alkalmazásban a számos elvégzett kísérlet futtatás alapján a következő paraméterek kerültek beállításra:

- $I_{\max} = 1000$
- $q = 50$
- $\varphi_{\min} = 1$
- $\rho = 0,1$
- $\alpha = 2$



10. ábra. Az optimalás folyamata

Az optimalás folyamán lehetséges a folyamat nyomonkövetése a léptetés segítségével. Ilyenkor egy gombnyomásra az Ant Colony módszer egy iterációja fut le. A dialógus ablakban pedig nyomon követhető az optimalás állapota.

Láthatók:

- Az egyes komponensek beszállítói ajánlataihoz rendelt nodeok.
- A hangyák által bejárt élek.
- A hangyák száma az egyes nodeokon.
- A bejárt élek vonala a feromon mennyiségével egyenes arányban sötétedik vagy világosodik,
- így nyomon követhető a párolgás, illetve ezzel megfigyelhetjük, hogy az algoritmus hogyan kerül el a szuboptimális megoldásokat.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Jelen kutatás-fejlesztési munkát a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal Pázmány Péter Programja támogatta.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Tamás BÁNYAI: Recycling and networking. in: Acta Politechnica. Journal of Advanced Engineering. Vol.44. No. 2/2004. ISSN 1210-2709. pp.90-96.
- [2] M. DORIGO & T. STÜTZLE, 2004. Ant Colony Optimization, MIT Press. ISBN 0-262-04219-3
- [3] Ji GUOLI, Gong DAXINA, Freddie TSUI: Analysis and implementation of the BOM of a tree-type structure in MRPII. 2003 Elsevier Science B.V.
- [4] Ji GUOLI, Gong DAXINA, Freddie TSUI: A Tree Structure StorageModel of BOM, Journal of System s Science and System s Engineering, 2002, Vo l. 11, No. 1, pp. 55260



Dr. Kovács Zoltán mk. őrnagy (PhD)

REPÜLŐTEREK VÉDELME MŰSZAKI ZÁRAKKAL

A NATO műszaki doktrínája alapján „...a manőver a harc sikeres megívásának lényeges eleme. Ugyanannyira szükséges az ellenséges csapatok manőverének az akadályozása is. A műszaki csapatok feladatát képezi, hogy segítsék a saját csapatok mozgását, gátolják az ellenség mozgását, valamint javítsák a saját csapatok túlélőképességét”.¹

Az idézett meghatározásokban foglaltakat összegezve megállapítható, hogy összességében a műszaki támogatás magába foglalja mindazon speciális szaktevékenységeket, melyeket a katonai műveletek során műszaki feltételként meg kell teremteni az alkalmazásra kerülő végrehajtott kötelék sikeres feladat-végrehajtásához.

A fenti meghatározásnak megfelelően, a műszaki támogatási tevékenységek megszervezésének és végrehajtásának céljai a haderőben rendszeresített, vagy pedig az adott feladathoz rendelkezésre álló speciálisan felkészített személyi állomány, műszaki-technikai eszközök, harcanyagok, felszerelések és anyagok tervezett, összehangolt és célirányos alkalmazásával:

- fenntartani és fokozni a támogatott kötelék és a saját erők mozgás-, akadályleküzdő- és túlélőképességét;
- akadályozni az ellenség erőinek mozgását, manővereit és tevékenységét;
- részt venni a katonai infrastrukturális, környezetvédelmi, katasztrófavédelmi és kárelhárítási feladatok végrehajtásában.

Ahhoz, hogy e célok a harctevékenység során teljes mértékben elérhetők és teljesíthetők legyenek véleményem szerint az alábbi főbb szempontokat szükséges és célszerű szem előtt tartani:²

- a műszaki kötelékek erő kifejtését, a rendelkezésre álló erőket-eszközöket a főirányba, a fő feladat érdekében kell összpontosítani;
- a csapatokat időben el kell látni a szükséges mennyiségű és minőségű műszaki eszközzel, felszereléssel;
- hozzáértően kell kihasználni a terep adottságait, felhasználni a helyszínen elérhető anyagokat, a különböző eszközöket, felszereléseket, melyekből mindig tartalékot is kell képezni;
- szorosan együtt kell működni a fegyvernemekkel és más szakcsapatokkal, valamint a megfelelő polgári szervekkel;
- magas szinten kell tartani valamennyi fegyvernem, szakcsapat műszaki kiképzettségét.

¹ ATP-52 A szárazföldi csapatok harci-műszaki doktrínája. – Bp., HVK, 1997. – 18. o.

² SZABÓ Sándor: A műszaki támogatás cél és feladatrendszerének változása, Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények 5. évf. 2. szám, Budapest, 2001. – 42. o.

A műszaki támogatási tevékenységeket a NATO-terminológia négy nagy feladatkörbe csoportosítja. Mivel bármilyen katonai tevékenység sikeres végrehajtásához alapvető fontosságú a kötelékek manőverszabadságának megteremtése és fenntartása, a műszaki csapatok a mozgás–manőver támogatás feladatain belül végrehajthatják:

- a különböző mozgási pályák (utak, hidak, vasutak és hajózási útvonalak) műszaki szakfelderítését;
- a korábban meglévő utak és hidak helyreállítását, javítását és karbantartását;
- menetvonalakat, utakat, hidakat és átkelőhelyeket építenek, illetve létesítenek és tartanak fenn;
- részt vesznek az aknamentesítési feladatokban;
- átjárókat nyitnak és tartanak fenn a különböző műszaki záracon;
- támogatják a természetes és mesterséges akadályok leküzdésében a manőverező erőket;
- leszállóhelyeket létesítenek, tartanak karban a csapatlégierő repülőeszközei számára.

Az ellenség (vagy szembenálló fél) erőinek manővereinek akadályozása, késleltetése, esetleg megállításra szintén döntő jelentőségű lehet a harc kimenetelére, ezért a mozgásakadályozás keretén belül a meglévő akadályokra építetten:

- különböző műszaki zárat telepítenek, létesítenek és tartanak fenn;
- objektumok, létesítmények, műtárgyak rombolását készítik elő és hajtják végre.

Habár valamennyi fegyvernem és szakcsapat felelős a saját túlélőképességének fenntartásáért, néhány feladat végrehajtásához speciális műszaki szakértelem és technikai eszköz szükséges. A túlélőképesség megőrzésének feladatain belül ezért a műszaki szakcsapatok feladatai közé tartozik:

- különböző speciális munkát igénylő tábori erődítési építmények kiépítése, létrehozása;
- vezetési pontok, állások, körletek berendezése, esetenként fenntartása;
- általános és speciális álcázási feladatok műszaki rendszabályainak végrehajtása.

Az utolsó feladatscsoportba tartozó egyéb, vagy infrastrukturális feladatok során a főbb műszaki tevékenységek lehetnek:

- speciális műszaki szakfelderítési feladatok;
- részvétel a csapások, katasztrófa-helyzetek következményeinek felszámolásában;
- vízkitermelés és -tisztítás;
- hozzájárulás különböző katonai, valamint polgári létesítmények építéséhez, berendezéséhez;
- részvétel a közművek helyreállításában;
- műszaki szakfeladatokhoz szükséges építményelemek, szerkezetek előkészítése, le-gyártása;
- vízi utak hajózhatóságának biztosítása;
- a logisztikai feladatokat biztosító fő ellátási útvonalak javítása és fenntartása;
- részvétel fontos vasúti és kikötői létesítmények építésében, javításában, működőképességük biztosításában;

- részvétel repülőgépek és helikopterek részére szükséges fel- és leszállóhelyek berendezésében és fenntartásában;
- a terep és objektumok műszaki átvizsgálása, tűzszerész mentesítési feladatok végrehajtása;
- műszaki szaktanácsadói, szakértői feladatok ellátása.

ALKALMAZHATÓ MŰSZAKI ZÁRTÍPUSOK

A szövetséges elvek alapján tehát a műszaki támogatáson belül a műszaki zárási szakfeladatok a mozgásakadályozási tevékenységek keretében jelennek meg. Műszaki zárásnak nevezem mindazon tevékenységek összességét, melyek során a katonai műveletek sikerének elősegítése érdekében különböző műszaki zártípusok kerülnek telepítésre, illetve létesítésre. Ebből következően úgy vélem, a műszaki zárási tevékenység célja, hogy a rendszeresített, illetve a rendelkezésre álló harcanyagokból, eszközökből és anyagokból a meglévő technikai eszközök alkalmazásával, illetve kézi erővel olyan műszaki zárat hozzunk létre, amelyek képesek:

- veszteséget okozni az ellenség élőerejében és technikai eszközeiben;
- olyan helyzetbe kényszeríteni őt, ahol sebezhetőbbé válik;
- megzavarni vezetési és irányítási rendszerét;
- megosztani csapatait;
- megnövelni tűzfegyvereink hatékonyságát azáltal, hogy lekötik az ellenség kapacitásait;
- jelezni a különböző ellenséges manővereket;
- óvni és biztosítani saját csapataink objektumait, állásait és körleteit.

Fontos objektumok védelmére mind a robbanó, mind a nemrobbanó műszaki záruk típusai felhasználhatók, azonban figyelembe kell vennünk, hogy az Ottawa-i Egyezmény kihirdetése és törvényerőre emelése miatt a gyalogság elleni aknákkal többé nem számolhatunk.³

A harckocsi (harcjármű) elleni aknák a páncélvédett járművek futóművét, meghajtó erőforrását vagy fegyverzetét rombolják, illetve a páncélzatot átütve a kezelőszemélyzetet teszik harcképtelenné.

A lánctalp elleni aknák nyomásra működnek, felrobbanásuk a harckocsit, harcjárművet és kezelőszemélyzetét nem semmisíti meg, csak a futóművet megrongálva mozgásképtelenné és ezzel hadrafoghatatlanná teszi a céltárgyat. Alakjuk és méretük széles skálán mozog: a hagyományos telepítésű aknák henger vagy téglatest, míg a szórással telepíthetők általában negyed- vagy fél hasáb alakúak. Utóbbiak méretei és tömege kisebb, azonban ez nem jelenti a hatékonyság csökkenését, mivel többségében nagy hatóerejű robbanóanyaggal vannak ellátva. A gyújtószerkezet aktivizálásához közvetlen kontaktus: 200–300 kg tömeg szükséges. A fenék elleni aknák általában kumulatív kiképzésű

³ Dr. LUKÁCS László: A gyalogság elleni aknák betiltásának hatása a fegyveres harcra. – Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, 6. évf. 3. sz., 2002. – 128. o.

töltettel rendelkeznek, amelyet úgy alakítanak ki és méreteznek, hogy a robbanás hatása az aknától kb. fél méterre elhelyezkedő haspáncélt átüsse.⁴



1. ábra. HAK-1M teljes szélesség alatt ható harckocsi elleni töltet⁵

Az átütött nyíláson a küzdőtérbe bejutó forró gázok és a megolvadt fémcseppek tüzet okoznak, a keletkező magas nyomás és a repeszdarabok pedig a kezelőszemélyzetet teszik harcképtelenné. Méreteik és tömegük hasonló a lánctalp elleni aknáéhoz. A régebbi típusok döntőpálcás gyújtóval, míg az újabb fejlesztésű típusok már olyan érintkezés nélküli gyújtóval rendelkeznek, amely a jármű által keltett mágneses erőtérváltozást érzékelve működteti el az aknát. A telepített akna a harckocsi, illetve harcjármű teljes szélessége alatt működőképes, így a lánctalp elleni aknákhöz képest kisebb mennyiség szükséges egy adott terepszakasz vagy terület aknásításához.

Az oldal elleni aknák rendeltetése a harckocsik, harc- és gépjárművek harcképtelenné tétele az oldalpáncélzatra gyakorolt rombolóhatás segítségével. Alkalmazásuk utak mentén, bevágásokban valamint egyéb szűk helyeken célszerű, ahol a céljárművek nem tudják kikerülni az akna „látómezejét”. Az oldal elleni aknák telepítése kézi erővel történik, az elműködésüket általában a céltárgy „érzékelése” váltja ki. Természetesen, ha a körülmények szükségessé teszik, megfigyelt aknaként parancsindítással is működtethetők.

A korszerű oldal elleni aknatípusok a legfejlettebb technikai színvonalnak megfelelő érzékelő szenzorokkal vannak ellátva, melyek a járművek erőforrása által kibocsátott hő, a hang-, illetve talajrezgések alapján érzékelik a céltárgyat, míg a korábbi generációs aknák többsége a „drótszakítás” elvén jön működésbe. Ez utóbbiak még nem tudtak különbséget tenni a célok között, ezzel szemben az

⁴ A kumulatív hatás minél teljesebb mértékű érvényesülése érdekében a fő töltet robbanása előtt egy kisebb segédtöltet ledobja a kumulatív üreg felett lévő aknafedelelet és vele együtt az álcázó talajréteget, így a fő töltet robbanásakor keletkező kumulatív sugár akadálytalanul és közvetlenül fejtí ki hatását a haspáncélra.

⁵ Forrás: DIÓSZEGI Imre mk. alezredes felvétele.

érzékeny szenzorok a rezgéshullámok, valamint a hőkibocsátás sajátosságai alapján képesek a cél jellegét, sőt az „intelligens”-nek titulált aknák még a cél konkrét típusát is beazonosítani.⁶

A cél leküzdéséhez nem szükséges a közvetlen kontaktus kialakulása, akár a 100–150 m távolságra lévő járművek is pusztíthatók. A korszerű érzékelőkkel rendelkező aknák előnye, hogy a vadállatok és az emberi behatásra nem működnek el, míg a drótszakadásra reagáló aknatípusok nem tesznek különbséget a működtető között. Egyes aknatípusok esetében az érzékelő és működtető rendszer opciós beállítása is lehetséges, meghatározva, hogy csak lánctalpas vagy kerekes eszköz érzékelésekor lépjen működésbe az akna, illetve egy konvoj elhaladásakor hányadik érzékelt járművet semmisítse meg.

A tető (torony) elleni aknák az elmúlt évtizedek fejlesztőmunkájának eredményei. Az oldal elleni aknákhöz hasonlóan különböző (akusztikai-, rezgés-, infravörös, stb.) érzékeny szenzorokkal vannak ellátva, amelyek lehetővé teszik, hogy a potenciális célokat már 500–600 méter távolságról érzékeljék, majd a céltárgyat 70–100 méter távolságra az aknától pusztítsák vagy harcképtelenné tegyék.

Általában parancsindítással is működésbe hozhatóak, illetve a távvezérlő berendezés segítségével ki/be kapcsolhatóak, ami lehetővé teszi, hogy a saját csapatok átjárók létesítése nélkül is biztonságosan áthaladhassanak az aknásított területen, terepszakazon. A segédöltet által kilőtt harci részegység nagy hatóerejű robbanóanyagot tartalmaz, amelyből az infra érzékelő által történő célrávezetést követően kialakul a jármű páncélzatát átütő robbanással formált lövedék. A tető (torony) elleni aknák mindegyike „területvédő”, az elműködéshez nem szükséges a közvetlen érintkezés a céltárggyal, a célok megsemmisítési valószínűsége pedig közel 100%-os.



2. ábra. Torony elleni akna telepített helyzetben (M93 HORNET)⁷

A legújabb fejlesztések eredményeként már nemcsak az aknákat lehet távvezérléssel működtetni, hanem a kommunikációs csatornán az is közölhet adatokat az állapotáról, a felderített célok jellegéről, helyzetéről, haladási irányáról és sebességéről. Folyamatban vannak a kísérletek egy GPS helymegha-

⁶ Bővebben lásd: HARRIS, Michael R.: Tactical employment of the shoulder-fired rocket. – In.: Infantry, Vol. 86, Issue 6, Nov/Dec 1996, Fort Benning, 1996. – 32. o.

⁷ Forrás: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/m93.htm> portál, 2003. 01. 20.

tározó berendezés beépítésére, amellyel minden egyes akna földrajzi helyzetét pontosan be lehet határolni és a digitális térképeken, a számítógépes adatbázisban tárolni. A fejlesztési tervek között szerepel olyan finomságú hangérzékelővel történő ellátás is, amely már képes lenne konkrétan tipizálni a célokat és pontos típus-adatokat továbbítani róluk. Ezekkel a képességekkel felruházva az akna már nemcsak műszaki, hanem egyfajta felderítő eszközként is funkcionálhat a harcmezőn.

A repülőterek védelme érdekében is alkalmazhatók a helikopter elleni aknák, melyek jelenléte arra kényszerítheti a pilótákat, hogy nagyobb magasságban hajtsák végre a repülést, így azonban a légvédelmi fegyverek céltáblái lesznek. A helikopter elleni aknák megnehezíthetik a légideszant műveleteket is, illetve a kis magasságban cél után kutató harci helikopterekre is veszélyt jelentenek. Hatékonyan alkalmazhatók az állandó vagy ideiglenes repülőterek fel- és leszállópályái közelében is, ahol a légi eszközök kis sebességgel és alacsonyan repülnek. A nagy érzékenységu akusztikai szenzorok akár kilométeres távolságban is képesek észlelni a levegőben tartózkodó helikoptert, majd egy infra érzékelő által elvégzett irány- és távolság pontosítást követően az akna kilőtt harci része megsemmisíti a 150–250 méter magasságban repülő célt, amennyiben annak sebessége nem haladja meg a 400 km/h-t.

Az elmúlt évek fejlesztései már azt is lehetővé teszik, hogy nemcsak kézi erővel, hanem gépjárműről, illetve légi eszközzel is telepíteni lehet ezt az aknafajtát.



3. ábra. Orosz helikopter elleni akna telepített helyzetben (TEMP)⁸

A műszaki zártípusok másik nagy csoportját a nemrobbanó műszaki záruk alkotják, melyek egyes típusai hatékonyan alkalmazhatók a fontos objektumok, így a repülőterek védelme érdekében. Mind a járművek ellen alkalmazható (torlaszok), mind a személyek ellen alkalmazható (drótzár, jelzőzár) műszaki zártípusok felhasználásra kerülhetnek, függően a védeni kívánt objektum jellegétől és a számított veszélytényezőktől.

⁸ Forrás: <http://www.aha.ru/~leokon/images/mine201.jpg> portál, 2002. 11. 20.

A torlaszok főként a járművek mozgásának terelésére vagy pedig megállítására szolgálnak. A megfelelő kialakításuk esetén a lánctalpas és a kerekcsere járművek nem képesek rajtuk keresztülhatolni, mert a magasságuk meghaladja a járművek hasmagasságát és/vagy lépcsómászó képességét; a nagy tömegük, vagy rögzítettségük következtében a járművek nem képesek maguk előtt „eltolni”; olyan terhelhetőséggel rendelkeznek, hogy a rájuk felfutó járművek „felülnek” és mozgásképtelenné válnak. Ahhoz, hogy egy járművet torlasszal megállítsunk, nem kell mindhárom feltételnek együttesen teljesülnie, „elegendő, ha pl. a zárelem magassága meghaladja a jármű hasmagasságát és olyan a terhelhetősége, hogy a rá felfutó jármű súlyának 50%-át képes megtartani”.⁹

A torlaszok lehetnek szükséganyagokból a helyszínen elkészítettek, illetve előre legyártott és készletezett zárelemek. Szükséganyagokból a helyszínen elkészíthetők többek között a döntött fatorlaszok; az épített torlaszok (akasztók, máglyák, gátak); a kőtorlaszok. Az ilyen jellegű torlaszok kialakításához minden eszköz felhasználható, pl. az összekapcsolt járművek, roncsok, egyéb már használhatatlan felszerelések. A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy szükség esetén torlaszként hatékonyan alkalmazhatók még a 200 literes, kövekkel megtöltött fémhordók vagy egymásra helyezett gumiabroncsok, illetve a homokzsákokból kialakított bástyák is.

Gyakran kerülhet sor az előre gyártott torlaszok alkalmazására, mely zárelemek kialakítása az alkalmazás közvetlen helyszínén általában nem oldható meg, illetve a legyártás idő- és eszközigényes feladat. Ilyen zárelemek lehetnek a fészekbe illeszthető acélszelvények, a fémsüндisznó elemek, a vasbetonakasztók és a betontetraéderek. Közös jellemzőjük, hogy tömegük miatt a szállítás és mozgás nehézkes, azonban a telepítésük, megfelelő gépesítés esetén gyorsan megvalósítható.

A jelző záruk alkalmazása főleg valamilyen fontos objektum és nagyobb kiterjedésű terület védelmekor, biztosításakor célszerű és hasznos. Alkalmazásukat természetesen nagymértékben befolyásolják a védendő objektum vagy terület jellemzői (méret, kiterjedés, domborzat, növényzet). Az objektumok védelmét általában őrhelyekkel és azok közötti járőrözéssel szokták biztosítani, azonban ez jelentős személyi állományt kíván. Egyes technikai eszközök, műszaki zárelemek alkalmazásával viszont a személyi állomány igénybevétele jelentős mértékben csökkenthető, az őrzés-védelem hatékonyabbá és biztonságosabbá tehető. A jelzőeszközök két alapvető csoportra tagolhatók: lehetnek egyedi- és rendszerben működő eszközök.¹⁰

Az egyedi eszközök főbb jellemzői közé a kis méret, néhány egyszerű érzékelő, gyors telepíthetőség tartozik. A működésüket tekintve lehetnek mechanikus, elektromos vagy elektronikus működtetésűek. A működtető szerkezete által kiváltott figyelmeztető jelzés lehet:

- hang (csengő, sziréna, pirotechnikai hangjelző);
- füst (pirotechnikai porszóró, köd- és füstképző eszköz);

⁹ DIÓSZEGI Imre – VÉGHELYI Tibor: Műszaki tanulmány a páncélozott harcjárművek mozgását akadályozó, nem robbanó műszaki záróeszközökről és zárendszerekről. Tanulmány – Bp., MH HTI, 1992. – 25. o.

¹⁰ VÉGHELYI Tibor: Műszaki tanulmány a jelzőaknáról. – Bp., MH HTI, 1994. alapján bemutatott felosztás.

- fény (lámpa, színes pirotechnikai elegyek különböző időtartamú égése a földfelszínen vagy – kilövő töltet alkalmazása esetén – a levegőben, eltérő magasságban);
- ezek kombinációja.

A leggyakrabban előforduló egyedi eszköz a jelzőakna vagy jelzőtöltet, amely széles körben elterjedt, olcsó, gyorsan és tömegesen telepíthető, visszatelepíthető, nehezen felderíthető. A rendszerben működő eszközök közé sorolhatjuk az olyan jelzőeszközöket, amelyek elemei önállóan nem képesek üzemelni, illetve egyedi üzemeltetésük nem gazdaságos. Az ilyen eszközök fő jellemzői az érzékeny szenzorok (szeizmikus, mágneses, infravörös), valamint olyan központi vezérlő és érzékelő egység, amelyhez rádió vagy vezetékes úton fut be a riasztás jelzése (pl. határvédelmi jelzőrendszer).

A mechanikus működtetésű rendszereket olyan jelzőeszközök alkotják, amelyek az érzékelői által adott jelzést nem képesek nagyobb távolságra továbbítani és a jelzőhálózatot az egyes jelzőeszközök érzékelő szálai alkotják, melyek a jelzőeszközhöz továbbítják a mechanikai jelet (pl. elmozdulás, erő-behatás). A rendszer hátránya, hogy rendkívül nagy a „vakriasztás” lehetősége. A feszített botlódrótos rendszer esetében az időjárás (erős szél, letört faág, stb.) és a nagyobb testű állatok is könnyedén elműködtethetik a jelzőeszközöket.

Az elektromos és elektronikus működtetésű rendszerek esetében az érzékelők általi jelzés nagyobb távolságra is továbbítható vezetékes vagy rádió hálózaton keresztül. Az ilyen rendszerek érzékelői általában TV vagy hőkamerák, infraszenzorok, illetve földfelszín alá telepített, nyomásra működő érzékelők. Előnyei közé tartozik, hogy pontosabb és megbízhatóbb, mint a mechanikus rendszerek, azonban a költségkihatásai jelentősen meghaladják azokat.

A kombinált jelzőrendszerek egyszerűbb mechanikus és elektromos, elektronikus működési alapelvek jelzőeszközök kombinációjaként hozhatók létre. A rendszer kialakításának előnye, hogy ötvözi a két alkotórész előnyeit és kiküszöbölheti a hátrányait. A rendszer elemei önállóan is alkalmazhatóak, ezáltal rendkívül széles döntési lehetőséget nyújtanak az alkalmazó számára az objektum, terület vagy terepszakasz jellegének megfelelő és ahhoz legjobban illeszkedő rendszer létrehozására, valamint a „vakriasztás” lehetősége is minimálisra csökkenthető az érzékelők kombinációjával.

A drótzárak — melyek lehetnek helyhez kötöttek, vagy pedig hordozhatóak — képezik a személyek elleni nem robbanó műszaki záruk egyik leggyakrabban alkalmazott csoportját. A helyhez kötött drótzárak egy meghatározott helyre, terepszakaszra hosszabb időtartamra kerülnek telepítésre, ott fejti ki akadályozó hatásukat. (Ide sorolhatjuk például a különböző drótkerítéseket.) A hordozható, mobil drótzárak közé tartoznak a dróthengerek (pl. GYODA), illetve dróthálók, melyek a feladat folyamán többször áthelyezhetők, könnyen mobilizálhatók. Elkészíthetők előzetesen, vagy pedig az alkalmazás helyszínén. Kiválóan alkalmazhatóak a kívánt területek, utak, objektumok gyors és megbízható lezárására, őrzés-védelmére. Az egyes drótzár-típusokat általában kombináltan, egymást kiegészítve, erősítve alkalmazzuk (pl. drótkerítés a tetején dróthengerrel).

A drótkerítés lehet egysoros vagy több sorból álló, attól függően, hogy milyen céllal kerülnek létrehozásra és mekkora késleltető, lassító hatást várunk el. Fontos szempontként merül fel az is, hogy milyen mérvű erő-eszköz, anyag, illetve időintervallum áll a rendelkezésre a zár létrehozására. A kialakított kerítések a magasságukat tekintve is széles skálán mozognak, de leggyakrabban 1,8–4,0 m közti értéktartományba tartoznak. Előnyük, hogy leküzdésük időigényes folyamat (főleg a többsoros kerítés), megbízható akadályt képez a gyalogos személyekkel szemben. Hátrányként kell figyelembe venni a kialakításához szükséges idő-, munkaerő- és anyagszükségletet.

A dróthengerek egyaránt hatékonyan alkalmazhatóak a személyek és a járművek ellen, függően a felhasznált drót vastagságától, minőségétől. A dróthengerek képezik a leggyakrabban alkalmazott drótzár-típust, felhasználási lehetőségük rendkívül széleskörű. Különböző méretben alkalmazhatók, mind az átmérőjüket, mind a hosszukat tekintve. Lehetnek egy- vagy többsoros formában, egy- vagy többemeletes kialakításban, önálló zárként vagy pedig más zártípusok megerősítésére.

Összegezve a műszaki zárok alkalmazásának lehetőségeit a repülőterek védelme során, megállapítható, hogy a műszaki zárasi tevékenység fontos szegmensét képezi a műszaki zárás szakfeladatainak. A műszaki zárok alkalmazására elsődlegesen a fontos objektumok külső védelme során kerülhet sor, ahol főleg a nemrobbanó műszaki zárok egyes típusainak alkalmazása célszerű a biztonsági zóna kialakításához, illetve a harcjárművek elleni aknák több fajtája is hatékonyan felhasználható.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] STANAG 2036. Land Minefield Laying, Recording, Reporting and Marking Procedures., Edition 5, NATO MAS, Brussels, 1999.
- [2] STANAG 2394. Land Force Combat Engineer Doctrine – ATP-52(A)., Edition 2, NATO MAS, Brussels, 2001.
- [3] SZABÓ Sándor: A műszaki támogatás cél és feladatrendszerének változása, Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények 5. évf. 2. szám, Budapest, 2001.
- [4] Dr. LUKÁCS László: A gyalogság elleni aknák betiltásának hatása a fegyveres harcra. – In. Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, 6. évf. 3. sz., 2002. – pp. 125-140., A ZMNE Tudományos Lapja, ISSN 1417-7323
- [5] DIÓSZEGI Imre – VÉGHELYI Tibor: Műszaki tanulmány a páncélozott harcjárművek mozgását akadályozó, nem robbanó műszaki záróeszközökről és zárrendszerekről. : Tanulmány. – Bp. : MH HTI, 1992. – 49 p.
- [6] VÉGHELYI Tibor: Műszaki tanulmány a jelzőaknáról. : Tanulmány. – Bp. : MH HTI, 1994. – 37 p.
- [7] HARRIS, Michael R.: Tactical employment of the shoulder-fired rocket. – In. Infantry, Vol. 86 Issue 6, Nov/Dec 1996, Fort Benning – pp. 29-32., ISSN 00199532
- [8] <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/m93.htm>
- [9] <http://www.aha.ru/~leokon/images/mine201.jpg>



Gönczi Gabriella - Dr. habil. Krajnc Zoltán

A LÉGI HADJÁRATOK (MŰVELETEK) STRATÉGIAI SZINTŰ TERVEZÉSÉNEK ÉS AZ ÜZLETI (VÁLLALATI) STRATÉGIAALKOTÁSNAK A KONVERGENCIÁJA (EGY PHD-TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA)

BEVEZETÉS

A cikkünk megírásának motivációját egy leendő PhD-doktori téma hipotézis alkotásánál szerzett tapasztalatok képezték. Előfeltevésünk szerint, a katonai és a civil (üzleti, politikai) stratégiaalkotás (stratégiai tervezés) kultúrája (*módszerei, eljárásai, alkalmazott eszközrendszere, támogató IT-infrastruktúrája, stb.*) folyamatos kölcsönhatásban állnak egymással.

Ezt a tényt támasztja alá, hogy az üzleti életben egyre nagyobb hangsúllyal jelennek meg a katonai metaforák: egyre több szakirodalomban, menedzsment fórumon, valamint üzleti (vezetői-döntéshozói) tréningeken hivatkoznak a hadművészet nagy gondolkodóira, alkalmazzák az általuk képviselt elveket a gyakorlati (üzleti) életben. Szun-Ce, Seneca, Napóleon, Clausevitz és többek között Helmuth von Moltke művei már tananyagként szerepelnek a gazdasági jellegű képzésekben is. Sok szerző pedig lényeges különbséget nem is tesz a vállalati stratégiai tervezés és a katonai tervezés között, abból a megfontolásból, hogy A VÁLLALATOK STRATÉGIAI SZEMLÉLETŰ VEZETÉSE A HADSEREGEK VEZETÉSÉNEK TUDOMÁNYÁBAN GYÖKEREZIK.¹

Ugyan a téma komplexitásából adódóan a kutatásban csak egy szűkebb terület, a légi hadjáratok stratégiai szintű irányításának és a vállalatok stratégiai vezetésének összefüggéseit vizsgáljuk, bizonyossággal annyit jelenthetünk ki, hogy egyértelmű interdependencia figyelhető meg a két területre vonatkozóan. Ezt alátámasztandó megvizsgáljuk a modern légi hadjáratok (műveletek) stratégiai szintű tervezésénél alkalmazott módszereknek a vállalati stratégiai tervezési folyamatban való megjelenését.

¹ „ Századunk második felében azonban a stratégia szót jobbra a gazdasági szervezetek működésére alkalmazzák. Ezzel kifejezik azt, hogy a piacgazdaságban a vállalatok éppen úgy a túlélésért küzdenek, miként egy ellenséges környezetben tevékenykedő hadsereg” Marosán György: Stratégiai menedzsment 7. oldal

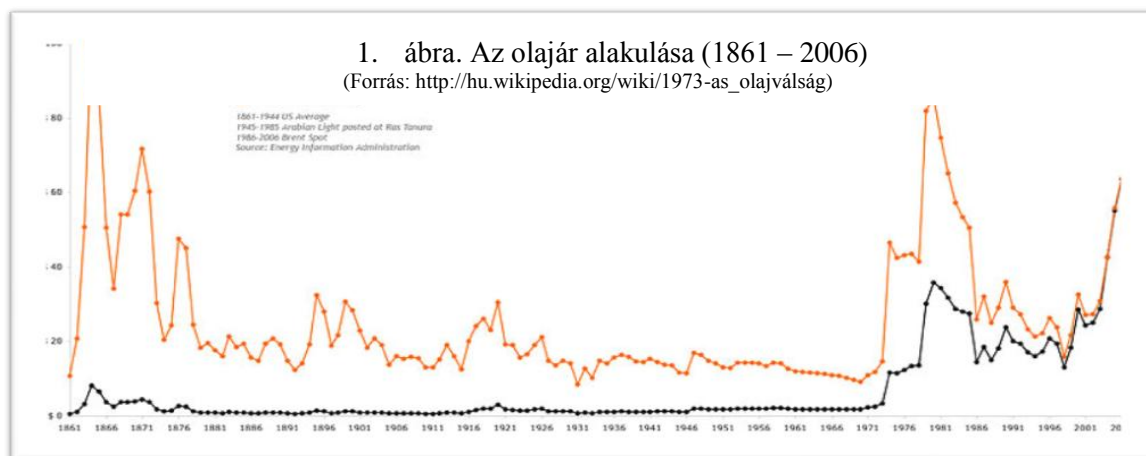
„... a vállalatok vezetésére alkalmazott felfogás egyértelműen levezethető a hadtudományok területén alkalmazott elvekből. Tulajdonképpen elvi síkon nincs különbség aközött, hogy egy sereget hogyan kell mozgatni a hadszíntéren vagy egy vállalatot a gazdasági csatározások közepette.” Domboróczky Zoltán: A kínai agyaghadisereg és a stratégiai menedzsment Supply Chain Monitor 2006. szept.

Ahhoz, hogy az említett megoldások érthetőek legyenek, először bemutatjuk a stratégiaalkotás folyamatát és kulcskérdéseit a vállalati, majd a légi hadjárat (műveleti) keretrendszerben. A cikk csak gondolatébresztőként, a probléma felvetésének szintjén elemzi a témát, hiszen a téma komplexitása, kiterjedtsége, valamint a kutatás jelenlegi állása csak ezt teszi lehetővé.

1. A VÁLLALATOK STRATÉGIAI IRÁNYÍTÁSÁNAK ALAPJAI

A stratégiai gondolkodás az üzleti életben a második világháború után jelent meg. Az élesedő piaci versenyben csak azok a vállalatok maradhettek életben, amelyek határozott célokkal rendelkeztek és lépéseiket ezen célok irányába összehangoltan, erőforrásaikat optimálisan allokálva tették meg.

A hetvenes évek olajválsága², az újabb és újabb piaci szereplők megjelenése és az egyre gyorsuló változások pedig a vállalati célok kialakításában hoztak újat: a vállalatoknak olyan stratégiai tervezési rendszert kellett kiépíteniük, amely alkalmas volt a sok piaci szereplő tevékenységének figyelembe vételére és a környezet változásainak együttes leképezésére. A vállalati célok kijelölésével párhuzamosan természetesen meg kellett határozni a célokhoz vezető lépéseket, eszközöket, erőforrásokat és erőfeszítéseket is.



„A vállalati stratégia tehát a környezethez való alkalmazkodás eszköze, amely a vállalati működés megalapozására szolgál azáltal, hogy meghatározza a vállalat jövőképét és kijelöli azt az utat, amelyen haladva a jövőkép elérhető.”³

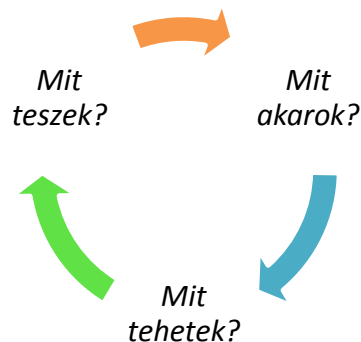
² Az 1973-as olajárrobbanás alapjaiban rendezte át a gazdasági életet, ún. „kikényszerített” stratégiák egész sorát indukálta, és csak a jól sikerült, a drámaian megváltozott körülményekhez megfelelően adaptálódó piaci szereplők maradhattak fenn. Nehéz nem érinteni a jelenlegi gazdasági-pénzügyi válságot, amely kapcsán szintén megállapítható, hogy csak a hasonlóan jól alkalmazkodó cégek kerülhetnek ki győztesen, vagy legalábbis kevésbé sérülten ebből a szituációból, ami szintén növeli a háború és a piac számtalan analógiáját.

³ Gönczi Gabriella: Controlling 2001. Tanulási segédanyag Dunaújvárosi Főiskola p. 21.

A stratégiára azonban számtalan más, klasszikus megfogalmazást is találhatunk. A miénkkel analóg felfogás Balaton Károlyé „a stratégia a vállalat jövőére, a környezethez való alkalmazkodás módjára vonatkozó célok és a célérés eszközeinek összessége”⁴ vagy Chikán Attilaé „a stratégia a vállalati működés vezérfonala, a vállalati célokat és elérésük lehetséges módjait fogalmazza meg”.⁵ Barakonyi Károly felfogása inkább a stratégia tervezés folyamatára helyezi a hangsúlyt „az üzleti életben stratégiaalkotáson egy már kitűzött misszióhoz vagy célhoz vezető alternatív utak meghatározását és értékelését, valamint a követendő alternatíva kiválasztását, részletes kidolgozását értjük”⁶, míg mások marketing oldalról közelítik meg a stratégiát, ebből a szemszögből stratégia alatt piaci pozíciót értünk. „A vállalati stratégia a szervezet által nyújtott termékeket és szolgáltatásokat, valamint azokat az iparágakat és piacokat fogja át, amelyeken a vállalat versenyez. A vállalatnak minden működési területen meg kell céloznia megkülönböztető versenyelőny kifejlesztését.”⁷ Az egyik legátfogóbb stratégia megfogalmazást Heinz Dieter Jopp a Bundeswehr Vezetési Akadémia (*Führungs Akademie der Bundeswehr*) Biztonságpolitikai és stratégiai tanszékének vezetője fogalmazta meg: „Egy jó stratégia összerendezi az eszközöket, az időt, a teret és az eljárásokat a cselekvés központi vezérelve alá- s ezáltal nem lesz más, mint a siker hatékony terve”⁸

Eljutottunk tehát oda, hogy azt mondhassuk, hogy A STRATÉGIA A VÁLLALATOK SIKERES MŰKÖDÉSÉNEK ZÁLOGA, LEHETŐSÉGET AD ARRA, HOGY A VÁLLALAT ÖSSZEHANGOLT, TERVEZETT, CÉLORIENTÁLT LÉPÉSEKET TUDJON TENNI, MÉG EGY BIZONYTALAN, TURBULENSEN VÁLTOZÓ KÖRNYEZETBEN IS. De nem feltétlenül írott, nyomtatott, számokkal tarkított dokumentumra kell gondolnunk, lehet egy fejben létező elképzelés, amelyet a vezetők gondos mérlegelés után alakítanak ki és váltják át a napi döntések szintjére.

Mégis melyek azok a szempontok, amiket a stratégia kialakítása során át kell gondolni? Seneca annak idején három dolgot emelt ki a stratégiakészítés



2. ábra. Seneca „modellje”

⁴ Balaton Károly www.zeus.bke.hu/oktatas/strategia/files/SM%201%20eloadas.pdf

⁵ Chikán Attila: Vállalati gazdaságtan, KJK 1995. Aula p 137.

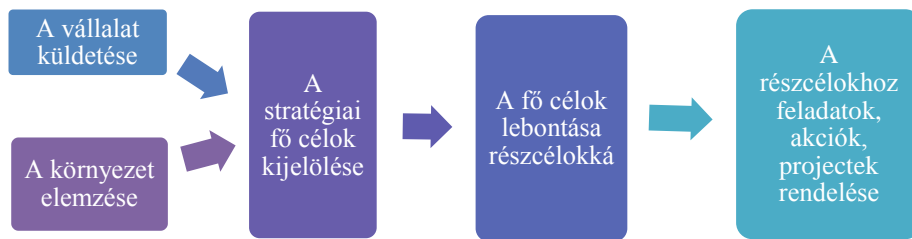
⁶ Barakonyi Károly: Stratégiai menedzsment Nemzeti Tankönyvkiadó 1999. p.19.

⁷ Thompson, John L: Strategic Management-Awareness and Change 1997. p.262.

⁸ Manager Magazin 2006/1. Ezeréves receptek (<http://www.managermagazin.hu/magazin.php?page=article&id=931>; 2009. március 08.)

kapcsán: *Mit akarok? Mit tehetek? Mit teszek?* Azaz a stratégiaalkészítés első lépésében át gondolni, hogy melyek azok az irányok, főbb célok ahová el akar jutni a vállalat. Ezt követi a környezet és a saját erőforrások felmérése a fázis, azaz mire predesztinálnak a környezeti elemek és a vállalat saját képességei. Ennek ismeretében kerülhet sor a harmadik fázisban a konkrét lépések, programok kidolgozására.

A ma használt stratégiai tervezési modellek is gyakorlatilag ezt fogalmazzák meg. A tervezésnek mindig a vállalati küldetésből⁹ kell kiindulnia, ezt követően kerül sor a külső környezet (politikai-jogi, makro-gazdasági, kulturális-szociológiai, technológiai környezet, iparági helyzet) elemzésére, azon tényezők felmérésére és előrejelzésére amelyek befolyással bírnak (bírhathatnak) a stratégiai célokra. A környezetelemzést a vállalkozás belső adottságainak pontos és reális felméréssel kell folytatni, hogy felszínre kerüljenek azok a képességek, amelyekre aztán a stratégiát alapozni lehet. A következő fázis a stratégiai célok kijelölése. Ebben először a jövőkép kerül megfogalmazásra: a felsővezetés elképzei és megfogalmazza azt a jövőbeni helyzetet, ahová szeretné, ha a vállalkozás a tervezési időhorizont végére eljutna.



3. ábra. A vállalati stratégiai tervezés folyamata

Ezután kerülhet sor azon elvárások meghatározására, a stratégiai célok kijelölésére, amelyek teljesülése esetén a vállalat eljut a célállapotba. A stratégiai célokat ezután tovább kell bontani a vállalati gazdálkodás minden területére: a divíziók vagy üzleti egységek (*business strategy, strategic business unit*) és a funkcionális szervezeti apparátusok (*functional strategy*) szintjére, ahol sor kerül a konkrét cselekvésprogramok, akciók kidolgozására, amelyek már az operatív végrehajtás alapját képezik.

A szervezeten belül több szinten is léteznek stratégiák¹⁰.

- A szervezeti stratégia szintje: az egész vállalatra vonatkozó, hosszú távra szóló stratégia, amely a vállalat egészére vonatkozik, annak helyét határozza meg az üzleti életben.
- Az üzleti stratégiák azt határozzák meg, hogy a stratégiai üzleti egységek hogyan versenyezzenek az adott üzletágban.

⁹ „A küldetés az a cél, amit az alapítók a vállalkozás elé tűztek, a vállalkozás létezésének indoka.” Mondhatni egy a’pripiori létező kategória, amelyet felismerni, magunkévá tenni és meg- esetleg átfogalmazni kell a stratégiai tervezéskor. (szerzők)

¹⁰ Barakonyi: Stratégiai tervezés p 20.

- A funkcionális stratégiák a vállalati működés egy-egy funkciójához kapcsolódnak pl. termelés, humán-erőforrás.



4. ábra. A vállalati stratégiai szintjei

2. A LÉGI HADJÁRATOK (MŰVELETEK) STRATÉGIAI SZINTŰ TERVEZÉSÉNEK ALAPJAI

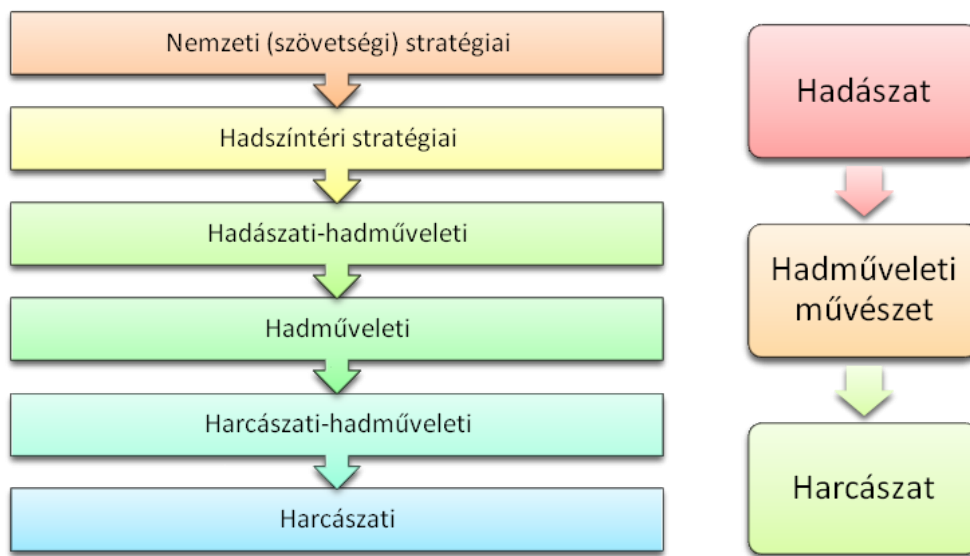
A háború sikeréhez, a legtöbb kutató és aktív katonai tervező álláspontja szerint, összhaderőnemi, sőt azon túlmenően ún. „interagency”¹¹, (ügynökségek közötti, ügynökségeket átfogó), vagyis, a szűken értelmezett fegyveres erőket meghaladó, a teljes kormányzatot érintő erőfeszítések vezethetnek. Már régi a felismerés, hogy háborút a nemzet (koalíció) és nem a szűken értelmezett fegyveres erők vívják, nyerik meg vagy veszítik el.



5. ábra. Az összefegyvernemiségtől az „ügynökségek közötti” hadviselésig

Mindazonáltal, az egyes szereplők bár összehangolt stratégia alapján tevékenykednek, azért értelmezhetőek az egyes főbb szereplők részstratégiái is. Ilyen stratégia alapján vetik be a légierőt, folytatnak légi hadviselést az egyes háborús célok elérése érdekében.

¹¹ ügynökségek közötti, USA kategória



6. ábra. A légi hadjárat-tervezés fázisai

(Forrás: Air Campaign Planning Handbook, Warfare Studies Institute, 2000)

A légi erő alkalmazása tervezésének szintjét, az elérendő katonai (politikai) célok nagysága (jelentősége, kiterjedtsége) illetve az alkalmazandó *hadműveleti alkalmazási forma*¹² határozza meg. A légi erő alkalmazásának stratégiai jellegű tervezése a *légi hadjáratok*¹³ szintjén értelmezhető. Ez nem mond ellent a háború tradicionális felfogás szerinti szintjei elméletének, hanem úgy értelmezendő, hogy a hadjárat, mint az összehangolt műveletek sorozatának tervezése és végrehajtása döntően a hadszíntéri stratégia részeként jelenik meg.

A légi hadjárat-tervezés (*air campaigning*) fő kérdései elemzésével juthatunk el a légi hadviselés stratégiai szintű tervezéséhez. A tervezési folyamat (ciklus) öt fázisból áll: a *hadműveleti környezet elemzéséből*; a *célok (célpontok) meghatározásából*; a *stratégiai súlypontok meghatározásából*; a *légi hadjárat elgondolásának kialakításából*; valamint a *műveleti terv kidolgozásából*. A tanulmányunk keretei nem teszik lehetővé a teljes folyamat kifejtését, továbbá csak azon részek bemutatására koncentráltunk, amelyek analógiái az üzleti tervezésben egyszerűen kimutatható. Ezek, a sokszor egyértelműen nem is szétválasztható, fázisok a célpontkiválasztás rendje és a stratégiai súlypontok meghatározása, valamint a légi hadjárat végrehajtásának rendjét determináló ún. elgondolás.

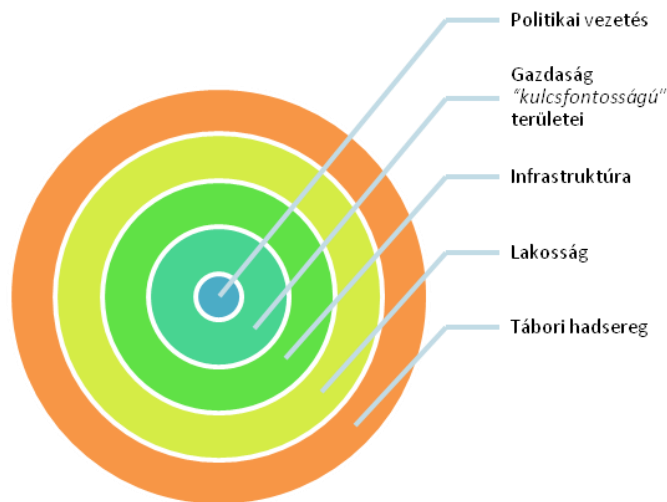
¹² Légi hadjárat, (fő) légi műveletek, ütközetek, bevetések, stb.

¹³ Légi hadjárat: „az alkalmazás azon formája, melyet az adott hadszíntéren a légi erő egységes elgondolás és tervek alapján, önállóan, vagy más haderőnemekkel együttműködésben, a háború végső (fontosabb közbeeső) célja érdekében folytat.” (szerzők)



7. ábra. A légi hadjárat-tervezés fázisai
(Forrás: Air Campaign Planning Handbook, Warfare Studies Institute, 2000)

A célpontkiválasztás elméletéhez tartozik az ún. „*parallel war*”¹⁴ (*párhuzamos háború*) elmélete is, amelyben John Warden¹⁵ a légi támadások időzítését, a légi csapások struktúráját az ún. „*hiperwar*”, vagy „*parallel war*” elve alapján gondolta felépíteni. Az elmélet az amerikai légierő várható mennyiségi és minőségi dominanciáján alapszik, amely szerint az ellenséget lehetőleg a háború mindhárom szintjén¹⁶, a csúcstechnológiájú fegyverzettel végrehajtott légi csapásokkal kell úgy „*elárasztani*”, hogy ne legyen képes hatékony válaszlépésre.



8. ábra. Warden “ötgyűrűs” célpont-tervezési modellje
(Forrás: AFDD 2-1. Air Warfare, USAF)

¹⁴ Esetenként „*parallel attack*”-ként szerepel a különböző irodalmakban.

¹⁵ WARDEN, John III. Az USAF nyugállományú ezredese, egykori elnöki tanácsadó, stratégiai tervező, vadászpilóta és repülőparancsnok. A modern légierő-elmélet egyik meghatározó alakja, az Irak elleni szövetséges erők légi hadjáratának fő tervezője. Nézetét az „*Air campaign*” című főművében fejtette ki. Vendégprofesszorként rendszeresen tanít polgári és katonai egyetemeken. Nyugdíjazása után megalakította a Venturist nevű cégét, amellyel kiemelkedő sikereket ért el a stratégia tanácsadás, a team-építés, és a multimédia területén.

¹⁶ Harcászati, hadműveleti és stratégiai szint.

✚ Történelem
✚ Földrajzi viszonyok
✚ Időjárás
✚ Kultúra
✚ Politikai rendszer
✚ Gazdaság
✚ Vallás
✚ Infrastruktúra
✚ Nemzetközi kapcsolatok
✚ Szövetségi kapcsolatok
✚ Fegyveres erők: – Hadművelési felépítés, harcrend – Hadművelési -kiképzési tapasztalatok – Doktrinális kérdések – Támogató képességek
✚ Geopolitikai célok
✚ Potenciális stratégiák
✚ A vezetés jellemzői

1. táblázat. A művelési környezet elemzése

(Forrás: Air Campaign Planning Handbook, Warfare Studies Institute, 2000)

A parallelháború ideája John Warden célpont-kiválasztási metodikájából fejlődött ki, amelyet az Öböl-háború idején Irak ellen a gyakorlatban is alkalmaztak a *Desert Shield* és a *Desert Storm* hadműveletekben. Minden hadászati támadás tervezésének az alapját képezi, hogy a politikai célokat milyen transzformáción keresztül kívánják megvalósítani, vagyis mi módon akarják a stratégiai bénítást (*strategical paralysis*) elérni. A konkrét elemzéshez még feltétlen tisztázni kell a szorosan ide tartozó ún. „stratégiai súlypontok”¹⁷ kategóriájának a lényegét is. A STRATÉGIAI SÚLYPONT ALATT A TÁRSADALOM, VAGY BIZONYOS ALRENDSZEREINEK, AZOKAT A JÓL MEGRAGADHATÓ CENTRUMAIT ÉRTIK, MELYEK KIKAPCSOLÁSA ESETÉN AZ ADOTT RENDSZER MŰKÖDÉSÉBEN OLYAN ZAVAROK KELETKEZNEK, AMELYEK LEHETETLENNÉ TESZIK A TOVÁBBI ALAPRENDELTESSZERŰ MŰKÖDÉST. (szerzők)

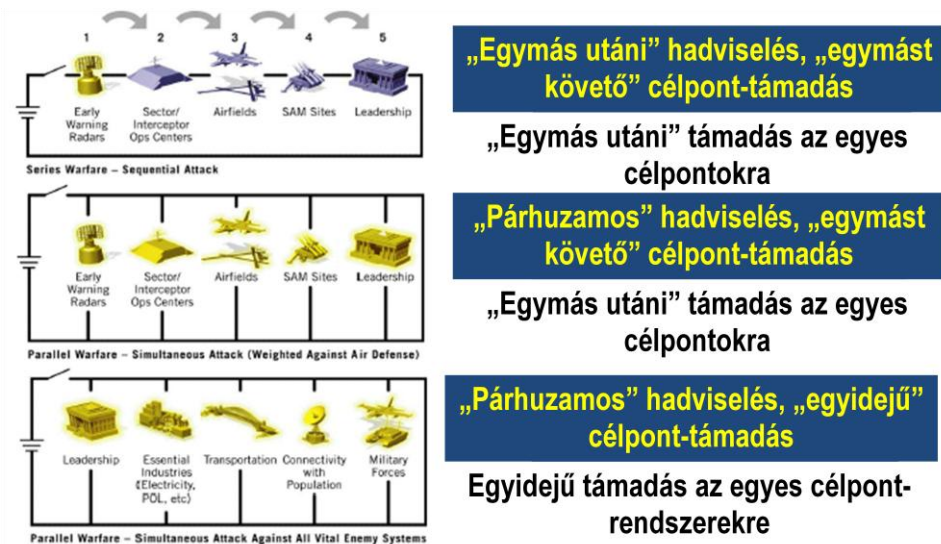
Warden híressé vált „ötgyűrűs”-módszere a társadalmat öt alrendszerre osztotta fel. Az egyes alrendszerek stratégiai súlypontjait a stratégiai tervezés folyamán határozzák meg, légierővel való pusztításukat stratégiai légi támadások

keretében hajtják végre. Az öt alrendszer: az ország vezetése, a gazdaság „kulcs-fontosságú” ágai, területei, az infrastruktúra, a lakosság, és a fegyveres erők (harcoló, vagy harchoz felkészülő csapatok).

A modell megalkotását a katonai szférában is egyre jelentősebb szerepet játszó költség és hatékonyság-elemzés valamint a műveletek kockázatának az összevetése indukálta, mert követelményként jelentkezik a politikai döntéshozói szintről, hogy a katonai műveleteket a lehető legkisebb ráfordítással ériék el a civil lakosság minimális szenvedései mellett. A „gyűrű a gyűrűben” ábrázolás jól szemlélteti, hogy a rendszerként felfogott ellenség-értelmezés esetén, a belső gyűrűk pusztítása (semlegesítése) a külsőbb gyűrűk működési zavarait is eredményezi. Így ha a legbelső gyűrűben ábrázolt politikai vezetés a fő célpont, akkor annak sikeres támadása esetén a teljes rendszer, az „összes gyűrű” működésképtelenné válhat.

¹⁷ „CENTERS OF GRAVITY”. Ez a fogalom többféle néven jelentkezik a klasszikusok munkásságában: Douhet „vitális központnak”, LeMay „vitális célpontnak”, Jomini „döntő stratégiai pontnak”, Liddel Hart „stratégiai Achilles-saroknak”, Mitchell pedig „idegi célpontnak” hívta.

Lényeges része a koncepciónak a saját erők bevetési kockázatának a vizsgálata is, amely szerint is indokolt a belsőbb gyűrűk támadása, hiszen a külső gyűrűben ábrázolt fegyveres erők közvetlen pusztítása a nagy erőforrás- és időigényen kívül, rendkívül nagy rizikóval jár. Erősíti ezt a hatást, hogy a nyugati társadalmak egyre nehezebben tolerálják az emberi veszteséget. Különösen igaz lehet ez a szövetséges műveletekben, amelyek sokszor csak áttételesen szolgálják a nemzeti érdekeket. A célpont kiválasztási folyamatban, a politikai és a legfelsőbb katonai irányelveknek megfelelően az egyes alrendszerek stratégiai súlypontjait kell meghatározni és összevetni a katonatechnikai szempontokkal.

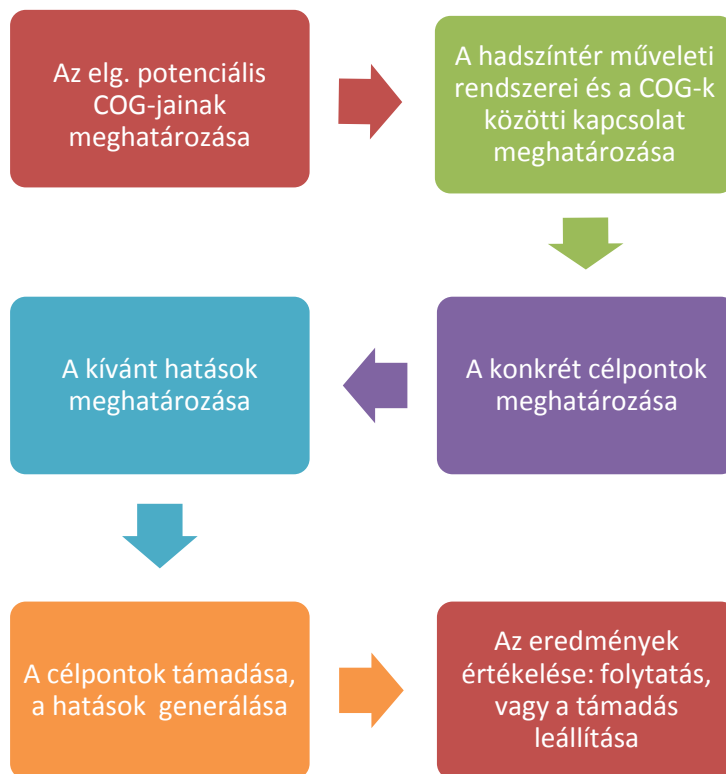


9. ábra. A műveleti koncepció

(Forrás: Deptula, D. A.: EBO: change in the nature of warfare, <http://www.aef.org/pub/psbook.pdf>)

A műveleti formák fejlesztése szakadatlanul folyik, az ötgyűrűs-modellt az Öböl-háború után a doktrínafejlesztők felülvizsgálták, és megalkották az ún. *“hatgyűrűs”* célpont-kiválasztási modellt, amelyben kissé másképpen tagolták alrendszerekre a társadalmat, valamint pluszként értelmezték az esetleges koalíció, vagy nemzetközi kapcsolatok befolyásoló hatását a konfliktusra. A hadjárat elgondolásának fontos eleme az ún. *„műveleti koncepció”* kérdése. Ez a támadandó célpontokra mért csapások időzítésének rendjét határozza meg, mely szerint alapvetően három opció közül kell választani a hadműveleti tervezőknek:

- *„Egymás utáni”* hadviselés, *„egymást követő”* célpont-támadás;
- *„Párhuzamos”* hadviselés, *„egymást követő”* célpont-támadás;
- *„Párhuzamos”* hadviselés, *„egyidejű”* célpont-támadás.



10. ábra. Az EBO folyamata Deptula szerint

(Forrás: Jay M. Kreighbaum: Force-Application Planning A Systems-and-Effects-Based Approach)

A háromféle lehetőség három hatásaiban is eltérő eredményt jelent. Jól érzékelhető az összecsengés Warden „*paralell war*”-ja és a harmadik koncepció között, mert az azóta paradigma-váltásszerűen feltűnt „*hatásalapú műveletek*” („*Effect based Operations*” - EBO, vagy „*Effect Based Approach to operations*” –EBAO) elméletéhez tartozik. Leegyszerűsítve a '90-es évek wardeni elméletének kiterjesztése a hadműveletek teljes spektrumára és az összes lehetséges résztvevő haderőnemre vonatkoztatva.

A hatásalapú műveletek definíciója nem található meg egységes, „*kristály tiszta*” formában, a szakirodalmakban. A definíciók, hasonlóan a terrorizmus fogalom megfogalmazásokhoz, elsősorban „*körülírják*” e művelettípust, nem adnak egy koherens, egzakt megfogalmazást arra, hogy mi is a hatásalapú művelet, hanem inkább a tulajdonságainak, jellemzőinek a leírásával ragadják meg a lényegét, először mi is így tettünk.

A hatásalapú művelet:

- Nem egy teljesen új hadviselési forma, az alapelemeit már jól ismerte, és alkalmazta a hadtörténelem folyamán sok hadvezér, többek között Sun Tze, Dzsingisz Kán, Napóleon, Eisenhower és Schwartzkopf¹⁸ is.

¹⁸ Analyzing Effects Based Operations (EBO) Workshop Summary (<http://www.mors.org/publications/phalanx/mar02/lead.htm>)

- Döntően egy szemléletmód, egy tervezési metódus, amely nem a közvetlen hatásokra fókuszál, hanem a másodlagos, harmadlagos, stb. hatásokra, amelyeket a megkívánt a hadműveleti végcél, végállapottal próbál szinkronba hozni. Az ún. „nem kívánt hatásokat” is modellezi, és meg kísérli a szolgálatába állítani.

Választ ad arra, hogy a megsemmisítendő célpontokat milyen elvek szerint kell kiválasztani, („*enemy as a system*”), illetve, hogy a célpontok megsemmisítése (elnyomása, lefogása) milyen rendben történjen? („*parallel vs series warfare*”¹⁹, „*sequential or simultaneous attack*”²⁰)

- „*Multidimenzionális*” abban a tekintetben, hogy a politikai, szociális, gazdasági és jogi, valamint

CÉLPONT ALAPÚ CÉLPONTKIVÁLASZTÁS:

- Az elg. entitásainak azonosítása, majd megsemmisítése
- A hangsúly a fizikai megsemmisítésen van a célpont szintjén
- Az elsődleges, max. másodlagos hatásokat vizsgálja
- Nincs dinamikus értékelés
- Nincs kifejezett „*timing*” (időzítés) stratégia

CÉLKITÜZÉS ALAPÚ CÉLPONTKIVÁLASZTÁS:

- A stratégia a következő szint célkitűzése lesz
- A hangsúly minden szinten a célkitűzésekre helyeződik
- A stratégiák és a célkitűzések helyes kapcsolatára összpontosít
- Nincs dinamikus értékelés
- Nincs kifejezett „*timing*” (időzítés) stratégia



HATÁSALAPÚ CÉLPONTKIVÁLASZTÁS:

- Magába foglalja mindkét metódust
- Kapcsolat a hatás és az akció között
- A hangsúly a megcélzott hatáson van (fizikai, pszichikai)
- Az „ellenség, mint rendszer” szemléletmód
- Hangsúlyos „*timing*” (időzítés) stratégia
- Dinamikus értékelés

11. ábra. A hatásalapú művelet evolúciója

(Forrás: Jay M. Kreighbaum: Force-Application Planning A Systems-and-Effects-Based Approach)

humanitárius tényezők sokszor kiemelt szerepet kapnak.

- A résztvevők, érdekelték köre rendkívül széleskörű lehet, mind az ellenség, a semleges erők, mind a szövetségeseket illetően.
- Átlépi a stratégiai, hadműveleti és harcászati „*tradicionális kereteket*”.
- Non-lineáris jellegű, mert egy viszonylag „*kisebb*” ráhatás (művelet, tevékenység) is hatványozottan „*nagyobb*” eredményeket, változásokat hozhat.
- Dinamikusán változhat a résztvevők köre és az elérendő céljaik, érdekeik.

¹⁹ „*Párhuzamos vs egymásutáni jellegű*” hadviselés.

²⁰ „*Egymást követő, vagy egyidejű*” célpont-támadás.

- Döntően egyfajta keretet ad az összhaderőnemi („joint”) szemléletet meghaladó, ún. „metajoint”, vagy „interagency” (ügynökségek közötti) hadviselésnek, amely különösen előtérbe került a terrorizmus elleni harc (háború) kapcsán.

Stratégia: terv és végrehajtás a megfelelő időkeretben



12. ábra. Prométeusz-folyamat: stratégiai tervezés folyamata
(Forrás: www.venturist.com)

A hatásalapú műveletek, és környezetük jellemzői után röviden összegzem azt a szemléletmódot, amely szerint a műveleti tervezők meghatározzák a megsemmisítendő célpontokat. A hatásalapú célpont-kiválasztás a hadszíntér felfogásában képez egyfajta új megközelítési módot. Az ellenséget, mint rendszert, mint rendszerek rendszerét („system of systems”) kezeli, és, a már korábban definiált stratégiai súlypontok („Center of Gravity – COG”) meghatározására, e súlypontok pusztításának hatásaira, és a „hatások hatásaira” fókuszál. A tervezés az elérendő hatásokból (eredményekből) „visszafelé” indulhat el, amikor is a

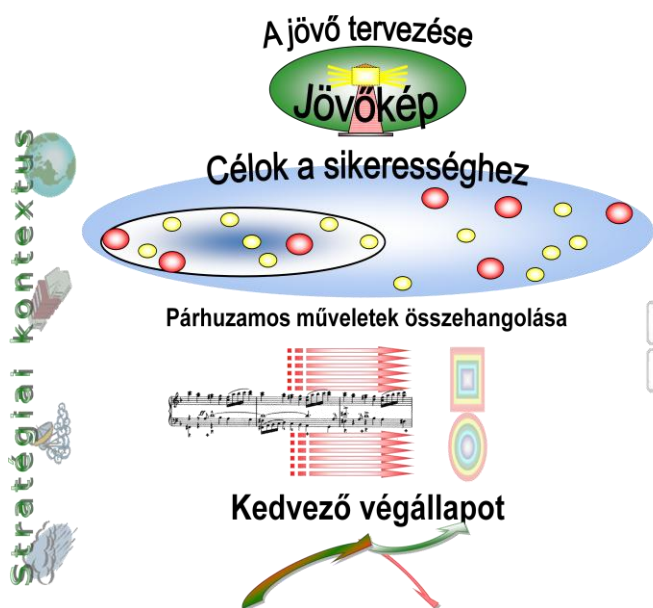
célkitűzésnek megfelelő COG-okat elemezve, azt megfogható, fizikailag rombolható, bénítható célpontokra bontják, amelyek elleni konkrét (légi) támadások tervezendők. A tervezés során ekkor modellezni kell az elsődleges és a „lökéshullám szerűen” terjedő egyéb hatásokat is.

Végezetül fogalmazzunk meg egy munka definíciót! A „hatásalapú műveletek olyan művelettervezési szemléletmódot jelent, amely nem a megsemmisítendő célpontok által keltett elsődleges hatások szerint működik, hanem azt vizsgálja, hogy az elérendő (politikai, katonai) végállapotot milyen hatásokkal érhetjük el, és ezekhez mely célpontokat, és milyen ütemezéssel kell támadnunk.” (szerzők)

A légi hadjáratok (műveletek) stratégiai szintű tervezésének alapjaihoz még számtalan, egyéb kérdést is tisztázhatnánk, azonban úgy gondoljuk, hogy ehhez az elemzéshez ennyi is elegendő, ebből is levezethetők a belátható analógiák, interdependenciák.

3. A LÉGI HADJÁRATOK STRATÉGIAI TERVEZÉSÉNEK ADAPTÁCIÓJA A VÁLLALATI STRATÉGIAALKOTÁSBA

A vállalati (üzleti) és a légi műveleti (hadjárat) tervezés elveinek rövid összegzett áttekintése után következhet az analógiák, interdependenciák vizsgálata. Az elemzésünk, már csak a terjedelmi korlátok és a kutatások pillanatnyi (kezdeti) helyzetéből fakadóan sem lehet teljeskörű. Ebben a részben, a légi hadjárat-tervezés már klasszikusának számító, az előző részben többször hivatkozott, John Warden által kidolgozott „Prométeusz-folyamat” („*Prometheus Process*”) üzleti stratégiai tervezési modellt mutatjuk be dióhéjban. Ez a modell, a szerző által is elismerten, az 1991-es Öböl-háború légi hadjárat tervezési



13. ábra. A Prométeusz-folyamat elvi váza
(Forrás: www.venturist.com)

metódusából kifejlesztett, a katonai tervezési gondolkodásmód és eljárások adaptációjának tekinthető.

A modell rendkívül szerteágazó, kidolgozó²¹ szerint, az üzleti világ valamennyi szegmensében alkalmazható és arra a központi gondolatra épít, hogy „gondolkozz és cselekedj stratégiai módon, stratégaként”.

Az analógiák közül a legszembeütőbb a „gyűrű a gyűrűben” modell (14. ábra), és a stratégiai súlypontok („COGs”) alkalmazása.

A Prométeusz-folyamat lényege a stratégiai szemléletmód integrálása a

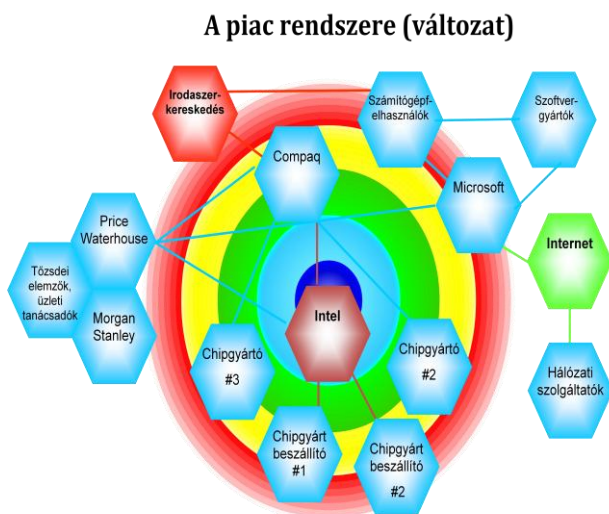
vállalati tervezésbe, egyfajta algoritmus a stratégia megalkotására. Négy egyszerűnek tűnő kifejezés, szó megválaszolása adja a stratégia lényegét: hol? (hová?); mit?; hogyan?; végállapot. (12. ábra) Az első adja meg az elérendő jövőképünket, vagyis hogy hová akarunk eljutni, hol akarunk lenni a jövőben. A mit kérdésre az erőforrásaink ellen potenciálisan számításba vehető dolgokat összegzi, míg a hogyan-kérdés az erőforrásaink alkalmazásának mikéntjére adhat választ. A végállapot kategóriáján nem a jövőképet értik, hanem a készenlétet a stratégia megvalósítására egy végrehajtási (cselekvési) tervvel egyetemben.

(kvázi „*ready for combat*”, harckész állapot)

²¹ A módszert J. Warden vezetésével a Venturist Limited dolgozta ki és vezette be, jelenleg már, franchise-ban, több európai cég is alkalmazza az üzleti tanácsadásban és coaching szolgáltatásban egyaránt.

A folyamat a több egymást követő lépésből, egyfajta algoritmusból áll:

„A működési környezet elemzése” eredményeként megkapjuk azokat a releváns tényezőket, amelyek hatással vannak, lehetnek a vállalatunk (szervezetünk) működésére, a meglévő, illetve a megcélzott piacokra.



14. ábra. A piac, mint az „ötgyűrűs-modell”
(Forrás: www.venturist.com)

A „jövőkép tervezése” folyamatában, a szervezet helyzetének függvényében, 2-7 éves időintervallumban meghatározzák az elérendő állapotokat, amelyeknek jellemeznie kell a vállalkozás akkori piaci pozícióit. Ez a résztervezési folyamat a Prométeusz-folyamatban 12 kérdés megválaszolását igényli.

„Vezérelv alkotása” egyfajta filozófiai, erkölcsi-etikai iránymutatást adhat a működés teljes spektrumára, mint pl. Nordstrom híressé vált szlogenje a „a vevőnek mindig igaza van”. Egy jól megfogalmazott vezérlő elv alapjaiban befolyásolhatja az üzleti eredményességet és különösen nagy hatással lehet a marketing és PR

részstratégiákra.

„A külső rendszerek elemzése” (befolyásolása) a piaci környezet elemzését jelenti, amelyben fontos elem a saját határok meghatározása és annak az egyszerűnek tűnő kérdésnek a megválaszolása, hogy miben tudnánk sikeresek lenni a piacon.

„A külső stratégiai súlypontok feltérképezése”, talán az egyik legszembetűnőbb példa a légi hadjárat-tervezés adaptálására, hiszen a stratégiai súlypontok ott is hangsúlyos elemek képeznek. Ekkor meg kell határozni azokat a szegmenseket, amelyekre hatással kívánunk lenni, vagy akár létre akarunk hozni a megcélzott piacon.

„A belső stratégiai súlypontok feltérképezése” a saját döntőfontosságú elemek meghatározása is releváns a piaci sikerességhez, azonban itt sem mindig a meglévő elemekre korlátozódik csak az elemzés, hanem számításba célszerű venni, hogy van-e olyan létrehozandó elem, amely belső stratégiai súlypontként elősegítheti az üzleti sikerességet.

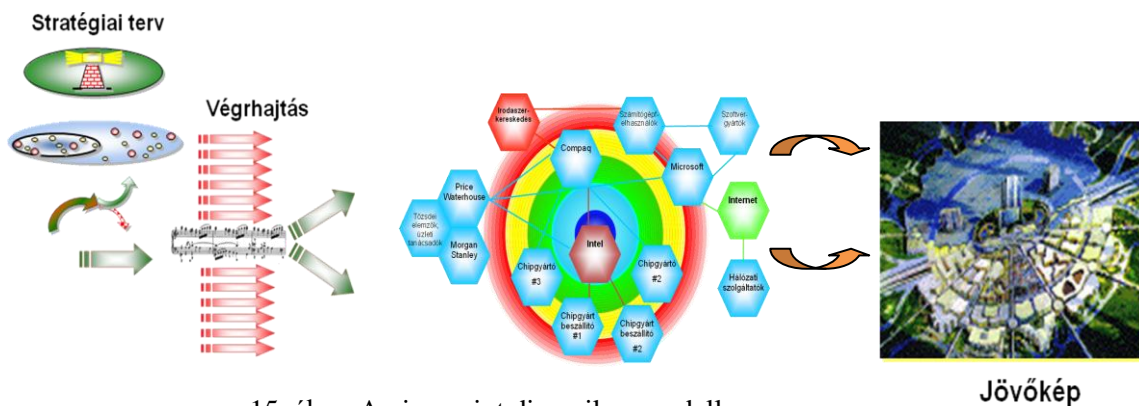
„Stratégiai hatástervek összeállítása” a másik lényeges analógia a légi hadjárat-tervezésből, hiszen ebben a fázisban gyakorlatilag a hatásalapú műveletek, a hatásalapú-tervezés adaptációját figyelhetjük meg. A tervek a megkívánt (tervezett) és a nem tervezett elsődleges és másodlagos hatások modellezésén alapulnak.

„Ún. Fázistervek összeállítása” azon a logikán alapul, hogy valószínűleg nincs elegendő erőforrás a stratégiai súlypontok egyidejű „támadására” (ideális megközelítés). Ebből fakadóan az erőforrásokat az időben és a „piaci térben szegmentálva”allokálja ez az ún. fázisterv.

„Hadjárat-tervezés” az erők (humánerőforrás) és eszközök (szervezeti-, anyagi-, energia- és információs erőforrások) elosztása a stratégiai súlypontokat célzó hadjárat során.

„A saját szervezet optimalizálása” a megcélzott jövőkép szinte mindig igényel egy változásmenedzsment folyamatot a saját szervezet vonatkozásában a sikeres működés érdekében, hiszen a régi struktúrák általában nem elég hatékonyak az új környezetben.

„A végállapot (végpont) tervezése” érdekes része a folyamatnak, hiszen nem a végállapotot írja le, hanem azt, hogy akkor mi történjen, ha elértük a végcélt. Ez is egyfajta katonai analógia, amely a „hogyan nyerjük meg a békét?” bonyolult kérdést tisztázza a háború utáni közvetlen átmenet időszakában. Ez a folyamat figyelhető meg például jelenleg Irakban is, ahol a sikeres háborút egy ambivalens időszak követett.



15. ábra. A piac, mint dinamikus modell
(Forrás: www.venturist.com)

„Ún. 'Piros Csapat' alkalmazása” a klasszikus katonai szimbólumoknak a kékek (baráti erők) és pirosoknak (ellenség) felhasználását jelentik. Azt akarják vele érzékeltetni, hogy a tervek végrehajtását egy rendkívül erős, kritikus tesztelésnek kell megelőzni, hogy az esetleges hibákat ki lehessen javítani. A szemléletmód egyértelmű „inkább temérdek izzadság a gyakorlótéren, mint egyetlen vércsepp a harcmezőn”.

„A győzelmi hadjárat” a tervek megvalósításának a folyamata, a stratégiai és taktikai akciók rendszerének végrehajtása.

„Kövess az ’ún. kardinális szabályokat’” vannak olyan tapasztalati úton kialakult szabályok, amelyeket a stratégia alkotásnál célszerű figyelembe venni, mint pl.: ne pazarold el a kritikus erőforrásaidat! Nem célszerű ritka erőforrásokat felhasználni olyan projektekbe, amelyek nem stratégiai jelentőségűek, még akkor sem, ha azok egyébként nagy valószínűséggel sikeresek lesznek. Tedd meg Te az első lépést! Ha adott piaci szituációban egyik fél sem teszi meg a kezdő lépést, célszerű a vállalatunknak megtennie, ezzel kibillentve a másikat az egyensúlyából. Ha az ellenfél teszi meg az első lépést, az számunkra kedvezőtlenebb. Képezz tartalékokat!, stb.

„Nyílt kiigazítása a terveknek, rendszabályoknak” azt jelenti, hogy a terveknek, az üzleti biztonság szempontjait figyelembevéve, a belső kulcspozícióban lévők számára nyitottnak kell lenniük, hogy az esetleges korrekciós javaslatok időben megszülessenek.

BEFEJEZÉS

Kétségtelen tehát, hogy interdependencia figyelhető meg a katonai és az üzleti tervezés között: a vállalati stratégiai tervezés koncepciója, módszerei nagyon sok analóg megoldást mutatnak a katonai tervezéssel és használnak fel abból. Úgy látjuk azonban, hogy bár divat a klasszikusok „újrafelhasználása”, a nagy stratégiák vagy katonafilozófusok gondolatai mégsem függetleníthetők az adott kortól, egyes megállapítások ma alkalmazhatatlanok, mások akár banálisan egyszerűnek tűnnek. Ezért olyan hadászati, hadműveleti eszmerendszer és módszertan felé kívánjuk irányítani az üzleti tervezés figyelmét, amelyik a XX. század sajátja, a légi hadműveletek felé. A cikkünkben olyan módszereket és eljárásokat mutattunk be, amelyek a légierő hadműveleti tervezésében jelen vannak és már használják az üzleti életben vagy véleményünk szerint használhatóak lennének a vállalati stratégiai tervezési folyamatban. Ugyanakkor rávilágítottunk arra is, hogy a stratégiai menedzsment és a menedzsment tudományok eszköztára segítséget adhat a katonai stratégiai tervezés hatékonyságának növelésében.

Heinz Dieter Jopp-tól való a következő gondolat: „A stratégiák mindig egy adott korszakhoz kötődnek. A légi hadviselésről természetesen nem olvashatunk Clausewitznél”²²

A problémánk az, hogy máshol sem olvashatunk erről, rendkívül szegényes a téma hazai és nem sokkal bővebb a téma külföldi szakirodalma sem, ezért kívánunk mi kutatásokat folytatni a területen és a jelen cikkben bemutatni néhány olyan módszert, amelyre már most felfigyeltünk, a kutatás jelenlegi stádiumában. Ez a rövid dolgozat, és a konferencia előadás csak a kezdet ebben a témakörben, egyfajta

²² Heinz Dieter Jopp tengerészkapitány, docens, tanszékvezető a Bundeswehr Katonai Akadémián. Szakterületei: biztonságpolitika, stratégiai gondolkodás, a technológiai fejlődés hatása a stratégiai és az operatív irányításra (különös tekintettel a haditengerészetre).

Az interjú megjelent: Manager Magazin 2006/1. Ezeréves receptek

vitaindító, problémafelvető gondolatoknak szántuk. Várjuk a reakciókat, és mi is további kutatásokat kívánunk folytatni a témakörben.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Marosán György: Stratégiai menedzsment Műszaki Könyvkiadó
- [2] Chikán Attila: Vállalati gazdaságtan KJK Aula 1995.
- [3] Barakonyi Károly: Stratégiai tervezés Nemzeti Tankönyvkiadó 1999.
- [4] Ansoff H.I : Stratégic Management The MacMillan Press 1979
- [5] Gönczi Gabriella: A controlling alapjai Főiskolai Kiadó 2006.
- [6] P. Kotler: Marketing menedzsment Műszaki Könyvkiadó 1999.
- [7] Domboróczky Zoltán: A kínai agyaghadzsereg és a stratégiai menedzsment Supply Chain Monitor 2006. szept.
- [8] Hadtudományi Lexikon, Magyar Honvédség és Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 1995, főszerk.: Szabó József, ISBN 963 04 5226x
- [9] Warden, John: Enemy as a system, In: Air Power Journal, 1995 Spring, <http://www.airpower.maxwell.af.mil/airchronicles/apjindex.html>,
- [10] Analyzing Effects Based Operations (EBO) Workshop Summary (<http://www.mors.org/publications/phalanx/mar02/lead.htm>)
- [11] Deptula, D. A.: EBO: change in the nature of warfare, <http://www.aef.org/pub/psbook.pdf>)
- [12] Air Campaign Planning Handbook, Warfare Studies Institute, 2000
- [13] Manager Magazin 2006/1. Ezeréves receptek (<http://www.managermagazin.hu/magazin.php?page=article&id=931>; 2009. március 08.)
- [14] Thompson, John L: Strategic Management-Awareness and Change 1997.
- [15] Balaton Károly www.zeus.bke.hu/oktatas/strategia/files/SM%201%20eloadas.pdf



Dr. habil. Krajnc Zoltán - Gönczi Gabriella

ADALÉKOK A KÖZELMÚLTBÓL (ELSŐ RÉSZ): A VOLT HONI LÉGVÉDELMI CSAPATOK HARCTEVÉKENYSÉGI FORMÁI

BEVEZETÉS

Minden hadelméletben kardinális kérdésnek számítanak a (had)műveletekkel kapcsolatos teóriák, az ezekkel kapcsolatos harctevékenységek osztályozásáról, továbbá azok belső tartalmi elemeiről való gondolkodásmód. Így volt ez a mai magyar légierő „*jogelődjénél*” a honi légvédelmi csapatainknál is. Ennyi idő után talán érdekes megvizsgálni, hogy milyen elméleti platformról kellett adaptálni, a NATO-tagság elnyerése után, a ma már általánosan elfogadott hadműveleti formákat, tanulságos lesz újra áttekinteni miként gondolkoztak a hadműveleti tervezők a rendszerváltozást megelőző időben.

Fontos leszögeznünk, hogy a haditevékenységi- (harctevékenységi) formákról való gondolkodás és a megvalósításukat célzó katonai gyakorlat a magyar haderőben a szovjet hadtudomány tételei szerint történtek. Mielőtt azonban a harctevékenységi formákról beszélnénk célszerű tisztázni a „*forma*” kifejezés, fogalom jelentés tartalmát, mert a hadtudományi-, katonai nyelvezet is csak a magyar nyelv általános értelmezésének megfelelően használhatta ezt a fogalmat.

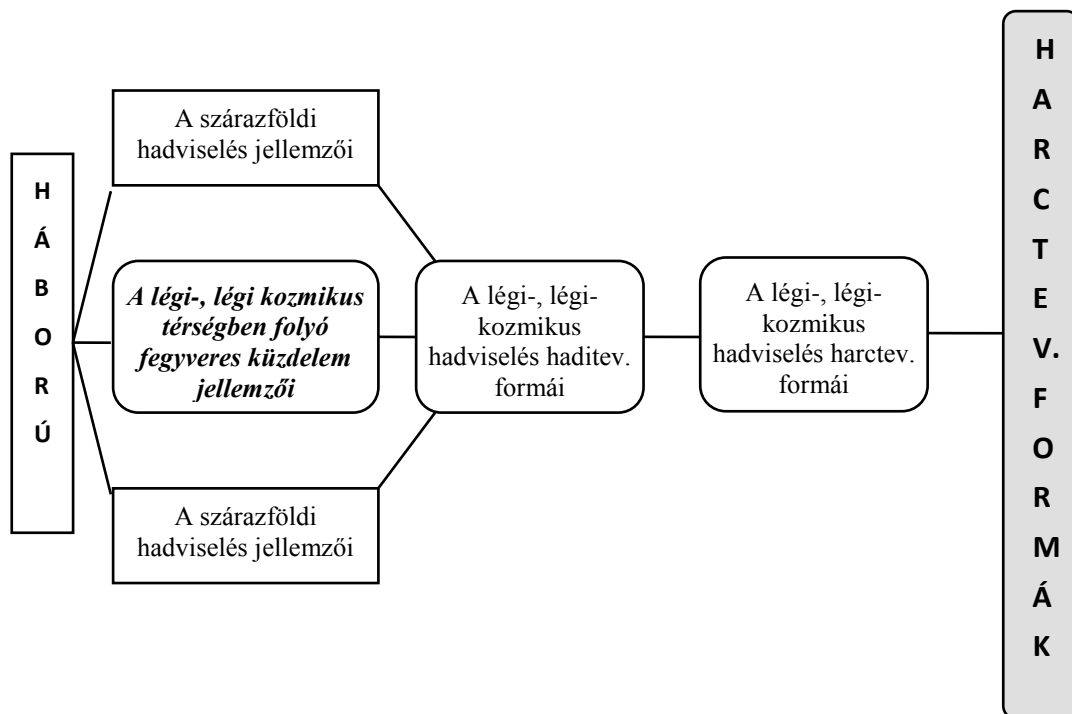
A **forma** az értelmező szótár szerint³ „*általában az a mód, vagy rend, ahogyan valamely létezőnek, folyamatnak, cselekvésnek a belső tartalma, lényege megjelenik, megnyilvánul.....Valamely létező, folyamat, vagy cselekvés megjelenési módjának, illetve lefolyási rendjének egyik lehetséges változata.....Valamely meghatározott tartalommal összefüggő, attól elválaszthatatlan megjelenési mód, alak, felépítés, alkat.*” A Filozófiai Vademecum⁴ „*valamely dolog, vagy létező tartalmának megjelenése*”-ként értelmezi.

Elemelve a különböző általános forma-definíciókat kijelenthetjük, hogy a forma legfőbb jelentése, értelmezése a dolgok (jelenségek, folyamatok, létezők) belső tartalmának külső megjelenése, a belső lényeggel szoros összefüggésben lévő alak, felépítés. A fenti logika szerint a harctevékenységi forma is a harctevékenységnek, mint jelenségnek, folyamatnak a belső lényegét jeleníti meg, ennek a belső tartalomnak a külső megjelenési módja.

³ A magyar nyelv értelmező szótára, II.kötet,Akadémiai Kiadó,Bp.,1966,szerk.:MTA Nyelvtudományi Intézete,AK 954 k 6671(892.oldal)

⁴ Ledvai L. Ferenc: Filozófiai Vademecum,Móra kiadó,Bp.,1995,ISBN 963 117 261 9,(39.oldal)

A harctevékenységnek, mint összetett fogalomnak, a tisztázásához hozzátartozik a *harc*⁵ és a *tevékenység*⁶ kategóriák megadása is, így a harc „*a küzdő felek magasabb egységeinek, egységeinek és alegységeinek (repülő erőinek, hajóinak) szervezett, fegyveres összeütközése.*”, míg a tevékenység pedig „*tartós, rendszeres cselekvés*”- nek fogható fel.



1. ábra. A háború és a harctevékenységi formák kapcsolata

A „*formák*” teljesen „*bevonultak*” a gyakorlatba, a parancsnoki- és törzsmunkába, hiszen a parancsnokok a különböző hadműveletek végrehajtására, az egyes ütközetek és harcok megívására hozták meg az elhatározásukat a gyakorlatok, hadijátékok, stb. során. Ennek ellenére kijelenthetjük, hogy a magyar nyelvű – az akkori időszak általános katonai tudásanyagot hordozó - *lexikális irodalomban*⁷ a haditevékenységi- (harctevékenységi) formák elmélete nem volt teljes mértékben tisztázott.

A *haditevékenység*, *harctevékenység* és a hozzájuk kapcsolódó fogalmak egységes „*keretben*” egyik irodalomban sem találhatók meg, így az említett kategóriák komplex, a kölcsönös összefüggéseiket feltáró leírása is hiányzik, sőt egyes kategóriák csak más fogalmak leírásában, hivatkozásokban - és így „*csak*” implicit formában - lelhetőek fel. A tanulmány kutatási

⁵ Hadtudományi Lexikon, Magyar Hadtudományi Társaság, Akadémiai Kiadó, Bp.,1995, főszerk.: Dr.Szabó József, ISBN 963 045 226 X,8(497. oldal)

⁶ Magyar Értelmező Kéziszótár, M-Z,Akadémiai Kiadó,Bp.,1982,szerk.: Juhász József,5.változatlan kiadás,ISBN 9630530287(1373. oldal)

⁷ Katonai Értelmező Szótár, Zrínyi Katonai Kiadó, Bp., 1976, ISBN 963 326 178 3

Katonai Lexikon, Zrínyi Katonai Kiadó, Bp., 1985,szerk.:Dr. Damó László, ISBN 963 326 510 X

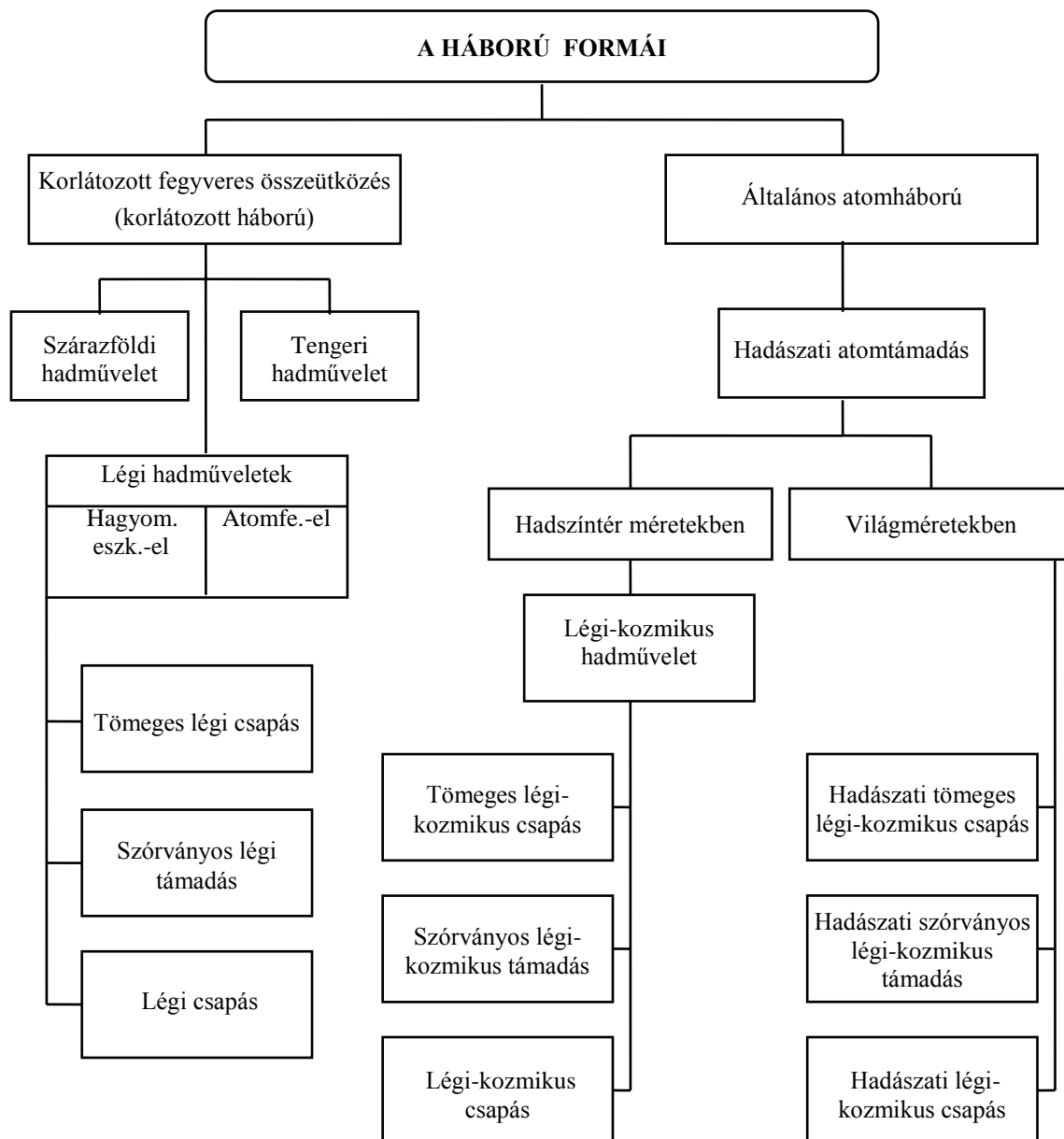
Hadtudományi Lexikon, Magyar Hadtudományi Társaság, Akadémiai Kiadó, Bp.,1995, főszerk.:Dr.Szabó József, ISBN 963 045 226 X,8

Szovjet Katonai Enciklopédia, MNVK Tudományos Osztály MNVK Szabályzatszerkesztő és Kooperációs Osztály, Zrínyi Katonai Kiadó, Bp., 1985,

célkitűzésében foglaltak – megítélésünk szerint - csak ezen fogalmak és kategóriák egyfajta rendszerbe foglalásával teljesíthetők.

A **haditevékenység**⁸ „hadászati tevékenység: a fegyveres erők egészének, vagy egyes haderőneveinek az ellenség megsemmisítésére (szétverésére), területének elfoglalására irányuló, szárazföldön, tengeren, vagy légtérben vívott hadászati méretű tevékenysége. A haditevékenység lehetséges formái a hadászati rakéta csapatok csapásai, a honi légvédelmi csapatok haditevékenysége.”

A **haditevékenységek** lehetséges formái: „a hadászati rakéta csapatok, a honi légvédelmi csapatok, a szárazföldi csapatok, a haditengerészet hadműveletei és a légitérben folyó **haditevékenységek**.”



2. ábra. A háború formái

⁸ Katonai Lexikon, 1985, (225. oldal)

Látható, hogy a haditevékenységet a fegyveres erők egészének, vagy egyes haderőneveinek, a szovjet hadtudomány „öthaderőnemes” szervezése szerinti, hadászati méretű (jelentőségű) tevékenységére értelmezi, a haditevékenységi formákat pedig az egyes haderőnemek egyfajta összegzett tevékenységének fogja fel a lexikon.

A **harctevékenység**⁹ fogalmát viszonylag egységesen értelmezték, pl. „a haderőnemi, fegyvernemi csapatok fegyveres összecsapásainak sorozata a harcmezőn (légtérben, vízi térségben, amelyet az ellenség megsemmisítése céljából folytatnak. A csapatok minden olyan tevékenysége, amelynek során elhárítják az ellenség csapásait, megtartják saját területüket, illetve megsemmisítik az ellenséget és elfoglalják a területét.”

A **harctevékenység fajtáit** mindegyik elemzett szakirodalom egységesen tárgyalja, így megkülönböztetik a **támadást** és a **védelmet**.

A harctevékenységi forma kategóriát címszóként csak kettő irodalom tárgyalja, így a Katonai Értelmező Szótár szerint a **hadi(harc) tevékenységi formák**¹⁰: „a meghatározott célnak alárendelt és ennek megfelelő nagyságú csapatcsoportosítás működési módját fejezik ki. Hadi(harc) tevékenységi formák: a hadászati atomerők csapásai, a hadászati műveletek a kontinentális és óceáni hadszíntereken, valamint a légi-koszmikus térségben, a honi légvédelem harctevékenysége, a hadműveletek (szárazföldi, légi, haditengerészeti, légi deszant), az ütközetek és a harcok.”, más irodalom¹¹ szerint a **harctevékenységi formák** „azok a módok, ahogy a harceljárások tartalma kifejeződik. Méreteitől, a bennük alkalmazott haderőnemekről és fegyvernemekről (erőktől), valamint a végrehajtandó feladatok jellegétől függően a harctevékenységek következő formáit különböztetik meg: harc, ütközet, hadművelet, csapás, folyamatos harctevékenység.”.

Jól érzékelhető a haditevékenység és a harctevékenység fogalma a hadművészet más szintjéhez tartozik, a haditevékenység a hadászat, míg a harctevékenység a harcászati-hadműveleti szinthez kapcsolódik. Jelen vizsgálatban a harctevékenységgel és a vele kapcsolatos fogalmakkal célszerű tovább foglalkozni.

A harctevékenység osztályozásánál figyelembe kell venni a harctevékenység célját, a harcok jellemzőit, az eltérő és közös vonásokat, így az osztályozás szempontjai lehetnek a harctevékenység célja, fajtája, a az ellenség tevékenységéhez viszonyított helyzet, stb.

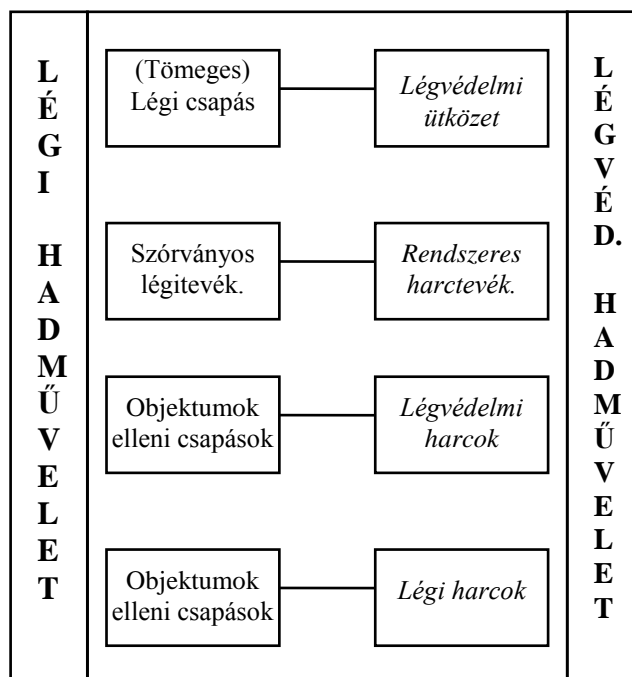
⁹ Hadtudományi Lexikon, 1995.(522. oldal)

¹⁰ Katonai Értelmező Szótár, Zrínyi Katonai Kiadó, Bp., 1976, ISBN 963 326 178 3(189. oldal)

¹¹ A Szovjet Hadtudomány Enciklopédiája, MNVK, Zrínyi Katonai Kiadó, Bp., 1985(VIII./2.kötet 106.oldal)

A (VOLT) HONI LÉGVÉDELMI CSAPATOK HARCTEVÉKENYSÉGI FORMÁI, ÉS AZ AZOKAT MEGHATÁROZÓ TÉNYEZŐK

A magyar légvédelem harctevékenységi formáit alapvetően két dolog befolyásolta, az első ilyen tényező az „*eljövendő*” **háború** és a **légi-, légi-kozmosz hadviselés** prognosztizált jellege (formája), a másik döntő determináns pedig az a tény, hogy ezt a háborút szövetségi rendszerek közötti, koalíciós háborúnak képelték el és gyakorlatilag a hazánkkal szemben vívott ún. „*kis*” háborúval nem számoltak.



3. ábra. A (volt) honi légvédelmi csapatok harctevékenységi formái

Nézzük akkor meg milyenek prognosztizálták a „*várható*” háborút, a háború mely formáit képelték el, és milyen **harctevékenységi formákat**¹² terveztek alkalmazni a honi légvédelmi csapatokkal.

A háború¹³ két formájának tekintették a korlátozott fegyveres összeütközést (korlátozott háborút) és az általános atomháborút.

A korlátozott fegyveres összeütközés alapvető jellemzője, hogy a küzdő felek hosszabb, rövidebb ideig korlátozzák a háború politikai céljait, a résztvevő erők számát, az alkalmazott fegyverzet mennyiségét és minőségét. Céljaként olyan közbeeső politikai célkitűzések szerepelnek amelyekért „*nem érdemes*” (általános) atom háborút vívni. A korlátozott háború formái a **hagyományos**

¹² Maloványi Sándor: A légierő helye és szerepe az USA és a NATO katonai doktrínájában, ZMKA-jegyzet, 1973, nytsz.:236/2299,

¹³ Maloványi Sándor: A légierő helye és szerepe az USA és a NATO katonai doktrínájában, ZMKA-jegyzet, 1973, nytsz.:236/2299,(18. oldal)

fegyverekkel vívott háború és a ***korlátozott atomháború***, amelyben harcászati atomfegyverek kerülnek alkalmazásra.

Az ***általános atom háborúban*** a szembenálló szövetségi rendszerek (a nagy hatalmak) korlátozás nélkül, minden erőforrásukat bevetve, tömegesen alkalmazzák a hadászati-, hadművelati- és harcászati atom eszközöket.

Az adott háború formájában realizálódó légi-, légi-kozmosz haditevékenységi- és harctevékenységi formáknak kellett *„megfeleltetni”* a honi légvédelem harctevékenységi formáit. A potenciális ellenség által alkalmazható haditevékenységi-, harctevékenységi formák lehettek volna az általános atomháborúban a hadászati atomtámadás részeként a ***„légi-kozmosz hadművelet”*** (LKHDM), mely tartalmilag két-három ***„tömeges légi-kozmosz csapásból”*** (TLKCS), valamint nem tömeges ***„légi-kozmosz csapásokból”*** (LKCS) és ***„szórványos légi-kozmosz tevékenységekből”*** (SZLKT) állt össze. A légi-kozmosz hadművelet időtartamát három-öt napra, mélységi és szélességi kiterjedését pedig kb. 2000-400 km-re prognosztizálták, céljának tekintették a harcászati-hadművelati légi-kozmosz támadó eszközök tömeges csapásaival a hadszíntér adott hadművelati irányában (pl. az Magyar Népköztársaság irányában) megsemmisítse a fontosabb katonai, ipari-gazdasági, politikai-közigazgatási központokat, megbénítva ezzel a hadi potenciált, illetve az adott ország, térség kikapcsolása az általános atomháborúban való további részvételből.

Jól érzékelhető, hogy amikor légi-kozmosz hadműveletről és annak elhárításáról beszélünk, akkor ebben a Magyar Néphadsereg - benne a honi komponens - *„csak”* mint egy kis szelet szerepelhetett, hiszen a LKHDM céljaiban, kiterjedésében is jóval túlmutatott a Magyar Népköztársaság határain és lehetőségein, hiszen pl. rakétavédelemmel csak a Szovjetunió rendelkezett a Varsói Szerződés országai közül.

A ***„légi hadművelet”*** (LHDM) alatt a korlátozott háború részeként a harcászati-hadművelati célok elérése érdekében, elsősorban a harcászati légiere és a harcászati-hadművelati rakéták összehangolt légi tevékenységeit értették. A légi hadműveleten belül ***„tömeges légicsapásokat”*** (TLCS), valamint nem tömeges ***„légicsapásokat”*** (LCS) és ***„szórványos légi tevékenységeket”*** (SZLT) különböztettek meg.

A légi hadművelet célja volt a hagyományos-, vagy tömegpusztító harcászati-hadművelati fegyverek alkalmazásával az adott hadművelati irányban (pl. az MNK irányában) az atom- és légifölény kivívásával, s az ellenség szárazföldi csapatcsoportosításainak, fontosabb objektumainak szétverésével kedvező feltételeket teremteni a szárazföldi hadműveletekhez és biztosítani azok végrehajtását. A légi hadművelet időtartamát három-öt (maximálisan hét) napra, területi kiterjedését pedig 1000-1200 km mélységűnek és 200-300 km szélességűnek valószínűsítették. Látható, hogy a légi hadművelet is - a koalíciós háború viszonyai között - *„túllépett”* Magyarországon, a honi légvédelmi csapatainkon, így a légi hadművelet, és alkotó elemei, elhárításának harctevékenységi formái is csak szövetségi rendszerben volt tisztán értelmezhető.

A fentiek ellenére az ellenséges légierők alkalmazási formáihoz „*hozzárendelték*” a honi légvédelmi csapatok megfelelő harctevékenységi formáit, így a *légi hadműveletet* a honi légvédelmi csapatok *légvédelmi hadműveletével*, a - tömeges- és nem tömeges - *légicsapásokat* *légvédelmi ütközetekkel* tervezték elhárítani, míg a *szórványos légi tevékenységek* ellenpárja a csapatok *rendszeres harctevékenysége* volt, az objektumok, csapatok csapásait pedig *légvédelmi-*, és *légi harcokkal* kívánták megakadályozni.

BEFEJEZÉS

A fenti rövid elemzésben áttekintettük, a légierő jogelődjének tekinthető, honi légvédelmi csapatok tervezett harctevékenységi formáit. Ráműtöttünk arra, hogy a harctevékenységi formák elmélete milyen kiemelt szerepet játszott akkoriban a hadművelet-elméletben (hadműveleti művészetben).

Megítélésünk szerint a harctevékenységi formákkal kapcsolatos ismertetőnk fontos adalék lehet a közelmúlt hadművészet-történetéhez, hiszen egyre kevesebb olyan kolléga szolgál már aki annak idején hadműveleti tervezési feladatokkal foglalkozott, továbbá a mai szakembereknek is célszerű ismerni az akkori elméletet. Azért is fontosnak tartjuk megismertetni a szemléletmódot, mert az, mint a szervezeti kultúra része, egyfajta „*kollektív tudattalanként*” alapot képezett a későbbi rendszerváltás utáni, még a NATO előtti, de már a Varsói szerződés utáni elméletekhez és később a NATO légi hadviselési elméletek adaptációjához. Cikkünket folytatni szeretnénk a szövetségi tagságunkat közvetlenül megelőző évtized elméleteinek ismertetésével, hiszen csak így lesz teljes a kép.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Malóvanyi Sándor: A légierő helye és szerepe az USA és a NATO katonai doktrínájában, ZMKA-jegyzet, 1973, nytsz.:236/2299
- [2] A Szovjet Hadtudomány Enciklopédiája, MNVK, Zrínyi Katonai Kiadó, Bp., 1985
- [3] Katonai Értelmező Szótár, Zrínyi Katonai Kiadó, Bp., 1976, ISBN 963 326 178 3
- [4] Hadtudományi Lexikon, Magyar Hadtudományi Társaság, Akadémiai Kiadó, Bp.,1995, főszerk.: Dr.Szabó József, ISBN 963 045 226 X,8
- [5] Szovjet Katonai Enciklopédia, MNVK Tudományos Osztály MNVK Szabályzatszerkesztő és Kooperációs Osztály, Zrínyi Katonai Kiadó, Bp., 1985,
- [6] A magyar nyelv értelmező szótára, II.kötet, Akadémiai Kiadó, Bp.,1966,szerk.: MTA Nyelvtudományi Intézete,AK 954 k 6671
- [7] Lendvai L. Ferenc: Filozófiai Vademecum, Móra kiadó, Bp.,1995,ISBN 963 117 261 9,



Dr. habil. Krajnc Zoltán - Gönczi Gabriella

ADALÉKOK A KÖZELMÚLTBÓL (MÁSODIK RÉSZ):

A REPÜLŐ ÉS LÉGVÉDELMI CSAPATOK HARCTEVÉKENYSÉGI FORMÁI, AZAZ HOGYAN GONDOLKOZTUNK A LÉGI HADVISELÉSRŐL A NATO-TAGSÁGUNK ELŐTT

BEVEZETÉS

Ez a dolgozatunk a folytatása az „*Adalékok a közelmúltból (első rész): a volt honi légvédelmi csapatok harctevékenységi formái*” című cikkünknek, amelyben feltártuk a volt honi légvédelmi csapatok idejében, a rendszerváltozás előtt, alkalmazott harctevékenységi formákat. A folyamat azonban csak úgy teljes, ha megvizsgáljuk a rendszerváltozás utáni és a NATO-tagságunk előtt uralkodó légi hadviselési paradigmákat. Megítélésünk szerint ez fontos adalék lehet, ahhoz, hogy jobban megértsük a NATO-teóriák adaptálásának folyamatát, valamint azt, hogy milyen elméleti alakra kellett építeni az első hadművelési doktrínákat és a személyi állomány felkészítését.

A MAGYAR HONVÉDSÉG REPÜLŐ ÉS LÉGVÉDELMI CSAPATAINAK TERVEZETT HARCTEVÉKENYSÉGI FORMÁI

A Magyar Köztársaság elleni fegyveres agressziót a fegyveres erők **hadászati védelmi hadműveletével** kívántuk visszaverni, mely definíciószerűen¹ a következőt jelenti „*a Magyar Köztársaság fegyveres erőinek az országot ért agresszió elhárítását szolgáló fegyveres küzdelme, az MH csapatai által - alapvetően az ország területén és légterében, egységes hadászati elgondolás és terv alapján - végrehajtott védelmi hadműveletek, ütközetek és harcok összessége.*”

A **hadászati védelmi hadművelet** a következő fő tartalmi a összetevőkből állt:

- a Magyar Honvédség csapatainak és a kijelölt Határőr erőknek a határközeli első **védelmi-, és légvédelmi hadművelete(i)**,
- a hadművelési főirányokon kívüli területek (terepszakaszok, irányok) **katonai ellenőrzése**, valamint
- a fontosabb objektumok őrzés-védelme.

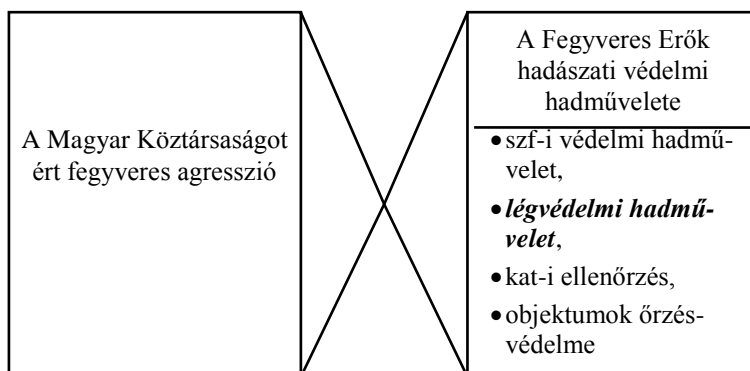
¹Ált(62. A Magyar Honvédség ideiglenes hadművelési utasítása, Honvédelmi Minisztérium, 1994

A repülő és légvédelmi csapatok - deklarált - harctevékenységi formái „alkalmazkodtak” a nyugati elvek szerinti - harcászati légiereő alkalmazásának formáihoz, „tisztán” követő jellegűek voltak, így a harctevékenységi formák mindig választ adtak a harcászati légiereő által „használt” megfelelő tevékenységi formára.

Mik is voltak a harcászati légiereő harctevékenységi formái ?

A hadászati szintű - haditevékenységi forma - a **légi hadjárat** (hadászati művelet), ami általában a teljes háború időszakában a légiereő (repülőerők) tevékenységét meghatározza, a háború céljainak elérésére irányul. Más megfogalmazás szerint² „hadászati művelet, a háborúban folyó fegyveres küzdelem légi hadműveletekből, légi tevékenységekből álló összetevője, a repülőerők alkalmazásának azon formája, melyet az adott hadszíntéren (háborús szintéren) a legfelsőbb katonai parancsnokság egységes elgondolása és tervei alapján, más haderőnemekkel együttműködve, vagy önállóan a háború céljainak elérése érdekében folytatnak.”

A **légi hadműveletet** a harcászati légiereő a légi hadjárat egy-egy fő feladatának a végrehajtása érdekében hajtja végre, célja, hogy kedvező feltételeket teremtsen a további saját és más haderőnemek tevékenységéhez. Tartalmilag **légi tevékenységekből** - mint a harc feladat sikeres végrehajtását célzó összehangolt repülések összessége - és légi támadásokból áll.



1. ábra. A hadászati védelmi hadművelet

A **légi támadás** a légi hadviselési eszközöknek az ellenség katonai és fontosabb polgári objektumainak pusztítására (bénítására, lefogására) irányuló összehangolt tevékenysége. A légi támadást a különböző jelzői (tömeges, összpontosított, szisztematikus, vagy rendszeres) minősítik.

A **tömeges légitámadás** esetén az adott ország (koalíció) a légi hadviselési eszközeinek egészét (túlnyomó többségét) egyidőben (rövid idő alatt) veti harcba, az **összpontosított légitámadás**ban a harcászati légiereő az erő kifejtését meghatározott szempontok szerint kiválasztott objektumok pusztítására (bénítására, lefogására) összpontosítják.

A **szisztematikus (rendszeres) légitámadást** a harcászati légiereő két légi támadás közötti szünetekben a folyamatos ráhatás és az elért eredmények megszilárdítása érdekében hajtja végre.

² Alapvető fogalmak, kategóriák, ZMKA Lé. és re. haderőnemi fakultás, 1993, nytsz.: 820\4, (6. oldal)

A légi támadás központi eleme a **légi csapás**, amely a légi hadviselési eszközök határozott ráhatása az ellenséges objektumokra azok pusztítása (bénítása, lefogása) céljából.

Most nézzük meg milyen harctevékenységi formák voltak szembeállítva a harcászati légierő tevékenységi formáival!

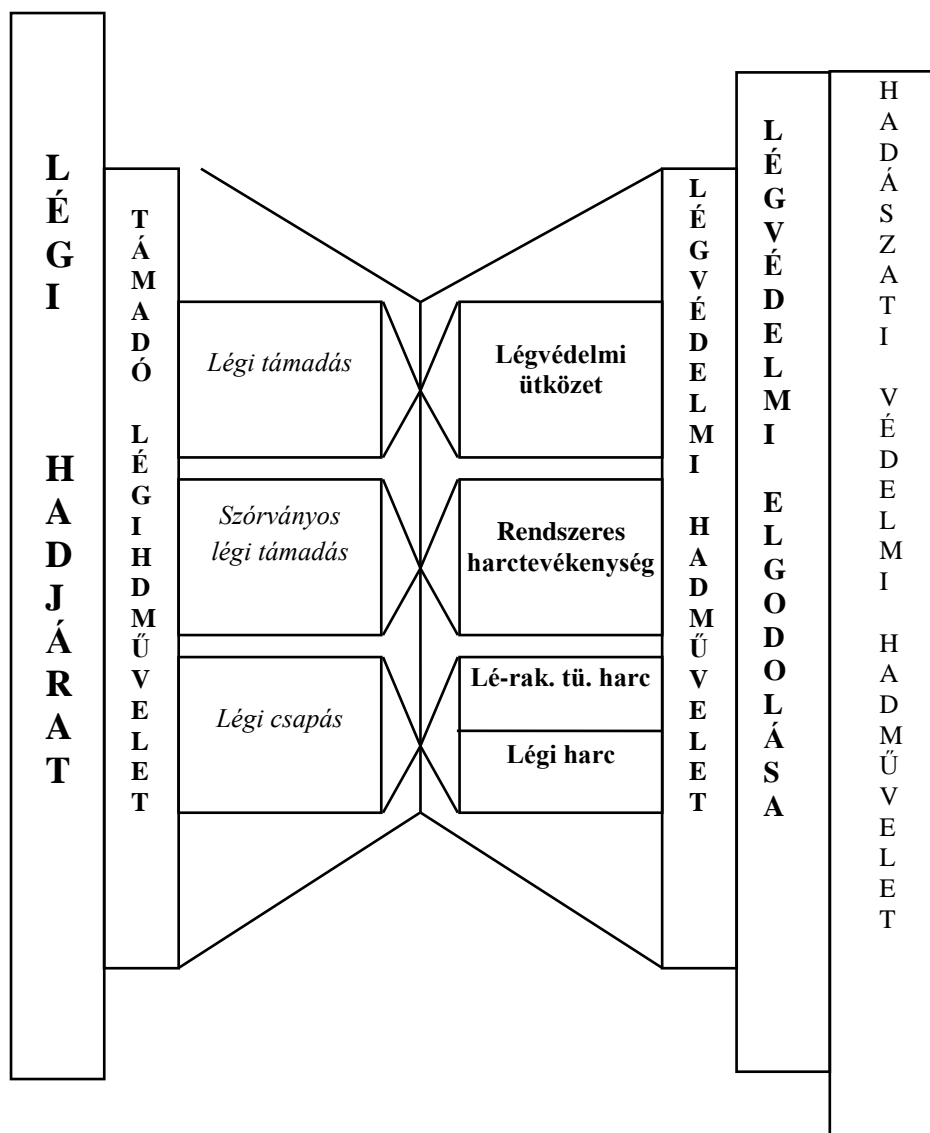
Ennek legfontosabb eleme a **légvédelmi hadművelet** volt, amely a repülő és légvédelmi csapatok egységes elgondolás és terv alapján, feladat, hely és idő szerint egyeztetett, egymással kapcsolatban álló **légvédelmi ütközeteinek, rendszeres harctevékenységeinek, légvédelmi harcainak** összessége az ellenség támadó légi hadműveletének visszaverésére, s így a kijelölt objektumok, csapatcsoportosítások légvédelmi oltalmazása a légi ellenség csapásai ellen.

A légvédelmi hadművelet tartalmi elemei voltak:

- a támadó légi hadviselési eszközök felderítése, a felderítési információk feldolgozása és továbbítása a megfelelő formában a felhasználók számára,
- a légi ellenség várható tevékenysége elgondolásának felfedése,
- légvédelmi harcok, légvédelmi ütközetek megvívásával, rendszeres harctevékenységek végrehajtásával az oltalmazási feladatok megoldása,
- elektronikai harc a saját eszközeink harci alkalmazhatóságának biztosítására,
- hadműveleti-, és harcászati manőverek az erő kifejtés összpontosítása, áthelyezése.
- a hadművelet-, harcok mindenoldalú biztosítása.

A **légvédelmi hadművelet** akkori **prognózisa szerint** a légi ellenség a harctevékenységek kezdeti időszakában erő kifejtését várhatóan a légi fölény kivívására fogja összpontosítani, az első légi támadás(ok) a légvédelmi rendszer egyes elemeinek (a határközelben települt rádiótechnikai alegységek állásai, a harcászati repülők repülőtere, a légvédelmi rakéta alegységek harcrendjei, harcirányító pontok) „*kikapcsolására*” irányulhatnak. A berepülések mélysége - az országhatártól - kb. 40-50 km-re valószínűsíthetőek, így a légvédelmi harctevékenységek térbeli kiterjedése is erre a mélységre kell korlátozódnia. A légvédelmi hadművelet további menetében a következő légi támadások visszaverése során - az ország mélységében elhelyezkedő objektumok légvédelmi oltalmazásakor - a repülő és légvédelmi csapatok harctevékenysége átfoghatja a Magyar Köztársaság teljes légtérét.

A légvédelmi hadművelet megvívása során a repülő és légvédelmi csapatok az erő kifejtésüket mindig azon feladatok végrehajtására, azokba az irányokba, körzetekbe összpontosítják, amelyekre a légi ellenség fő tevékenysége irányul, ezért a légvédelmi hadművelet kezdeti időszakában a légvédelmi rendszer első lépcsőjében települt hadműveleti elemek, csapatcsoportosítások oltalmazására, azt követően pedig a védelmi hadműveletet folytató szárazföldi csapatok csoportosításai elleni légi csapások elhárítására, majd - optimális esetben - az ellencsapásban résztvevő szárazföldi csapatok előrevonási útvonalainak, sávjának és az ellencsapás körzetének légvédelmére fordítják fő figyelmüket.



2. ábra. Az ellenséges légierő és a re. és lé. cs. harctevékenységi formáinak kapcsolatrendszere

A repülő és légvédelmi csapatok - az alaprendeltetésükön kívül - harctevékenységet folytathattak a szárazföldi csapatok érdekében, például, csapásmérés az ellenség mélységében elhelyezkedő vezetési pontok, csapatcsoportosítások és más kiemelt fontosságú célpontok ellen.

A **légvédelmi ütközet** azon összehangolt légvédelmi harcok összessége, melyet a légvédelmi hadművelet egy részfeladatának megoldására - egy légi támadás visszaverésére - hajtanak végre, így a légvédelmi ütközet megvívásának célja a légi ellenség (tömeges, vagy összpontosított jellegű) légi támadásának elhárítása, s ezzel az oltalmazási feladatok megvalósítása. A légvédelmi ütközetet viszonylag korlátozott térségben és időtartamban vívják meg. A légvédelmi ütközet kezdetének azt az időpontot tekintjük, amikor a repülő és légvédelmi csapatok hadműveleti felépítésének első lépcsőjében települt rádiótechnikai alegységek a levegőben felderítik a légi támadásban résztvevő első légi kötelékeket, az ütközet befejeztének, pedig azt, amikor az utolsó légi hadviselési eszköz is elhagyja a magyar légteret.

A **rendszeres harctevékenység** a repülő és légvédelmi csapatoknak - az ellenség két légi támadása, azaz két légvédelmi ütközet közötti időszak - harctevékenységi formája, melyet az ellenség szisztematikus légi támadásának elhárítására hajtanak végre, összehangolt légvédelmi harcok sorozata, melyek sikeres végrehajtásával biztosíthatóak a manőverek és a helyreállítási feladatok.

A rendszeres harctevékenységek sikeres megvívásával megvalósítható az ország fontosabb objektumaira mérendő ismételt légi csapások elhárítása, az ellenség légi felderítésének megakadályozása, valamint a saját csapatok manővereinek, átcsoportosításainak oltalmazása és a csapások következményeinek felszámolása, a megbontott légvédelmi rendszer helyreállítása.

A rendszeres harctevékenység végrehajtása során a légvédelmi harcok korlátozott számban kerülnek lefolytatásra, míg a harctevékenységek térbeli kiterjedése, akár jelentősen, meghaladhatják a légvédelmi ütközetek körzeteit, megvívását bonyolítja az a tény, hogy a légvédelmi ütközetek közötti szünetekben kerül végrehajtásra, amikor a repülő és légvédelmi csapatok fő feladataként a csapások következményeinek a felszámolása, a légvédelmi rendszer helyreállítása és a további harctevékenységekre való közvetlen felkészülés jelentkezik.

A rendszeres harctevékenység vezetésének megszervezésénél alapnak tekintik a centralizált vezetési formát, mert a végrehajtás során a harctevékenység viszonylag nagy földrajzi kiterjedésben, a légi támadásokhoz viszonyítottan kisebb számú csapásmérő- és felderítő kötelék részvételével történik, ami az erők-eszközök gazdaságtalan felhasználását eredményezheti, ha a fegyvernemi magasabb egység-, egység- és alegység parancsnokok a légi célok megsemmisítésére önállóan, decentralizáltan hoznak elhatározást.

A légvédelmi hadművelet, a légvédelmi ütközet és a rendszeres harctevékenység a hadműveleti szintű, míg a légvédelmi harc, a légvédelmi rakéta- és tüzerharc, valamint a légi harc a repülő és légvédelmi csapatok harcászati szintű alkalmazási formái.

A **légvédelmi harc** a két haderőnem - a légvédelmi rakéta- és tüzer csapatok, valamint a harcászati repülők - légi hadviselési eszközök megsemmisítését célzó harcainak összessége.

A **légvédelmi rakéta- és tüzerharc** az alegységek cél, hely és idő szerint egyeztetett tüze és manővere az oltalmazási feladatok sikeres végrehajtása érdekében.

A **légi harc** az egyes repülőgépek, repülőalegységek és egységek **tüze** és **manővere** a légvédelmi oltalmazási feladatok végrehajtása céljából.

A repülő és légvédelmi csapatok harctevékenységi formáihoz szorosan kötődő fogalom a **harctevékenységi mód**³ kategóriája, melynek három változatát különböztetünk meg :

- a kijelölt objektumok (körzetek) oltalmazása a repülő és légvédelmi csapatok alapvető erő kifejtésének a főirányokban történő összpontosításával, a rendelkezésre álló erők és eszközök egyidejű (rövid idő alatt történő) harcbevételével,

³Ált(62. A Magyar Honvédség ideiglenes hadműveleti utasítása, Honvédelmi Minisztérium, 1994

- a kijelölt objektumok (körzetek) oltalmazása az erő kifejtésnek meghatározott terepszakaszokon, zónákban történő elosztásával, a rendelkezésre álló erők *folyamatos harc* bavitésével,
- az erő kifejtésnek és a harc bavitésnek a *kombinált alkalmazása*.

BEFEJEZÉS

Összegzésként megállapíthatjuk, hogy: a harci alkalmazásra tervezett harctevékenységi formák nem „lépték túl” a „honi légvédelem”, a „légvédelmi csapatok” szemléletmódon, továbbá, a harctevékenységi formák „tisztán” (honi) légvédelem orientáltak voltak. A repülő és légvédelmi csapatok - deklarált - rendeltetésének és feladatrendszerének csak a légvédelmi típusú részeit „fedték le”, nem tekintették egyik harctevékenységi forma részének sem a szárazföldi csapatok érdekében végrehajtandó tevékenységeket (csapásmérés, légi biztosítás, szállítás, stb.).

Könnyen belátható az is, hogy a hadművelleti szintű formák (légvédelmi hadművelet, légvédelmi ütközet, rendszeres harctevékenység) és a légvédelmi összefegyvernemi forma (légvédelmi harc) „csak” egyfajta „*ernyő (gyűjtő) definíciók*”, így csupán meghatározott céllal vívott- és egybegyűjtött légvédelmi rakéta-tüzér- és vadászrepülő légi harcok összessége. E logikát követve kijelenthetjük, hogy az összes tárgyalt harctevékenységi forma központi eleme - lényege - a két tüzefegyvernem harca, a tüze és a tűzkiváltás érdekében végrehajtott manővere volt. Az is megállapítható, hogy a haderőnem harctevékenységi formáinak elméletrendszere logikailag nem tiszta, nem következetes minden szempontból, így természetesen nem egyezik teljes mértékben az első részben tárgyalt - általában vett - „*forma elmélettel*”.

Végezetül vizsgáljuk meg azt, hogy hol voltak rések az elméletben és azt, hogy hol jelentkeztek „*illesztetlenségi*” problémák az általános elmélet és a konkrét - a repülő és légvédelmi csapatok harctevékenységi formáinak - elmélete között. Az ellentmondások feltárása előtt le kell szögezni azt a tényt, hogy a repülő és légvédelmi csapatok harctevékenységi formái követő jellegűek, s így az agresszor légierőjének alkalmazási formáihoz kellett, hogy „*idomuljon*”.

A fentiek ellenére az ellenséges légierő *légi hadjáratával* - mint hadászati művelettel - szemben nem állítottak hadászati szintű (jelentőségű) haditevékenységi formát, pedig az általános elmélet a haditevékenység formáit csak gyűjtőfogalomként definiálja, mint az egyes haderőnemek által folytatott tevékenységek összességét. Bár volt ennek az ellentmondásnak a feloldására kísérlet, mert egyes irodalmak közvetetten a hadászati védelmi hadművelet ún. *légvédelmi elgondolását* tekintették „*legfőbb*” mozgatónak, ezért - kimondatlanul - ezt állították szembe az ellenséges légierő tevékenységét a teljes háború időszakára meghatározó légi hadjáratával.

A másik fő ellentmondás az általános elmélettel, az hogy az ott felsorolt - és általánosan elfogadott - formák (hadművelet, ütközet, harc, csapás és folyamatos harctevékenység) nem egyeztek meg teljes

mértékben az ellenséges légierőnek és a saját repülő és légvédelmi csapatoknak tulajdonított formákkal. A repülő és légvédelmi csapatok vonatkozásában a hadművelet, ütközet és harc alkalmazása azonos, de a rendszeres harctevékenység már nem feltétlen azonos a folyamatos harctevékenységgel, ami a csapatok harctevékenységi módjában jelent meg. Az ellenséges légierőnél a hadművelet, harc és csapás egyezett.

A korábbi elmélet⁴ szerint a (légi) csapás megegyezett a „*mostani*” légi támadás fogalmával, melyet az idegen hadseregek alkalmazásának kérdéseivel foglalkozó szakemberek a 80-as évek végétől vezettek be, hogy ne legyen a „*csapásban csapás*”, de ezzel újabb rést ütöttek az elméleten, mert a támadás - általánosságban - csak mint a harc fajtájaként volt definiált.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Ált\62. A Magyar Honvédség ideiglenes hadműveleti utasítása, Honvédelmi Minisztérium,1994
- [2] Maloványi Sándor: A légierő helye és szerepe az USA és a NATO katonai doktrínájában, ZMKA-jegyzet, 1973, nytsz.:236/2299
- [3] A Szovjet Hadtudomány Enciklopédiája, MNVK, Zrínyi Katonai Kiadó, Bp., 1985
- [4] Katonai Értelmező Szótár, Zrínyi Katonai Kiadó, Bp., 1976, ISBN 963 326 178 3
- [5] Hadtudományi Lexikon, Magyar Hadtudományi Társaság, Akadémiai Kiadó, Bp.,1995, főszerk.: Dr.Szabó József, ISBN 963 045 226 X,8
- [6] Szovjet Katonai Enciklopédia, MNVK Tudományos Osztály MNVK Szabályzatszerkesztő és Kooperációs Osztály, Zrínyi Katonai Kiadó, Bp., 1985,
- [7] Alapvető fogalmak,kategóriák,ZMKA Lé.és re.haderőnemi fakultás,1993, nytsz.:820\4;

⁴ Maloványi Sándor: Az MNK ellen várható légi-, légi-kozmosz hadművelet elvi felépítése és valószínű lefolyása, ZMKA-jegyzet, 1971, nytsz.:236/2297



Prof. Dr. Lukács László (CSc.)

A TERRORISTA ROBBANTÁS ÉS A REPÜLÉS

A világ a XXI. századba érve, várakozásaink ellenére semmivel sem lett egyszerűbb, vagy könnyebb. Az élet számtalan területén súlyos problémákkal szembesülünk, melyekre választ kellene, kell adnunk. Az elmúlt évszázad a világháborúkról, a két nagy világrendszer, akár újabb világégést előrevetítő szembenállásáról szólt. A jelenre a terrorizmus fenyegetésének sötét árnyéka vetül. Ennek okairól számtalan cikket, tanulmányt olvashattunk, a társadalmi, politikai és tudományos élet szereplői különböző fórumokon, rendezvényeken kutatták, vitatták meg. Az eddigi eredmények mindannyiunk számára ismertek, a továbbiakban ezzel a kérdéskörrel nem foglalkozunk. A cikkben a terroristák által elkövetett robbantásos cselekményeket vizsgáljuk, ezen belül is, a repülés biztonságát fenyegető akciókat. Bemutatjuk főbb jellemzőiket, és megoldásokat keresünk az elhárítás lehetőségeire.

A KEZDETEK

A repülés a kezdetektől, de legalább is a II. világháborút követően, a légi utasforgalom széleskörű elterjedésétől fogva, a bűnös célú cselekményektől legfenyegetettebb szállítási módok közé tartozott és tartozik ma is. A repülőgép eltérések, ma már látszólag könnyű elkerülhetőségét a 2001. szeptember 11-i események cáfolták legmarkánsabban.

A múltba tekintve két fő okot találhatunk, mely a légi utas-szállítás elleni támadások ilyen nagyarányú megjelenését indokolhatta. Egyrészt a „hőskorban” még egyáltalán nem tekintették a repülést biztonságosnak, így egy robbantásos merénylet elkövetői azt hitték, egy-egy repülőgép katasztrófát követően a hatóságok is könnyebben lezárják az ügyet technikai problémaként. Ráadásul az akkori vizsgálati módszerek sem igazán a bűnüldözőket támogatták, így a „tökéletes bűncselekmény” valóban megvalósíthatónak látszott, viszonylag csekély robbanóanyag „segítségével”.

A másik okot viszont pont a légi utas-szállítás előnyének tekinthető, a reklámokban különösen hangsúlyozott „az idő pénz”, a repülés „lehet, hogy drágább, de sokkal gyorsabb” árnyoldala jelentette. Nevezetesen: a légitársaságok nem csak az utasok, hanem egyéb, mások által feladott csomagokat is szállítottak. Mivel az öngyilkos merényletek akkor még nem igazán voltak jellemzők, egy szállításra feladott csomagban könnyű volt robbanóanyagot juttatni a fedélzetre. A csomagok tételes ellenőrzésére, akár több órás átvizsgálására ugyanis egyszerűen nem volt idő. Az eredmény pedig: a haragosok eltüntetéséhez ugyanúgy, mint pl. biztosítási csalás elkövetéséhez a repülőgép robbantást választották. A többi utasnak pedig, egyszerűen „nem volt szerencséje”...

A bűnüldöző szervek természetesen mindent elkövettek, az új fenyegetés elhárítása érdekében. Az első nagy áttörés a Kanadai Királyi Lovasrendőrség (RCMP) nevéhez fűződött. 1949. szeptember 9-én, a Montrealból Québec Citybe tartó DC-3-as gép, 20 utassal és 3 fős személyzettel a fedélzeten, a Szent Lőrinc folyótól északra, lakatlan területen lezuhant. A látszólag balesetnek tűnő katasztrófa kitervelőjének viszont nem volt szerencséje. A légi katasztrófának ugyanis szemtanúi voltak a közelben dolgozó halászok és favágók. Tanúvallomásaik alapján a rendőrség arra a következtetésre jutott, hogy a gép bal első csomagterében bomba robbanhatott. A nyomozás két irányban kezdődött: egyrészt ellenőrizték a csomagokat és azok feladóit, másrészt laboratóriumi vizsgálatnak vetették alá a roncsokat.

Az utaslista és a csomagfelvétel ellenőrzése alapján találtak egy 28 fontos, Montrealban feladott csomagot, melyhez nem tudtak létező személyt kapcsolni (a feltüntetett címen ilyen embert nem ismertek). A tényleges feladót egy, a szállítását végző taxisofőr segítségével sikerült megtalálni.

Az igazi újdonságot viszont az az aprólékos laboratóriumi munka jelentette, melynek eredményként kimutatták a roncs darabjain maradt robbanóanyag nyomokat, sőt, az időzített gyújtószerkezethez használt szárazelem alkotóit is olyan pontossággal, hogy az alkalmazott elem típusát is meg tudták állapítani. A tárgyalást követően a tettest, a bizonyítékok alapján elítélték, és 1951-ben kivégezték. A kutató-elemző munka szakmai fogásait 1955 augusztusában, Chicagóban jelentették meg. Ezt felhasználva bizonyították az FBI szakemberei az 1955. november 1.-én, Colorado felett felrobbantott repülőgép ügyének kivizsgálásakor a bűncselekmény elkövetését. A tettes, az édesanyja nevére kötött 37.800,- dolláros életbiztosítást kívánta ily módon megszerezni. [1]

ROBBANÓANYAG A FEDÉLZETEN

A robbanás veszélye a nagymagasságú repülésre

A robbantásos merénylők és a cselekmények megelőzéséért felelős, illetve azok bekövetkezését követően a vizsgálatot végzők közötti küzdelem azóta is váltakozó sikerrel folyik. Sajnos, a technikai fejlődés, a repülés korszerűsödése, áttételesen a robbantást elkövetők segítségére sietett. A mai sugárhajtású gépek úgy gazdaságossági, mint környezet- és zajvédelmi megfontolásokból 10-14 ezer méter magasságban repülnek. Itt viszont, a földi viszonyokhoz képest jelentősen csökken a hőmérséklet és a légnyomás. Az utastérben ugyan légkondicionálás és túlnyomás teszi kellemessé a közérzetet, az utazási magasságot jelentő troposzféra és a sztratoszféra határán viszont, a levegő külső hőmérséklete $-40-50^{\circ}\text{C}$. A légnyomás átlagos értéke a tengerszinten 1013 millibar (mbar), de ez, felfelé emelkedve a légkörben, közelítőleg 5000 méterenként, a felére csökken. Példával illusztrálva: 3000 m-es magasságban a légnyomás már csak 690 mbar, a Csomolungma (Mount Everest) tetején, 8848 méteren 310 mbar, az előbb jelzett repülési magasságban pedig, 120-150 mbar körül van. Ez azt jelenti, hogy amennyiben akár egy lövéstől, vagy egy kisebb mennyiségű robbanóanyag töltet

robbanása következtében a repülőgép törzse ebben a magasságban megsérül, a külső és belső légnyomás különbség viharos gyorsasággal próbál kiegyenlítődni (a mai gépeken általában 2500 m-es magasságnak megfelelő állandó értékre szokták a belső légnyomást beállítani). A hatalmas szívó hatás letépi a burkolatot, kiszippantja a sérülés közelében ülő embereket, a bent maradékkal pedig, az oxigénhiány és a rettenetes hideg végez, mielőtt még a gép darabokra hullva le nem zuhan.

A repülőterek biztonsági személyzete részére tehát a legfontosabb feladat: robbanóanyagot tartalmazó csomag nem kerülhet a csomagtérbe, továbbá lőfegyverrel vagy robbanóanyaggal a fedélzetre senki nem juthat be!

Kezdeti módszerek a robbanószerkezetek felkutatására

Az első időkben, mikor a robbanóanyagot tartalmazó csomagok jelentették a fő veszélyt, több módszerrel is kísérleteztek a repülőtereken, az ilyen jelegű veszélyeztetés elkerülésére. A zsarolási jellegű bejelentések esetén, mikor az ismeretlen telefonáló még a gép indulása előtt fenyegetőzött a feladott csomag felrobbantásával, hatékony, és viszonylag gyors módszernek bizonyult a csomagok kirakása a gépből, majd az utasok felszólítása, hogy „mindenki vegye magához a saját poggyászát”. A gazdátlanul maradt bőröndben nem egyszer sikerült felfedezni a robbanószerkezetet. [2] Az eljárás gyengeségét az jelentette, hogy feltételezte: az elkövető nem akar felrobbanni, így nincs a gép utasai között. A vallási fanatikus merénylők megjelenésével viszont, amikor az önpusztító merénylet egyenesen dicsőséget jelentett az elkövető számára, ez a megoldás használhatatlanná vált.

A nagy forgalmú repülőtereken nem csak kábítószert, hanem robbanóanyagot kereső állatokat is próbáltak bevetni, de az egyre nagyobb forgalomból keletkező hatalmas csomag-hegyekkel egy idő után nem nagyon bírtak. Az intenzív keresésre ugyanis ezek állatok (főleg kutyák, de alkalmaztak, pl. sertéseket is), csak korlátozott időtartamban képesek, utána pihentetni kell őket. Ennek ellenére ma is szolgálatban vannak robbanóanyag kereső kutyák a nagy légitársaságokban, de nem, mint a csomagvizsgálat kizárólagos eszközei, mint inkább egy-egy különösen fenyegetettnek tekinthető járat biztosítói, vagy egy bombafenyegetés esetén az adott tétel gyors átvizsgálását elvégző segítők.

Korunk kihívása – gyorsaság és hatékonyság

Modern, rohanó világunkat két, egymással szorosan összefüggő tényező vezérli: az idő és a pénz. A polgári repülés az „improktív” idő lerövidítésével teszi hatékonyabbá életünket. Ugyanakkor kiszolgáltatottá is tesz bennünket. Gondoljunk csak arra, hogy a londoni Heathrow repülőtér, a maga két kifutópályájával, öt termináljával évente mintegy félmillió járatot indít és fogad, kb. 67 milliós utasforgalommal. Az 5. terminál 2008. március 27-i megnyitásakor óriási káosz keletkezett, a csomagtovábbító rendszer „kisebb” fennakadása miatt. Csak a British Airways 34 járatot volt kénytelen délutánig törölni aznap. Ilyen forgalom mellett, csak a korszerű technikai eszközök széleskörű alkalmazása segíthet abban, hogy kiszűrhetők legyenek azok a személyek, illetve csomagok, akik, és amik egy repülőgép elpusztítására hivatottak. Pont ez a felfokozott ütem az a

gyengesége a polgári repülésnek, ami a robbantásos cselekmények kitervelői pontosan tudnak, és maximálisan kihasználnak.

GONDOLATOK PÁPA BÁZISREPÜLŐTÉR KAPCSÁN

Jogosan vetődik fel az a kérdés ezen a rendezvényen, hogy egy katonai repülőtér esetén ez a probléma talán nem jelentkezik ilyen élesen. A MH Pápa bázisrepülőtér megnyitásával viszont nagy tömegű árú és élőerő szállítására is fel kell készülni. És az afganisztáni NATO erők pakisztáni ellátó bázisai elleni terrorista támadások tükrében, már egész más dimenzióba került ez a probléma.

A cikk további részében azon technikai eszközök között szemlélünk, melyek úgy a repülőgépen utazó személyek, mint a szállítandó kisebb, vagy nagyobb méretű csomagok, akár konténerek biztonságos átvizsgálása révén, képesek kiszűrni a robbanóanyagokat, ezzel megakadályozva a légi katasztrófát. A világon számos cég fejleszt, gyárt ilyen biztonsági berendezéseket. Mi most egy olyan, Magyarországon is jelenlévő cégcsoport termékeiből szemlélünk, mely élenjáró úgy a kutatás-fejlesztés, mint a gyártás területén.

A repülőtéri csomagvizsgálat során már elég régen megjelentek azok az, egyre nagyobb tudású röntgen berendezések, melyek segítségével a kezelő a csomag kinyitása nélkül nyerhet bepillantást annak belsejébe. Mi most azokat az eszközöket mutatjuk be, melyek a hagyományos röntgenek átvilágító funkcióján felül, automatikusan képesek az elrejtett robbanóanyag detektálására is.

Automatikus robbanóanyag detektálók [4]

HI-SCAN 10080 EDtS



A HI-SCAN 10080 EDtS automatikus robbanóanyag felismerő berendezés a jól bevált Smiths Heimann EDS technológia második generációját képviseli. A 100%-os vizsgálat előírásainak teljes mértékben megfelelő berendezés adottságainak köszönhetően a legkorszerűbb és legátfogóbb megoldást jelenti.

Főbb jellemzők:

- Detektálás: az EDtS forradalmian új szemlélettel kapcsolja össze az anyagok két fizikai jellemzőjét, azaz az effektív atomszámot (Z_{eff}) és a sűrűséget. Ezek elemzése alapján a berendezés kategóriájában, a legnagyobb arányban ismeri fel a veszélyes anyagokat;

- Átbocsátóképesség: az EDtS képes óránként 1800 csomag átvizsgálására, új színvonalra emelve az automatikus vizsgálat technológiáját;
- Integráció: a 0,5 m/s szalagsebességgel működő EDtS eleget tesz a beépíthetőség követelményének. Felépítésének köszönhetően könnyen integrálható meglévő vagy újonnan tervezett szállítószalagos ellenőrző rendszerekbe;
- Műszaki adatok:
 - Maximális tárgyméret: 1060 x 800 x 1300 [mm] (sz x m x h);
 - Berendezés mérete: 3335 x 2020 x 2000 [mm] (h x sz x m);
 - Tömeg: kb. 3800 kg.

HI-SCAN 10080 EDX



A HI-SCAN 10080 EDX automatikus robbanóanyag felismerő berendezés a Smiths Heimann EDS technológia legújabb fejlesztése. A jól bevált, többszintű csomagellenőrzés első vizsgálati szintjén a gyors robbanóanyag felismerő EDX berendezés automatikusan vizsgál minden csomagot. Az EDX által „tisztának” nyilvánított csomagok folytathatják meghatározott útvonalukat, míg az elutasított csomagokat és a róluk készült képet a berendezés automatikusan további vizsgálatra küldi a második biztonsági szintre. Ha további alapos vizsgálatra van szükség, akkor a csomagokat és a képeket a harmadik szintre küldik. Itt az elvárt kisebb áteresztőképesség különböző technológiák alkalmazását teszi lehetővé a repülőtér biztonsági filozófiájának megfelelően.

Műszaki adatok:

- Maximális tárgyméret: 1060 x 800 x 3800 [mm] (sz x m x h);
- Átbocsátó képesség: 1800 csomag/óra;
- Berendezés mérete: 2400 x 1740 x 1890 [mm] (h x sz x m);
- Tömeg: kb. 2300 kg.

HI-SCAN 10080 EDX-2is



A HI-SCAN 10080 EDX-2is automatikus robbanóanyag felismerő berendezés a HS 10080 EDX berendezés továbbfejlesztése a meglévő szoftver és automatikus vizsgálati paraméterek változtatása nélkül. Egy második röntgen generátor hozzáadásával (Dual View technológia) jelentősen javult a képkiértékelés. Többek között ez teszi lehetővé, hogy a kezelőszemélyzet virtuálisan a csomagban levő tárgyak „mögé nézzen”, hogy felfedezze az eldugott tárgyakat. Ennek a bővítésnek köszönhetően jelentősen csökken az elutasított csomagok száma, vagyis drasztikusan csökken a csomagok újraellenőrzésének szükségessége a következő vizsgálati szinten.

Műszaki adatok:

- Maximális tárgyméret: 1060 x 800 x 3800 [mm] (sz x m x h);
- Átbocsátó képesség: 1800 csomag/óra;
- Berendezés mérete: 2900 x 2140 x 1900 [mm] (h x sz x m);
- Tömeg: kb. 3000 kg.

Mobil röntgenek [4]

Bizonyos esetekben a csomag átvizsgáló röntgen rendszerek fix telepítése nem old meg minden problémát, szükség lehet mobil rendszerek alkalmazására (pl. egy repülőgépen érkező és egy másik gépen továbbítandó szállítmány átrakása előtt, a két gép mellett). Erre is bemutatunk néhány lehetőséget.

ScanTrailer



- Rugalmas röntgenellenőrző rendszerek;
- Önjáró vagy utánfutós változatok;
- Kialakítástól függően alkalmasság közúti forgalomra;
- Beépített saját áramellátás dízel generátorral;
- HiTraX technológia;
- Könnyű kezelhetőség;
- Maximális tárgyméret: 770 mm x 600 mm (sz x m).

A kisáru szállítóba, utánfutókra szerelt röntgenberendezések gyorsan és rugalmasan alkalmazhatók különféle helyszíneken. Alkalmazási területek, pl. kikötők, repülőterek, határátkelők, vámhivatalok, rendezvények. A berendezések postai küldemények, csomagok, szállítmányok átvizsgálására szolgálnak fegyverek, robbanóanyagok, csempészárúk detektálása céljából. A robusztus járművek, magas-színvonalú alkotóelemek (generátor, légkondicionáló, stb.), az optimális felszereltség és a kezelők munkáját támogató ergonómikus munkaállomás az innovatív, felhasználó-orientált koncepció elemei.

ScanVan



Igény szerint felszerelhető:

- Röntgenberendezést eltérő alagútmérettel;
- Speciális járműtípusokat;
- Speciális járműveket (pl. elektro-motoros, alacsony rakodó magasság, stb.);
- Komplet ISO konténereket bármely járműhöz;
- Maximális tárgyméret: 900 mm x 750 mm (sz x m)

ScanMobile



- Rugalmas röntgenellenőrző rendszerek;
- Önjáró vagy utánfutós változatok;
- Kialakítástól függően alkalmasság közúti forgalomra;
- Beépített saját áramellátás dízel generátorral;
- HiTraX technológia;
- Könnyű kezelhetőség;
- Komplet ISO konténereket bármely járműhöz;
- Maximális tárgyméret: 1200 mm x 800 mm (sz x m).

SilhouetteScan



- Rugalmas röntgenellenőrző rendszerek;
- Önjáró vagy utánfutós változatok;
- Kialakítástól függően alkalmasság közúti forgalomra;
- Beépített saját áramellátás dízel generátorral;
- HiTraX technológia;
- Könnyű kezelhetőség;
- Maximális tárgyméret: 2500 mm x 4300 mm (sz x m).

BEFEJEZÉS

A repülés, robbantásos cselekményekkel szembeni fenyegetettségéről, a védekezés lehetőségeiről 1996-ban írtam az első publikációm [3]. Elolvasva akkori cikkem záró mondatait azt kellett tapasztalnom, hogy – bár ez egyáltalán nem biztató – ma sem tudok újabbat, „okosabbat” írni erről a problémáról...

„A repülés a legbiztonságosabb és leggyorsabb közlekedési forma. A második kitétel sajnos még mindig akadályozója annak, hogy ez a biztonság még inkább növelhető legyen. Nem a technikai hibákkal, hanem sajnos velünk, emberekkel szemben... Rohanó világunk nem fogadja el a várakozást még akkor sem, ha ez saját, jól felfogott érdekében történik. A terrorizmus velünk él, így nekünk is meg kell tanulni vele élni: mindent el kell követni annak érdekében, hogy a levegő hatalmas óceánját hasító gépmadarakra se fegyver, se robbanóanyag sem egyéb károkozásra alkalmas tárgy ne juthasson fel. A feladat látszólag egyszerű, hiszen adott a céltárgy, egy viszonylag nem nagy jármű: ezt kell megvédeni. Innen kezdve, pedig már csak pénz kérdése, hogy pl. a fentebb említett biztonsági eszközökből hányat állítanak szolgálatba azért, hogy a rendelkezésre álló rövid idő alatt, minden a fedélzetre kerülő tárgyat és személyt tüzetesen átvizsgáljanak. A terrorcselekményeknek biztosított világméretű publicitás ártalmas, mert a bűnös célú emberek, szervezetek kerülnek általa az oly hően állított reflektorfénybe. Ugyanakkor ez a publicitás hasznos, mert talán meggyőz végre mindenkit arról, hogy a saját érdekében meg kell, hogy fizesse biztonsága árát...”

Úgy vélem, Pápa bázisrepülőtér kapcsán itt az ideje, hogy ezért a biztonságért megtegyük a szükséges és a megfelelő szintű védelmet biztosító beruházást.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] JÜRGEN, THORWALD: Spuren im Staub Die Stunden der Detektive. Droem-Knauer, München, 1986.
 [2] DR. MUELLER OTHMÁR: Bombariadó. Szövetkezeti Szervezési Iroda, Budapest, 1991.
 [3] DR. LUKÁCS LÁSZLÓ: Biztonságossá tehető-e a repülés a terrorcselekményekkel szemben? Detektor Plus, Budapest, 1996/6.
 [4] <http://zandz.hu/termekeink/rontgen.htm> 2009. április 5.



Prof. Dr. Makkay Imre

ROBOTREPÜLŐGÉPEK KÜLÖNLEGES HAJTÓMŰVEL – „FANWING”

Az elmúl közel tíz évben, Patric Peebles meghökkenítő kivitelű légi járművével rendszeresen megjelenik a nyilvánosság előtt. Az amerikai születésű, Rómában élő, de a legtöbbet Angliában dolgozó feltaláló a „FanWing Company” megalapítója, konstruktőr, kivitelező és menedzser is egy személyben. A „FanWing” különleges képességeit, a lehetséges alkalmazási módokat és a további fejlesztések irányait bemutatva, jelen írásmű a „szakma” és a szélesebb olvasótábor számára kíván hírrel és talán további gondolatok, ötletek forrásául is szolgálni.

BEVEZETÉS

A szárny fölötti nagyobb sebességű levegő áramlás minden repülés alapja. A Bernoulli törvény „erőtetése”, méghozzá komoly turbulenciát keltő lapátokkal méltán keltett feltűnést a repülést értők és művelők között is. A „FanWing” [1] hajtómű nem szokványos kiviteléhez különleges repülési tulajdonságok – kis sebességű, rövid felszállás, nagy emelőerő – tartoznak. A megépített modellek sorra bizonyítják, hogy ez a felhajtó erő rövid nekifutás után a levegőbe emeli a járművet. A STOL – Short Take Off and Landing kategóriába sorolható repülő szerkezet a merevszárnyú repülőgépekhez képest „jóindulatúan” viseli a turbulens légáramlatokat.

A merevszárnyú repülőgépek általánosan „szűk keresztmetszete” a minimális sebesség, amit a fel- és leszállások alkalmával különösen „tisztelni kell”, hiszen nincs magasság az átesés korrigálására. A FanWing ígéretes tulajdonsága, miszerint nem hajlandó „átesni” és a gurulási út a demonstrációs felvételek alapján néhány méter már megérdemli a figyelmet és a téma részletesebb tanulmányozását.

TURBULENS ÁRAMLÁS – FELHAJTÓ ERŐ

Repülés szárnyakkal, a felhajtó erő növelése

Newton szerint a szárny mentén haladó légáramlatok gyorsítása adta reakcióerő, [2] míg Bernoulli törvénye szerint egy közeg áramlásakor (a közeg lehet például víz, de levegő is) a szárny fölötti sebesség növelése miatt következik be a nyomás csökkenése és a repülőgép levegőben maradása. [3]

A merev szárnyú repülőgépek szárnya körüli áramlások, örvények a konstruktőröket folyamatosan foglalkoztatják. [4] A legkisebb közegellenállást keresve a szárny homloklapfelületét igyekeznek

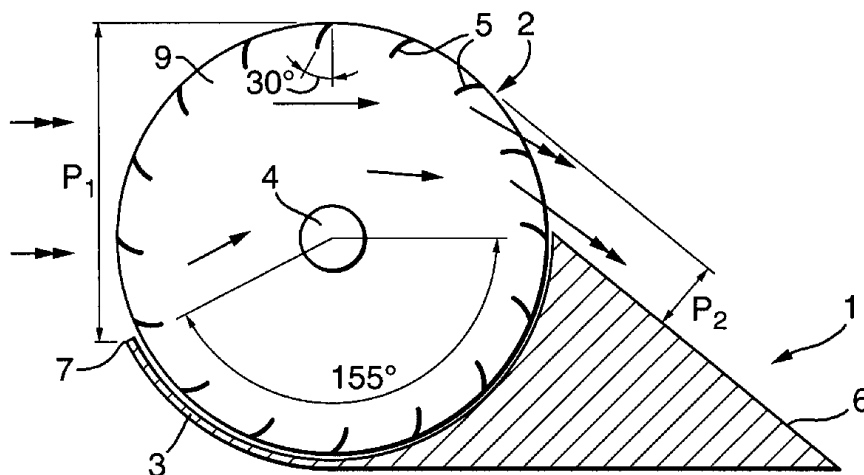
csökkenteni, amihez még kedvező alaki tényező és sebesség is társul – a közeg sűrűségéről nem is beszélve. A polárdiagram, siklószám, merülő sebesség, állásszög és Reynold szám jellemző egy adott szárnyprofil és összességében a repülőgép képességeire. A felhajtó erő növelésére az adott sebességhez illeszkedő szárnyprofil jelenthet megoldást – amennyiben más lehetőség nem adódik. A szárnyprofil – ezzel a felhajtó erő - változtatására az ívelőlap, fékszárny, orr-segéd szárny a legelterjedtebb. [5]

A „FanWing” koncepció a fentiekkel ellentétben mesterséges turbulens áramlással növeli meg a felhajtó erőt a szárny fölött, ezzel már kis sebességnél „kikényszeríti” az emelő erő érvényesülését.

„FANWING”

A találmány

A „Fluid Dynamic Lift Generation” azaz „áramlás-dinamikai emelő generátor” 2001 május 15-én az US 6,231,004 B1 [6] számon nyilvánosságra hozott találmány és annak lényegében kiegészítője az „Aerodynamic Lift Generating Device” azaz „aerodinamikai emelést generáló berendezés US 6,527, 229 B1 [7] számon jelent meg 2003 március 4-én. Az amerikai szabadalmi hivatal az újdonságot igen, az eljárás megvalósíthatóságát nem ellenőrzi.



1. ábra. A szabadalmi leírás ábrája [8]

A leírás alapján: a szárnyak 1 belépő élében 3 forgó lapátkerekes ventilátor 2 egyszerre termeli meg a felhajtó és a tolóerőt. A lapátok 5 közé beáramló levegőt azok felgyorsítva a szárny fölött hátra-lefelé irányítják. Az így keletkezett emelőerő és előre mutató tolóerő eredője – mely összefügg a lapátkerekes hajtómű 4 fordulatszámaival – rövid (STOL) fel/leszállást tesz lehetővé. A belépő él takarásának módosításával 7 a levegő áramlását – ezzel a felhajtó és tolóerőt – lehet szabályozni. A kilépő él 6 irányítja az áramlást (Coandă effektus) [9] – emellett az adott szárny főtartójának szerepét is betölti.

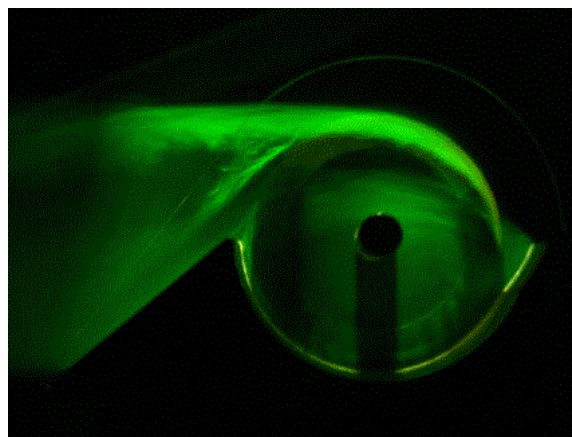
Megvalósítás, kísérletek, tapasztalatok

A „FanWing” feltalálója a bejelentés előtt meggyőződött az elmélete működőképességéről. Csak mintegy négyéves titokban folytatott kísérletezés után jelentett be találmányát és még három évet kellett várnia a „boldogító” eredményre. Számos bemutatót tartott, az időközben készített modelleket 1998-ban az University of Rome, 1999-ben és 2002-ben a londoni Imperial College szélcsatornájában is ellenőrizte.



1. kép. Szélcsatorna kísérletek Rómában és Londonban¹

Az utóbbi mérések alapján született – Mike Graham professzor és tanítványa, Klaus Kögler tollából – a „FANWING Experimental Evaluation of a Novel Lift & Propulsion device” tanulmány. [10] A mellékletekkel 81 oldalas dolgozat kellő szakmai háttérrel írja le a folyadék- és szélcsatornában vizsgált eszköz áramlástani viselkedését. A mérésekhez, a korábbi balsa konstrukció helyett duraluminiumból készítettetek modellt. Ez lehetővé tette a kisebbességű folyadékáramlás vizsgálatát is, mely a rotor belső áramlási képét az eddigieknél pontosabban jelenítette meg.



2. kép. Hosszú expozíciós idővel készült felvétel²

A mérések eredményeit statikus, dinamikus és autorotációs viszonyokra értékelték. Különböző csatornaáramlási sebesség, TSR (Tip Speed Ratio – légszárny vég kerületi sebesség hányados)[11] és

¹ <http://www.fanwing.com/news.htm>

² FanWing Experimental Evaluation of Novel Lift and Propulsion Device K.U. Kögler MEng. Thesis Aeronautical Engineering Department, Imperial College, London 2002

állásszög beállítás mellett gyűjtötték az adatokat. A három évvel korábbi modellhez képest 33.6%-al nagyobb emelő- és 20.2%-al nagyobb tolóerőt mértek.

A másik érdekes következtetés – a mért adatok alapján – a FanWing hatótávolság, repülési idő és üzemanyag felhasználás összehasonlítása egy átlagos helikopter – Eurocopter AS332 Puma – ugyanezen mutatóival. Az r/c modell tömeg-arányos nagyítása után, 12m/s sebességnél az eredmény 35%-al hosszabb repülési időt, 32%-al nagyobb hatótávolságot és 38%-al kevesebb óránkénti üzemanyagfelhasználást mutatott, ugyanolyan hasznos terhelés mellett – a FanWing javára. Patric Peebles egy későbbi nyilatkozatában jelezte, az eredmények jelentősen jobbak, ha a nehezebb (14 kg-os) modell valós sebességén (17m/sec) történik az összehasonlítás.

Oliver Ahad és J.M.R. Graham 2006-ban készített tanulmányában[12] az Imperial Collage egy ultrakönnyű repülőgép szimulátor programjába [13] illetve vizsgálta a FanWing képességeit. Az aerodinamikai adatok bevitele után a modell programhoz illesztése, majd a repülési helyzetek szimulációja következett. A FanWing nem szokványos aerodinamikai viselkedése próbára tette a “normális” repülőgépekre írt (X-Plan, 2006b) programot. Ennek is betudható, hogy a merev szárnyú és a tolóerő-vektor hajtómű kombinációjából nem sikerült a teljes értékű helyettesítés. A program mindemellett hasznos ismerkedés a majdani ultrakönnyű FanWing pilótáknak a “helikopter-szerű”, de merevszárnyú tulajdonságokkal is bíró repülőgép vezetéséhez.

A londoni Kingston University kutatói által 2007-ben végzett számítógépes áramlástani dinamika “Computational Fluid Dynamics – CFD” vizsgálatok eredményei [14] egyrészt feltárták a korábbi mérések hibáit és azok okait, másrészt – a FanWing korábbi geometriai kialakítását javítva a felhajtó erő 23.24%-os növekedését, a légellenállás 8.75%-os csökkenését érték el.

A FanWing-ről számos (28) népszerű és szakmai folyóirat, napilap közölt cikkeket.[15] Az összkép alapján a technikai megoldás eredetisége, meghökkentő kivitelezése és a már igazolt, valamint várható képességek kedvező fogadtatása volt a jellemző vélemény. Idézetek a különösen elismerő sorokból: “egy a néhány valóban új repülőgép közül – a Wright fivérek óta” (Clive Thompson, New York Times); “úgy néz ki mint egy fűnyíró, a konyhában tervezve, de forradalmasíthatja a repülést” (Charls Arthur, Independent); “lehet, hogy a FanWing olyan általános lesz mint a helikopter” (Tim Robinson, News Editor, The Royal Aeronautical Society, Aerospace International); “sok ember megpróbálta és kudarcot vallott – a tények azt mutatják, hogy működik” (Professor JMR Graham, Aeronautics Department, Imperial College, London); “Patric Peebles találmánya lehet, olyan meglepő, mint Frank Whittle jet hajtóműve volt hatvan évvel ezelőtt” (Thomas Withington, RAF Defence Journal). [16]

Az Angliában és Wales-ben bejegyzett FanWing Company (3823471) a kis (3 fő) létszáma ellenére szép sikereket ért el. Patric Peebles 2001-ben elnyerte az “InterEx International Experimental Aircraft Award For Best New Propulsion System”; 2003-ban a ” De Bono ‘Thinking’ Prize in the Saatchi & Saatchi International Awards for ‘World Changing Ideas’” címet. 2001-ben a “Royal Aeronautical Society”; 2004-ben a „World Technology Network for Ideas Most Likely to Influence the Future” díját nyerte el. A FanWing-nek 2004-ben a New York Times „Ideas of Year” kitüntető címet adta. A

FanWing Company 2002 és 2003-ban az Egyesült Királyság „SMART” támogatásában, 2005-ben a „London Development Agency JumpStart Connect” támogatásban részesült. A sikertörténethez kapcsolható Oliver Ahad által elnyert “Association of Aerospace Universities National John Barnes Award”, amelyet az ultrakönnyű repülőgép változat szimulációs modelljéért kapott 2006-ban.

A FanWing első sikeres modellje (1998. szeptember 1.) óta számos bemutatón szerepelt. A “cross flow fan” koncepció megtartásával elektromos és belsőégésű motoros meghajtással különböző változatok készültek el. A rendkívül rövid – néhány méteres – felszállási út és a hasonlóan rövid leszálló pálya igény az átesésmentes viselkedéssel együtt a bemutatók látványossága. Az eddigi repülések mind RC távirányítással történtek. A pilóták nagy modellező és versenyzői tapasztalattal rendelkező személyek voltak, akik kedvezően nyilatkoztak a „FanWing” viselkedéséről.



3. kép. „FanWing” elektromos hajtással³

A legutóbbi – 2008 június ParcAberport és augusztus Farnborough – bemutatókon szereplő 5.5 kg üres-, 12 kg maximális felszállási tömegű (2 kg hasznos tömeg), 1.6 m rotor és 2.4 m teljes fesztávú, 1.2 kW elektromos hajtású, 8.1 m/s (29.16 km/h) sebességgel repülő gép 80 perces bevetésre képes. A nyilvánosságra hozott felvételek [17] alapján, egy letisztult formájú és a hasonló kategóriájú repülőgépek között – sárkány és hajtómű vonatkozásában – versenyképes légi jármű jelent meg.

A feltaláló – miközben a jelenlegi modell rotorjának finomításán dolgozik – folytatja a rövid fel és leszállás (Short Take Off and Landing – STOL) képesség továbbfejlesztését a függőleges fel és leszállás (Vertical Take Off and Landing – VTOL) irányába.

Tervek, célkitűzések

A sárkány és hajtómű továbbfejlesztése, hatékonyságának növelése a feltaláló szándéka, legközelebbi terve. A hasznosításhoz, a találmány értékesítéséhez egy (néhány) konkrét alkalmazásra kell felkészíteni

³ <http://www.fanwing.com/index.htm>

az eszközt. A bemutatókon már kedvező fogadtatást nyert gép kereskedelmi változatának előkészítése kezdődik. Ez már önmagában is igényli az „ipari gondolkodást” és a feladatok szélesebb megosztását.

Az „eladhatóság” legfontosabb feltétele a fedélzeti navigációs és repülésstabilizáló elektronikai rendszer kiépítése, amely nélkül – bármennyire attraktív a hajtóműve – az „R/C TOY” kategóriában marad. A másik megoldandó feladat az alkalmazáshoz illeszkedő képességű hasznos teher kifejlesztése és beépítése. A jelenlegi elektromos meghajtású változat 2 kg hasznos tömeg szállítására van tervezve, egy korábban készült belsőégésű motorral meghajtott „FanWing” 8 kg hasznos terhet tud magával vinni – ami széleskörű alkalmazás lehetőségét sugallja.

A fedélzeti rendszerek célirányos kifejlesztésére a feltaláló – nyilatkozata alapján – várja a közreműködők segítségét. A speciális – a hagyományos merev és forgószárnyú repülőgépek „kormánygépe” ötvözeteként megjelenő – vezérlési mód ehhez illesztett repülésszabályzó rendszert igényel. Ugyanígy megoldásra vár a hajtómű leállás esetén működő vészleszállító rendszer – amely a jelenlegi autó-rotációs képességek mellett még nem működik.

A méretekhez és az energiafelhasználáshoz viszonyított tekintélyes hasznos teher szabadjára engedheti a tervezők fantáziáját. Mindemellett az elektrooptikai eszközök – különösen a hosszú gyújtótávolságú objektívek – alkalmazása esetén a hajtómű okozta vibráció kivédésére külön gondot kell fordítani.

ÖSSZEZÉS

A „FanWing” egy gondolkodó ember találmánya, aki jó adag gépész készséggel megáldva „alkalmazta az elméletet”. Sokéves kísérlet és erre hivatott intézetekkel végzett kutatás eredményeként egy működőképességét bizonyító, valóban új hajtóművet fejlesztett ki.

A kétségtelenül egyedi képességű légi jármű részköltő légi hordozóként jelenhet meg a merev és forgószárnyú repülőgépek között. Különösen hasznos képessége a rövid fel/leszállás, az átesés nélküli repülés, a jó hatásfokú emelő képesség a turbulenciára való érzéketlenség és a viszonylag egyszerű felépítés.

A fejlesztés eddig nem hangsúlyozott láncszemeit – a fedélzeti repülésvezérlő, navigációs és hasznos teher rendszerek – a „késztermék” kibocsátása előtt célszerű integrálni. A „FanWing” koncepció hasznosítására több alkalmazás is számot tarthat, úgymint a tűzoltás, katasztrófavédelem, a villamos hálózat, csővezetékek ellenőrzése, mező-, erdő-, vadgazdálkodás, közlekedés, vízügy és a fegyveres testületek.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] <http://www.fanwing.com/index.htm>
- [2] <http://www.kfki.hu/chemonet/hun/teazo/hogyan/repulo.html>
- [3] http://hu.wikipedia.org/wiki/Bernoulli_t%C3%B6rv%C3%A9ny
- [4] <http://www.tankonyvtar.hu/main.php?objectID=5330073>
- [5] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A1rny>
- [6] <http://www.google.com/patents?id=VukHAAAEBAJ&printsec=abstract&zoom=4&dq=fluid+dynamic+lift+generation>
- [7] <http://www.google.com/patents?id=0xENAAAEBAJ&printsec=abstract&zoom=4&dq=aerodynamic+lift+generating+device>

- [8] Patric Peebles, Fluid Dynamic Lift Generation Unated States Patent 6,231,004 B1 May 15, 2001
- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Coand%C4%83_effect
- [10] FanWing Experimental Evaluation of Novel Lift and Propulsion Device K.U. Kögler MEng. Thesis Aeronautical Engeneering Department , Imperial College, London 2002
- [11] <http://www.vmt.bme.hu/edu/download/szeleromuvek.pdf>
- [12] Flight simulation and testing of the FanWing experimental aircraft O. Ahad Department of Aeronautics, Imperial College, London, UK; JM:R: Graham Department of Aeronautics, Imperial College, London, UK Aircraft Engineering and Aerospace Technology an International Journal, Vol.79 No. 2, 2007.
- [13] <http://www.x-plane.com/>
- [14] Computational study of flow over generic fan-wing airfoil Deepthi Duddempudi and Yufeng Yao Faculty of Engineering, Kingston University, London, UK David Edmondson The Enterprise Exchange, Kingston University, Kingston, UK, and Jun Yao and Andy Curley Faculty of Engineering, Kingston University, London, UK Journal: Aircraft Engineering and Aerospace Technology Year: 2007 Volume: 79 Issue:3 Page: 238 – 244
- [15] <http://www.fanwing.com/docs.htm>
- [16] <http://www.fanwing.com/fanwingltd.htm>
- [17] http://www.youtube.com/watch?v=asJqvrikQSA&eurl=http%3A%2F%2Fwww%2Efanwing%2Ecom%2Fnews%2Ehtm&feature=player_embedded



Prof. Dr. Makkay Imre – Dr. Ványa László

TERMO-KAMERÁK ROBOTREPÜLŐGÉPEK FEDÉLZETÉN

Az emberi érzékszervekkel korlátozottan észlelhető infravörös fénytartomány a technika mai eszközeivel már viszonylag olcsón hozzáférhető, megjeleníthető. A robotrepülőgépek fedélzetén telepített termo-kamerák képe alapján számos geológiai, archeológiai felfedezés születik, nagy szerepük van a katasztrófa helyzetek – árvizek, erdőtüzek, eltűnt személyek – felderítésében, a mező-, erdő-, vadgazdálkodás, földi-, vízi-, légi közlekedés, energiaellátó rendszer hasznos információkkal való támogatásában.

BEVEZETÉS

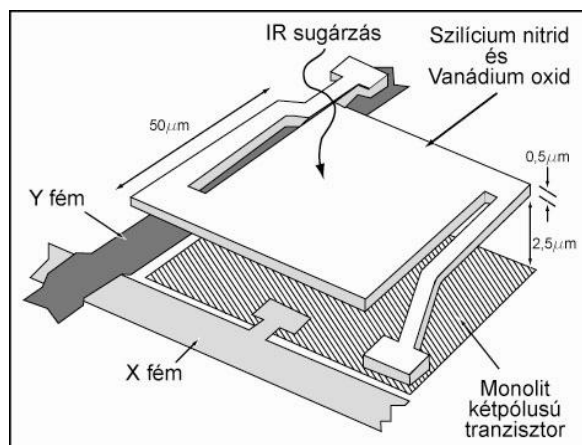
Az ember számára a kép nyújtja a leginformatívabb, leggyorsabban értékelhető élményt. A látható fény hullámtartományánál nagyobb hullámhosszú az infravörös hullámok tartománya. Ennek különös tulajdonsága, hogy minden fizikai test, amely az abszolút nulla Kelvin foknál melegebb, infravörös hullámokat bocsát ki magából. A köznapi értelemben vett hő érzékelését a bőrünk segítségével tudjuk természetes úton – a tárgyak, közeg érintésével – megvalósítani, azonban a távoli testek az általuk keltett jellegzetes hullámhosszúságú sugarak segítségével, ún. távérzékeléssel is megmérhetők. A hőkép megjelenítésére speciális segédeszközt, termo-kamerát kell igénybe vennünk, amely a látható fény tartományán kívüli hőhullámokat a szemünk által érzékelhető képpé transzformálja, vagyis az emberi szem számára „frekvenciatranszponálást” végez., mint amire sok más technikai megoldásban már van példa.

A hőkép olyan, az ember számára – szabad szemmel – nem látható információkat hordoz, amelyek ha rendelkezésére állnak számos területen (építészet, gépek üzemeltetése, környezetvédelem, gyógyítás, stb.) megalapozottabb döntéseket hozhatna. A levegőből olyan „madártávlatú” termo-felvételek készíthetők, amelyek a földfelszín és a tárgyak, élőlények viszonyát egészen új dimenzióban mutatja be. A hosszuhullámú (8-14 μm) hőképhez nincs szükség a szokásos megvilágításra, mert a tárgyak, élőlények a természetes testhőmérsékletük alapján nagyon jól megjeleníthetők. Az éjszakai – még holdfényt is nélkülöző – felvételeken ugyanolyan biztonsággal kirajzolódnak a hőmérsékleti különbségek, mint nappali fényben. Ez a képesség – ötvözve a robotrepülőgépek „mindenidős” bevetetőségével – olyan alkalmazásokhoz enged hozzáférést, melyek az eddigi eszközökkel elérhetetlenek voltak. Jelen írásmű e még jelentős tartalékkal rendelkező technikai eszköz-párra kívánja a kutatók, fejlesztők és leendő alkalmazók figyelmét irányítani.

TERMO-KAMERÁK

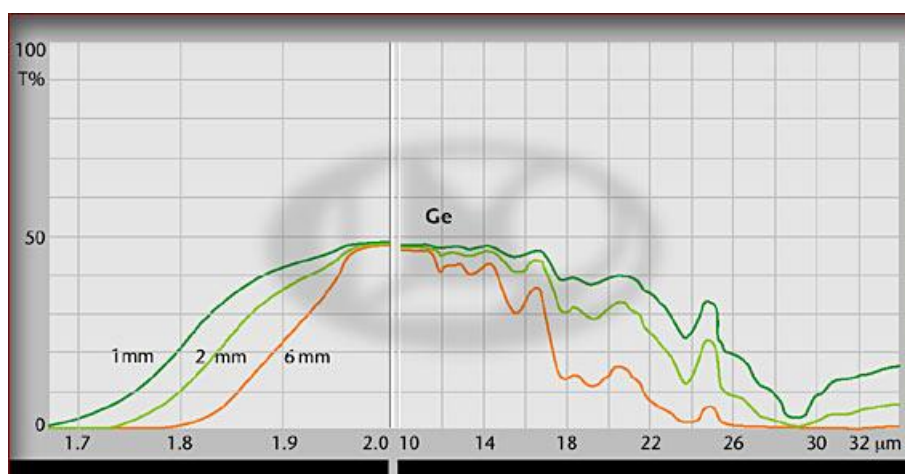
Termo-kamerák általános felépítése

Az első termo-kamerák szerkezeti felépítésében a hűtőrendszer foglalt el jelentős helyet, ugyanis a hőt érzékelő foton-detektálók folyékony nitrogénhűtést igényeltek. A hűtés nélküli termo-kamerák érzékelői, a mikrobolométerek a 80-as években indult amerikai katonai kutatások és fejlesztések eredményeként születtek. A legnépszerűbb 160x120, 320x240 pixeles, vanádium oxid alapú érzékelők után megjelentek a 384 x 288 felbontású amorf szilícium érzékelők.



1. ábra. Hűtés nélküli hődetektor¹

A mai termo-kamerák külső megjelenése már alig különbözik a látható fény tartományú társaktól, hacsak a germániumból készült lencse nem árulkodik. A germánium „frekvencia ablaka” az 1.7-30 μm tartományba esik, ezért egyben kiváló szűrőként is működik. Különböző fix és változtatható gyújtótávolságú lencsákat készítenek belőle. Az utóbbiak – a költséges előállítási technológia miatt – jelenleg a kamerák legdrágább elemei.



2. ábra. Különböző vastagságú germánium lap áteresztő képessége²

¹ <http://www.thermodelta.hu/mikrobolometer-technologia.html>

² http://www.laseroptik.de/?Substrates:Transmission_Curves:%26%23150%3B_Ge

Termo-kamera alkalmazások

A hőkép a környezet tárgyainak hőmérsékletkülönbségét rajzolja le a tónusok szintjével jellemezve a hideg-meleg átmeneteket. Az alapvetően szürkeskálán megjelenő kép szoftveresen színezzhető, ami az azonos hőmérsékletű pontok megtalálásában segíthet.

Az éjjel (is) látás különleges képessége – mint sok más technikai újdonság – először a hadiipar privilégiumaként jelent meg. Mára a szabad szemmel nem észlelhető események, rejtett tulajdonságok megjelenítésére, mérésére számos polgári alkalmazás is született: erőgépek működés közbeni állapotvizsgálata, [1] villamosenergia hálózat ellenőrzése, [2] élőlények „hőtérképe” – szomatológia, [3] épületek hőháztartásának ellenőrzése, [4] geológiai, archeológiai kutatások, [5] mező-, erdő-, vadgazdálkodási felmérések [6] tartoznak az egyre bővülő felhasználói körbe.

Felderítés céljára fejlesztett termo-kamerák

A termo-kamerák önállóan és a látható fény tartományú eszközökkel együtt alkalmazhatók. A kamera-párok nappali fényben a színekkel „gazdagított” hőképet szolgáltatják, ami a jelenségek gyorsabb, pontosabb felismerését segíti. Az ipari, katonai alkalmazású eszközök esetén – a nagy érzékenység mellett – fontos elvárás a lehető legkisebb méret, a megfelelő mechanikai védettség, és széles hőmérséklettartomány [7].



1. kép. A ThermoVision Micron/A10 nagy-, közepes- és kislátószögű (11, 18, 30mm) lencsái³

A termo-kamerák lencserendszere nem csak árában, tömegében is jelentős tétel – a germánium sűrűsége $5,32 \text{ g/cm}^3$ – ezért meggondolandó; az egy kamera nagytömegű (emellett rendkívül drága) zoom objektívvel, vagy több kameratest fix fókuszú lencsékkel változat. A több kamera mellett szól, hogy a „kutatás” és „követés” két képernyőn, azonos fázisban valósulhat meg. A nagylátószögű lencsével szerelt kamera képen feltűnt néhány „gyanús” pixelre a hosszabb gyújtótávolságú lencsével szerelt (nagyobb nagyítású) kamera azonnal ráirányítható, ahol az objektum nagyobb felbontásban jelenik meg. Ugyanezt zoom-os lencsével csak egymást követően, a mechanika nem kis késleltetésével

³ <http://www.corebyindigo.com/usermanuals/Micron130.pdf>

is számolva lehet végrehajtani – miközben a nagylátószögű teret nem látva, éppen valami fontos eseményről lemaradunk. A következő képsorozat ennek illusztrálására készült.



2. kép. Három különböző gyújtótávolságú lencsével (11, 18, 30 mm) készült felvétel

A kamerák felbontása (pixelszáma), érzékenysége, dinamikatarományja további fontos jellemző, amit az elektronikai képfeldolgozó egység további értékes információkkal gazdagíthat. A képek „utógondozása” – szűrése, válogatása, statisztikai értékelése – gyakran hoz felszínre az emberi szemmel észrevehetetlen összefüggéseket.

TERMO-KAMERÁK ROBOTREPÜLŐGÉPEKEN

Robotrepülőgépek felderítő, megfigyelő, ellenőrző feladatra

A felderítést előre nem ismert objektumok helyének, tevékenységének meghatározása céljából végzik. A robotrepülőt a feltételezett körzetbe küldik, ott szisztematikus „kereső” profilt repülve a kamerák kézi, vagy automatikus vezérlésével fésülik át a teret.



3. kép. Az AeroTarget cég MGR-6 felderítő repülőgépe és a lesugárzott termo-kép megfigyelése⁴

A manuális, vagy gépi képfeldolgozás eredményeként a keresett tárgy, személy, esemény helyének meghatározása után a kezelő dönt a további megfigyelés (változások jelzése) vagy az ellenőrzés (az eredeti állapot fennmaradása) feladatait illetően. A két utóbbi feladathoz – az eredmények elvart

⁴ ZMNE Elektronikai Hadviselés Tanszék kísérleti repülése, Szeged 2002.

gyakoriságától függően – lehet a robotrepülőnek az adott térben, vagy oda időnként visszatérő útvonalakat kijelölni.

A robotrepülőgépek „egész életükben” műszeres repülési szabályok (IFR- Instrument Flight Rules) alapján működnek, nincs szükségük megvilágításra a tájékozódáshoz, így éjszaka is bevetethők. A sötétség a termo-kamerák számára sem okoz nehézséget, ezért együtt különösen alkalmasak a rossz látási viszonyok közötti felderítésre.

Fedélzeti termo-kamerák beépítése, mozgatása

A fedélzeti termo-kamerák beépítését a repülőgép konstrukciós lehetőségei illetve a feladat által megkövetelt mozgékonyság, manőverező képesség határozzák meg. A fix beépítés mellett szólnak az egyszerű, olcsó, „eldobható” robotrepülőgépek, az eleve alacsony információs küszöb átlépését megcélzó alkalmazások követelményei [8].



4. kép. A kamerának csak akkor van esélye a túlélésre, ha „jól be van ágyazva”⁵

A kamera mozgatására a repülőgép teherhordó képességeihez alkalmazkodó szerkezetek szolgálnak. A kisebb tömegű – ezzel együtt szerényebb teljesítményű – kamerák a stabilizált forgató szerkezettel együtt is 1 kg alatt maradnak.



5. kép. A Controp cég U-STAMP kameramozgatója⁶

⁵ http://techrepublic.com.com/2346-1035_11-199561-5.html

⁶ http://defense-update.com/newscast/1208/news/151208_uav_skyllark.html

A képen látható (kamera előtti) védőborítás speciális szilikon lemez, amely a mechanikai sérülésektől hivatott védeni a temo-kamerát. A gyakran „kemény leszállás” így is erősen igénybe veszi a finommechanikai elemeket.

A nagyobb méretű (tömegű, hatótávolságú) robotrepülők fedélzetére már tekintélyesebb, több kamerát hordozó felfüggesztések helyezhetők el, melyekkel a kezelő döntése, vagy az előre programozott algoritmus alapján forgatható, billenthető a keret [9].



6. kép. A CloudCap cég T2 kameramozgató rendszere 2.2 kg tömegű ⁷

A szoftveres támogatás ma már kiterjed az álló, vagy mozgó célpontok követésére, sőt a robotrepülő útvonalának a kép alapján történő kijelölésére is [10].

Az „igazi nagyok” megengedhetik, hogy a legjobb termo-kamerákat is magukkal vigyék. (A „Predator” 202.5 kg, a „Global Hawk” 900 kg hasznos terhet tud szállítani.)



7. kép. Az RQ-1 „Predator” elektrooptikai felderítő eszközei

⁷ http://www.cloudcaptech.com/gimbal_t2.shtm

A földi kiértékelés eszközszerkezete

A termo-kamerák és a látható fény tartományú eszközök képét a fedélzeti adatrögzítő, vagy a lesugárzott rádiócsatorna jelei alapján a földi kiszolgáló/irányító/kiértékelő állomáson dolgozzák fel. A nagymennyiségű, időben is hosszadalmas anyagból gyakran csak néhány „IGEN/NEM” információ megkeresésére van szükség, amit erre a célra kifejlesztett programok végeznek el.



8. kép. A repülésirányító és kiértékelő munkahely⁸

A kiértékelte adatokat a szükséges ideig – például a következő összehasonlításig – tárolják, illetve a magasabb szintű alkalmazók felé továbbítják. A földi kiértékelő állomások a bevetés körzetétől akár sok ezer kilométerre távol is elhelyezkedhetnek, amennyiben azt a megfelelő sáv szélességű és hatótávolságú híradó eszközzel elérik [11].

ÖSSZEGRZÉS

A termo-kamerák és a robotrepülőgépek mindössze néhány évtizede – a mikroelektronikai ipar fejlődésének köszönhetően – kerültek ki a konstruktörök kezéből. A párosítás eredménye olyan új képességű mobil felderítő rendszer, amely alkalmazásával a katonai és polgári felhasználó korábban nem tapasztalt dimenziójú információkhoz juthatnak.

A ZMNE K+F egyik kiténtetett iránya a robottechnika, melyet már számos elméleti munka és néhány gyakorlati megvalósítás is fémjelez. Az Információs Műveletek és Elektronikai Hadviselés tanszék, a Repülő és Légvédelmi Intézet tanszékei ebben élenjárva PhD értekezésekkel, konferenciák előadásaival, tudományos publikációkkal járulnak hozzá a téma minél szélesebb és egyben mélyebb feltárásához. Jelen írásmű is újabb gondolatok, ötletek ébresztésével kíván ehhez a folyamathoz csatlakozni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] <http://www.delta3n.hu/hu/szolgaltatasok/termovizio>
- [2] http://www.grimas.hu/old-termografia/banner/e.on%20story_eng.pdf

⁸ http://defense-update.com/newscast/0507/news/100507_pmats.htm

- [3] <http://www.mindentudas.hu/magazin2/20060628egymodern.html>
- [4] <http://www.hexium.hu/index2.html?HUN&PROD&HX-IDS-M>
- [5] http://members.iinet.net.au/~andronis/Technology_Projects/00_Technology_Projects.htm
<http://weather.msfc.nasa.gov/archeology/chaco.html>
- [6] <http://www.satimagingcorp.com/svc/agriculture.html>
<http://www.fire.lacounty.gov/Forestry/Infrared.asp>
<http://www.wired.com/science/discoveries/news/2002/02/50437>
- [7] <http://www.corebyindigo.com/usermanuals/Micron130.pdf>
- [8] <http://www.designation-systems.net/dusrm/app2/q-14.html>
<http://www.designation-systems.net/dusrm/app2/q-11.html>
<http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/puma.html>
<http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/wasp.html>
- [9] http://www.cloudcaptech.com/gimbal_t2.shtm
- [10] http://www.cloudcaptech.com/movieplayer/gallery_video.shtm
- [11] <http://telstarlogistics.typepad.com/telstarlogistics/2008/11/air-combat-the-battle-to-open-source-the-predator-uav.html>



Prof. Dr. Makkay Imre – Prof. Dr. Pokorádi László – Dr. Ványa László

REPÜLŐTÉRI MADÁRÜTKÖZÉS-VESZÉLYT CSÖKKENTŐ RENDSZER

A repülőgéppel ütköző madarak olyan súlyos sérülést (hajtómű leállást, vezérsíkok működésképtelenségét, kabintető törést) okozhatnak, amely a további repülést megnehezíti, sőt akár a gép lezuhanásához is vezethet. A madarak elriasztására több helyen sikerrel próbáltak ki idomított sólymokat, ölyveket, azonban a kiképzésük és „menetrendszerű” alkalmazásuk számos nehézségbe ütközik.

Az általunk javasolt rendszer a fel és leszálló repülőgépek előtt „tisztítja meg” a légteret. A ragadozó madaraknak „öltöztetett” robotrepülőgépek az élőkhoz hasonló manővereikkel elriasztják a madárrajokat. Mozgásuk az adott légi forgalomhoz, nap és évszakhoz, illetve a madárrajok megjelenéséhez programozható.

BEVEZETÉS

A légi baleseteket véltlenül okozó madarak egyre gyakrabban kerülnek a figyelem középpontjába. [1, 2, 3] A repülőgépek fel és leszállásuk közben átrepülnek egy „madárzónán”, ahol a levegő természetes lakóinak előfordulása a legvalószínűbb. A szezonális költözés időszakában különösen megnövekszik a vándormadarak forgalma, de nem elhanyagolható a napi élelemszerzésre csoportosan felkerekedő sirályok, varjak, galambok, rigók, seregélyek által okozott ütközés veszélye sem.

Számos technikai megoldás, rendszabály született a repülőterek környezetének „madármentes” üzemeltetésére. Az élettér, fészkelő hely, táplálékszerzés lehetőségének csökkentése az egyik természetes megközelítés. A repülőterek környékén elhelyezkedő nagy vízfelületek, szeméttelpek vonzzák a madárcsapatokat. A földi rágcsálók számának csökkentésével a ragadozó madarak és a guruló utakat veszélyeztető földi ragadozók megjelenését kívánják csökkenteni.

A ragadozó madarak megjelenését a madárrajok azonnal észreveszik, és csoportosan menekülnek. Több repülőtéren folytattak kísérleteket és az eredmények alapján „szolgálatba állítottak” ragadozó madarakat – természetesen a felkészítésüket végzőkkel együtt. A madarak elriasztására bevetett vadász-sólymok, ölyvek bármennyire jól képzettek mégiscsak élőlények, akiknek hangulata, élelciklusa, étkezési, párzási szokásai, esetleges megbetegedései nem könnyen egyeztethetők a feladattal.

A megoldást a robottechnika kínálja, melynek számtalan képviselőjével – a konyhánktól az űrhajókig – naponta találkozhatunk. A robotok panasz nélkül végeznek unalmas, piszkos, veszélyes

feladatokat, fáradhatatlanul ismételnék előre programozott feladatokat, és nem kell tartani hangulatingadozástól, kialvatlanságtól, vagy betegségtől. A robotok alkalmasak – a GPS-nek köszönhetően – a világ bármely pontján a légi járművek navigálására és akár méter pontosságú irányítására. A robotok pontossága garantálja, hogy az „elektronikus sasok” térben és időben mindig a megfelelő helyen legyenek. A bevetések tervezését földi és légi felderítés alapján végzi a néhány fős földi kiszolgáló személyzet. A rendszer megbízhatósága messze felülmúlja az élő ragadozó madarakkal végzett tevékenységet. Az idomítás, azon túl, hogy mindkét résztvevő számára nehéz, még az eredménye is kétséges. A robotrepülőgép „elalszik a dobozban”, csak akkor kap „enni”, ha dolgozik, nem érdekli a „felkínálkozó” hörcsög, vagy veréb és véletlenül se száll neki a repülőgépnél – mivel így van programozva.

A MADÁRÜTKÖZÉSEK OKAI

Amióta az ember is repülni szeretne folyamatos a madarakkal való véletlen találkozás kockázata. A repülőgépek egyre gyorsabban és kisebb zajjal közlekednek, így a madaraknak csökken az esélyük az észlelésre és az ütközés elkerülésére. Az évente kétszer megismétlődő nagy madárvonulások, melyekben nagytestű költöző madarak csapataival is számolni kell és a „helyi” élelemszerző repülések jelentik a legnagyobb veszélyt. Statisztikai elemzések [4] mutatják az ütközések gyakoriságát az évszak és napszak függvényében. A legtöbb ütközést nappal, kis magasságban, a repülőtéren, vagy annak közvetlen közelében regisztrálták. A szakértők úgy vélik, hogy az ok a madarak szokásos élőhelyeinek beszűkülése, ami miatt a kifutópályák mellett elterülő füves területek – a zaj és légi forgalom ellenére is – csábító étletteret jelentenek.



1. kép. Madarak¹

¹ <http://www.hindu.com/2008/03/14/stories/2008031458030200.htm>

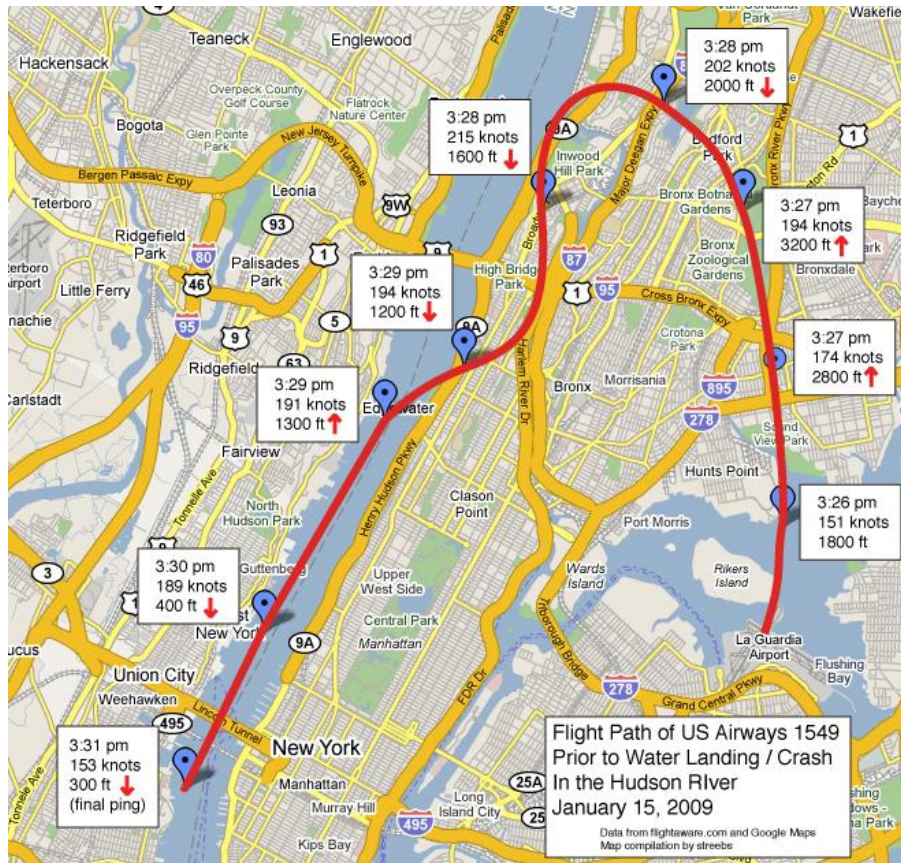
A madarak mérete és szokásai szerint is osztályozható a kockázat. Még a kisméretű seregélyek is okozhatnak balesetet, ha csoportos becsapódásukkal több hajtóművet leállítanak.

Különösen magas kockázatot jelent a repülőtér közvetlen környezetében működő szemét-, szennyvíz-, sertés-, szarvasmarha telep, de a nádas mocsaras terület és a nagy vízfelület is kedvezőtlen. A táplálékszerző helyre repülő, majd a pihenőhelyre visszatérő madarak még akkor is keresztezhetnek a repülőgépek útját, ha a helyek távol vannak a repülőtértől.

A Federal Aviation Administration és az US Department of Agriculture (Szövetségi Légügyi Hivatal és az Egyesült Államok Földművelésügyi Minisztériuma) által 2005-ben közösen kiadott „Wildlife Hazard Management at Airports” (Vadveszély kezelése repülőtereknél) [5] dokumentum számos hasznos ajánlást tartalmaz a probléma megoldására. A repülőterek üzemeltetésének és a környezet mezőgazdasági/ipari hasznosításának összehangolása hozhat csak eredményt. A dokumentum ugyanakkor rámutat az egyes érdekcsoportok eltérő törekvéseinek - a repülés biztonságán is túlmutató – következményeire. Legjellemzőbb ezek közül: a repülőterek körüli „steril” – növény-, víz-, búvóhelymentes – környezet vegyszerek alkalmazásával történő fenntartását mezőgazdasági törvény messzemenően elutasítja. Ugyanakkor vonatkozik a – főleg állattartási – megkötések túlzott érvényesítésétől is a repülőterek környezetében.

A repülőterek kisméretűjeinek – egerek, ürge, pocok, nyulak – „irtása” is törvényekbe ütközik, pedig a ragadozó madarak, és földi társaik – kutyák, róka, farkasok és különféle macskafélék – éppen a háborítatlan vadászat reményében keresik fel a repülőterek környékét. A nagyobb növényevők, őzek, szarvasok is betévednek a megsérült, vagy rosszul felépített kerítéseken átjutva. Mindezek komoly veszélyt jelentenek a guruló, illetve felszállás/leszállás kis magasságú szakaszában lévő repülőgépekre. A statisztikai elemzés szerint az ekkor bekövetkezett ütközések okozzák a legsúlyosabb baleseteket. A repülőgépek ekkor még/már nem rendelkeznek sebesség/magasság tartalékkal, hogy a korrekcióhoz szükséges manővert végrehajtsák.

A közelmúltban (2009. január 15-én) bekövetkezett nagy anyagi kárral járó, de emberéletet nem követelő madárütközés szerencsés kimenetelének egyik oka – a pilóta bravúráját elismerve - hogy viszony nagy magasságon (3200 láb) következett be, ami a még teli tankkal repülő géppel is hosszasan (~2') „vitorlázást” és a lehető legkisebb sebességű kényszerleszállást tett lehetővé. A hajtómű nélküli leszálláshoz legalább 35000 láb magasságot ír elő az A320 szabályzata. Itt ennek a tizedére kellett „repülőtéri” helyzetet találni és a folyó – bár a víz a betonhoz hasonlóan „kemény” – a hosszúsága miatt itt jó választásnak bizonyult. A LaGuardia repülőtér – ahová a légi irányítás a visszatérést javasolta egyébként is vitatott biztonságú – rövid és túlságosan a folyóra épült – ahol három (fel és leszállás közbeni) légi balesetben eddig összesen 90-en veszítették életüket.



2. kép. A mindkét hajtóművét elvesztett A320 repülőgép útvonala.²

A nagy vízfelületek, tenger és folyópartok vonzzák a helyi vízi és mindenféle pihenésre leszálló vándormadarakat. Az új repülőterek helyének kijelölésekor már figyelembe veszik a környezet adottságait, de a régiek csak az utólag foganatosítható védelemben reménykedhetnek.

VÉDELEM A TERMÉSZET MÓDSZERÉVEL

A repülőterek közelében a nagyszámú madárpopulációk – verebek, seregélyek, rigók, varjak, sirályok – jelentik a legnagyobb veszélyt, de a vonuló ludak, kacsák, darvak is keresztezhetik a fel és leszálló gépek útvonalát. A hajtóműbe került ragadozó madarak, pedig az „egyensúly fenntartására” odaseregélyek által okozott veszélyre figyelmeztetnek.

Idomított vadász-sólymokkal is folytatnak madárriasztási kísérleteket, [6] amelyek a kiváltott hatást illetően úgy tűnik sikeresek, azonban e madarak – és a repülő is – áldozattá válhatnak. A legjobban képzett sólyomnak is lehetnek „rossz napjai”, amikor egy ürge, vagy egy sólyomlány eltéríti a feladattól. (Az elmúlt évben egy egerészólyv miatt állt le egy hajtómű Ferihegyen.)

A ragadozó madarakkal folytatott kísérletek vitathatlan érdeme, hogy megmutattak egy módszert, amellyel a levegő lakóinak jelezni tudjuk, hogy szabad utat kérünk, most mi szeretnénk ott

² http://4.bp.blogspot.com/_cys2T5FgJdo/SW_lppWM6CI/AAAAAAAAAFsI/GbW7SB42bFU/s320/USAirways1549FlightPath.jpg

repülni. A biológiai ellenség/vetélytárs megjelenésére természetes reakcióval felelnek – némi vita után – odébbállnak, más helyet keresnek még a „harcosabb” varjak, sirályok is.

„Robot-sasok” a repülőterek őrzésére

A természetes ellenség jelenlétén alapuló riasztás tehát bizonyította életképességét, de annak „kézben tartása” komoly feladat:

- a vadász-sólymok kiképzése, a repülőtéri környezethez idomítása (adott távolságig, -irányba repülés, repülőgépek elkerülése, hívójelre azonnali visszatérés) igen nehezen biztosítható;
- az élő közreműködők – sólymok, emberek – szolgálatban tartása, pihentetése, betegség idején helyettesítése különleges erőfeszítést, gondoskodást igényel;
- az adott légi forgalomhoz illeszkedő alkalmazásuk – fel/leszállás előtti „takarítás” – egy nagyobb repülőtéren fokozott figyelmet, percnyi (másodpercnyi) időbeli és néhány méteren belüli térbeli pontosságot igényel.

Mindezek már éppen elegendő okkal szolgálnak ahhoz, hogy a gyenge láncszemeket – sólymokat, embereket – kiváltva egy **madárütközés-veszélyt csökkentő rendszer** kiépítését tűzzük ki célul. A feladat megoldása több szinten – műszaki, szervezési, oktatási – szinten kíván erőfeszítést. Az alkalmazást a legmagasabb minőségbiztosítási elvárásokkal és a legkörültekintőbb jogszabályi harmonizációval kell bevezetni. A jelentős innovációs befektetésre szellemi és anyagi háttérrel kell találni, mely hazai és EU forrásokon alapulhat.

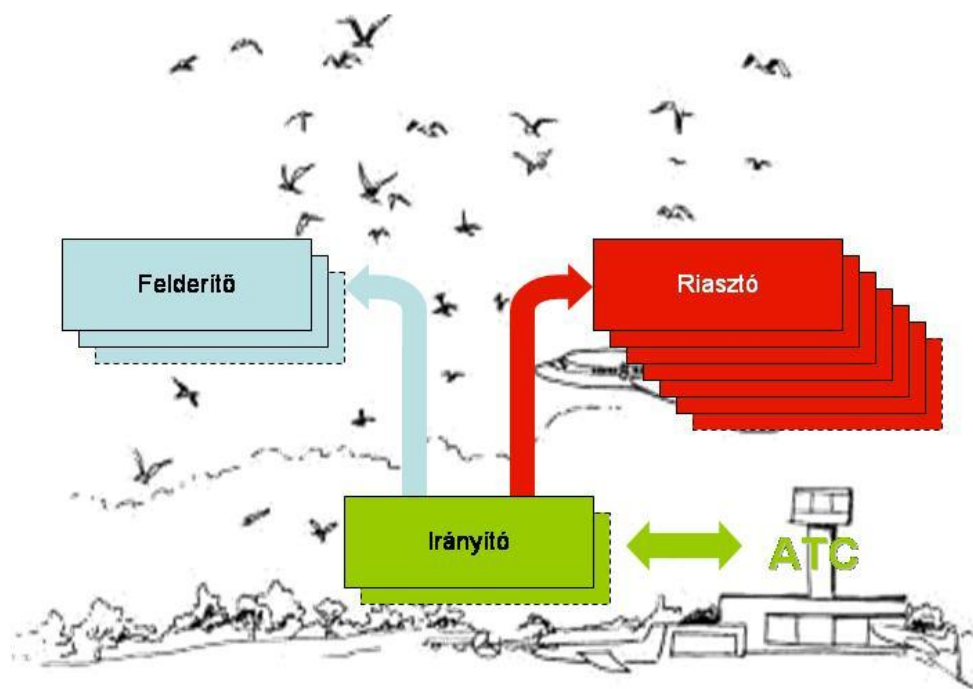
A **madárütközés-veszélyt csökkentő rendszer** a „mértékletes erőszak” módszerét és egy kis cselet használva a légtér igénybevételét megelőzően a madarakat „kitessékeli” az ütközéssel fenyegetett térből. A robotok által vezetett „sasok” az induló/érkező gépek útvonalát közvetlenül előttük „kisöpörve” a legtöbbet tehetik a zavarmentes repülés érdekében.

A **rendszer feladata:** a „madárütközés-veszélyes” légterekben a madarak, madárcsoportok tevékenységének folyamatos ellenőrzése és – a repülőgépek beérkezése előtt, a légi irányítás koordinációjával – időszakos elriasztása.

A **rendszer felépítése** az adott feladathoz illesztett, bővíthető felderítő, végrehajtó és irányító modulokon alapul (1. ábra). A modulok számát az ellenőrzésre kijelölt légtér mérete és a feladat várható intenzitása alapján lehet meghatározni.

A felderítő modulok elektrooptikai felderítő berendezéseket, valamint az összeköttetésre szolgáló adatátviteli eszközöket tartalmaznak.

A végrehajtó modult ragadozó madarak (sasok, sólymok, ölyvek, vércsék, héják, stb.) alakjára formált robotvezérlésű repülőgépek alkotják, melyek az előre programozott, illetve menet közben meghatározott útvonalon képesek repülni. A riasztó alak hatékonyságának megítélésére a felderítő modul által jelzett reakció ad útmutatást. Az adott környezethez, időszakhoz illeszkedő ragadozó kiválasztása, a repülési profiljának meghatározása az alkalmazás sikere szempontjából fontos feladat.



1. ábra. A repülőtéri madárütközés-veszélyt csökkentő rendszer felépítése

Az irányító modul ezen információk birtokában – közvetlen kapcsolatban a légi irányítással – tervezi és vezeti a felderítő és a riasztó eszközök alkalmazását. A térbeli és időbeli bevetés irányítás előre megtervezett modellek, repülési profilok alkalmazásával biztosítja az adott légtér felügyeletét. Minden levegőben lévő eszköz helyzete és tevékenysége a folyamatosan megjelenik úgy a madárütközés-veszélyt csökkentő rendszer, mint a légi irányítás indikátorain.

A rendszer funkcionális működése azon alapul, hogy az irányító modul folyamatosan adatokat gyűjt a kijelölt térrész aktuális és várható madár aktivitásáról. Az irányító modul a felderítő modul érzékelői és a madárvonulások előjelzése alapján az enyhe/fokozott/magas madárütközés veszélyt jelent a légi irányítás számára és a végrehajtó moduljában ennek megfelelő számú riasztó robotrepülőt helyeztet készenlétbe. A légi irányítás az aktuális légi forgalomhoz illeszkedve, a veszélyes légtérbe érkező repülőgépek előtt – megfelelő idő és térbeli elkülönítést alkalmazva – igényli a madárriasztást. A robotrepülőgépek az előre leprogramozott repülési profilt térben és időben pontosan követve repülnek az útvonalat – ami egyébként a természetesen viselkedő ragadozók mozgását is utánozza. A légi forgalom szüneteiben a felderítő modul eszközei folyamatosan dolgoznak tovább, míg a „sasok” pihennek (pl. akkumulátort töltenek).

Biztonság, hatékonyság, gazdaságosság – az eddig alkalmazott eljárásokhoz [7, 8, 9, 10, 11, 12] képest – jelentősen megnövekszik. A széles spektrumú felderítés alapján, az előre megtervezett útvonalon – ha a feladat úgy kívánja – akár „sas köteléssel” repülése is nagy megbízhatósággal végrehajtható. Az irányítás és a végrehajtás megerősített – redundáns elemeket is tartalmazó –

rendszere a rendkívüli igénybevétel esetére is kellő biztonsággal szolgál. A légtérben tevékenykedő robotrepülőgépek mindegyike teljes légi alkalmassági eljárás után kerülhet szolgálatba. Ez azt jelenti, hogy a típusengedély, gyártási jogosítványok, lajstromozás és repülés előtti vizsgálat minden fázisa a légügyi hatóság által megkövetelt dokumentumokkal hitelesített. Csak ezeknek megfelelő légi jármű veheti igénybe az ellenőrzött légteret – a légtért irányító igénylésének megfelelően.

A madárriasztás természetes módszere már önmagában is hatékonyabb, mint a gyorsan megszokható fény és hang effektusok. (Az utóbbiak működtetése egyébként is csak a repülőtér szűk környezetében történhet, tovább növelve a környezet egyébként is jelentős fény és hangterhelését.) A „robot sasok” repülése ezzel szemben semmilyen környezeti ártalmat nem okoz, sőt kellő biztonsággal akár a lakott területek feletti siklópálya „megtisztítására” is igénybe vehetők. Különleges képességük, hogy az irányítás igényének megfelelő légterekbe is elküldhetők és a madárvonulások idején a csapatokat is képesek lehetnek a repülőtér környékéről távol tartani.

A rendszer bekerülési költségét sokszorosan meghaladhatja már egy meghibásodott hajtómű ára [13] is – nem beszélve egy egész repülőgépről és akár sok száz emberéletről. Az alkalmazott technikai eszközök kifejlesztése, előállítás és üzemeltetése hazai forrásból megoldható, ami akár egy új szegmense lehet a repülőiparhoz kötődő biztonsági rendszereknek.

ÖSSZEGRZÉS

A csendesebb, gyorsabb repülőgépek, a növekvő légi forgalom és a környezet változása az egyre gyakoribb madárütkezések okozója. A védekezés természetes módját a robotok precizitásával ötvözö madárütkezés-veszélyt csökkentö rendszer ebben kíván előre lépni és megnyugtató megoldást kínálni. Az eljárás kidolgozásában és a kutatás-fejlesztés valamint a felkészítés, képzés egyes fázisában az egyetemi erőforrásoknak – ezen belül a Repülö és Légvédelmi Intézet oktatóinak és kutatóinak – is jelentös szerepe lehet. A számos mőszaki, szervezeti és eljárásbeli innovációt feltételezö rendszer teljes kivitelezése és üzemeltetése erre megfelelő felkészültséggel, jogosításokkal rendelkező vállalatok, szervezetek együttmőködésével lehetséges.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] http://www.magyarso.com/fex.page:2009-01-17_A_madarutkozoes_a_legi_kozlekedes_Achilles-sarka.mobile
- [2] <http://www.flightglobal.com/articles/2009/01/26/321423/battling-birdstrikes.html>
- [3] <http://www.iht.com/articles/2009/01/26/healthscience/25birds.php>
- [4] http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2005_cikkek/pokoradi_laszlo.pdf
- [5] „Wildlife Hazard Management at Airports” Federal Aviation Administration Second Edition, July 2005
http://wildlife.pr.erau.edu/EnglishManual/2005_FAA_Manual_complete.pdf
- [6] Ferihegy titkos fegyvere
http://index.indavideo.hu/video/Ferihegy_titkos_fegyvere?action=video_site&video_title=Ferihegy_titkos_fegyvere%3Ftoken%3Dae061ae48f5c505b53b02abeaf02f931
- [7] <http://www3.signonsandiego.com/stories/2009/jan/24/1m24birds002252-bird-strikes-rare-lindbergh-field/?zIndex=42356>
- [8] <http://www.emilitary.org/article.php?aid=14057>
- [9] <http://icwdm.org/handbook/birds/birdAirport.asp>
- [10] <http://www.hindu.com/2008/03/14/stories/2008031458030200.htm>
- [11] <http://birdscarecannon.com/purchase.htm>
- [12] <http://www.birdraptor.com/>

Martin Mamula¹

AZ L-29-TŐL AZ L-159-IG 50 ÉV SUGÁRHAJTÓMŰVES KIKÉPZŐGÉPES TAPASZTALAT

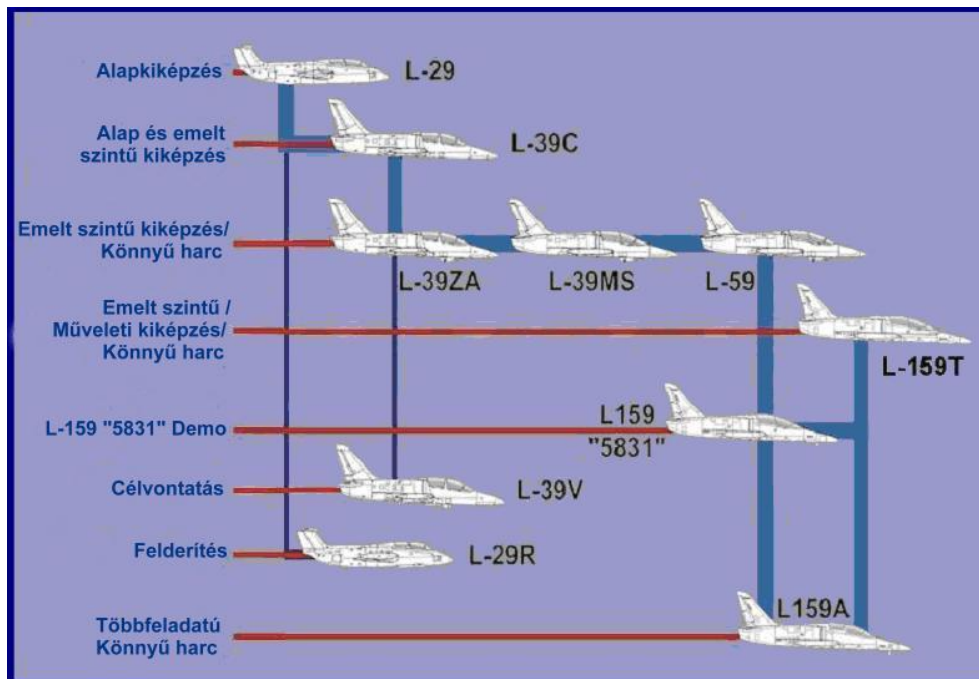


Cero

¹ VODOCHODY L-159B programigazgató

1. Bevezető

Először is gratulálunk a Magyar Légierőnek (HuAF) az első sugárhajtású repülőgépe – a MiG-19 - szolgálatba állításának az 50. évfordulója alkalmából. A hangsebesség feletti repülőgépek szolgálatba állítása fontos mérföldkő volt és a Magyar Légierő a világon az első légierők közé tartozik, akik ezeket a gépeket üzemeltetik. Ebben az évben az AERO Vodochody vállalat szintén egy fontos eseményt ünnepel a saját történetében: 50 évvel ezelőtt, 1959. április 4.-n repült először az első sugárhajtóműves kiképző repülőgépe az L-29 Delfin. Mivel a sugárhajtóműves kiképző repülőgépek fejlesztésének az irányát a szuperszonikus repülőgépvezetők kiképzésével szemben támasztott követelmények határozzák meg, ez a konferencia kiváló alkalom arra, hogy megvitassuk ezeket a jelenkori követelményeket.



1-1. Három AERO sugárhajtóműves kiképző és harci repülőgéptípus fejlesztése

2. Az AERO Vodochody vállalat álláspontja a szuperszonikus repülőgépek fejlesztésére és a kiképzési követelményekre vonatkozóan

A szuperszonikus repülőgépek, amelyek teljesítőképességükkel messze felülmúlják az őket megelőző harci repülőgép generációkat új képességeket biztosítanak valamennyi légierő számára. Ezek a gépek már sokkal bonyolultabb rendszerekkel rendelkeznek, magasabb a beszerzési és üzemeltetési költségük, és kevesebb időt biztosítanak a pilótáknak a taktikai döntések meghozatalához.

2.1. Az első szuperszonikus repülőgépek

Az első szuperszonikus repülőgépeknek, mint például a MiG-19, komoly feladatot jelentett a hanghatár közeli tartományban történő kezelésük. A nagy repülési és emelkedési sebesség, a nagy különbség a statikus és a dinamikus csúcsmagasságok között új követelményeket támasztottak a pilótákkal szemben. A szuperszonikus kialakítás a nagynyílászású szárnyakkal a fel- és a leszállási sebesség megnövekedéséhez vezetett. A repülőgép rendszerei nem

különböztek jelentősebben a korábbi hangsebesség alatti vadászgépek rendszereitől. A kiképzés számára a fő kihívást a teljesítőképesség és a kezelés jelentette. A kiképzési programhoz olyan repülőgépeket használtak, mint a légszavaros Jak-11 és a MiG-15UTI.



2-1. Az első hangsebesség feletti repülőgépek tipikus kiképzési programjában az alapkiképzéshez a Yak-11 dugattyús motoros kiképzőgépet, az emelt szintű kiképzéshez a MiG-15 UTI repülőgépet alkalmazták.

2.2. Kétszeres hangsebességű vadászgépek

A késői 50-es és korai 60-as években az első kétszeres hangsebességre képes repülőgépek mint például a MiG-21, az F-104, vagy a Mirage III voltak a követendő géptípusok. Ezek a gépek a további sebességnöveléshez voltak optimalizálva. Ez még nagyobb fel- és leszálló sebességhez és a manőverező képesség csökkenéséhez vezetett. A korai változatok viszonylag egyszerű rendszerekkel rendelkeztek, ugyanakkor ezeket a repülőgépeket fokozatosan fejlesztették fel a radarral és a különböző fegyverzetekkel a vadászbombázó képességekre. Ezeknek a gépeknek a nem megfelelő kis sebességű jellemzői vezettek a későbbi változataiknál az aerodinamikai korszerűsítések bevezetéséhez. A jóval bonyolultabb repülőgép, mint a McDonnell Fantom F-4, amelyet úgy jellemezhetünk, mint az első többfeladatú vadászgép, két fő személyzetet igényel a gép teljes rendszerének és fegyverzetének a kezeléséhez és működtetéséhez. A fő kiképzési kihívást a megnövelt teljesítőképesség és a bonyolult kezelés jelentette a fedélzeti rendszerek növekvő komplexitása mellett. Ezeknek a repülőgépeknek a sebesség és magasság képességeit még a légvédelem kijátszásával és az ellenséges repülőgépek elfogásával kapcsolatos elvárások is meghatározták.

Az AERO vállalat sugárhajtóműves kiképző repülőgépeinek az első generációját képviselő L-29 Delfin gyártásának a kezdete egybeesik az első kétszeres hangsebességű vadászgépek szolgálatba állításával az 1960-as években. A Delfint mint egyszerű sugárhajtóműves repülőgépet alapvető kiképzési célra tervezték, abból a megfontolásból, hogy a jövő harci repülőgépvezetőit megismertessék a sugárhajtóműves gépekkel való repülés alapvető sajátosságait. A kiképzési program ekkor még főleg a MiG-15UTI és/vagy a kétüléses szuperszonikus vadászgépekre épült.

Az L-29 repülőgépeket 1963 és 1974 között gyártották 3665 példányban.

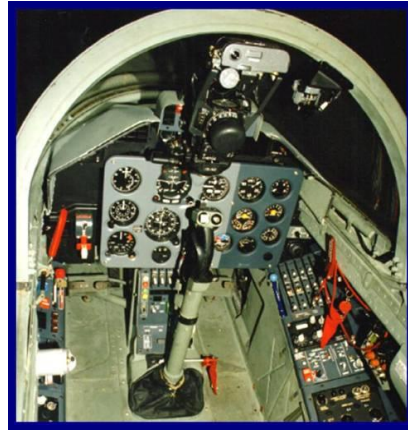


2-2. Az L-29 repülőgép, amely sokkal jobb teljesítőképességekkel rendelkezett mint a dugattyús motoros kiképzőgépek az 1960-as évek közepén lett szolgálatba állítva abból a célból, hogy a kiképzendő állományt az indulástól megismertessék a sugárhajtóműves repüléssel.

2.3. Szuperszonikus vadászgépek az 1960-as években

Az 1960-as évek második felében már megjelentek azok a továbbfejlesztett repülőgépek amelyek még jobb nagysebességű teljesítőképességi mutatókkal rendelkeztek, ugyanakkor a manőverező képességük is jó volt az egész repülési tartományban, és ugyancsak jobb fel- és leszállási jellemzővel rendelkeztek. Az avionikai és a fegyverzeti korszerűsítések hatékony radarok és rakéták fedélzeti beépítését tették lehetővé. Tipikus példa az itt említettekre a szovjet MiG-23, a francia Mirage F.1 vagy a svéd Saab 37 Viggen repülőgép típusok. Ezeknek a repülőgépeknek a vezérlése korszerű volt, tartalmazta mind a programozható robotpilóták és a fokozott stabilitást biztosító rendszerek használatát, mind a nagybonyolultságú fedélzeti rendszereket, melyek kezdtek fontos kiképzési feladatot jelenteni. A fedélzeti rendszerek hatékony működtetése egyre fontosabb szerepet játszott a kiképző repülőgépek tervezésében. Az AERO L-39 Albatrosz, amely a világon az első második generációs kiképzőgép, sok korszerűsítéssel rendelkezett az L-29 repülőgéphez képest és számos rendszerrel el volt látva, amelyek az akkori új Szovjet repülőgépeken megtalálhatóak voltak, mint például a rövid hatótávolságú rádió navigációs rendszer, radar távolságmérő, új készletezésű műszerek a pilótafülkében és alkalmas volt a repülőgépvezetők fegyverzeti kiképzésére.

Az L-39 típust 1973 - 1996 között gyártották és körülbelül 2900 darab készült belőle. A legutóbbi változata az L-39ZA/ART volt, amely el volt látva integrált navigációs és fegyverzeti rendszerrel és feladatspecifikus számítógéppel. Rendelkezett gyűrűs lézergiroszkópra épülő inerciális navigációs rendszerrel és homloküveg (HUD) kijelzővel az F-16 kategóriájú repülőgépek vezetőinek a kiképzése céljából.



2-3. Az L-39 repülőgépvezető fülkéje és berendezései hasonlóak voltak, mint az 1960-as évek második felében fejlesztett Szovjet vadászgépeké.



2-4. Az L-39 utolsó változata az L-39ZA/ART a Thaiföldi Királyi Légierő részére fel volt szerelve integrált digitális navigációs és fegyverzeti rendszerrel, beleértve a homloküveg kijelzőt (HUD), feladatspecifikus számítógépet és a gyűrűs lézergiroszkópra épülő inerciális navigációs rendszert.



2-5. Az L-39 volt a napjainkban úgynevezett „teljes kiképző rendszer” középpontjában. A repülőgép számos változata mellett a rendszer tartalmazta a földi kiképző rendszert, beleértve a teljes feladatszimulátort, a logisztikai támogatást az automatizált ellenőrző berendezéssel és a vontatott céllal.

2.4. 1970-es évek - hangsúly a manőverező képességen

Míg az 1950 - 1970-es évek közötti időszakban minden szuperszonikus repülőgép generáció esetében eltérő tervezési elképzelések érvényesültek, addig az 1970-es években kifejlesztett vadászgépeknél, mint például az F-16, F/A-18, F-15, vagy MiG-29 és SzU-27 alkalmazott irányvonal mind a mai napig érvényben van. A sebesség növelését célzó kutatások megszakadtak, így ezeknek a repülőgépeknek a sebessége durván összehasonlítható az előző generációs gépekével. A figyelem a fokozott manőverező képességre koncentrált. Ezek a gépek jóval nagyobb „g” terhelésre és fordulási sebességre képesek és nagy emelkedési sebességgel rendelkeznek. Sok figyelmet szenteltek a pilóta munkakörnyezetének a kialakítására, a repülésvezérlő rendszer korszerűsítésére, a pilótafülke elrendezésére és a „g” túlterhelés elviselésére. A magas tolóerő-súly arány és az alacsony szárnyterhelés nem csak a manőverező képességet javította jelentősen, hanem a fel- és leszálló paramétereket is. A repülőgép rendszerek, mint az új generációs radar, a több üzemmódú lefelé néző és tüzelő radar jóval bonyolultabbak és a pilóta számára képesek bővebb mennyiségű információt szolgáltatni. Ezáltal a pilóta jóval tájékozottabb a fenyegetettségi információkkal kapcsolatban, és képes taktikai döntéseket hozni a földi irányító és elfogó rendszer kisebb mértékű támogatása mellett. A nyugati légierők elkezdtek a vadászgépeket nagyintegráltságú rendszer részeként alkalmazni, beleértve a rendelkezésre álló AWACS gépeket, légi utántöltő repülőgépeket, repülőgép fedélzeti vezetési pontokat, távoli zavaró és egyéb eszközöket. A működési követelményeket nagyban befolyásolta az 1960-as évek helyi konfliktusainak a sajátosságai, amelyeket átfogó légi harc és a repülőgépeket fenyegető nagy teljesítményű és széles spektrumú cirkáló rakéták jellemeztek.

Ehhez a repülőgép generációhoz a kiképzés elősegítése érdekében az AERO vállalat kifejlesztette az L-39MS repülőgépet, amely az Albatrosz jóval korszerűbb változata. A gép jóval nagyobb teljesítményű DV-2 hajtóművel rendelkezik, megerősített sárkányszerkezete van, és a pilótafülkében homloküveg kijelző és többfunkciós kijelző található. A repülőgép a szovjet vadászgépek 1980-as években kifejlesztett tipikus rendszereivel van ellátva, beleértve az inerciális navigációs rendszert. A Varsói Szerződés szétesése miatt csak korlátozott számban készült a Cseh Légierő számára. Ugyanakkor a módosított L-59 típusból, amely amerikai gyártmányú avionikával van felszerelve, 60 repülőgépet exportáltak Tunéziába és Egyiptomba.



2-6. Az L-39MS repülőgépek kifejlesztése a korszerű Szovjet vadászgépekre való kiképzés érdekében történt. Nagyobb tolóerő-súly viszonytal és az L-39-nél nagyobb teljesítőképességgel rendelkeznek. Ezek a gépek fenti mellső elhelyezésű vezérlőpulttal rendelkező homloküveg kijelző, többfunkciós kijelző, rövid hatótávolságú rádió navigációs rendszer (RSzBN) és inerciális navigációs berendezés található.

2.5. A többfunkciós jelen

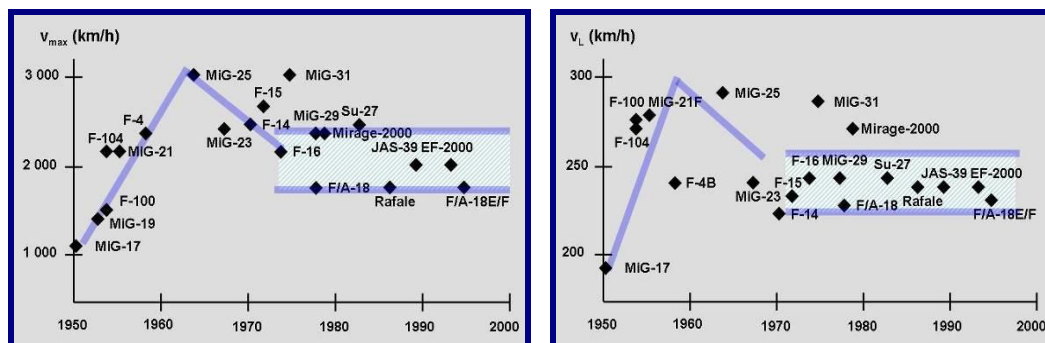
A 80-as és a 90-es években a fent említett repülőgépek korszerűsítése tovább folytatódott a tényleges több feladatra való alkalmasság kialakítása érdekében. Számos új repülőgép jelent meg, mint például az Eurofighter, a Gripen, és a Rafale.

Ezek a repülőgépek korszerű manőverező képességekkel rendelkeznek és el vannak látva repülésvezérlő rendszerekkel, beleértve a korszerű fly-by-wire rendszert is. Rendkívüli fejlődés tapasztalható a repülőgép rendszerek és fegyverzetek komplexitásában. Napjainkban egy együléses repülőgépet a feladathoz elláthatunk több üzemmódú radarral, navigációs és célzó FLIR rendszerrel, lézer távolságmérővel és célmegjelölővel, valamint „okos” levegő-föld fegyverzettel, miközben közepes hatótávolságú levegő-levegő rakétát hordozhatnak magukkal önvédelmi célra. A kiképzési feladat nyilvánvaló. A műveleti doktrína olyan könnyen kezelhető repülőgépet kíván, amely számos feladatra alkalmas miközben a fenyegetési skála mind szélesebb és szélesebb és a rendelkezésre álló repülőgépek száma korlátozott a pénzügyi megszorítások függvényében. A fenyegetési paraméterek szintén növekednek, beleértve a nagy hatótávolságú fegyver rendszereket, észrevétlenséget, több cél egyidejű támadására való képességet, és ez a fejlődés a repülőgép rendszerek, érzékelők és fegyverek fejlesztését is megkívánja.

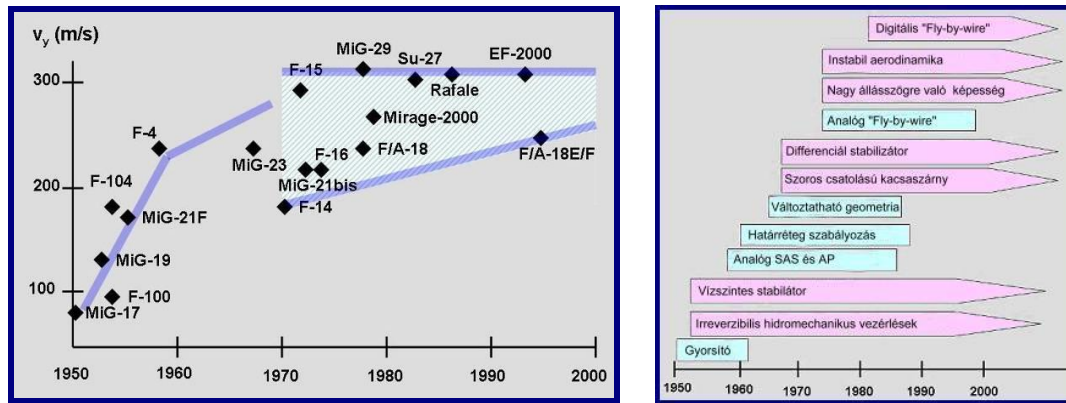


2-7. A JAS-39C/D repülőgép tipikus példája a korszerű hangsebesség feletti többfeladati vadászgépnek, amely alkalmas számos feladat végrehajtására és képes repülés közben „szerepet váltani”.

2.6. Következtetések – A hangsebesség feletti repülőgépek fejlesztési irányvonalának összegzése



2-8. Fejlesztési irányok a maximális sebesség és a leszálló sebességek terén



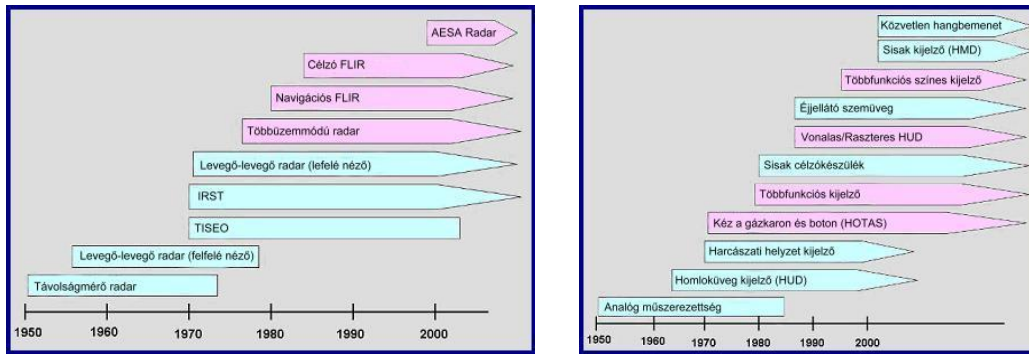
2-9. Fejlesztési irányok az emelkedési sebesség és a repülés vezérlő rendszerek terén

A maximális sebesség és a leszálló sebesség fokozott növelése volt jellemző a hangsebesség feletti repülőgépek kezdeti fejlesztése idején. Azonban az 1970-es évek közepétől a maximális sebességérték 1,6 – 2,5 Mach szám körül stabilizálódott. A repülés vezérlő rendszer és az aerodinamikai korszerűsítések lehetővé tették a leszálló sebességek elfogadható értékre való csökkentését. A fly-by-wire (FBW) vezérlő rendszer bevezetése a bonyolult vezérlési szabályokkal, szabályozó elemekkel, és a képességgel, hogy hiba esetén lehetőség van az újrakonfigurálásra óriási fejlődést hozott a repülőgép kezelésében, a repülőgépvezető kényelmében és a repülésbiztonságban. Az 1970-es évektől kezdve a vadászgépek fokozatosan magas tolóerő-súly arányokat értek el, ami nagy emelkedési sebességhez, és a szárnyterhelés csökkentésével kombináltan kiváló „g” túlterhelési és fordulási teljesítőképességhez vezetett.

1. táblázat. Mai hangsebesség feletti vadászgép tipikus repülési adatai

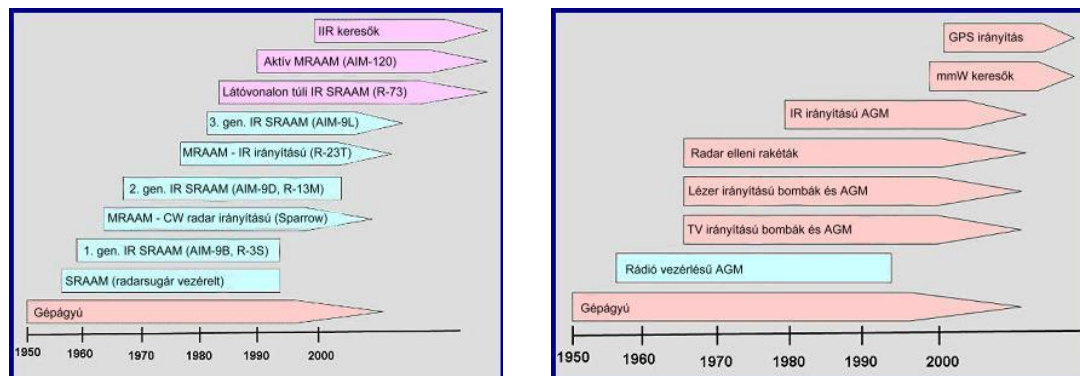
Paraméter	Feltételek	Egység	Érték
Maximális Mach szám	30,000 ft fölött	1	1,6 - 2,35
Emelkedési sebesség	Tengerszinten	m/s	220 - 330
Folyamatos „g” terhelés	Tengerszinten, M=0,9	1	9
	5,000 m, M=0,9	1	6
Folyamatos fordulási sebesség	Tengerszinten, M=0,6	fok/s	15 - 20
	5,000 m, M=0,8	fok/s	9 - 12
Rövid ideig tartó fordulási sebesség	Tengerszinten, M=0,6	fok/s	25 - 30
	5,000 m, M=0,8	fok/s	18 - 23

A repülőgép fedélzetén a feladatok számának növekedése a pilótafülke fejlesztésével párosult. Az 1950-es és 1960-as években a repülőgépvezető fülke többnyire analóg műszerekkel volt felszerelve, és a repülőgépvezető felelt az információk „fejben” történő feldolgozásáért. Az 1960-as évek vége felé megjelenő homloküveg kijelző (HUD) enyhítette a repülőgépvezető leterheltségét a műszerfalán lévő műszerek figyelése szükségességének a csökkentésével. Az 1970-es években végül megjelentek az „üveg” pilótafülkék a szervezett, hierarchikus és szétválasztott információkezeléssel, optimalizáltan a feladat minden egyes fázisára. Ma már az „üveg” pilótafülkék a nagyméretű többfunkciós kijelzőkkel és a nagylátószögű homloküveg kijelzőkkel (HUD) alapfelszereltségnek számítanak, és időnként kiegészülnek a fejtámaszba épített kijelzővel és a közvetlen hangbemenettel a maximális helyzetfelismerés és minimális leterheltség biztosítása érdekében.



2-10. Az érzékelők és a repülőgépvezető fülke fejlesztési irányvonalai

A hangsebesség feletti repülőgépekre úgyszintén jellemző az egyre bővülő fegyverzet, amely irányvonal megköveteli a fegyverek alkalmazására történő kiképzést. A korai hangsebesség feletti repülőgépek csupán nappali, gépágyúval rendelkező vadászgépek voltak, azonban a fegyverválasztékuk fokozatosan bővült. Az 1950-es évek vége felé fokozatosan ellátták őket levegő-levegő rakétával, mint például az AIM-9B Sidewinder vagy az RS-2US és közepes távolságú levegő-levegő rakétákkal, amelyeket az 1960-as években kezdtek alkalmazni a hadműveletekben. Szintén az 1960-as években jelentek meg a vadászgépeken az irányított levegő-föld rakéták. Napjainkban egy vadászgép típus képes hordozni számos változatú és különböző célú levegő-levegő és levegő-föld fegyverzetet, különféle irányítási elvek alkalmazásával, mint például az infravörös sugárzás (IR), radar (félaktív, aktív, passzív, mm-es hullámhossz), lézersugárzás, infravörös képalkotás, TV vagy GPS alapú irányítás.



2-11. Fegyverzet korszerűsítési irányvonalak

3. L-159 - az AERO válasza a hangsebesség feletti gépek pilótaképzésére

3.1. Általános ismertetés

Az AERO vállalat mai álláspontja a szuperszonikus repülőgépek pilótáinak a képzésről az utóbbi 5 évtized fentebb vázolt fejlődési irányvonalán alapul. A sugárhajtóműves kiképző repülőgép tervezés mindig követi a harci repülőgép tervezés irányvonalát.

Ugyanakkor, az L-159 sok fontos szerepet betöltött az új generációjú harci gépek repülőgépvezetőinek a kiképzése mellett. Ez a típus szolgálta a repülőgépvezetők kiképzést és az egész Cseh légierőnek a keleti típusú technikáról, szervezeti felépítésről és eljárásokról a NATO szabványokra történő átállítást. Szintén ez adta a megoldást a katonai költségvetés csökkentése okozta problémára és a haditechnika számának csökkentésére.

Az új gazdasági körülmények közötti túlélés biztosítása érdekében a Cseh Légierő úgy döntött, hogy lecseréli a Szovjet technikát az úgynevezett „high-low” harci repülőgép összeállításra - az előírt feladatok jelentős részének a végrehajtásához a harci és kiképzési feladatoknál korlátozott számú szuperszonikus vadászgépre volt szükség a többségében hangsebesség alatti sugárhajtású repülőgépek mellett. Míg a szuperszonikus vadászgép típusának a kiválasztása meglehetősen hosszadalmas döntéshozatali folyamatot igényelt (az első Gripen a Cseh Köztársaságba 2005-ben érkezett be), addig az alsóbb szinten a specifikáció meghatározása gyorsan megtörtént. 1993-ban döntés született arról, hogy kifejlesztik az L-159 repülőgépet a számos modifikációval rendelkező L-59 sugárhajtású kiképző repülőgépre alapozva.

3.2. L-159 kiképzőgép

Habár az L-159 jelentős harci képességekkel rendelkezik, nem szándékunk, hogy ebben a dokumentumban ezt ismertessük, mivel az elsődleges cél most az L-159 kiképzési képességeire való koncentráció.



3-1. Az L-159 rendelkezésre áll egy és kétüléses változatban

Az L-159 típus jelenleg rendelkezésre áll egy és kétüléses változatban. A kétüléses L-159T a korszerű kiképzés céljára, a repülőgépvezetők ellenőrzésére és az L-159A típusra való átképzésre lett tervezve. Az L-159A alkalmazható emelt szintű pilótaképzésre, érzékelők használatára való kiképzésre, fegyverzeti kiképzésre hasonló szerepben mint ahogy a múltban a MiG-21F típust alkalmazta a kiképző század. Tágabb szemszögből nézve egy ilyen repülőgép a földi személyzet és a törzstisztek kiképzését is szolgálja és karbantartja azok szakmai ismeretét és valódi támadó erőt képvisel a hangsebesség feletti vadászgépek, a földi telepítésű légvédelem és a szárazföldi egységek számára.

2. táblázat. Az L-159 kiképzési lehetőségei

L-159T	<ul style="list-style-type: none"> • Átképzés az L-159A típusra • Repülőgépvezető ellenőrző repülés • Emelt szintű képzés
L-159A	<ul style="list-style-type: none"> • Üzemeltetői képzés • Szinttartó képzés • Kísérő repülő kiképzés • (Harci alkalmazás igény esetén)

3.3. Az L-159 tervezési sajátosságai – megfelelés a kiképzési igényeknek

A repülőgép dinamikája a „g” túlterhelések vonatkozásában és a manőverek időtartamában a hangsebesség feletti vadászgépekéhez nagyon közel áll.

Elvárás a megfelelő repülési dinamika ahhoz, hogy valósághűen utánozzuk a hangsebesség feletti vadászgépet a fizikai terhelések és az emberi reakciók vonatkozásában a harcfeleladatok során. A manőverek hasonló időtartama szintén elősegíti a megfelelő időben történő helyzetértékelés és döntéshozatal gyakorlását.



3-2. A korszerű katonai gázturbinás hajtómű dinamikus repülési tulajdonságokat biztosít az L-159-nek.

3. táblázat. L-159 dinamikai mutatói

Paraméter	Mértékegység	Érték
Maximális sebesség	km/h	936
Kezdeti emelkedési sebesség	m/s	50
Folyamatos „g” túlterhelés S/L	1	5,5
Folyamatos fordulási sebesség S/L	fok/s	16,5

A repülőgép repülési dinamikáját az F124 hajtómű biztosítja melynek tolóereje 20 kN, a BPR 0,472, nagy gyorsulású (4-6 másodperc aljáratról maximálra) és nincsenek tolóerő működési korlátozásai.

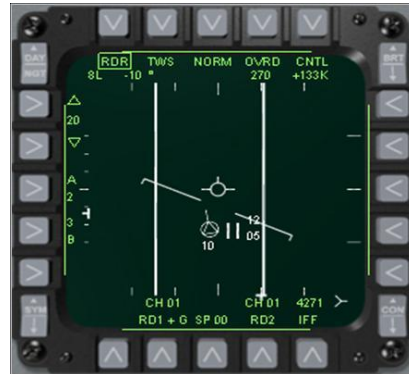
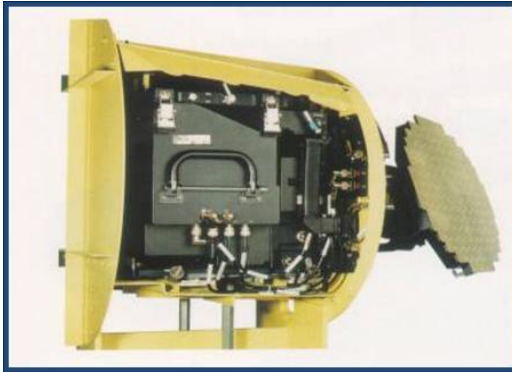
Könnyű és biztonságos kezelhetőség

Napjainkban a hangsebesség feletti többfeladatú vadászgépek nagyon jó kezelhetőségi jellemzőkkel rendelkeznek, beleértve a „gondtalan” kezelhetőséget. A nyugati gyártmányú vadászgépeket sokkal kisebb erőfeszítéssel lehet kormányozni mint a korábbi Szovjet repülőgépeket. Az L-159 oldalkormány és csűrő vezérlése hydro-mechanikus rendszerű és mesterséges kormányerő szabályozóval rendelkezik, annak érdekében, hogy olyan kis botkormányerőt és kényelmes vezérlést biztosítson ami a hangsebesség feletti vadászgépekre jellemző. Ezen túlmenően, átesésmentes, egyenes szárnyal rendelkezik tipikus átesésjelzővel. A repülőgép dugóhúzóba esésre nem hajlamos, de képes dugóhúzót végrehajtani abból a célból, hogy oktatni lehessen a repülőgép vezetőket a nem szokványos helyzetekből való kijövetelre.

Ugyanolyan, vagy hasonló rendszerek, mint a hangsebesség feletti vadászgépeken

Miközben a mai vadászgépek nem jelentenek kezelési és/vagy teljesítőképességi kihívásokat, az üzemeltetésük legbonyolultabb területe és egyben a feladatvégrehajtás hatékonysága szempontjából a legkritikusabb feladat a fedélzeti rendszerek hatékony működtetése. Ennek a kiképzési irányvonalnak a támogatása érdekében, amely úgyszintén tartalmaz harci eljárásokra és más egységekkel való együttműködésre történő kiképzést, az L-159 a következő rendszerekkel van felszerelve:

- Több üzemmódú radar amely képes megtalálni és követni mind a légi és a földfelszíni célokat (L-159A).



3-3. A Grifo-L radar és egy példa a „követ miközben keres” (Track While Scan) üzemmód kijelzésére

- Integrált önvédelmi rendszer amely tartalmazza a programozható besugárzásjelzőt és az ellentevékenységre szolgáló infracsapda kivető rendszert (L-159A).



3-4. A Cseh Légierő L-159 repülőgépe infracsapdákat bocsát ki.

- A NATO kompatibilis kommunikáció, navigáció, és azonosítás lehetővé teszi a NATO erőkkkel való együttműködést.
- A digitális függesztmény vezérlőt a valóságos, vagy szimulált műveleteknél a NATO szabványnak megfelelő fegyverek tették szükségessé.
- Az adatbetöltő és rögzítő rendszerek támogatják a NATO szabvány szerinti feladattervező és jelentő rendszereket.

3.2.1. Ugyanolyan fegyverek, mint a hangsebesség feletti vadászgépeken

Az érzékelők és a repülőgép rendszerek mellett a hatékony fegyverhasználatra való felkészítés kulcsszerepet játszik a feladat végrehajtásban. Az L-159 többféle szabványos NATO fegyverzetet használ. A kiképzés ki van bővíve szimulált fegyverzet hordozás üzemmódokkal és kiképző fegyverekkel, mint az SUU-5003 gyakorló függesztmény rakétákkal és bombákkal, AIM-9 és AGM-65 rakétákkal, valamint ACMI függesztménnyel.

4. táblázat. Az L-159 fegyverzetének a felsorolása

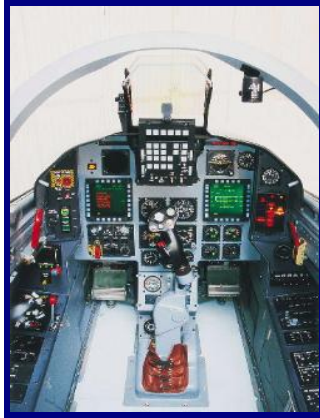
Függesztő gerenda száma		7.	6.	5.	4.	3.	2.	1.
Függeszhető tömeg (kg)		150	320	550	300	550	320	150
(lb)		330	705	1,215	660	1,215	705	330
Típus	Függesztmény							
Bombák	Mk 82		1	1		1	1	
	Mk 82 BSU-49		1	1		1	1	
	GBU-12 Paveway II		1	1		1	1	
	Mk 83			1		1		
	GBU-16 Paveway II			1		1		
	CBU-87			1		1		
Nemirányított rakéták	LAU-5002		1	1		1	1	
	LAU-5003		1	1		1	1	
Gépgyű konténer 20 mm	PLAMEN			1	1	1		
L-L Rakéta	AIM-9	1	1				1	1
L-F Rakéta	AGM-65		1	1		1	1	
Kiképző függesztmények	SUU-5003			1		1		
	CATM-9/ACMI	1	1				1	1
Külső üzemanyag tartályok	EFT 350		1	1		1	1	
	EFT 500			1		1		



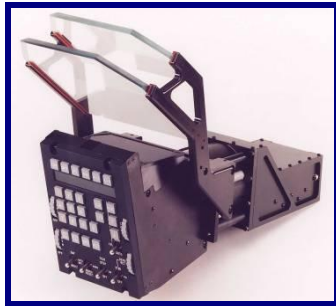
3-5. L-159 védett repülőgép tárolóhelyen a fegyverzettel

A repülőgépvezető fülke felszereltségének alapját a homloküveg kijelző, a „kéz a gázkaron és a boton” rendszer, valamint a többfunkciós kijelzők képezik

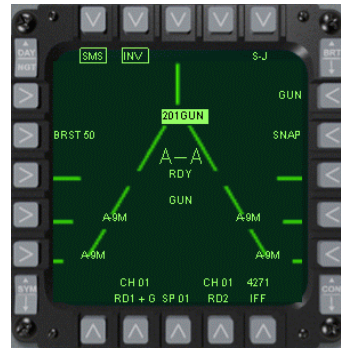
Az L-159 repülőgépvezető fülkéje hasonlít a korszerű hangsebesség feletti vadászgépek fülkéjéhez és a repülési képességével, kezelhetőségével, rendszereivel, érzékelőivel és fegyvereivel együtt vadászgép típusú környezetet nyújt. Az L-159 úgynevezett „üveg” repülőgépvezető fülkével rendelkezik, ahol a működés fontosság szerint „mester üzemmódokba”, „üzemmódokba” és „alüzemmódokba” van szervezve, ugyanúgy, mint egy hangsebesség feletti többfeladatú repülőgépnél.



3-6. Az L-159 repülőgépezető fülke a HUD, az MFD és a HOTAS rendszerekre épül.



3-7. Az L-159 nagylátószögű HUD-al rendelkezik. Példa a HUD kijelzésre a jobboldali képen látható.



3-8. Példák a többfunkciós kijelző képernyőoldalakra – Radar távolságmérési képernyőoldal (balra) és függesztmények nyilvántartása képernyőoldal



3-9. L-159 HOTAS

Ugyanazok a feladatok

Mivel a harci feladatok egyre összetettebbekké válnak, ezért megkövetelik a részletes előkészítést és jelentést, amit a feladat végrehajtás integrált részének tekinthetünk. Ezáltal a kiképzés a feladattervezés és jelentés vonatkozásában nagyon fontossá válik. Az L-159 digitális rendszerű feladattervező és jelentő rendszert használ azért, hogy megvalósítsa ugyanazokat a feladatokat, amiket a hangsebesség feletti vadászgépek.



3-10. L-159 jelentő állomás, jelenleg használatban van Kecskeméten. Példa a jelentésre.

3.4. L-159 kiképző és harci rendszer napjainkban

Rendszerbe állított konfiguráció

Jelenleg a Cseh Légierőnél az L-159 rendszer minden eleme rendszerbe van állítva és export célra megrendelés esetén rendelkezésre áll:

- Repülőgép
 - Együléses változat (L-159A)
 - Kétüléses változat (L-159T)
- Földi telepítésű kiképző rendszer
 - Teljes feladat szimulátor
 - Század szintű kiképző eszközök
 - Elméleti kiképzés
- Feladat tervező és jelentő rendszer
 - Feladat tervező állomás
 - Feladat jelentő állomás
- Logisztikai biztosítás
 - Pirosvonal szintű
 - Időszakos osztály szintű
 - Ipari javítás szintű



3-11. L-159 teljes kiképző rendszer

L-159 a Cseh Légierőben napjainkban

Az L-159 géppark helye a Cseh légierőben és annak aránya az egész Cseh Légierő harci repülőgép flottáján belül tisztán látható a következő táblázatból. A táblázat a Cseh Légierő egyetlen harcászati repülőbázisának, a Caslav-ban települő 21. Harcászati Repülő Bázisnak a repülőgépeit mutatja.

5. táblázat. A Cseh Légierő harci repülőgépei

Repülőgép	Feladat	Gépszám
211. repülőszázad		
JAS-39C	Légvédelem	12
JAS-39D	Harci kiképzés	2
212. repülőszázad		
L-159A	Levegő-föld/szintentartó kiképzés	20
L-159T	Emelt szintű/típusátképzés	4

Az L-159 rendszer kulcsszerepet játszott a Cseh Légierőnek a szovjet eszközökről a nyugati eszközökre történő áttérésében. A Gripen repülőgépek 2005-ös rendszerbe állítását követően az L-159 század egyre fontosabb szerepet játszik a személyzet Gripen gépekre történő felkészítésében.

Zárszó

Napjainkban a korszerű szuperszonikus többcélú vadászgépek, mint a Gripen, a légierő élvonalát képviselik. Ugyanakkor a gazdasági lehetőségek korlátozzák a gépek számát, másrészt ösztönzik a gépek hatékony használatát. Ez megköveteli a kiemelkedő minőségű képzést. Habár a Cseh Légierőben, rendelkezésre áll korlátozott számú szuperszonikus vadászgép, de az nem elegendő a harc feladat, a koalíciós elkötelezettségek és a kiképzés végrehajtásához. A Cseh Köztársaságban a felmerülő kérdésre, vagyis hogy hogyan kezeljük ezeket a követelményeket a korlátozott védelmi költségvetés melletti környezetben a válasz a JAS-39 és az L-159 „high-low” vegyes géprendszer bevezetése volt a válasz. Kiképzési szempontból az L-159 repülőgép szerepe ebben a rendszerben a kiképzés biztosítása, de nem csupán a pilóták számára. Tágabb szemszögből nézve az egész légierő kiképzését szolgálja, és karbantartja annak szakmai ismeretét egy annál szélesebb skálán, mint amit csak egy

szuperszonikus vadászgép típus biztosítana. Továbbá, krízis idején, az L-159 repülőgép jelentős harci erőt képvisel és az L-159 típus repülő és földi személyzete könnyen átképezhető a hangsebesség feletti repülőgépek üzemeltetésére amennyiben a helyzet megkívánná azok létszámának a növelését.



Dr. Molnár András

OPTIKA DŐLÉSMÉRÉSEN ALAPULÓ REPÜLÉSSTABILIZÁCIÓ

BEVEZETÉS

Napjainkban, köszönhetően a rohamosan fejlődő informatikának és mikroelektronikának, egyre több kutatóhelyektől jelennek meg közlemények kis és közepes méretű robotrepülőgépek fejlesztéséről. Ezen repülő eszközök egy közös jellemzője, hogy rendelkeznek olyan szenzorral, vagy szenzorokkal, melyek segítségével meghatározható a repülőgép mindenkor térbeli orientációja. Az orientáció pontos meghatározását biztosító szenzorok eltérő elvek szerint működhetnek. A leggyakrabban alkalmazott szenzortípusok inerciális elven működnek. Ezeknek köznapi elnevezése a giroszkóp. Nagyobb gépek esetében a giroszkópok lehetnek mechanikus, úgynevezett pörgettyűs szenzorok, de manapság igen gyorsan terjednek a MEMS technológián alapuló elektronikus szenzorok is. Az inerciális elven működő szenzorok gyakori alkalmazásának oka, hogy a technológia kiforrot, az elvek jól ismertek, az alkalmazás során fellépő hibák előre ismertek és kompenzációikra gyakorlati tapasztalatokon alapuló eljárások léteznek. Mindezek ellenére a mechanikus eszközök túl nagyméretűek a sokszor mindössze néhány kg felszálló tömegű robotrepülőgépek számára, illetve a MEMS technológián alapuló giroszkópok igen drágák, miközben stabilitásuk jóval elmarad a mechanikus szenzorokétól.

Több, főleg magán kezdeményezésű kutatócsoport próbál meg alternatív orientáció mérő eszközt kifejleszteni repülőgépeik számára. Az alternatív módszerek egyike a horizont mérése alapján történő dőlésmérés. Az értekezés ismerteti néhány más elven működő dőlésmérő eszközt azok előnyeit és hátrányait is érintve, valamint ismerteti egy lehetséges optikai elven működő rendszert. A rendszer ismertetése túlmutat az elvi megoldásokon. Részletesen kerül ismertetésre az optikai horizont gépi meghatározásának egy MATLAB szimulációja, valamint egy Visual Stúdió fejlesztői környezetben történt megvalósítása.

MEMS TECHNOLÓGIÁN ALAPULÓ, KERESKEDELEMBEN KAPHATÓ GIROSKÓPOK

Microstrain szenzorok [1]

A Microstrain egy 1987-ben alapított mikroelektronikai cég, székhelye az USA-ban van. A cég fő profilja a szenzorgyártás, és fejlesztés, ezen belül is a lineáris elmozdulást mérő, és dőlésmérő szenzorok. Szenzorjaikat főleg az autóiiparban, bio-mechanikai rendszerekben, és a hadiiparban alkalmazzák. A hadsereg nagyrészt pilóta nélküli repülőgéprendszerben használja a cég által gyártott dőlésmérő

eszközöket. Az általuk gyártott dőlésmérő szenzorok több funkciót is ellátnak. Természetesen képesek dőlésmérésre, de ezen felül lineáris gyorsulás mérésére, szöggyorsulás, és hőmérséklet megállapítására is alkalmasak. Egyes típusok pedig még mágneses tér érzékelővel is fel vannak szerelve. A szenzorok mikroelektromechanikai (MEMS) eszközökből, és fejlett mikrokontrollerekből épülnek fel.

A szenzorok igen pontos giroszkópokkal vannak felszerelve, amelyek segítségével az egyes tengelyeken való elfordulás mérése fél fokos pontosságot is elér, a felbontás pedig egy tized foknál is kisebb.

A szenzorok hőmérsékletbeli működéstartományja pedig akár -40 -tól $+85^{\circ}\text{C}$ -ig terjedhet. Egyes szenzorok pedig teljes hőmérsékletkompenzációval is rendelkeznek a működési tartományban.

A mért eredmények digitális, és analóg formában is hozzáférhetőek. Digitálisan USB 2.0, soros portokon vagy vezeték nélküli hozzáféréssel létesíthető kapcsolat.

A vezeték nélküli hozzáféréshez a cég többfajta eszközt is gyárt, amelyekkel a szenzorok által küldött adat belső memóriában tárolható, továbbküldhető más feldolgozóegységek felé.

A robotrepülőgépeken alkalmazott típusok egyik nagy előnye, hogy bekapcsolás után nem igényelnek kalibrációt. Ezt a műveletet a szenzorba integrált mikrokontroller, illetve annak programja az egységbe épített kilenc különböző szenzor adatainak fúziója alapján képes elvégezni. Az előbbiekből következik, hogy a giroszkóp működés közben is képes saját adatainak korrekciójára, bár ez a szolgáltatás esetenként zavaró is lehet. Talán éppen ezért a giroszkóp minden adata hozzáférhető, így a felhasználó döntésén múlik, hogy a „nyers” adatokkal, vagy az eszköz beépített algoritmusai által szűrt és korrigált adatokkal kíván-e dolgozni.

Xsens szenzorok [2]

A Xsens a Microstrain szenzorjaihoz hasonló megoldásokat kínáló holland cég. A helyzetérzékelő szenzoroknak olyan változatát is gyártják, amiket emberi mozgások monitorozására fejlesztettek ki. Ezekkel a szenzorokkal animációkhoz, számítógépes játékokhoz készíthetőek életszerű mozgások, az emberi mozgások rögzítésével. Egyéb lehetséges alkalmazási területe például katonák kiképzése, amikor az ember által végzett mozgások alapján egy virtuális képet vetítenek a katonák szeme elé, amin a környezetük a mozgásuk hatására változik. Ez az alkalmazás persze igencsak jövőbetekintő, és még csak kezdeti fázisban jár.



1. ábra Xsens MTI-G szenzor

A szenzorok másik csoportja ugyanúgy pilóta nélküli repülőgépeken, tengeralattjárókon és mobil robotokon használatos.

Az Xsens szenzorjai ugyanúgy giroszkópokkal felszereltek, képesek a szöggyorsulás mérésére, és a föld mágneses mezejének mérésére magnetométerekkel. A működési paramétereik is hasonlóak a Microstrain szenzorokhoz.

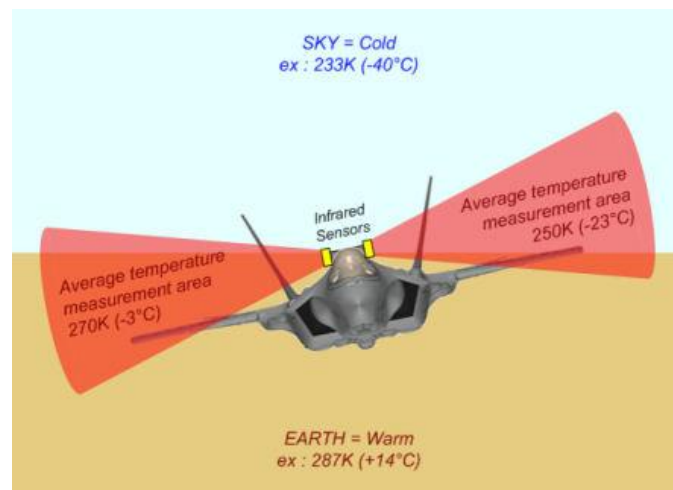
Újdonságként a MTI-G szenzor képességei közül a beépített nagy pontosságú GPS vevőt lehet megemlíteni. Ez akkor lehet fontos, ha az irányított repülő vagy egyéb ember nélküli szerkezet navigációja GPS koordináták által vezérelt.

Repülők esetében egy ilyen szenzor alkalmazásával könnyen végigrepülhető egy útvonal, ami előzőleg egy GPS alapú rendszeren lett meghatározva. Nem szükséges a földrajzi koordináták átkonvertálása méter adatokra, hiszen mindig rendelkezésre áll az irányított rendszer aktuális földrajzi helyzete.

Hőmérsékletkülönbségen alapuló repülésstabilizáló

FMA Co-Pilot Flight Stabilization System [3] [4]

Az FMA Co-pilot rendszereket távirányítású modellek (repülő, helikopter) repülésstabilizálásra fejlesztették ki. Ez hasznos segítség lehet kezdők számára, akik most tanulják a gépek kezelését, vagy tapasztaltabbaknak is, ha új modellre váltanak, megelőzendő a gépek összetörését. Viszonylagosan alacsony ára és a meglévő távirányító rendszerekhez kialakított illesztése kedvelt eszközzé teszi amatőr robotrepülőgépek stabilizálására.



2. ábra Az IR érzékelés alapja

Az FMA rendszer működése a következő:

A Co-pilot szenzor egysége, amely a repülő, vagy helikopter vázára vízszintesen felfekszik, infravörös szenzorokkal a horizontot figyeli, az alaprendszer szenzoregysége 4 darab érzékelőt tartalmaz, ezzel X és Y tengelyek mentén történő dőlés határozható meg.

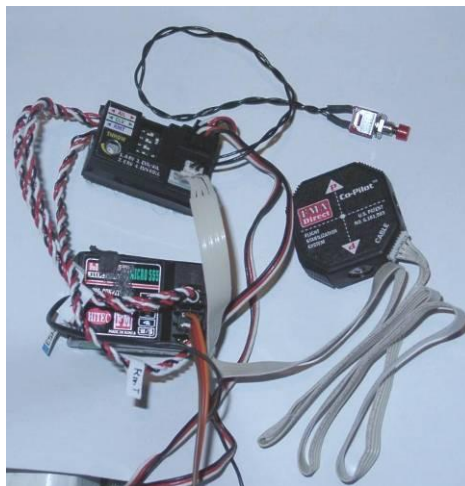
Az egymással szemben elhelyezkedő infravörös szenzorpárok érzékelik a föld, és az égbolt hőmérsékletkülönbségét, amely vízszintes repülés esetén zérus, kilencven fokos eltérés esetén pedig a legnagyobb.



3. ábra Az FMA rendszer IR szenzora

A vezérlőegység a hőmérséklet különbségekből megállapítja az eszköz helyzetét, majd megfelelő korrekciós jeleket küld az irányító szervóknak, hogy a gép dőlését kompenzálja. Lényegében a szenzorpárok kimenetei egy komparátorra vannak kötve, melynek kimenete arányos a bejövő jelek eltéréssel. Mivel az infravörös hatások nem függenek a látható fénytől, ezért a rendszer éjszaka is megbízhatóan működik. Csak nagy időjárásbeli változások okoznak jelentős eltéréseket az infravörös spektrumban. Az erős köd, a felhők közötti repülés, vagy hó a földön, esetleg túl közeli fák megzavarhatják a rendszert.

Minden repülés megkezdése előtt ajánlott a rendszert kalibrálni az éppen aktuális hőmérsékleti viszonyokra. A kalibráció időjárás-változás miatt is szükséges lehet.



4. ábra Az összekábelezett FMA CPD4

A rendszer akár repülés közben is ki-be kapcsolható és hangolható, ha van egy szabad csatorna az adó-vevő egységben. A pontosan felszerelt rendszer 2 fokos pontossággal képes beállítani a repülő dőlését.

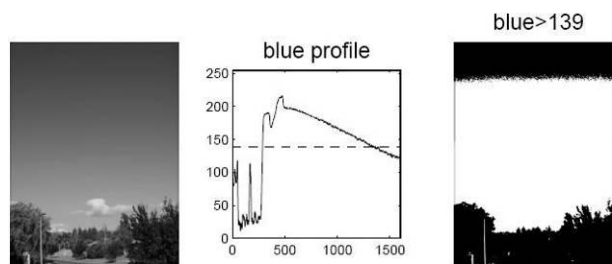
Az FMA Co-pilot rendszernek 2 változata létezik. A régebbi CPD4 nevű rendszer, a fent leírt alapszolgáltatásokat biztosítja, és csak analóg szervókhoz használható.

Az újabb FS8CP nevű lényegesen több szolgáltatást nyújt. Egy vertikális helyzetű úgynevezett Z szenzorral egészítették ki a szenzorrendszert, mely segítségével a rendszer meg tudja állapítani, hogy merre van ég, és a föld, ezáltal a háton repülő gépet is képes megfordítani. A Z szenzor még a kalibrációnál is segít, nem kell a gépeket vízszintesen tartani a kalibrációhoz, ez főleg nagy gépek esetén lehet fontos.

Mindkét rendszer megvásárolható a gyártó honlapján.

Dőlésszög meghatározás horizont detektálással

A feldolgozás alapja, hogy a digitális képen egy szegmentációval el kell különíteni az égboltot, és a földet. Az egyik lehetséges megoldás, hogy a kép kék csatornáján alkalmazunk küszöbölést megfelelően megválasztott paraméterrel. Tiszta égbolt esetén a kék csatorna értékei jelentősen magasabbak az égbolt esetén, a földihez képest. Felhős ég esetén a különbség kisebb, de még mindig elkülöníthető a két képrész.



5. ábra Szegmentálás a kék csatornán

Ha a kék csatorna nem megfelelő erre a célra, - például egy havas terület, vagy víz fölött készült a kép - akkor használható a textúra alapú elkülönítés is. Az égbolt textúrája általában jelentősen eltér a földi textúráktól. A felhők hatásának kiküszöbölésére alkalmazható a szegmentálásnak egy olyan módja, amikor az egyes csatornákon egyenként kell élkeresést végezni, majd újra össze kell állítani a képet. A szegmentált képen, closing és opening eljárásokkal a kisebb zavarok eltüntethetők. Ezután egy Hough-transzformációval megkereshető a horizontot reprezentáló egyenes.

LEHETSÉGES MEGVALÓSÍTÁS

A videójelet szolgáltató alrendszer feladata a megfelelő mennyiségű képi információ továbbítása oly módon, hogy a repülő eszköz teljes környezete megfigyelhető legyen. Ahhoz hogy a gép helyzete meghatározható legyen, kamerákkal a tér minél nagyobb részét kell belátni. Mivel egy átlagos kamera látószöge körülbelül 50 fok, könnyen belátható, hogy a teljes teret nem képes egy kamera lefedni. Emiatt vagy a kamerák számát kell növelni, vagy pedig speciális optika alkalmazása szükséges. Lehetséges megoldás, hogy több kamerát helyezünk egy síkba, melyek egymással azonos szöget zárnak be. Ez már elegendő látószöveget biztosíthat a

helyzet-meghatározáshoz. Léteznek extra nagy látószögű kamerák is, melyeknek a látószöge akár a 90 fokot is elérheti. Ezek alkalmazásával a kamerák száma minimalizálható úgy, hogy a teljes körpanoráma észlelhető. Másik lehetséges megoldás, ha egy kamerából áll a rendszer, és egy speciális úgynevezett halszemoptikát tartalmaz, mellyel a teljes környezet megfigyelhető. Ez esetben a kamera ugyan a teljes környezetről szolgáltat információt, de az általa rögzített kép nagyon torzul a hatalmas látószög miatt. Ez a későbbi feldolgozást nagymértékben megnehezítheti.



6. ábra Halszemoptikával készült teljes panorámakép [5]

Egy ilyen torzult képen nehéz a horizont dőlésének meghatározása további korrekciókat igényel. Igaz ugyan, hogy ezek a korrekciók az optika ismeretében meghatározhatóak és konstansnak tekinthetők, mégis jelentős számítási igénnyel bírnak.

Több lehetséges alternatíva közül a négy kamerából álló kamerarendszer alkalmazása kedvező választásnak tekinthető. Ez a rendszer később, megfelelően nagy kamera alkalmazása esetén egyetlen kamerára és egy viszonylag egyszerű, síktükrökből felépített optikára redukálható. Az eredmény ebben az esetben egyetlen kép (video) melyen a négy irányban látható táj a kép egy-egy negyedén jelenik meg. A kísérleti rendszer kameráinak elvi felépítése az alábbi képen látható.



7. ábra Négy kamerából álló képrögzítő rendszer

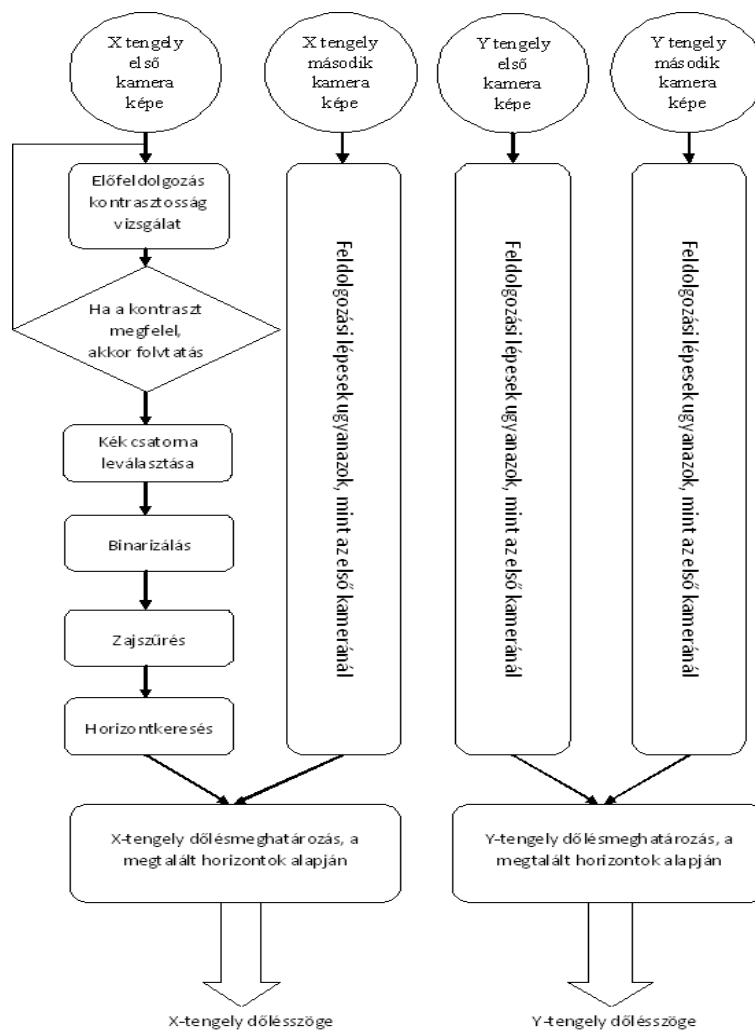
Ezzel a módszerrel elegendő információt nyerhető a helyzet-meghatározáshoz, és a megvalósítása is viszonylag egyszerű. Az hogy a kamerák egymással 90 fokot zárnak be azért fontos tulajdonság,

mert az egymással háttal álló kamerapárok egy-egy tengely menti horizontdőlés érzékelésére képesek. A kamerák közül az egyik a repülő orra felé, a neki háttal lévő a repülőgép farka felé, a másik kettő pedig a két szárny irányába kell, hogy nézzen.

Ezen elrendezés használatával a szárnyak irányába néző kamerák érzékelik a repülő emelkedési és dőlési szögét. A gép hossz tengelyén elhelyezkedők pedig a jobbra illetve balra dőlését érzékelik az első és hátsó horizonton történő dőlési-szögváltozás alapján.

A videó feldolgozás menete

A kamerák által szolgáltatott videók egy időben, képkockánként kerülnek feldolgozásra. A feldolgozási lépéseknél csak egy kamera képének feldolgozása kerül ismertetésre, mivel ez kameránként megegyezik. Amikor a végső eredmény kerül meghatározásra akkor természetesen mind a négy kép szerepet kap. A helyzet meghatározás arra épül, hogy a képeken a feldolgozó algoritmus megkeresi a horizontot legjobban reprezentáló egyenest, majd ha ennek a dőlési értékét mind a négy kamera képén kiszámította, akkor meghatározza teljes rendszer dőlését.



8. ábra A képfeldolgozás lépései

Előfeldolgozás

Amikor egy kép feldolgozását elkezdi a rendszer, az első lépés annak meghatározása, hogy egyáltalán érdemes-e a képpel foglalkozni. Számos olyan eset lehet, amikor a képen a horizont vonala nem határozható meg, vagy nagy valószínűséggel hamis eredményre vezetne a feldolgozás. Ilyen eset például, amikor a képen nem látszik a horizont, tehát vagy csak a földet, vagy az eget látja a kamera, esetleg a nap belesüt az optikába. De akár köd, vagy erős esőzés is okozhat ilyen problémát.

A kép relevanciájának meghatározására annak kontrasztosság vizsgálata a legegyszerűbb megoldás. Ez úgy történik, hogy meg kell határozni a kép hisztogramja alapján a képkocka Otsu-küszöbét[6], és ha túl alacsony, vagy túl magas, akkor annak kontrasztja nem megfelelő. Léteznek ugyan ennél bonyolultabb eljárások, de azok eredményessége és számításigénye nincs kellő arányban. Az eljárás alapja az a gyakorlati tapasztalat, hogy ha kép túl sötét, vagy túl világos, igen valószínű, hogy a feldolgozó algoritmus valótlán horizont-vonalat találna.

Ha a kép az előfeldolgozás során megfelelőnek bizonyul, akkor a rendszer folytatja a horizont keresését, ha nem, akkor az adott képet nem használja, hanem az előző képkocka által adott horizontot veszi alapul a helyzet-meghatározáskor. Természetesen attól, hogy az egyik kamera által küldött kép nem megfelelő a maradék három kamera még szolgáltathat helyes horizontot

Kék színcsatorna leválasztása

Ha a képet a kontrasztosság vizsgálat megfelelőnek találta, akkor elkezdődhet a horizont keresése a képen. Ebben a folyamatban az első lépés a kép kék csatornájának leválasztása. Ezen a csatornán a térnek el legjobban az ég, és a föld intenzitásértékei egymástól. Az ég csak kék komponenst tartalmaz, míg a föld változatosabb színeket vehet fel, de a zöld a domináns.



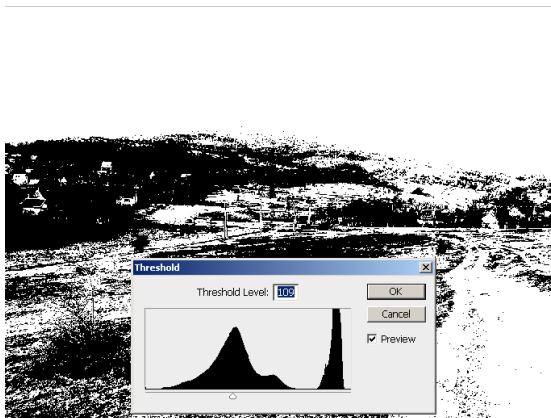
9. ábra Az égbolt és táj viszonya a kék csatornán

Például a következő képen jól megfigyelhető, hogy az egyes csatornák hisztogramjai közül, a kék csatornánál látszik a legjobban a két kiemelkedő csúcs, amik az eget, és földet reprezentálják.

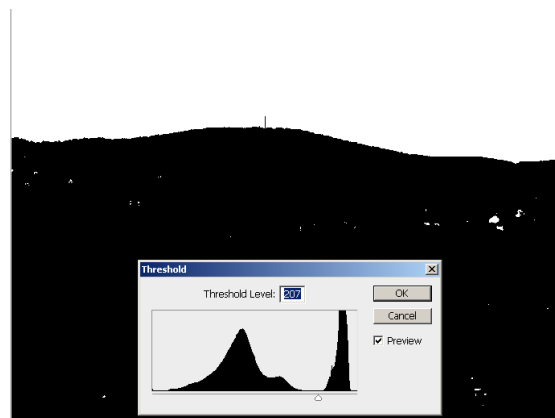


10. ábra A kép RGB csatornáinak hisztogramja, a kék csatornán jelölve a két csúcs

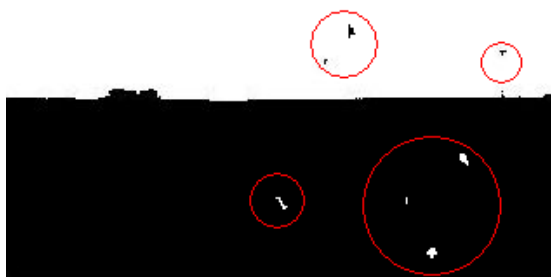
Tehát a kék csatorna alkalmazásával különíthető el legjobban két térrészlet, ha az eget és a földet akarjuk egymástól elválasztani.



11.a. ábra 109-es küszöbszint



11.b. ábra 207-es küszöbszint



12.a. ábra Zajok a képen



12.b. ábra Zajsűrés utáni állapot

Horizontkeresés

Az utolsó lépés a feldolgozás során, hogy meg kell állapítani a horizont helyzetét. Erre két különböző módszert is kidolgozásra került.

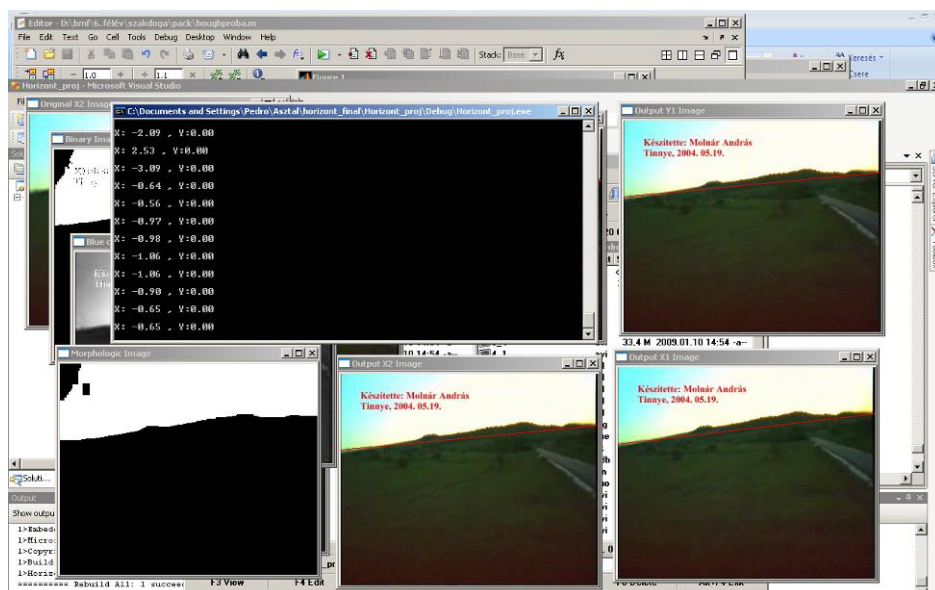
Az első lehetséges módszer a horizont detektálására a Hough-transzformáció[7]. Ennek a módszernek az az előnye, hogy adott dőlésű egyenesek kereshetők vele. Olyan egyenesek megkeresésére is használható melyek csak részletekben állnak rendelkezésre. Az hogy milyen finom felbontással keressük az egyeneseket az is csak előre beállított paramétereken múlik. A módszer rövid

működése a következő. Létre kell hozni egy akkumulátor mátrixot, amelynek egyik dimenziója egy r érték a másik α szög. α értékei 0-tól 180-ig változnak, r értéke pedig 0-tól a kép átlójának hosszáig. Az egyeneseket a Hesse féle normálalakos leírással reprezentáljuk ($r = x \cos(\alpha) + y \sin(\alpha)$) ahol r az origótól vett távolság α pedig a vízszintessel bezárt szög. Ezután a kép pontjain végighaladva, minden olyan pontnál meg kell növelni az akkumulátor tömb értékét, ahol az r és α párok által reprezentált egyenesen a pont rajta lehet. Ha az összes képpontra megtörtént a számítás, akkor a mátrixban a lokális maximumok jelzik az egyeneseket.

A Hough-transzformáció mellett egy másik módszerrel is megkereshető a horizont. Ha a kép megfelelően szegmentált, és a képen elhelyezkedő horizont közel egyenes, akkor a horizont úgy is megtalálható, hogy sorba vesszük a kép egyik szélső oszlopának pixeleit, és ahol a fekete-fehér váltást megtalálható, az a pont lesz a horizont egyik vége. A horizont másik végét hasonlóan lehet meghatározni a másik oldalon keresve a fekete-fehér átmenetet. Ha megvan a két pont, akkor őket összekötve megvan a horizontot legjobban megközelítő szakasz is. Könnyen belátható, hogy ez a módszerhez kevesebb számítást igényel, mint Hough-transzformáció. Legrosszabb esetben is csak (képmagasság+képszélesség)*2 összehasonlítást kell elvégezni a horizont megtalálásához. A keresés gyorsítható, ha feltételezzük a horizont megszokott helyzetét. Tehát ha az esetek nagy százalékában a horizont vízszintesen helyezkedik el, akkor a képnek a bal és a jobb oldalán kell kezdeni a végpontok keresését, és csak akkor kell a felső és alsó oldalt vizsgálni, ha a jobb és bal nem hozott eredményt.

Dőlésmeghatározás

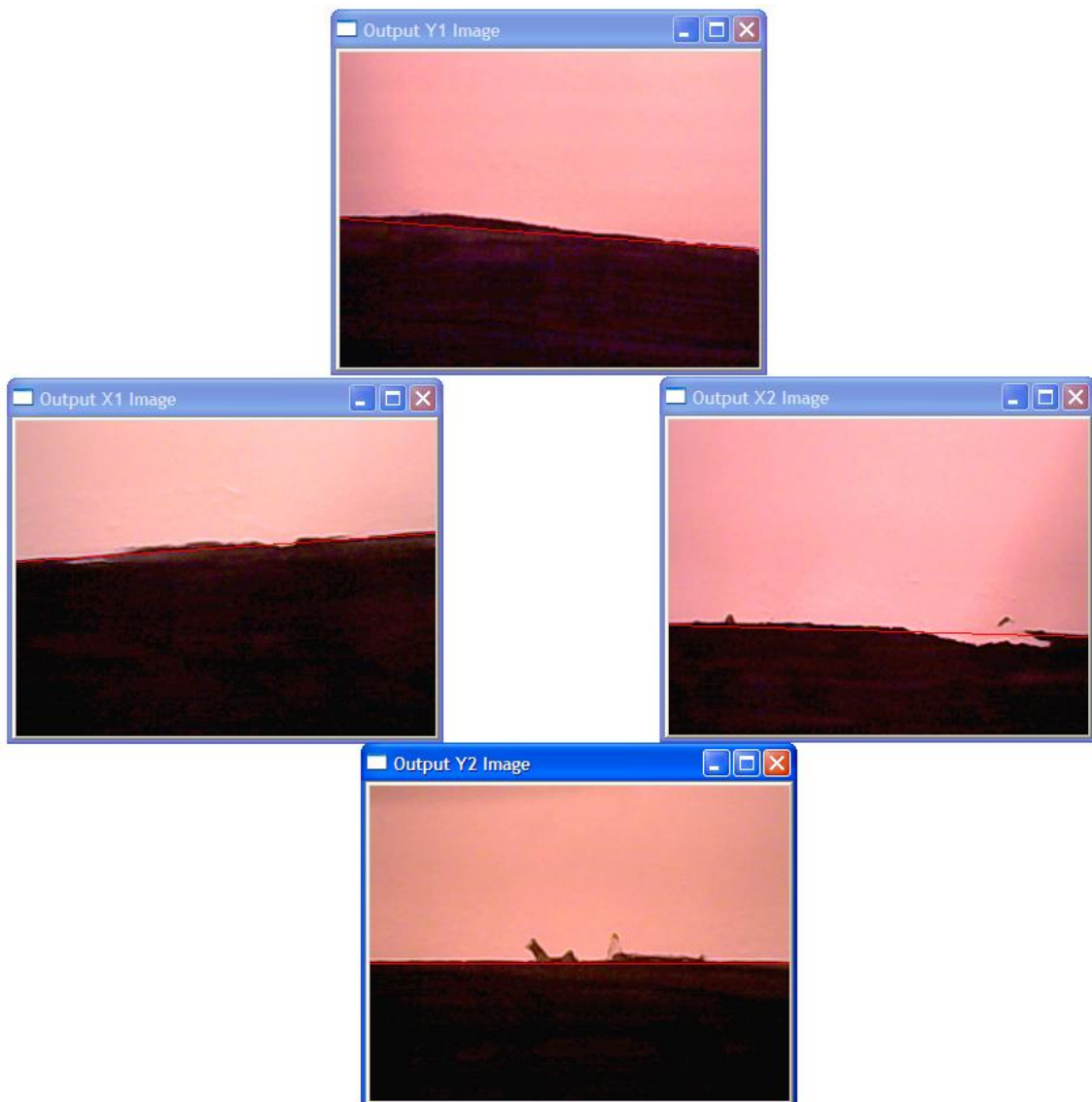
Ha a négy kamera által szolgáltatott képek mindegyikére el lettek végezve az előző eljárások, akkor előállnak a képeken található horizontok kezdő és végpontjai. Ebből egy rövid számítással meghatározható a horizontok dőlése a vízszinteshez képest. Mivel a négy kamera kilencven fokként helyezkedik el, ezért az egyik kamerapáros a térbeli X a másik az Y tengely menti dőlési értéket határozza meg.



13. ábra A tesztprogram működése egy légi felvételen

Tehát rendelkezésre áll kettő dőlési érték tengelyenként, amik az egymásnak háttal álló kamerák képe alapján keletkezett. Ennek a két értéknek abszolút értékben meg kell egyeznie, hiszen egy tengely mentén a dőlés is ugyanakkora. Azért abszolút értékben egyeznek meg, mert ha az egyik képen a horizont balra dől, akkor a párján, ami a neki háttal lévő kamerával készült a dőlés jobbra jelentkezik. Persze a horizont magasságát a képen befolyásolhatja a másik tengely mentén lévő dőlés, de a dőlési szöget semmiképp sem.

A dőlési szögben keletkező eltérést csak a feldolgozás pontatlansága és a táj változatossága befolyásolhatja. Tényleges dőlésnek elfogadható a két dőlési érték abszolút értékének átlaga. Ha a két kép közül az egyik az kontrasztvizsgálat során nem bizonyul alkalmasnak, akkor a másik képen kapott dőlési érték lesz az eredő. Ha a tengelyen elhelyezett egyik kamera sem ad elfogadható képet, akkor a legutóbbi feldolgozás eredménye lesz a kimenet.



14. ábra A négykamerás rendszer tesztje

Tapasztalatok, fejlesztési tervek

Az algoritmusok tesztelése során kisméretű robotrepülőgépek által készített videókon is sikerrel lehetett a horizont detektálását és annak dőlését realizálni. A detektálás biztonsága erősen függ azonban a kép minőségétől. Jelentős zavaró hatások közül főleg a nap intenzív fényét, valamint a földdel egybeolvadó, sötét felhőket kell megemlíteni.

A kutatás következő fázisában egy fedélzeti egység megvalósítása a cél. Ez mind kamerarendszer, mind képfeldolgozási eljárások optimalizálása, mind számítógépes platform tekintetében jelentős fejlesztéseket igényel.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] <http://www.microstrain.com/>, (2008.01.12)
- [2] <http://www.xsens.com/en/home.php>, (2008.01.12)
- [3] <http://plawner.net/> <http://www.fmadirect.com/>, (2008.04.02)
- [4] Haiyang Chao; Yongcan Cao; YangQuan Chen: Autopilots for Small Fixed-Wing Unmanned Air Vehicles: A Survey, Mechatronics and Automation, 2007. ICMA 2007. International Conference on Volume , Issue , 5-8 Aug. 2007
- [5] http://www.flickr.com/photos/martin_heigan/1518652806/, (2008.12.20) Martin Heigan, Creative Commons licenz alatt
- [6] N. OTSU (1979): A THRESHOLD SELECTION METHOD FROM GRAY-LEVEL HISTOGRAMS, IEEE TRANS. SYSTEMS, MAN AND CYBERNETICS. 9, P. 62–66
- [7] VALAKI Jozsef: Cím, Budapest,



Nagy Gábor¹ - Bäumlér Ede² - Csurgai József³ - Molnár László⁴ - Pintér István⁵ - Vincze Árpád⁶ - Zelenák János⁷ - Solymosi József⁸

PIN DIÓDA ALKALMAZHATÓSÁGA PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI SUGÁRFELDERÍTÉSBEN

ABSZTRAKT

A sugárfelderítés alapvető harcászati célja ismert esemény (atomcsapás, harctevékenységtől független kibocsátás) után a sugárhelyzet felmérése, vagy konvencionális támadás után a terep felderítése. Felderítésre manapság egyre gyakrabban alkalmazzák az un. pilóta nélküli repülő (PNR) eszközöket. A pilóta nélküli ABV felderítő repülő eszközben nincs ember, tehát a katonák túlélését nem veszélyezteti. A PNR ABV felderítő eszközökbe elhelyezett mérő eszközök kisebbek és könnyebbek, mint a pilótával felderítő eszközben elhelyezettek.

Jelen írásban összefoglaljuk a hazai légi sugárfelderítésre alkalmas eszközöket, valamint a nukleáris méréstechnikában használt fotó-elektronsokszorozó félvezetővel történő kiváltásának lehetőségét mutatjuk be. Félvezető eszköz alkalmazásával, képesek vagyunk közel hasonló eredményt produkálni, mint a fotó-elektronsokszorozóval, azonban szállítási és működtetési paraméterei jóval kedvezőbbek.

The basic purpose of the radiological reconnaissance is to gather information about real radiological situation after nuclear or other radiological event including strike or non attack release.

Nowadays, the use of the unmanned aerial vehicle (UAV) seems to be very perspective because it saves human lives and health moreover it is lighter because it does not content human live-protecting and supplying environment. Elements of measurement system deployed on-board of the UAV are smaller and lighter than deployed on the helicopter.

In the recent paper we summarize Hungarian-made measurement devices that can be used in the airborne radiological reconnaissance as well as replacing photomultiplier of the scintillation detector

¹ SOMOS Kft

² GAMMA Műszaki ZRt

³ MH Görgei Artúr Vegyivédelmi Információs Központ

⁴ MH Összhaderőnemi Parancsnokság

⁵ SOMOS Kft

⁶ Országos Atomenergia Hivatal

⁷ MH Görgei Artúr Vegyivédelmi Információs Központ

⁸ Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem

with semiconductor. Using semiconductor instead of photomultiplier provides almost the same result but it is more advantageous in transporting, packing and operation.

A LÉGI SUGÁRFELDERÍTÉS (LSF) FELADATAI

A légi sugárfelderítésnek három alapvető célja lehet:

- A terepszennyezés felderítése. A nagy kiterjedésű kontamináció feltérképezése során számítással meg kell határozni az egyes területek sugárszintjét a repülési magasság, a légköri- és talajviszonyok figyelembevételével.
- Pontszerű radioaktív források behatárolása. A háttérsugárzástól szignifikánsan eltérő pontok indikálásával meg kell határozni a források földrajzi koordinátáit.
- Radioaktív izotópok azonosítása. Energia-szelektív mérésekkel támpontot nyújtani a radioaktív szennyezettség összetételének becsléséhez.

A légi sugárfelderítés előnye gyorsasága, valamint az, hogy a kezelő állomány kisebb dózist szenved el, mint az egyéb felderítési módzatoknál (pilóta nélküli eszköznél nincs is elszenvedett dózis). Hátránya, hogy a repülés magassága és sebessége miatt a változó légköri és a terepviszonyok nagy mérési összehibát okoznak.

LSF-NÉL ALKALMAZOTT DETEKTOROK ÉS MÉRÉSI MÓDSZEREK

Alacsony aktivitású radioaktív szennyezést csak nagy érzékenyséű detektorral, nuklid azonosítást pedig jó energia felbontású detektorral lehet lokalizálni. Legtöbbször a repülőket nem csak egy, hanem többféle detektorral szerelik fel. Azon kívül, hogy pontosabb képet kapunk a szennyezésről, biztonsági okai is vannak a több detektor alkalmazásának.

- Dózisteljesítmény mérő

Ezt a feladatot szinte minden esetben Geiger- Müller-detektorral oldják meg, robusztus felépítése, és nagyfokú megbízhatósága miatt. Szokás két csövet is használni egy eszközben, hogy minél nagyobb mérési tartományt fedjenek le ($0.01 \mu\text{Sv/h} - 10 \text{Sv/h}$). A detektor működéséhez szükséges elektronikát és jelfeldolgozó egységet egy kompakt egységként kezelhetjük.

- Szcintillációs detektor

Legtöbb esetben NaI(Tl) szcintillációs detektort használnak izotópozonosításra. Nagy tisztaságú germánium detektort is használhatnának, ami jobb képességekkel rendelkezik, azonban ennek hűtéséhez folyékony nitrogént kell biztosítani. A NaI(Tl) kristállyal szerelt szcintillációs detektorok egyrészt a kristály mérete, másrészt a kristályhoz kapcsolódó fotoelektronsokszorozó és a hozzá kapcsolódó elektronika miatt elég nagyméretűek.

A légi sugárfelderítés elmélete

Kiterjedt szennyezettség esetén a sugárszint az alábbiak szerint határozható meg [1]:

$$P_1 = k_1 P_h e^{k_2 h} \quad (1)$$

P_1 = sugárszint, Gy/h;

P_h = h magasságon mért dózisteljesítmény, Gy/h;

h= mérési magasság, m;

K_1 = terepviszony elnyelési faktor (1,7 – 2);

K_2 =légkör elnyelési faktor (0,007 - 0,012);

A K_1 és K_2 szovjet szakirodalom szerinti értékei által meghatározott két függvény volt a kezelő által beállítható a Varsói Szerződés idején használt IH-31L műszernél. A manapság használatos eszköznél jóval több függvény (akár 24, 12 nagyfelületű – 12 pontszerű forrásra vonatkozó) programozására van lehetőség, a repülés során, vagy az utólagos kiértékelésnél.

Pontszerű forrás esetén a forrástól 1 méterre a dózisteljesítmény:

$$P_1 = k_3 \cdot P_h h^{k_4} \quad (2)$$

P_h = h magasságon mért dózisteljesítmény

h= mérési magasság

K_3 = terepviszony elnyelési faktor (1 –1,18)

K_4 =légkör elnyelési faktor (2 –2,4)

(Megjegyzés: vákuumban ez az ismert négyzetes összefüggés)

Ugyancsak lehetőség van egy magyar szabadalom [2] szerint két, vagy több magasságon mért dózisteljesítmény adatokból görbeillesztéssel (pl.: legkisebb négyzetek módszere) meghatározni a megfelelő gyengítési tényező függvényt és a továbbiakban a légköri viszonyok változatlansága esetén azt felhasználni a sugárszint meghatározására. Erre egy egyszerű példa egyenletes terepszennyezés esetén h_1 és h_2 magasságokon történő dózisteljesítmény mérésével (k_1 = állandó peremfeltétellel):

$$K_2 = \frac{(\ln P_{h2} - \ln P_{h1})}{(h_2 - h_1)} \quad (3)$$

Az így számított K_2 értéket tekintheti a légköri és szennyezési (spektrális) viszonyok jelentős megváltozásáig a rendszer a sugárszint számítás alapjának.

AZ LSF-NÉL ALKALMAZOTT REPÜLŐESZKÖZÖK MAGYARORSZÁGON

A sugárfelderítő eszközrendszer egyik fontos elemét képezik a légi sugárfelderítő eszközök, melyek rendeltetése háborús körülmények és ipari nukleáris balesetek után a terep sugárfelderítése gyors, elsődleges helyzetfelmérés céljából. A légi sugárfelderítés a leggyorsabb módszer, ugyanakkor a legpontatlanabb, ezért az elsődleges helyzetfelmérést később egyre pontosabb, de egyre időigényesebb

földfelszíni mérések követik járműfedélzeti eszközzel, hordozható műszerrel, végül a begyűjtött minták laboratóriumi analízisével.

Helikopteres sugárfelderítő rendszer

Mivel az évezred végén nem lehetett tudni, hogy melyek a perspektív helikopter típusok, ezért a helikoptertől lényegében független, a rakétavető helyére függeszthető konténerben lett kialakítva a sugárfelderítő rendszer, amely a légi sugárfelderítés mindhárom feladata megvalósítására alkalmas.



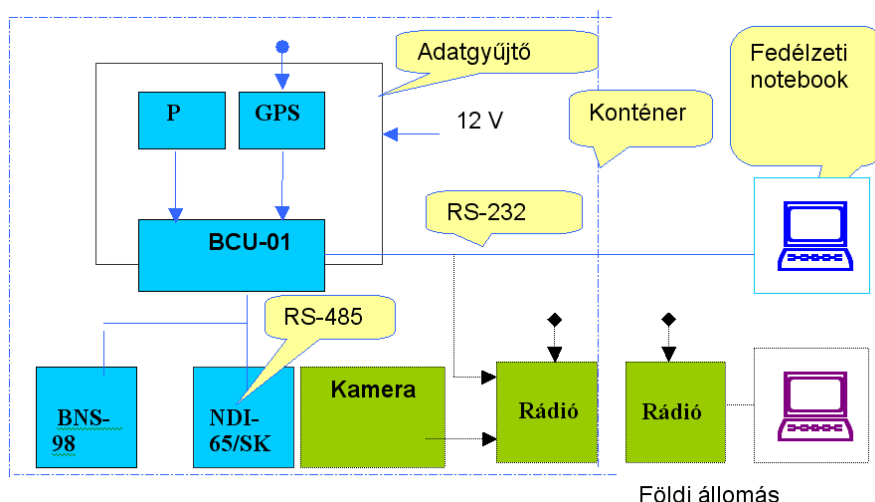
1. ábra MI-8-as helikopter (balra) és az IH-31L légi sugárszintmérő (jobbra)

A 80-as 90-es években Magyarországon légi sugárfelderítésre a honvédségben rendszeresített MI-8-t használták. Ezen egy légi sugárfelderítő raj utazott és az IH-31L légi sugárszintmérő eszközt használták földi sugárszint meghatározására. A sugárzási és időjárási viszonyok alapján beállítható két gyengítési függvény egyikével kiszámolta a földi sugárszintet [3]. A kapott eredmények automata vagy félautomata adatátviteli rendszeren keresztül voltak továbbíthatók.

1999-ben a HTI megkezdte a mind háborúban, mind békeműveletek során alkalmazható helikopteres NBC felderítő rendszer kifejlesztését.

Ennek eredményeként kifejlesztett légi sugárfelderítő konténerbe beépítésre kerültek az alábbiak [4]:

- BNS-98 típusú dózisteljesítmény-távadó (GM csöves nukleáris detektor);
- NDI/SK típusú intelligens szcintillációs nukleáris detektor, speciális üreges NaI(Tl) kristállyal, ólom kollimátorban, beépített sugárkapu algoritmussal;
- Adatgyűjtő egység (BCU-01 típusú), amely az alábbiakból áll;
- barometrikus nyomásmérő termosztátban;
- GPS helykoordináta meghatározó vevő egység;
- GPS helykoordináta meghatározó antennája;
- "LegiABV" adatgyűjtő-, megjelenítő- és feldolgozó program.



2. ábra Légi sugárfelderítő rendszer blokksémája

A mérési ciklus 2 s, így a szokásos repülési sebesség mellett is kellő felbontással lehet a sugárszintet meghatározni, ha a fedélzeten mérhető dózisteljesítmény eléri a $\mu\text{Gy/h}$ nagyságrendet. Alacsonyabb dózisteljesítmény esetén a 2 másodperces adat az utolsó n mérés átlagából képződik. Az intelligens szcintillációs detektor egy $\varnothing 75 \times 50$ mm NaI(Tl) szcintillátor, speciális üreges kiképzéssel. Az üregbe homlok és haránt irányból egyaránt fényérzékeny foto-elektronsokszorozó illeszkedik. Árnyékolása 20 mm ólom kollimátor, látószög 45° , kúpos. A detektorba be van építve a sugárkapu algoritmus, a sugárzás szignifikáns növekedése esetén riasztást küld. A pillanatnyi, az átlag értékeket és a státuszokat RS-485 soros vonalon, lekérdezésre küldi az adatgyűjtőnek. A mérési ciklusa 0,5 s. A riasztás 0,5 s alatt bekövetkezik, ha a sugárzás legalább 200nGy/h -ra növekedik, Cs-137 sugárforrással vizsgálva, a hazánkra jellemző háttérsugárzás értékek (80 nGy/h) mellett. Az energia-szelektív riasztásnál a sugárzás szignifikáns növekedése esetén a riasztásnak csatornánként is be kell következnie a 20-100 keV, 100-400 keV, 400-900 keV és a 900 keV fölötti tartományban.

2002-ben a konténert először hangárban MI-17 típusú gépre, amely szerkezetiileg megegyezik a MI-8 típusal, majd a reptéren MI-24 harci helikopterre szerelték és a Pellérdi zagyarázó felett próbálták ki [5]. Az eszköz egy konténerben működött, autonóm módon, függetlenül a helikopter fedélzeti rendszerétől. Így a rendszer működése nem függött a rendelkezésre álló hordozó eszköztől.

2004-ben csapatpróbán sikeresen kipróbálták, 2005-ben pedig rendszeresítették a konténert.



3. ábra Légi sugárfelderítő konténer a MI-24-en (balra) és BNS-98 (jobbra)

Pilóta nélküli repülők (PNR)

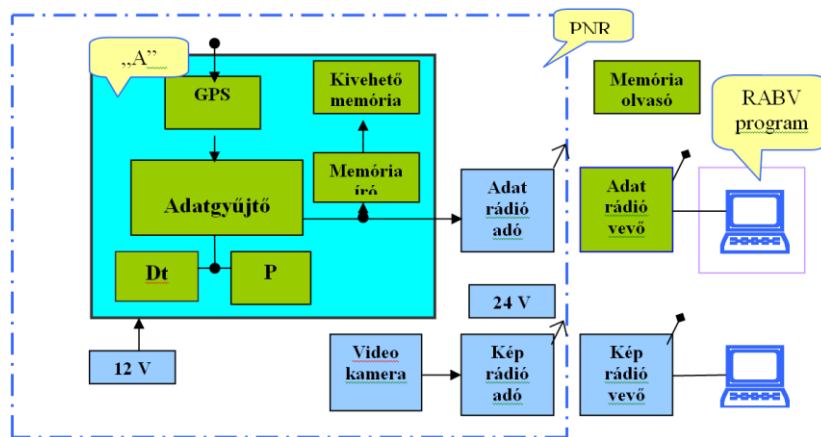
PNR-ek a 60-as évektől léteznek. A 80-as évek közepétől azonban a számos technikai újításnak köszönhetően jóval hatékonyabbak lettek. Számos EU ország rendelkezik saját fejlesztésű pilóta nélküli repülővel, azonban a legnagyobb fejlesztők az USA és Izrael.

A pilóta nélküli ABV felderítő repülő eszközökbe elhelyezett mérő eszközök kisebbek és könnyebbek, mint a pilótával felderítő eszközben elhelyezettek. A pilóta nélküli ABV felderítő repülő eszközben nincs ember, tehát a katonák túlélését nem veszélyezteti.

Pontosabb, és a földi felderítéssel gyakorlatilag egyenértékű információt kaphatunk, ha a repülési paramétereket a helikopteres felderítéssel analóg módon alkalmazzuk. Ez a módszer a nyers mérési adatok 1 méteres referenciamagasságára történő konverzióján alapul, amelynek során figyelembe veszik a repülés magasságát, valamint a földfelszín és a detektor között légréteg páratartalmát is.

Pilótánélküli repülőt légi-sugárfelderítésre 1995-ben teszteltek Magyarországon a Haditechnikai Intézet és a Gamma Műszaki Rt. közösen fejlesztésében [6]. Ez a repülő eszköz a SZOJKA-III típus volt. A repülő fedélzetén az S-6 és S-2 félvezető detektorokat és egy SZBT-10 GM csövet tartalmazó sugárszintmérő rendszer gyors nagyságrendi becslést adott az 500 $\mu\text{Gy/h}$ feletti földi sugárszintű területről, egy 300 m magasan, 160 km/h-val repülő pilóta nélküli eszköz fedélzetéről, 2 másodperces felbontásban. Az eszköz működését felügyelő, irányító és értékelő jármű számítógépe szoftveresen figyelembe veszi a magassági gyengítési tényezőt, az időjárási és terepviszonyokat. GPS-es helymeghatározást alkalmazva digitális térképen jeleníti meg a sugárszint értékeket.

A kifejlesztett rendszer repülési ellenőrző vizsgálatait Táborfalván próbálták ki, négy darab NS-84 sugárforrás segítségével (A Cs-137 források aktivitása egyenként kb. 4000 GBq volt). Egy négyzet sarkain helyezték el a sugárforrásokat, remélve azt, hogy így a középpont kis környezetében sikerül egyenletesen szennyezett terepet szimulálni. Az elméletileg is kétséges kísérlet két sugárforrás nem teljes kivezélhetősége miatt nem sikerült. A sugárfelderítő rendszer azonban a GPS kivételével jól működött. A pontforrások felderítésére történő alkalmasság bizonyossá vált.



4. ábra Pilóta nélküli sugárfelderítő rendszer bloksémája (2003-04)

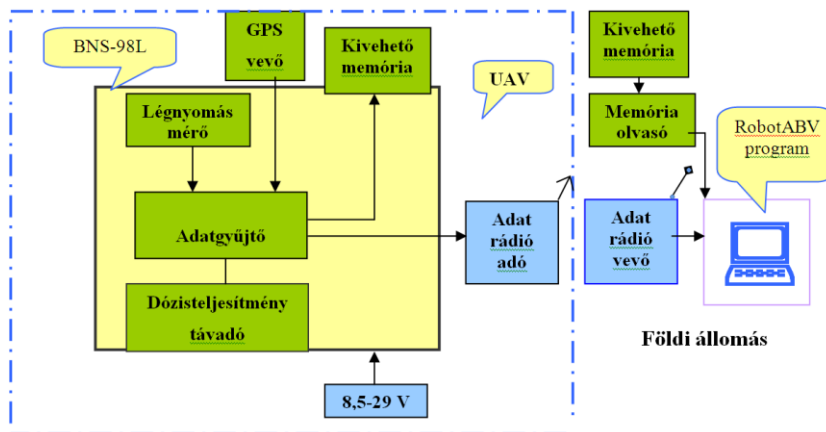


5. ábra. Szojka-III típusú légi sugárfelderítő (2004)

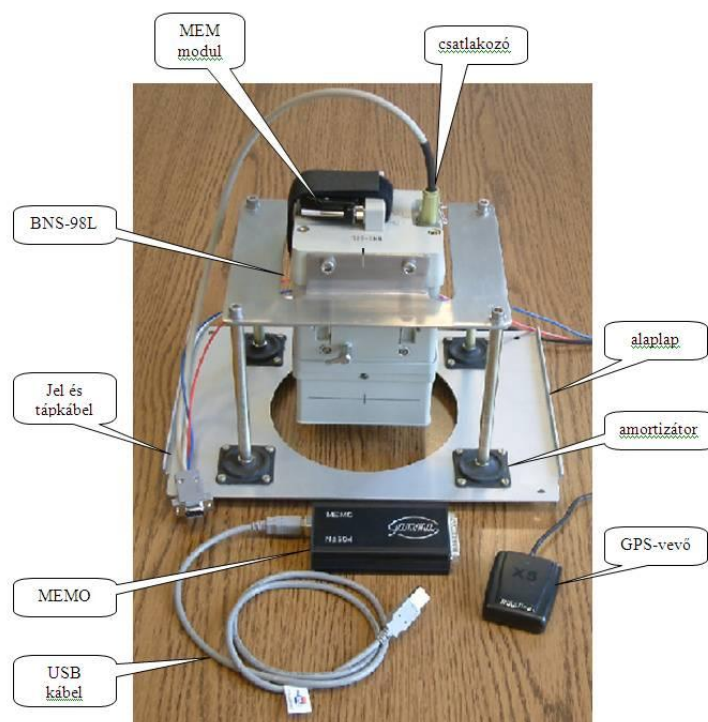
A hazai és külföldi tapasztalatokat elemezve 2005-ben az alkalmazott sugárfelderítő rendszer fejlesztésén esett át [7].

Az alábbi átalakítások történtek:

- Új adatgyűjtő hardver, szoftver tervezése. Követelmény: az adatgyűjtő panel férjen be a BNS-98-ba az üres I/O panel helyére.
- Új barometrikus légnyomásmérő. Követelmény: nem termosztált.
- Antennával egybeépített GPS modul rendszerbe illesztése. Követelmény: ANTARIS rendszerben dolgozzon..
- Az adatgyűjtőbe új GPS adatfeldolgozó program írása az ANTARIS rendszer miatt.
- BNS-98L konstrukció kialakítása, a BNS-98 módosításával.
- Új konstrukció barometrikus légnyomásmérőhöz.
- Új alaplap – amortizátor konstrukció.



6. ábra. Továbbfejlesztett pilóta nélküli sugárfelderítő rendszer bloksémája (2005)



7. ábra Komplettn légi sugárfelderítő rendszer (2005)

További hazai és külföldi eszközök fejlesztése

Hazai kutatások közül mindenképpen meg kell említeni a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemen folyó pilóta nélküli repülőgépek témában történő kutatást, fejlesztést. Az elmúlt közel egy évtizedben számos fejlesztővel és gyártóval intenzív K+F tevékenység folyt a pilóta nélküli repülőgépek, mint légi hordozók elméletét és gyakorlati alkalmazását érintő kérdésekben.

A kutatócsoport legfőbb munkái közé tartoznak a pilóta nélküli repülőgépek sárkányszerkezetének kutatása, fejlesztése, a gépek hajtóműveinek kutatása, kifejlesztése, a különböző feladatokra alkalmas fedélzeti szenzorok, illetve hasznos terhek kutatása, a pilóta nélküli repülőgépek irányító és navigációs berendezéseinek, robotpilótájának kutatása, fejlesztése. Mindezeket túl tevékenységünk a katonai,

illetve a polgári feladatokra való alkalmazás és üzemeltetés követelményeinek és szabályainak kidolgozását is felölelte.

A hazai és a nemzetközi sajtó is beszámolt róla, hogy a lengyelországi WB Electronics vezető katonai rendszerintegrátor cég egyezményt írt alá a Honvédelmi Minisztériummal egy pilóta nélküli repülőgép rendszer leszállítására. A tendert 2006 szeptemberében írta ki a MK pilóta nélküli repülőgép beszerzésre [8].

Külföldi kutatások között a legfontosabb az UAVNET nevű Európai Unió projekt. Ennek Célja, a polgári felhasználású pilóta nélküli repülőgépek kutatása és fejlesztése, elsősorban az Európai Unió tagországok részvételével. Mindezeket túl alapvető célként jelent meg a projekt elindításakor, hogy a résztvevő vállalatok, kutatóintézetek és egyetemek közösen dolgozzák ki és adjanak ajánlásokat a polgári pilóta nélküli repülés jogszabályi háttérének megalkotásához, illetve tegyenek javaslatot az EU közös irányelveire ezen a területen [9].

PIN DIÓDA ALKALMAZÁSA PNR-EN

Az alkalmazás célja

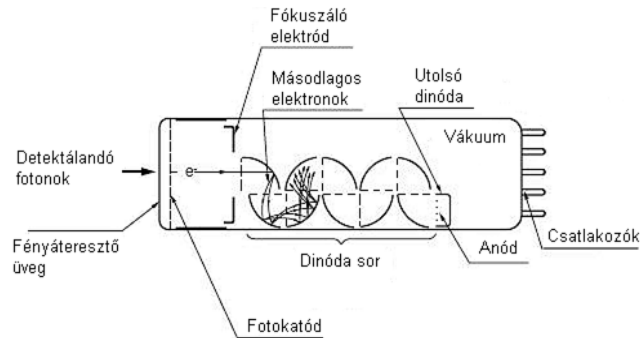
PIN diódás detektor elhelyezésével a pilóta nélküli repülőn, jelentős méretbeli és fogyasztásbeli csökkenés érhető el. Manapság nem ritka az olyan robotrepülő (microUAV), amely hasznos terhe pár kg esetleg még annál is kisebb. Az ilyen eszközökben lehet helye a félvezetőnek.

PIN dióda leírása, működése

Utóbbi években kivételes tulajdonságai (elsősorban határfoka és energiatárolása) miatt csaknem kizárólag a félvezető és a szcintillációs detektorokkal végzett γ -spektrometriát és annak változatait használják.

Nukleáris jelek detektálásánál és a spektroszkópiában leggyakrabban a fotóelektron-sokszorozót (PMT) alkalmazzák, amely képes a szcintillátor kristályból kilépő „gyenge” fényimpulzust megfelelő elektromos jellé alakítani anélkül, hogy különösen nagy véletlen zajt táplálna a rendszerbe.

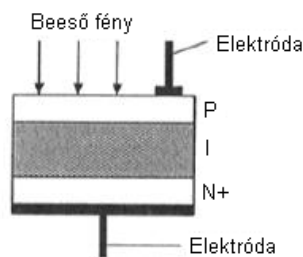
A fotóelektron-sokszorozó egy olyan fényérzékeny eszköz, amely optikailag összeköttetésben van a szcintillátor kristállyal. Célja, hogy a kristály fény energiáját elektromos jellé alakítsa. A fotóelektron-sokszorozó un. fotókatódokat tartalmaz, ami általában 10, sorba kapcsolt dinódát jelent. A cső elején egy üveglap helyezkedik el, melynek feladata a cső belsejében található vákuum (10^{-4} Pa) megtartása. Vákuum szükséges ahhoz, hogy az alacsony energiájú elektronokat is hatékonyan gyorsítsa fel az elektromos mező.



8. ábra. Fotóelektron-sokszorozó felépítése

Habár a leggyakrabban fotóelektron-sokszorozót használnak terepi alkalmazásuk körülményes. A működésükhöz néhányszor 1000V szükséges, érzékenyek a mágneses mezőre, kialakításuk miatt óvatos kezelést igényelnek és nem utolsó sorban a méretük nem teszi lehetővé a hordozhatóságot.

A technológiai fejlődés lehetővé tette olyan félvezető diódák kifejlesztését, melyeket együtt használhatunk a szcintillátor kristállyal. Ezen új technológiák már számos területen bizonyították a fotóelektron-sokszorozók kiválthatóságát. A nemzetközi szakirodalomban leggyakrabban alkalmazott félvezető eszköz a PIN dióda.

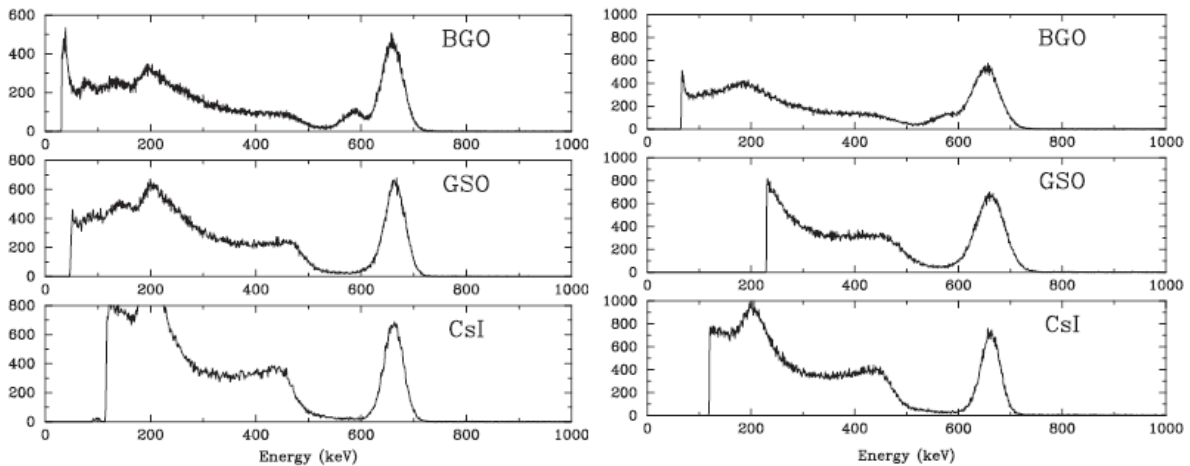


9. ábra. PIN dióda felépítése

Viselkedésének jellegzetességeit szerkezete adja meg, - a nevében is erre utalóan- olyan a felépítése, hogy a P és az N réteget egy hosszú és viszonylag nagy ellenállású (kiürített) szakasz választja el egymástól.

A PIN dióda működése közben, adott zárófeszültségnél a kiürített réteg a fajlagos ellenállás növelésével nő, tehát a gyengén adalékolt, intrinsic tartomány a működtetés során teljes egészében kiürített lesz. A dióda felépítése olyan, hogy az intrinsic tartományhoz csatlakozó n és p típusú kristályrétegek rendkívül keskenyek, tehát a töltéshordozó párok keltése döntő többségben a kiürített réteg tartományban történik. A kiürített rétegben a rekombináció valószínűsége kicsi, tehát a keltett töltéshordozók csaknem száz százalékban hozzájárulnak a fotóáramhoz. [10]

Számos kutatás folyik arra vonatkozólag, hogy milyen szcintillátor kristályt érdemes a PIN diódához csatolni. Vizsgálják fotóelektron-sokszorozóval illetve PIN fotódiódával is.[11]



10. ábra ^{137}Cs forrás detektálása PMT-vel és PIN diódával különféle kristályok felhasználásával, BGO ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$), GSO (Gd_2SiO_5), CsI (Cézium-jodid) [12]

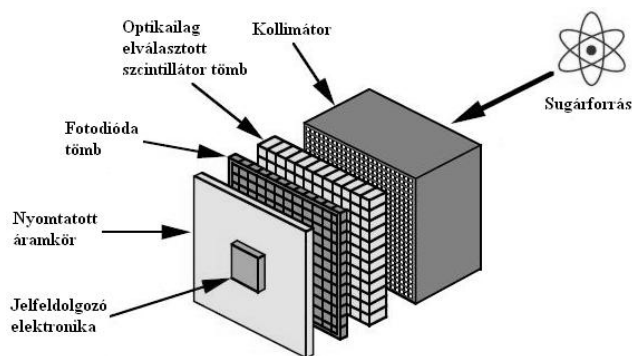
PIN dióda előnyei, hátrányai

Felépítése miatt a PIN dióda elsősorban nagy dóziszú terek felderítésére valamint spektrumbecslésre lehet alkalmas.

A detektáló felülete kisebb, mint a fotóelektron-sokszorozónak, azonban többi tulajdonsága jóval alkalmasabbá teszi terepi használatra. A legfontosabb ilyen tulajdonság, a méretbeli különbség, a jóval alacsonyabb működési feszültség, ezzel együtt a fogyasztás, és a magasabb kvantum hatások, ami növeli a pontforrások detektálásának valószínűségét figyelembe véve a légi felderítés változó magasságát és nagy sebességét.

Nagy előnye a fotóelektron-sokszorozóknak, hogy nem igényelnek olyan kifinomult jelfeldolgozó elektronikát, mint a PIN diódák. Az ilyen félvezető eszközöknél nagyon nehéz megtalálni a megfelelő jel-zaj arányt, valamint a megtervezni a megfelelő töltés érzékeny erősítőt.

Megfelelő szcintillátor kristály geometriával hatásosan kompenzálható a kis érzékeny felületből adódó hátrány. Jelentős mértékben növelhetjük a detektor érzékenységét, ha nem egy diódát és kristályt alkalmazunk hanem, úgynevezett tömbös felépítést. A tömbös felépítés lényege, hogy több kristályt és diódát helyeznek el különféle (mátrix, soros) geometriában. Ezek mind optikailag elszigeteltek egymástól, illetve külön feldolgozó elektronika kapcsolódik hozzájuk. Az összes elektronika jelét egyetlen áramkör fogadja, és továbbítja feldolgozásra. Ezzel az elrendezéssel megnövelhető az érzékeny felület.



11. ábra. Tömbös felépítés

BEFEJEZÉS

A szcintillátor és PIN dióda összekapcsolva egy intelligens feldolgozó és kiértékelő elektronikai egységgel (mikrokontroller, DSP) egy komplett, γ -spektrometriára alkalmas detektor rendszert kapunk.

Egy ilyen rendszerrel felszerelt pilóta nélküli repülő képes a különféle nukleáris balesetek következtében kialakult sugárszennyezett terepszakasz, illetve pontszerű sugárforrások felderítésére. Mindezt úgy, hogy képesek vagyunk a talajra kihullott alacsony szintű, de az élő erők egészségét már veszélyeztető gammasugárzó radioaktív izotópok gyors, helyszíni detektálására.

Későbbiekben az elektronika finomításával, illetve a kiértékelő szoftver fejlesztésével tovább növelhetjük a rendszer hatékonyságát. Például a szoftvert felkészítve a különféle scenáriókra és a megfelelő feldolgozó algoritmust alkalmazva pontosabb képet kapnánk a szennyezett terepszakaszról.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] SOLYMOSI József: Korszerű sugárvédelmi mérőrendszerek I.-II. – Haditechnika 1994/2, 1994/3. sz.
- [2] SOLYMOSI József, BÄUMLER Ede, NAGY Lajos György, GUJGICZER Árpád, GRESITS Iván, ZAGYVAI Péter, DOROGI László, VODICSKA Miklós, VAJDA Nóra, TAKÁCS Márt: Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy többkomponensű főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének légi felderítésére, HU 201161 B Szolgálati találmány, 1987.
- [3] ERDŐS József, PINTÉR István, SOLYMOSI József: Magyar ABV védelmi technikai almanach, ZMNE egyetemi kiadó, Budapest, 2003.
- [4] BÄUMLER Ede, ZELENÁK János, GYULAI Gábor, PINTÉR István, CSURGAI József, SVENDOR György, SOLYMOSI József: Az MH egységes sugárfelderítő rendszerének kifejlesztése, XXXII. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam, Hajdúszoboszló, 2007.
- [5] BÄUMLER Ede, PINTÉR István, ZELENÁK János: A légi sugárfelderítés elvei és gyakorlati megvalósításuk a pellérdi zagytározónál I-II. rész, Haditechnika, Budapest, 2003/4-2004/1.
- [6] BÄUMLER Ede, PINTÉR István, ZELENÁK János: A légi sugárfelderítés új eszközei, Bolyai Szemle különszám, Bp, 2004.
- [7] ZELENÁK János, PINTÉR István, CSURGAI József, GYULAI Gábor, BÄUMLER Ede, SOLYMOSI József: Az MH sugárfelderítő rendszerének elméleti alapjai és a gyakorlati megvalósítás, XXXII. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam, Hajdúszoboszló, 2007.
- [8] KOVÁCS László, VÁNYA László: Pilóta nélküli repülőgépek kutatás-fejlesztési tapasztalatai Magyarországon, Hadtudomány, XVII. évfolyam 2.szám, Budapest, 2007.
- [9] KOVÁCS László, VÁNYA László: Az Európai Unió polgári célú pilóta nélküli repülőgépeknek kutatás – fejlesztési programja: Az UAVNET, Repüléstudományi közlemények különszám konferencia kiadvány, Szolnok, 2005.
- [10] NAGY Gábor, VINCZE Árpád: Félvezető eszközök, mint sugárzásérzékelő detektorok. Hadmérnök, Budapest, 2007.
- [11] NAGY Gábor, KOVÁCS Tibor: A szcintillációs detektorok jelene és jövője, Kard és Toll, Budapest, 2005.
- [12] T. Nakamoto, Y. Fukazawa, T. Ohsugi, T. Kamae, J. Kataoka: BGO readout with photodiodes as a soft gamma-ray detector at -30°C , Nuclear Instruments & Methods In Physics Research Section A 536: 136-145, 2005.

NANOELEKTRONIKA ÉS KATONAI ALKALMAZÁSAI

A mikroelektronika és a számítástechnika rendkívül gyors fejlődésének következményeképpen az eszközkomponensek mérete rendkívül gyors ütemben csökkent, míg a tárolási kapacitás hasonlóan gyors ütemben nőtt. Ezt a tényt illusztrálja az ún. Moore törvény, amely szerint a chipre felvitt tranzisztorok száma 18 havonként megduplázódik (1. ábra) [1]

Gordon Moore "törvénye" (1974)

Év	2001	2004	2005	2008	2011
Min. vonal- méret	1,8 μm	1,1 μm	100 nm	70 nm	50 nm
Memóriák					
Bit/chip	1G	4G	16G	64G	
Költség/Bit (mc)	0,00 3	0,00 1	,0005	,000 2	

1. ábra A mikroprocesszorok Moore törvénye

Vajon meddig lesz érvényben a Moore törvény? A további miniaturizálásnak nyilván van elvi határa; az a mérettartomány (esetleg atomi szinten), amely alatt az eszköz már nem működőképes, legalábbis a számára előírt funkciókat illetően. Általánosan elfogadott definícióként az alábbi mondhatjuk:

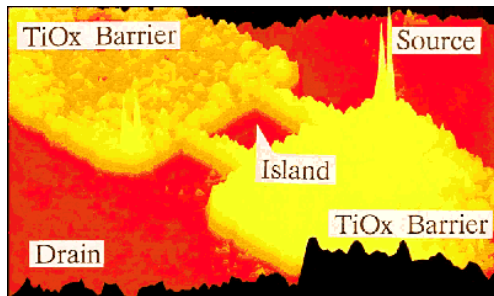
Nanoelektronika: azon elektronikai eszközökre vonatkozó ismeretek összessége, amelyek skáladimenziója 0,5 nm (egy atom) – 100 nm tartományba esik. Jelenleg – a technológia számára elérhető mérettartomány ~ 50 nm.

A további méretcsökkenés, amennyiben megközelítjük a 10 nm-t, azonban – teljesen új felfogást, gondolkodásmódot és eljárást jelent, majd a számunkra. Nevezetesen, a kvantummechanika törvényeit kell majd alkalmazni.

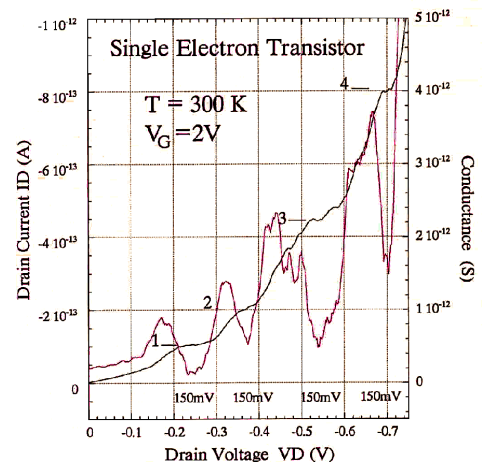
A KVANTUMMECHANIKA HATÁSA

A 10 nm skála gyakorlatilag megegyezik a vezetési (Fermi nivó) elektronok hullámhosszával. Az elektronok csatolódása és a hullámtulajdonságokkal kapcsolatos koherencia meghatározó lesz az elektron (töltött részecske) és lyuk transzport folyamatokban. A nanoelektronika a kvantummechanika

elvi alapján fog működni. A lehetséges energianívók diszkrétnek lesznek. Ennek egyik példája az egy-elektron tranzisztor (SET). [2]



2. ábra Egy-elektron tranzisztor STM képe



3. ábra Egy-elektron tranzisztor volt-ámpér karakterisztikája

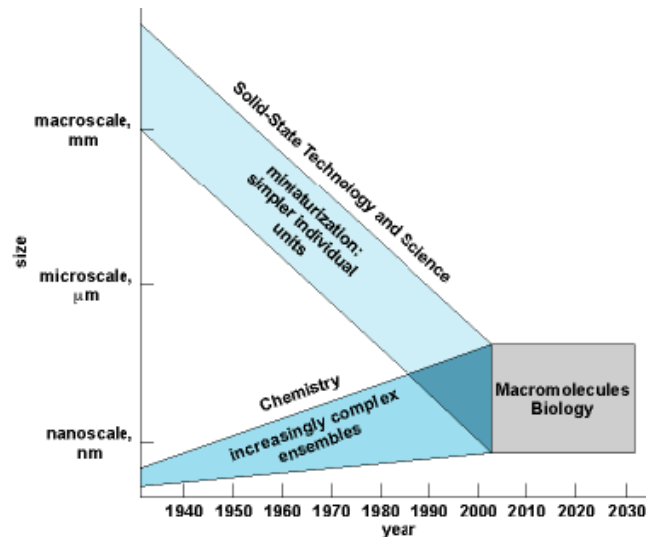
A vékony TiOx 15-30 nm szigetelőrétegekkel határolt vezető szigeten (island, mérete 30-50 nm) az elektronok a kvantummechanika törvényeinek megfelelően, alagút effektus révén – diszkrét (lépcsős), meghatározott mennyiségben (1, 2, 3...) jelennek meg, ahogy ez a 3. ábrán bemutatott volt-ámpér karakterisztikájából is látszik.

A lépcsős karakter megjelenése egyértelműen utal az eszköz (jelenség) felhasználási lehetőségére a digitális elektronikában, computer technikában. A diszkrét energianívókkal rendelkező kvantum „drótok” (2 dimenziós elektron gáz) és kvantum pöttyök ígéretesek a precíz szabályozottságot eredményező megbízható kis fogyasztású eszközök tervezési palettáján.

NANOTECHNOLÓGIA

A nanoeszközök építése két – teljesen eltérő – technológia alkalmazásával valósítható meg:

- lebontó (Top-down), amikor a kiindulási anyagot (pl. Si) addig alakítják, amíg létre nem jön – sok anyagvesztés révén – a nanoelektronikai elem (elsősorban fizikai folyamatok révén).
- építkező (Bottom-up). Itt az atomi – molekuláris szintű, kezdetekre támaszkodó építkezés a meghatározó (elsősorban kémiai folyamatok révén), úm. leválasztás, mintázat képzés, önszervező építkezés (self-assembly) (4. ábra). Az évszámokkal csökkenő görbe a szilárdtestfizikai eljárásokat jellemzi (felülről jutunk a nm-estartományig), míg a kémiai eljárásoknál –általában-alulról építkezünk A két eljárás a molekuláris elektronika szintjén „találkozik”



4. ábra. Az építő és lebontó technológia koherenciája

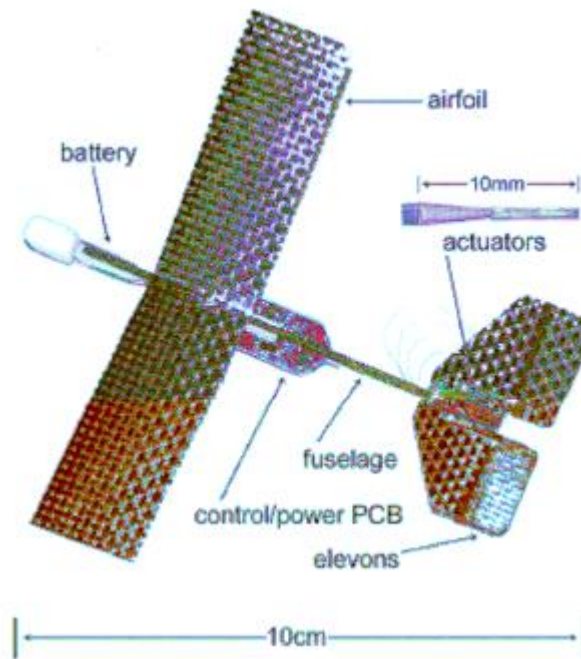
A rendkívül kis méret, kis fogyasztás, megbízható gyors működés és sok egyéb jó tulajdonságuk miatt a nanoelektronikai elemek és nano komponensek nagyon hamar bekerültek a lehetséges katonai alkalmazások kelléktárába. Az alábbiakban ezekből mutatunk pár példát.

KATONAI ALKALMAZÁSOK

– Nano repülőgép

Olyan polimer bázison épített, közel 7 cm-es eszköz, amely képes 10 g „terhet” 5-10 m/s sebességgel majd 1000 m távolságra szállítani, majd visszatérni a kiindulási pontra (5. ábra). [3] Konstrukcióját illetően olyan radar által fel nem fedezhető, rendkívül kisméretű eszköz, amely viszonylag nagy távolságra el tud juttatni érzékelő eszközt, szenzort, telekommunikációs eszközt stb . Van elegendő kapacitása arra, hogy észrevétlenül visszajusson a „ feladóhoz”

Különösen a terrorizmus elleni harcban nélkülözhetetlen.



5. ábra Nano repülők

Ezt a kis repülőt nagyon nehéz „meglátni”, olcsó anyagoktól (polimer) akár a hadi körülmények között (helyszínen) is elkészíthető.

– Érzékelők/aktuátorok

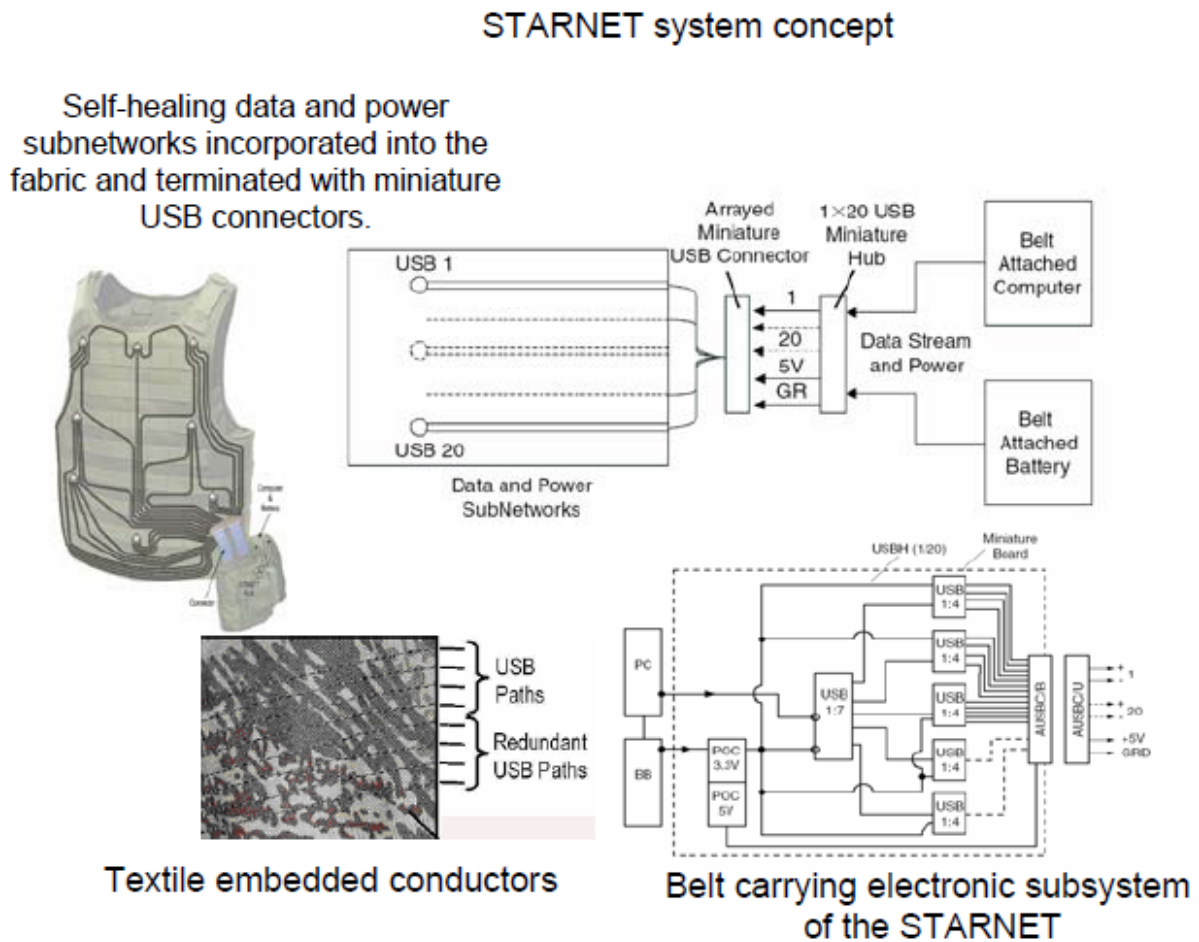
Képesek rendkívül kis mennyiségű toxikus anyag észlelésére, akár kémiai robbanószerrel, akár biológiailag veszélyes anyagról van szó.

– Korrózióálló bevonatok

A haditechnikai eszközök elhasználódását elsősorban a korrózió okozza. Ma már készíthetők és felvihetők nagy tételben olyan nanobevonatok a hazai eszközökre, amelyek korrózióállósága és tribológiai sajátosságai igen figyelemre méltóak, (pl. Zn-Nr-Cd ötvözetek) és fotolitikusan aktiválhatóak.

Kommunikációs öltözet

A katonai öltözetbe beépített nano-alapú 20 csatornás USB rendszer (6. ábra) STARNET



6. ábra

A lehetséges alkalmazások sora szinte kimeríthetetlen. A nanoeszközök kutatása mindenütt prioritást élvez. Ennek illusztrálására (7. ábra) idézzük azt a pillanatot, amikor Bush elnök aláírta a sokmilliárdos nanoprogramot.



21st Century Nanotechnology Research & Development Act of 2003

- Signed by the President on Dec. 3, 2003
- Put into law ongoing activities
- Authorized \$3.7 billion in FY2005-FY2008 among 5 agencies
- “Established” a National Nanotechnology Coordination Office
- Calls for periodic planning and reporting by the NSET Subcommittee
- Calls for the President to establish or designate a National Nanotechnology Advisory Panel
- Calls for a triennial review by the National Research Council

One Hundred Eighth Congress
of the
United States of America

AT THE FIRST SESSION

Began and held at the City of Washington on Tuesday,
the seventh day of January, two thousand and three

An Act

To authorize appropriations for nanoscience, nanotechnology, and nanotechnology research, and for other purposes.

Be it enacted by the Senate and House of Representatives of the United States of America in Congress assembled,

SECTION 1. SHORT TITLE.

This Act may be cited as the “21st Century Nanotechnology Research and Development Act”.

SEC. 2. NATIONAL NANOTECHNOLOGY PROGRAM.

(a) NATIONAL NANOTECHNOLOGY PROGRAM.—The President shall implement a National Nanotechnology Program. Through appropriate agencies, entities, and the National Nanotechnology Coordination Office established in section 4, the Program shall—

(1) establish a nanotechnology research, development,



7. ábra Bush elnök aláírja a nano programot [4]

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Gyulai J. BME előadások villamosmérnököknek Budapest 2008
- [2] Matsumoto K et al, Applied Physics Letters (to be published)
- [3] Braun H-G.; ERASMUS lecture Leipzig (D) 2006
- [4] Sheets D. Nanotechnology DoD report USA 2006



Orosz Zoltán

SZÁLLÍTÓREPÜLŐK ALKALMAZÁSÁNAK AKTUÁLIS KÉRDÉSEI A MAGYAR HONVÉDSÉG MISSZIÓS FELADAT RENDSZERÉBEN

A rendszerváltás éveiben, 1989-90-ben még csak célkitűzés volt az, ami napjainkra valósággá lett. A Magyar Köztársaság a NATO és az Európai Unió teljes jogú tagjává vált. Az eltelt közel két évtized alatt alapvetően változtak meg azok a biztonsági tényezők, melyek meghatározzák Magyarország biztonságról alkotott nézeteit és ezzel együtt a Magyar Honvédség alkalmazásának elveit is, vagyis a Magyar Köztársaság Nemzeti Katonai Stratégiáját.¹ A Nemzeti Katonai Stratégia kidolgozását megelőzte a Nemzeti Biztonsági Stratégia megalkotása, mely már 2004-ben megfogalmazta, hogy Magyarországgal kapcsolatban a hagyományos típusú fenyegetések kockázata minimális.² Volt időszak, amikor megítélés szerint helytelenül, az a szemlélet volt a meghatározó a Magyar Honvédség alkalmazását illetően, hogy csak a NATO feladatokra felajánlott képesség a fontos, a többi nem számít, nem kell rá figyelmet fordítani. Ennek megfelelően készültek a különböző fejlesztési tervek is. Ma már egyre inkább teret nyer az álláspont, hogy a Magyar Honvédség alapvető és elsődleges feladata az ország védelme és ezt követi a változatlanul fontos NATO felajánlásokból és kötelezettségekből következő feladatteljesítés.³ Napjainkban a Magyar Honvédség mintegy 1000 főt állomásoztat különböző missziókban a számos pontján, NATO-EU-ENSZ békeműveletekben. A kontingens közel fele a Balkánon teljesít szolgálatot, melynek közelsége meghatározó Magyarország biztonsága szempontjából. Jelentős erővel veszünk részt a NATO által vezetett ISAF misszióban, Afganisztánban. Ez a két meghatározó hadműveleti térség- a közeli Balkán és a több ezer kilométerre lévő Afganisztán-, komoly feladatot jelent a csapatok kihelyezése, ellátása, váltása szempontjából.

Ma már a csapatok mozgatása, különösen nagy távolságokra, alapvetően légi úton történik. A légi szállítást számtalan tényező indokolja, melyek közül a gyorsaságot és a biztonságot emelem ki. A szállítások tervezése, szervezése összetett logisztikai feladat, mely gondos, körültekintő szervezést igényel. Erre a feladatra meghatározott szervezetek állnak rendelkezésre, míg a végrehajtást –légi szállítás esetében-, a szállító repülő alakulatok végzik. A nemzetek a haderejük és azok

¹ A Honvédelmi Miniszter felkérésére egy független szakértői csoport dolgozta ki a Magyar Köztársaság Nemzeti Katonai Stratégiáját, melyet a Parlament Honvédelmi és Rendészeti Bizottsága a Külügyi Bizottsággal együttes ülésen tárgyalta meg 2008. december 09-én. A végleges, elfogadott változatot a Honvédelmi Miniszter 2009. február 05-én mutatta be a sajtó képviselőinek Tatán az éves értékelő, feladatszabó értekezleten, amelyet a 1009/2009 (I.30.) Kormányhatározat léptetett életbe.

² Gazdag Ferenc: A biztonságot veszélyeztető tényezőkről III. Nemzet és Biztonság, Budapest, 2008. október; 6. oldal.

³ Minden felkészítés során, így a katona felkészítése során is az egyszerűtől haladunk a bonyolultabb felé. A missziós feladatok ellátása csak jól felkészített, megfelelő alapismeretekkel rendelkező, kiképzett katona állománnyal lehetséges. A katonai kiképzettség csúcsa a missziós feladatokban, hadműveleti területen történő feladat végrehajtás lehetősége.

feladatrendszerének függvényében különböző méretű és összetételű légi szállító kapacitásokat tartanak fent. A Magyar Honvédség is rendelkezik egy szerény légi szállító képességgel, melyet rendszeresen alkalmazunk a különböző missziók ellátása, váltása érdekében is.

Ez a saját kapacitás értelemszerűen nem elegendő, ezért e mellett egyéb –szövetségi és a piacon fellelhető -, szabad kapacitásokat is igénybe kell venni. A továbbiakban tekintsük át a merev szárnyú légi szállítás néhány összefüggését, sajátosságát, aktualitását a magyar missziós feladat végrehajtás szempontjából.

1. Légi szállítási műveletek

Egy szállító repülő művelet egyszerűen fogalmazva nem más- mint elsődleges meghatározó feladata egy szállító egységnek, alegységnek egy másik katonai egység vagy alegység (úgy szárazföldi, mint légierő kötelékébe tartozó) részére, biztosítani a légi szállítását, logisztikai biztosítását a hadszínterek között, vagy egy hadszíntéren belül, beleértve a közvetlen harcmezőt, harcérinkezés szakaszát is. Ennek megfelelően a légi szállító műveletek két kategóriáját különböztetjük meg:

- a. Stratégiai légi szállítási műveletek;
- b. Harcászati légi szállítási műveletek.

A légi szállítás a katonai felső vezetés kezében egy igen értékes eszköz, amelynek az ésszerű alkalmazása és megőrzése állandó és meghatározott logisztikai-műszaki háttér fenntartását követeli meg. Éppen ezért bizonyos általános elveket figyelembe kell venni a légi szállítási műveletek tervezésénél, hogy a rendelkezésre álló kapacitást a leghatékonyabban és a leggazdaságosabban lehessen alkalmazni.

Ebből következően a NATO elgondolás szerint a légi szállító erők irányítását az optimálisan legmagasabb parancsnoki alárendeltségben kell tartani azért, hogy a szállító erő-eszköz elosztás mindig a lehető legoptimálisabban álljon rendelkezésre a hadművelet végrehajtása során. Ez a tényező különösen igaz a stratégiai szállító gépek esetében, hiszen ezek a nagy kapacitású repülőgépek meghatározók a személyi állomány és technika gyors és nagy tömegű diszlokációja során.

A légi szállítás leghatékonyabb és leggazdaságosabb megvalósítása egyfajta menedzser szemléletet kíván a katonai vezetőktől és magas szintű koordinációt a feladatok tervezése és végrehajtása során minden vezetési szinten.

A légi szállítási műveletek tervezését komplexen kell kezelni, vagyis a tervezés koordinációjával érvényesülnie kell a „megrendelő” igényének, de úgy, hogy a „szolgáltató” azt biztonságosan a lehetőségek határain belül tudja teljesíteni. Például egy adott szárazföldi egységet, alegységet és fegyverzetét a meghatározott harcmezőre, deszantolási körzetbe, vagy helikopter berakó körzetbe kell szállítani, pontosan meghatározott időrend szerint. Ezeket a szállítási-feladatvégrehajtási tényezőket össze kell hangolni a repülő átrepülési útvonal, repülési magassági profil, várakozási légterek stb... kiválasztásával úgy, hogy az ellenséges légi tevékenységet és annak elhárítása érdekében szükséges manővereket is figyelembe kell venni. A tervezésnek a legmesszebb menőig számolni kell az aktuális

légi helyzettel, a szállító gépek sebezhetőségével az ellenséges légierő részéről, ezért a legoptimálisabb útvonalat, profilt és manővereket, valamint együttműködő légi oltalmazást is figyelembe kell venni a légi szállítási műveleti tervekben. Hasonló koordinációt kíván napjaink misszióinak kiszolgálása is, legyen szó anyag után szállításról, vagy a személyi állomány szabadságoltatásáról.

a. Stratégiai légi szállítási műveletek

A stratégiai légi szállítási műveletek, a személyi állomány, a hadfelszerelés (haditechnika és utánpótlási anyagok) hadszínterek, illetve világrészek, mint földrajzi körzetek közötti légi szállítását jelentik.

Teljesen egyértelmű, hogy hazánk geopolitikai, geostratégiai helyzete, gazdasági ereje miatt nem fog önálló stratégiai műveletben rész venni, ehhez katonai szállító képességgel sem rendelkezik. A stratégiai légi szállító igényeinket a HAW lehetőségeit kihasználva és a SALIS szerződés keretein belül tervezzük megvalósítani.⁴

A beszerzés és a fenntartás hatalmas költségei miatt azok a nemzetek tartanak fenn katonai stratégiai szállító kapacitást, amelyek részére fontos, hogy befolyását saját határain túli távoli körzetekben is érvényesíteni tudja. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy egy hadszínterek, földrajzi körzetek közötti légi szállítási művelet automatikusan erő átcsoportosítást, erő kifejtést takar. Éppen ellenkezőleg, a stratégiai légi szállítás széles spektrumát öleli fel a feladatoknak. Ez ugyanúgy lehet MEDEVAC (Medical Evacuation – sérültek, sebesültek hátra szállítása), személyi állomány váltása béke fenntartói kötelekben, gyakorlatok támogatása, stb....

Az elmondottakból következik, hogy egyszerűbb személy és teherszállítási feladatokra szükség esetén bármelyik légitársaság szállító gépe is igénybe vehető. Ez történik napjainkban számtalan esetben, amikor a már említett missziós váltások történnek. Azonban a speciális katonai igényeknek, például teher deszantolás, személy deszantolás csak a kifejezetten katonai célokra tervezett gépek felelnek meg.

Ezek a katonai követelmények, igények a következők:

- ➔ nagy teherszállítási képesség, úgy súly (tömeg), mint méret tekintetében, beleértve a harci technikai eszközök szállíthatóságát, mint például tüzérségi eszközök, páncélozott szállító járművek, teherkocsik, könnyű helikopterek;
- ➔ személy és/vagy teherszállító képesség;
- ➔ nagy hatótávolság (maximális terheléssel minimum 4000 km);
- ➔ gyors ki és berakodási képesség – a teher maximális méretének megfelelő tehertér ajtók, beépített emelő és csörlő berendezések a teher mozgatására;
- ➔ nagy utazó sebesség (legalább 850 km/ó).

⁴ HAW-Heavy Airlift Wing: Nehéz Légi Szállító Ezred. ...nemzet közös szállító repülő ezrede, mely 2008-ban alakult, Pápán állomásozik és C-17 típusú stratégiai szállító repülőgépeket üzemeltet. SALIS-Strategic Air Lift Interim Solution:Atmeneti Stratégiai Légiszállítási Megoldás; az ANTONOV légitársaság AN-124 és AN-225 típusú szállítógépei rendelkezésre állásával.

A modern katonai szállító repülőgépek ezen kívül az alábbi követelményeknek is meg kell, hogy feleljenek:

- legyen lehetőség külső függesztmény rögzítésére (kiegészítő üzemanyag tartály);
- működési képesség tábori repülőtérrel (nem szilárd burkolatú- „füves” repülőtérrel);
- ejtőernyős deszant dobási képesség;
- légi utántöltési képesség/lehetőség;
- a belső tér gyors átalakíthatósága a feladat függvényében (utasszállító változatról teher vagy deszant változatra);
- önvédelmi rendszerek megléte, mint például besugárzás jelző- rakéta elleni védelem.

A katonai alkalmazás oldaláról megfogalmazott igényeket a napjainkban rendszerben lévő repülőgépek kielégítik, sőt a kombinált stratégiai/harcászati feladatnak megfelelő szállító repülőgépek – mint például óceáni átrepülés után ejtőernyős deszant dobás -, is rendelkezésre állnak.

A stratégiai légi szállítási feladatokra alkalmazható típusok többek között a C-17, C-5 Galaxy, AN-22 Anteusz, IL-76 Candid, IL-86, AN-124 Condor/Ruszlan.

b. Harcászati légi szállítási műveletek

A harcászati légi szállítási műveletek alatt a személyi állomány, a hadfelszerelés (haditechnika, logisztikai-, és utánpótlási anyagok) hadszíntéren belüli légi szállítását értjük.

Tehát amíg a stratégiai légi szállítási műveletek az erő gyors átcsoportosítását jelentik a hadszínterek, kontinensek között, addig a harcászati légi szállítási műveletek biztosítják a katonai erő mobilitását, kijuttatását a hadszíntéren belül a meghatározott körzetbe. A két művelet között napjainkban egyre nehezebb tiszta határvonalat húzni, különbséget tenni. Például egy nagy távolságú átrepülés, mely a feladat jellege miatt tartalmaz földközeli útvonal szakaszt és ejtőernyős dobást, ez felfogható stratégiai műveletnek harcászati elemekkel és fordítva is. A gyorsan változó világ és vele a katonai eljárások fejlődése a gyors reagáló képesség, mobilitás igénye követelte meg, hogy napjainkra a modern stratégiai szállító gépek harcászati képességekkel is rendelkezzenek, illetve a harcászati szállító repülőgépek is képesek hadszínterek közötti stratégiai műveletekben működni. Ezt a trendet szemlélteti a Lockheed C-130 Hercules, amely a folyamatos fejlesztések eredménye képpen, harcászati szállító repülőgép kategóriája ellenére - nem utolsó sorban a légi utántöltő képesség birtokában -, stratégiai műveletekben történő alkalmazásra is képes. Vagyis a tendencia nem az, hogy a harcászati szállító gépek ugyanolyan mennyiségű terhet, ugyanolyan sebességgel legyenek képesek szállítani, hiszen ezzel elvesztenék azt a nagyfokú manőverező képességet, túlélő képességet, amely a harcászati műveletekben nélkülözhetetlen. Éppen ellenkezőleg, a harcászati szállító gép azon képessége kerül előtérbe, hogy általa egy adott állam közismertté tudja tenni és egyúttal hangsúlyozni képes általános katonai képességeit, jelenlétét az adott térségben, reprezentálni tudja nemzetközi szerep vállalását. Ebből következik, hogy amíg a stratégiai légi szállító képesség elsősorban azon államok „szükséges” jellemzője, melyek a világpolitikában meghatározó tényezőt képviselnek, vagy

ilyenre aspirálnak, - gazdasági erejük ezt lehetővé teszi -, addig a harcászati légi szállító képesség minden állam „jellemzője”, amely légierőt, szárazföldi haderőt tart fenn.

Ahogy arra korábban már utaltam, a harcászati szállító repülő erők a műveletek legszélesebb körét képesek támogatni, csapatok hadművelési körzetbe szállítása, gyors átcsoportosítása, utánpótlás kijuttatása, egészségügyi szállítás és sorolhatnám. Kiszélesítik a légierő klasszikus alkalmazási képességeit. Egy harcászati szállító repülőgép képes gyorsan és nagy alkalmazási rugalmassággal támogatni a harcoló erőket, függetlenül a terület jellegétől, tábori repülőtérrel, vagy nem előkészített - nem szilárd burkolatú leszállóhelyről. Természetesen napjaink harcászati szállító repülőgépei közül nem alkalmas mindegyik a teljes harcászati alkalmazási követelményeknek megfelelni, ezért röviden kitérek a repülőgépekkel szemben támasztott követelményekre.

Ezek a következők:

- olyan erős, robusztus repülőgép sárkány szerkezet, amely megfelel a harcászati igénybe vételnek;
- rövid fel és leszállási képesség (STOL-Short Take Off and Landing 500-800 m, nem szilárd burkolatú fel és leszállóhelyről is);
- olyan teherszállítási képesség, amely tömegben és méretben megfelel a hadszíntéri műveletek igényeinek (5-25 t-ig);
- széles teher tér nyílások és autonóm tehermozgató berendezés, mely az önálló be és kirakodást biztosítja;
- gyors átalakíthatóság a harcászati igények függvényében;
- ejtőernyős deszantolási képesség;
- minden időjárási körülmények közötti bevethetőség nappal és éjjel egyaránt;
- stabil repülési képesség kis sebességű tartományban;
- hatósugár 2000-2500 km és maximális átrepülési távolság 6000 km teljes terheléssel;
- légi utántöltési képesség;
- huzamos üzemeltetési lehetőség repülőtéren kívüli viszonyok között (repülőtéri műszaki üzemben tartó állomány nélkül);
- önvédelmi rendszerek megléte, mint például besugárzás jelző- rakéta elleni védelem.

A megfogalmazott követelmények egyidejű teljesítése természetesen igen komoly feladatot jelent a repülőgép konstruktőrök részére, akik csak napjaink új technológiai és új anyagai (kompozitok, kevlar anyagok) alkalmazásával tudnak megfelelni a kihívásoknak. A harcászati légi szállítási követelményeket legjobban teljesíteni tudó típus a C-130 Hercules, mely az elmúlt közel 50 év alatt folyamatos fejlesztésen ment keresztül. Napjaink új konstrukciója a CASA Cn-295, vagy C-27

Spartan, de ezek mellett a rendszerben tartott ismertebb típusok (AN-12 Cub, C-160 Transall, FIAT G-222, F-27 Friendship és az AN-26 Curl)⁵ is eleget tesznek az alapvető követelményeknek.

A Magyar Honvédség, Légierő szállító repülő századának feladata a légierő és a szárazföldi csapatok egységei, alegységei manőverei és harctevékenységének biztosításával összefüggő feladatok végrehajtása bel és külföldön, valamint NATO kötelékben.

2. Missziós-hadműveleti területek és a légi szállítás összefüggései

„A Magyar Honvédség alapvető feladata, hogy teljes szervezetével és képességeivel az ország függetlenségét és területi sérthetlenségét védelmezze, alapvetően szövetségi keretekben, de a szövetséges erők megérkezéséig önállóan tevékenykedve.”⁶ Ugyanakkor az ország védelme mellett a különböző missziók biztosítása. Ezek sorából is kiemelkedik az Afganisztánban zajló, NATO által vezetett ISAF misszió, melyhez kötődően a Magyar Honvédség Baghlan tartományban egy Tartományi Újjáépítési csoportot tart fent.

E mellett jelenleg még -2009 április 01-ig-, magyar nemzeti irányítás és parancsnokság mellett működik a nemzetközi repülőtér Kabulban (KAIA). Egy OMLT és egy Különleges Műveleti csoportunk kezdi meg tevékenységét 2009-ben, és ehhez jönnek még a különböző törzsekben egyéni beosztásokban szolgáló katonáink.⁷

A másik nagy létszámú kontingens a balkáni misszió, mely létszámban a missziós szerepvállalás közel felét jelenti. A balkáni térség légi szállítás szempontjából a harcászati mélységet jelenti, így az ebbe a térségbe irányuló szállítási feladatokat a Magyar Honvédség légi szállító kapacitással meg tudja oldani. Itt elsősorban a személyi állomány szállítására kell gondolni, hiszen a felszerelés, utánpótlás szállítása –ha azt sürgősség nem indokolja-, akkor olcsóbban célba juttatható földi szállítással. A balkáni térségbe a magyar AN-26 repülőgépek általában a pristina repülőtérre közlekednek. Ez a harcászati távolság az AN-26, illetve hasonló kategóriájú repülőgép számára egy optimális, gazdaságosan üzemeltethető járatot jelent. A repülőgép a Magyar Honvédség tulajdona, a személyzet kiképzetten rendelkezésre áll, illetve ezeken a járatokon adott esetben kiképzés is folytatható. Könnyen belátható, hogy egy ilyen járat esetében, ahol a Magyar Honvédség missziót végrehajtó személyi állományát váltjuk, szabadságoltatjuk stb..., költségként a hajózó személyzet napidíja jelenik csak meg, hiszen a többi költség tényező eleve benne van a Magyar Honvédség éves költségvetésében.⁸ A repülési idő rendelkezésre áll a hajózó állomány kiképzésére, jártasság

⁵ Orosz Zoltán: A szállító repülő és szállító helikopter alegységek alkalmazási lehetőségei a NATO szövetségi rendszerben. ZMNE VKT záró dolgozat, Budapest, 2002. 22-24. old.

⁶ Magyar Köztársaság Nemzeti Katonai Stratégiája - 1009/2009 (I.30.) Kormányhatározata léptette életbe

⁷ OMLT-Operational Mentor Liaison Team: Hadműveleti Tanácsadó és Összekötő Csoport.

⁸ Természetesen ki lehet és ki is számoljuk, hogy egy AN-26 repülőgép üzemórája mennyibe kerül. Ez tartalmazza a személyzet illetményét, a műszaki állomány illetményét, a gép amortizációját, az üzemanyag árát, és sorolhatnám. Ha ezt hasonlítjuk össze egy polgári légitársaság ajánlatával, könnyen lehet, hogy a polgári cég tűnik olcsóbbnak. Ez azonban megítélés szerint alapvetően téves szemlélet, hiszen a felsorolt költségek alapvetően rendelkezésre állnak, hiszen a gép, a személyzet, stb. a „miénk”, vagyis egy üzleti ajánlat elbírálásakor nem vehető figyelembe, hiszen akkor ezeket a költségeket kétszer számítjuk fel saját magunknak.

fenntartására biztosított kiképzési időben. Az ehhez szükséges üzemanyagot és egyéb fenntartási anyagokat szintén tartalmazza a költségvetés. Vagyis „csak” azt kell tennünk, hogy amink van és amire van, azt rendeltetés szerűen alkalmazzuk, használjuk. A leghatékonyabb kiképzés és a megszerzett képesség, ismeret szinten tartása, a gyakorlatokon való részvétel, illetve a valós harci alkalmazás.

A Balkán még egy-két évtizedig feladatot jelent a Magyar Honvédség részére, mivel a térség meghatározó Magyarország biztonsága szempontjából. Kézenfekvő, hogy a többi - a térségben szolgáló nemzethez hasonlóan -, a személyi állományunk mozgatását alapvetően a leggazdaságosabb és legegyszerűbb módon, a rendelkezésre álló szállító repülőgépeinkkel oldjuk meg.

A Magyar Honvédség másik kiemelt fontosságú hadművelleti területe Afganisztán. Az ISAF misszió keretén belül, mintegy háromszáz fő teljesít szolgálatot különböző beosztásokban, kötelekekben. Ennek az állománynak az ellátása, kihelyezése, szabadságoltatása mind nemzeti feladat. Ezt a feladatot különböző módokon lehet megoldani. Az egyértelmű, hogy a nagy távolság miatt úgy a személyi állomány, mint az anyagi technikai eszközök mozgatására csak a légi szállítás jöhet szóba.⁹ Könnyen belátható, hogy a Magyar Honvédség, rendelkezésre álló szállító repülőgépei nem alkalmasak stratégiai léptékű feladat végrehajtására, illetve a szállító kapacitás mértéke nagyságrendekkel elmarad az igényektől. Ez alapján a szállítási igényeinket, keretszerződések alapján, más nemzetek szabad szállító kapacitását igénybe véve tudjuk teljesíteni. A szövetség keretein belül néhány nemzet saját légi hidat üzemeltet és ezeken a járatokon a szabad kapacitást igénybe tudjuk venni. Ez általában 500-600 euró/ fő/ járat költséget jelent.

Előfordulhatnak azonban olyan esetek, amikor szabad kapacitások nem állnak rendelkezésre. Ilyenkor bérelt charter járatokat kell szerveznünk, mely természetesen költségesebb, általában 600-750 euró/ fő/ járat. Évente átlagosan mintegy húsz alkalommal kell igénybe venni ezt a megoldást. A rendelkezésre álló statisztikai adatokat elemezve, az elmúlt négy évet vizsgálva, mintegy 2,5-3,5 millió euró az a költség, melyet a légi személyszállításokra és újabb mintegy 3 millió euró, melyet az anyagszállításokra más nemzeteknek fizettünk. Vagyis négy év alatt mintegy 6 millió euróba került a hiányzó képesség előteremtése, és mindez nem akkor amikor nekünk kell, hanem akkor, amikor szabad kapacitás áll rendelkezésünkre. Az interneten böngészve, ha beírjuk például, hogy C-130 ára, hamarosan nagyon sok adatra bukkanunk. A legújabb C-130J verzió 66 millió USD, de használtan jó állapotút fele áron is lehet kapni. Közgazdász szakemberek pontosan kiszámíthatják, mennyi idő alatt térül meg egy ilyen nagy értékű beruházás. Én az alkalmazói oldalról, egyszerűen közelítem meg ezt a problémát. Egy használt gép esetében, ha csak az általunk másnak kifizetett összegeket veszem alapul, mintegy 28-30 évnnyi bérleti díjat fizetünk ki egy gépért. Azonban, ha az a gép a miénk, ezt az összeget még egyszer nem fizetjük ki, illetve ha csak egy hasonló kis nemzet bérel szabad kapacitást, már

⁹ A hadművelleti terület jelenlegi sajátossága, hogy a fenyegetettség magas, a helyzet rövid időszak alatt is gyorsan változhat. Ilyen helyzetben minden eszközre, anyagra a lehető legrövidebb időn belül van szükség. A hajón vagy más költség takarékos ám hosszú kijuttatási mód a hadművelleti területen feladatot ellátó személyi állomány biztonságát veszélyezteti.

megeremtette az árát. Mint már utaltam rá, a katonai szállítógép piacon hiány van. Ezek a repülőgépek szinte folyamatosan repülnek, illetve kell is hogy repüljenek, mert amíg a levegőben vannak, addig kerül a legkevesebbe a fenntartásuk. Egy ilyen repülőgép üzemben tarthatósági ideje 40-45 év. Bőven megtermeli a beszerzésére és fenntartására fordított költségeket- és akkor áll rendelkezésre, amikor nekünk kell.

Másik alternatíva, hogy a C-17 programban meglévő repülési időnket vesszük igénybe. A részvételünk a C-17 programban igen fontos, hiszen általa egy NATO/többnemzeti közös katonai bázis alakul ki Magyarországon a pápai légi bázison. Túl azon, hogy a pápai kistérség gazdaságára is pozitívan hat a bázis működése, igen jelentős Magyarország politikai megítélése szempontjából ez a projekt. Ezeket a tényezőket azért említettem meg, mert az, hogy mennyi repülési idő hívható le egy részes nemzet által, az attól függ, hogy az adott nemzet mennyi repülési időt vásárol. Könnyen belátható, hogy Magyarország nem rendelkezik jelentős lehívható repülési idővel. Vagyis azt a repülési időt –mintegy negyven óra évente-, amely rendelkezésre áll, be kell osztani, illetve bizonyos mértékig tartalékolni kell rendkívüli helyzetek kezelésére, legyen szó rendkívüli anyagszállításról, vagy a személyi állomány mozgatásáról.¹⁰

Ugyanez a helyzet a cikkem elején már említett SALIS szerződéssel is. Elgondolkodtató, hogy a Magyar Honvédség jövőbeni feladatait prognosztizálva nem lenne-e célszerű egy a stratégiai feladatok ellátására is alkalmas szállító repülőgép típussal rendelkezni. Véleményem szerint szükség lenne ilyen képességre a Magyar Honvédségnél is. A környezetünkben erre is van példa, Ausztria az 1990-es években kialakított katonai stratégiája alapján hasonlóan hozzánk, mintegy 1000 főben határozta meg részvételét béke fenntartó missziókban. Ezen missziók biztosítása érdekében Nagy Britanniától vásároltak C-130 típusú repülőgépeket. Ugyanezt tette Románia is, mely szintén az 1990-es évek elején vásárolt használt szállító repülőgépeket.¹¹ Szintén alternatív lehetőség lenne a kifejezetten katonai szállító repülőgépek mellett utasszállító géppel, gépekkel is rendelkezni.

Ezt elsősorban a már említett kontingens váltások indokolnák, hiszen a bérelt charter járatok is utasszállító repülőgépekkel bonyolódnak. A német légierő Airbus A320, a holland KC-10, de még a velünk összemérhető cseh légierő is rendelkezik Airbus A319 típusú személyszállító repülőgéppel.¹²

Miért érdemes egy légierőnek, katonai szervezetnek elsősorban személyszállító géppel rendelkeznie? Ezek a gépek mindig rendelkezésre állnak; nagy szállító kapacitással rendelkeznek, ezáltal sok személyt, katonát szállíthatnak.

¹⁰ Az emlékezetes 2004. december 26-i cunami katasztrófa után minden nemzet, amely légi szállító kapacitással rendelkezett, a saját polgárait mentette ki a térségből. Gyakorlatilag szabad légi szállító kapacitás nem állt rendelkezésre. Egy váratlan hadműveleti helyzetben hasonló szituációba kerülhetünk- gyors evakuálás egy adott hadműveleti területről csak saját szállító kapacitás meglétével biztosítható.

¹¹ Az USA eredetileg Magyarországnak ajánlotta fel a használt repülőgépeket, de a gazdasági helyzetre hivatkozva Magyarország nem élt a lehetőséggel. Ezt követően kapta meg Románia a gépeket.

¹² Jelenleg Csehország az EU soros elnöke. Az év első napjaiban kirobant palesztín izraeli konfliktus kapcsán a világ TV híradói mutatták, amint az EU soros elnöke a cseh miniszterelnök Mirek Topolánek a cseh légierő Airbus gépével utazott Gázába, Brüsszelbe.

Alkalmasak arra, hogy a légi utántöltő lehetőséget is biztosítsák.¹³ Egy ilyen kategóriájú gép birtokában megoldódhatna az állami vezetők szállításának problémája is, beleértve a kísérők szállítását. Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a magyar katonai beszerzési gyakorlatban mindig új gépekben gondolkodunk. A szállító gépek piacán teljesen természetes, hogy használt gépeket is rendszerbe állítanak, számunkra is ezt az utat kellene követni. Ezekkel a gépekkel az említett országok biztosítani tudják a szükséges légi szállító kapacitást, mely nemzeti hadseregük kiszolgálásához szükséges, illetve szükség és lehetőség szerint szabad kapacitásukkal más országok igényeit is ki tudják elégíteni térítés ellenében. Ezt mi is megtehetnénk, ha lenne mivel.

3. A szállító repülő képesség jelene, jövője¹⁴

A személyi és technikai feltételek helyzete alapján a merev szárnyú szállító repülő kapacitás nem tudja kielégíteni a Magyar Honvédség és ha az állami felső vezetők szállítását is figyelembe vesszük, akkor a Magyar Köztársaság igényeit sem. Jelenleg a meglévő 5 darab szállító repülőgép életkora 30-35 év. Gyártásukkor 30 év üzemidő lett megállapítva, mint maximális üzemben tarthatósági idő. A gyártóval történt megállapodás alapján, figyelemmel a repülő gépek műszaki állapotára, a gyártó vállalt üzemidő hosszabbító nagyjavítást, melyre 2006 őszétől 2010 év végéig kerül sor. Így az öt darab repülőgép 2015-ig lesz üzemeltethető, akkor végérvényesen ki kell vonni a hadrendből.

A vázolt NATO alkalmazási műveletekre és a Magyar Honvédség szükségszerűen növekvő szerep vállalására a NATO szövetségi rendszerben -és ebből következő hangsúlyosabb megjelenésünk az ISAF misszióban-, szükséges a közepes szállító repülő kategória alsó és felső kategóriába tartozó típusaival is rendelkezni.

Korábban utaltam a humanitárius segélyszállítmányok célba juttatásának fontosságára, az ilyen műveletekben történő szerepvállalás jelentőségére. E mellett figyelembe kell venni, hogy a harcászati repülő típusváltással 2008-ban hadrendbe állt Gripenek lehetővé teszik Magyarország jövőbeni szerep vállalását nagyobb léptékű légi műveletekben is. Ennek biztosítására szükséges a közepes szállítórepülő felső kategóriájába tartozó gép típussal is rendelkezni.

Napjainkban a folyamatos modernizáció eredménye képen egyedül a C-130 Hercules képes a kor követelményeinek megfelelni. (Az európai fejlesztésű hasonló szállító gép az A-400 egyelőre nem áll rendelkezésre a prototípusnál jelentkezett problémák miatt.) A szárazföldi és a légierő várható alkalmazási igényei és a gazdaságos üzemeltethetőség alapján mintegy négy darab ilyen kategóriájú gép biztosítaná a szükséges képességeket. Az 1990-es évek elején az Egyesült Államok Kormánya már ajánlott fel hazánknak négy darab felújított C-130-as repülőgépet segély formájában, nekünk csak

¹³ A Gripen repülőgépek alkalmazása megkívánja a hajózó állomány légi utántöltő kiképzését. Az utántöltő gépek rendelkezésre állásáért fizetnünk kell. A kiképzettség fenntartásához folyamatos gyakoroltatás kell. Hosszú távú feladat, gazdaságosabb saját lehetőséggel rendelkezni, mely mások részére bérebe adható.

¹⁴Orosz Zoltán: A szállító repülő és szállító helikopter alegységek alkalmazási lehetőségei a NATO szövetségi rendszerben. ZMNE VKT záró dolgozat, Budapest, 2002. 33-35. old.
A korábbi dolgozatomból átemelt rész sajnos napjainkban is aktuális, így csak néhány számszaki adatot kellett pontosítanom. A megállapítások változatlanul megállják helyüket.

a földi eszközök beszerzését, illetve az állomány kiképzéséért kellett volna fizetni. Az akkori gazdasági helyzet ezt sem tette lehetővé, így a négy darab Hercules a Román Légierőben került rendszerítésre, ahol azóta is üzemeltetik őket. A román Herculesek és személyzeteik meggyőzően reprezentálják Románia elkötelezettségét a NATO tagságra, minden NATO/pfp légierő gyakorlaton megjelennek és tekintettel a gépek megfelelő felszereltségére, műszerezettségére, egyenrangú félként felelnek meg az elvárásoknak.

A szállító repülőgép, legyen bármilyen kategóriájú, igen drága eszköz, melynek az üzemeltetése akkor a legköltségesebb, ha a földön áll. A jövőbeni magyar légi szállító képességet éppen ezért úgy célszerű üzemeltetni, hogy a magyar nemzeti igények teljesítésén túl az esetleges szabad kapacitást a NATO szövetségesek, illetve nemzetközi szervezetek részére kell felajánlani. Jó példa erre Belgium gyakorlata, mely haderejéhez mérten viszonylag nagy, 11 gépből álló C-130 ezredet tart hadrendben. Ezek a gépek szinte állandóan úton vannak, így nem kis bevételt is „termelve” a Belga Légierő részére.

A Magyar Honvédség szárazföldi erői és légierője kiképzését, a NATO szövetség részére felajánlott erők mobilitásának, gyors reagáló képességének biztosítását, a szövetségi műveletekben történő részvételt, a befogadó nemzeti logisztikai támogatást az elvárt szinten biztosítaná egy 4+6 gépes harcászati szállító repülő képesség. (Négy darab a felső közép- harcászati/stratégiai és hat darab az alsó közép- harcászati kategóriájú szállító repülőgép.) Ez a képesség úgyszintén képes lenne arra, hogy a Magyar Köztársaság tekintélyének, politikai, gazdasági, katonai súlyának megfelelően megjelenítse a nemzetet a nemzetközi közvélemény előtt, a különböző humanitárius segély akciókban történő szerepvállalással.

Nem tértem ki még az állami és katonai felső vezetők szállítására. A kérdés nem megkerülhető. Az elmúlt évtized történései is bizonyították, hogy az állami vezetők nem utazhatnak minden esetben menetrendszerű járással a katonai vezetőkön nem is beszélve. Hazánk napjainkra olyan tekintélyt vívott ki, melynek vezetőink szerep vállalásában is megérkezésében egy adott tárgyalási helyszínen, meg kell jelennie. Indokolt ezért megfelelő személyszállító gép - esetleg üzleti gép/gépek beszerzése. Véleményem szerint egy kisebb hatótávolságú – európai utakra – és egy nagyobb átrepülési képességű, mely akár óceáni átrepülést is lehetővé tesz. Ezt a képességet egyértelműen indokolja a szövetségi rendszerhez tartozásunk is, illetve a 2011-ben esedékes EU elnöki posztunk.

4. A személyi állomány képzése

Nézetem szerint néhány gondolat erejéig foglalkozni kell az emberrel, aki az eszközt üzemelteti, hiszen hajlamosak vagyunk megfeledkezni arról, hogy egy képesség megléte, kialakítása nem csak az eszköz megvásárlásával, a szabályozó rendszer-szervezet meglétével alakul ki, hanem a személyi állomány kiképzésével válik teljessé.

Itt most nem kívánok foglalkozni a hajózó alapképzéssel, hiszen ez önmagában is több tanulmányt tehetne ki. Egy szállító pilóta kiképzése hosszú, több évre nyúló folyamat.

Az alap jártasságok elsajátítása után a különböző eljárások megismerése, a harci alkalmazási feladatok begyakorlása után, szakszolgálati engedély birtokában jut el a pilóta arra a kiképzettségi szintre, hogy önállóan bevetésre küldhető.¹⁵ A szakszolgálati vizsgára bocsátáshoz egy másod pilótának legalább 900 repülési órával kell rendelkeznie. Ha rátermett és alkalmas, akkor megkezdheti a gép személyzet parancsnoki átképzését, mely közel 100 órás kiképzési program lerepülését jelenti. Ebből következik, hogy egy gépszemélyzet parancsnok kiképzése a kiképzés ütemezésétől, lehetőségeitől függően mintegy 4-7 évig tartó folyamat. Ezt követően küldhető a gépszemélyzet parancsnoka hadműveleti feladatra, kiképzett, de kevés tapasztalattal rendelkező pilótaként.

Nem kell különösebb bizonyítási eljárás ahhoz, hogy belássuk, egy kiképzett katonai pilóta nagyon „értékes” ember. A Magyar Honvédség érdeke, hogy a hosszú évek alatt megszerzett tudás, tapasztalat, képesség megmaradjon, hasznosuljon a harc feladatok végrehajtása érdekében. Minél több tapasztalatot szerez egy pilóta pályafutása során, ez a tapasztalat annál értékesebb, és garanciája a sikeres feladat teljesítésnek.¹⁶ Fontos, hogy az elméleti ismereteket frissítse a személyi állomány, ismerje a szövetséges légierők pilótáinak harci tapasztalatait, azt be tudja építeni saját kiképzésébe. Ebből a megfontolásból is kiemelkedő jelentősége van a nemzetközi gyakorlatokon történő részvételnek. Fontos, hogy mielőtt egy személyzetet hadműveleti területre küldenénk, feltétlenül nemzetközi környezetben, gyakorlaton-gyakorlatokon vegyen részt, így ismerje meg és gyakorolja be az alkalmazott harceljárásokat. Szintén a felkészítést, kiképzés hatékonyságát növelő eszköz a szimulátor. Egy szimulátor segítségével a gépszemélyzet nyugodt körülmények között, kockázatmentesen be tudja gyakorolni a különböző harceljárásokat, a ténykedés rendjét a repülés különleges eseteiben, vészhelyzetekben. Egy ilyen berendezés rendkívül hatékony, hiszen a kiképzésre fordítandó repülési idő töredék költségéért lehet üzemeltetni. A repülési feladatok mintegy fele begyakoroltatható egy szimulátoron, így segítve a jártasság fenntartását. Természetesen egy szimulátor igen drága eszköz, ezért megfontolt döntést igényel a beszerzése. Új típus rendszeresítése esetén a beszerzés része lehet a szimulátor is, melynek szabad kapacitását bérbe lehet adni. Amennyiben nem rendelkezünk saját berendezéssel –mint az AN-26 esetében-, akkor szimulátor időt kell bérelni. Ez a repülés biztonsága, ezzel együtt a repülési feladatok eredményes és hatékony végrehajtása szempontjából rendkívül fontos lenne. Szinte már elcsépelet érv, hogy nincs elég pénz, vagyis takarékoskodni kell. A takarékoskosságot én a hatékony feladat végrehajtásban, az erő-eszköz ésszerű felhasználásában látom. A szimulátor kiképzés hiányát én rossz értelemben vett spórolásnak tartom. Ez nem meglepő, hiszen a magyar közgondolkodásban a biztonságra és a biztonságra fordított pénzre mint felesleges kiadásra gondolunk.¹⁷

¹⁵ A szakszolgálati engedély szükséges feltétel az önálló feladat végrehajtáshoz.

¹⁶ Chesley B. Sullenberger 58 évesen, negyven év gyakorlattal és csaknem húszezer repülési óra tapasztalatával, 2009. január 15-én a US Airways 1549-es járatának kapitányaként, sikerrel szállt le a Hudson folyó vizére New Yorkban a megsérült Airbus A320 repülőgéppel, megmentve 155 utas életét.

¹⁷ Nézzük meg, hogy a magyar családi háztartások mekkora hányada rendelkezik betörés gátlóval, vagy a személy gépjárművek hány százaléka van felszerelve lopás gátlóval, riasztóval.

A kiképzés egy folyamatos és állandó folyamat, mely nem áll meg egy kiképzettségi szint elérésével. Ellenkezőleg, a repülő kiképzésben különösen fontos a megszerzett gyakorlat szinten tartása, a jártasság fenntartása. Ez azt jelenti, hogy az elméleti és gyakorlati ismeretek bővítése, frissítése mellett folyamatos és gyakorlati repülő kiképzést kell folytatnia a repülő személyzeteknek. A repülő kiképzés tervezését, végrehajtását utasítások, szabályzatok határozzák meg minden repülőgép típus esetében. Ezek az utasítások előírják, hogy a különböző repülési gyakorlatokból mennyit, milyen idő kihagyás mellett kell ismétlődően végrehajtani ahhoz, hogy a személyzet repülési jogosultságát (jogi értelemben) és gyakorlati jártasságát fent tudja tartani és ezáltal hadműveleti repülést tudjon végre hajtani.

A jártasság fenntartást a folyamatos kiképzési és hadműveleti repülések jelentik. A szövetséges országok gyakorlata és a nemzeti szabályzók alapján a szükséges jártasság fenntartása egy gépszemélyzet parancsnok esetében mintegy 200-250 óra repülési idő lerepülését jelenti évente. Ez a repülési idő mennyiség garancia a szükséges repülési biztonság szavatolására is.

5. Összegzés

A Magyar Honvédség alapvető és elsődleges feladata az ország védelme és ezt követi a változatlanul fontos NATO felajánlásokból és kötelezettségekből következő feladatteljesítés. Napjainkban a Magyar Honvédség mintegy 1000 főt állomásoztat különböző missziókban a világban, NATO-EU-ENSZ békeműveletekben. A kontingens közel fele a Balkánon teljesít szolgálatot, melynek közelsége meghatározó Magyarország biztonsága szempontjából. Jelentős erővel veszünk részt a NATO által vezetett ISAF misszióban, Afganisztánban. Ez a két meghatározó hadműveleti térség- a közeli Balkán és a több ezer kilométerre lévő Afganisztán-, komoly feladatot jelent a csapatok kihelyezése, ellátása, váltása szempontjából.

A hadműveleti területek távolsága, a szükséges gyorsaság-időtényező indokolja a légi szállítás alkalmazását. A Magyar Honvédség rendelkezik bizonyos légi szállító kapacitással, mely kis részben képes az igényeinket biztosítani. Ez a meglévő képesség alkalmas a balkáni hadműveleti térség kiszolgálására, ha a személyi állomány pihentetéséről, kisebb létszámú váltásáról, kis mennyiségű anyag, utánpótlás kijuttatásáról van szó. A rendszerben tartott AN-26 szállító repülőgép technikai képességei alapján harcászati feladatok végrehajtására alkalmas csak. A hiányzó igények lefedése különböző, többnyire polgári légi szállító gépek bérlésével történik. Az afganisztáni térségbe kizárólag bérelt járművekkel tudunk eljutni, részben a szövetséges légi hidak igénybevételével, részben bérelt repülőgépek alkalmazásával.

A fentiek alapján mindenképpen indokolt lenne, ha rendelkezniénk saját- stratégiai feladatok, szállítások végrehajtására alkalmas repülőgéppel. Ebben az esetben az állomány részbeni váltása, anyagok után szállítása és ami a legfontosabb, váratlan helyzetek kezelése esetén is rendelkezniénk szállító repülőgéppel. Ezt a stratégiai szállító kapacitást adott esetben más nemzetek részére mi is ki tudnánk ajánlani, vagyis bérszállításokat tudnánk teljesíteni. Ez azt jelentené, hogy a hajózó állomány

kiképzettségét, felkészítésének szinten tartását hadműveleti feladatok folyamatos teljesítésével, finanszírozottan a fenntartási költségeket jelentősen csökkentve tudnánk tervezni és teljesíteni. Ezzel együtt, rendelkezésünkre állna váratlan helyzetekre egy saját szállító kapacitás. A hajózó állomány kiképzettségét a folyamatos gyakoroltatás mellett a szövetség gyakorlatain történő részvétellel, illetve szimulátoros gyakoroltatással szükséges szinten tartani. A szimulátoros gyakoroltatás nagyban növeli a hajózó állomány biztonságát, begyakorlottságát a repülési feladatok végrehajtásában. Ezt a gyakorlási lehetőséget vagy szimulátor idő bérlésével, vagy saját szimulátor beszerzéssel lehet biztosítani. A saját szimulátor biztosítja a folyamatos rendelkezésre állást, illetve lehetőséget biztosít a szabad kapacitás értékesítésére.

A Magyar Honvédség az ország védelmi feladatok mellett jelentős erővel vesz részt a különböző missziókban. Katonáink feladat végrehajtását, biztonságát a rendelkezésre álló erőforrások ésszerű felhasználásával a meglévő technikai eszközök gazdaságos alkalmazásával és új technikai eszközök rendszerbe állításával kell biztosítanunk.



Péliné Németh Csilla — Kocsis Ferenc — Czender Csilla

AUTOMATA MÉRŐÁLLOMÁSOK SZÉLADATAINAK VIZSGÁLATA A HAZAI KATONAI REPÜLŐTEREKEN

ÖSSZEFOGLALÁS

A repülések meteorológiai támogatásának része a repülőterek éghajlati jellemzőinek mélyreható ismerete. A folyamatos méréseket egyrészt azzal a céllal végezzük, hogy a helyi időjárásról egzakt információkhoz jussunk, másrészt, hogy a mért adatsorokból későbbi feldolgozásra alkalmas archív adatbázist alakítsunk ki. A tárolt adatbázisból utólag visszakereshetők a kérdéses időpontra a mért adatok, így például a repülőbalesetek kivizsgálásánál is fontos szerephez jut. Továbbá, az idősorok rendszeres, módszeres elemzéséből következtetni tudunk egy-egy szenzor hibás működésére is. Dolgozatunkban a hazai katonai repülőterek földfelszíni időjárás-megfigyelési mérőrendszereiből (MAWOS) származó kétmásodperces és perces szélesebesség, szélirány és maximális szélesebesség adatsorokat vizsgáltuk Kecskeméten, Szolnokon és Pápán. Ezenkívül összehasonlítottuk az óras szintoptikus táviratokban kódolt, egész értékekre kerekített szélesebességek előfordulási gyakoriságát az elemi széladatok gyakoriságával azzal a céllal, hogy megvizsgáljuk, a sűrűbb mintavétellel milyen többlet információkat nyerhetünk a környezeti hatásokra érzékeny szélesebesség adatokból.

BEVEZETÉS

Hazánkban jelenleg három, katonai célokra kialakított repülőtér üzemel: az ország keleti részén, Kecskeméten és Szolnokon, valamint a Dunántúlon, Pápán. Mindhárom helyen az ICAO és WMO ajánlások szerint kialakított automatizált meteorológiai mérőrendszer biztosítja a repülések kiszolgálásához a mért adatokat. Magyarországon a polgári állomások meteorológiai mérőrendszereinek automatizálása az 1990-es évek elején kezdődött el, míg pl.: Kecskeméten, a katonai repülőterek közül elsőként, 1997-ben került átadásra az automata mérőrendszer. Néhány évvel ezelőtt a rendszerek megújításra kerültek. Szentkirályszabadja felszámolása után a pápai rendszer – mely adatátviteli szempontból a legmodernebb a katonai repülőterek között – 2006-ban került átadásra.

Az automata rendszer mérései mellett folyamatosan, 24 órás szolgálatban vizuális észleléseket is végeznek a meteorológiai észlelők. Ennek különösen fontos szerepe van napjainkban, amikor azon mérőállomások száma, ahol észlelő is dolgozik az automata mérőrendszer mellett, pénzügyi okok miatt egyre kevesebb. A vizuális észlelési adatok nagy jelentőséggel bírnak, hiszen a felhők típusát,

mennyiségét, a jelenidőt (az adott órában előforduló időjárási jelenséget) és az elmúlt időt ezen információk felhasználásával tudjuk követni vagy visszakeresni.

ADATOK

A MAWOS rendszerek mérési programja (1. táblázat) szerint előállított adatok „valós” időben jelennek meg a rendszerek megjelenítő termináljain, és tárolásukról is a mérési programnak megfelelően kell gondoskodni. A MAWOS rendszerek mérési adatai – a szélmérést kivéve – egyperces átlagolási idővel percenként íródnak a Microsoft Access adatbázis-kezelő szoftver tábláiba.

Mért / származtatott mennyiség	Gyakoriság
Szélirány és szélesség	2 másodpercenként
Légnyomás a leszállómező küszöbének szintjében	1 percenként
Tenger szintjére a standard atmoszféra alapján átszámított légnyomás	1 percenként
Hőmérséklettel korrigált tengerszintre redukált légnyomás	1 percenként
2 m-es szinten mért hőmérséklet	1 percenként
Relatív nedvesség	1 percenként
2 m-es szinten mért harmatpont	1 percenként
Komfort hőmérséklet	1 percenként
Meteorological Optical Range	1 percenként
Runway Visual Range	1 percenként
Felhőalap, illetve a függőleges látás	1 percenként
Gomoly kondenzációs szint magassága	1 percenként
Futópálya betonhőmérséklet	1 percenként
Globálsugárzás	1 percenként
Napfénytartam	1 percenként
Csapadékmennyiség	1 percenként
Csapadék státusz	1 percenként

1. táblázat A MAWOS rendszerek mérési programja

A hazai katonai repülőtereken, a nemzetközi gyakorlat szerint [1] kettő (a futópálya két végén), illetve Pápán három (a futópálya két végén és az észlelőkertben) szélmérő került telepítésre. A szélmérés során két másodpercenként és percenként kerül rögzítésre a mért adat. Dolgozatunkban ezen idősorok széladatainak vizsgálatára koncentráltunk.

A szélmérés a Meteorológiai Világ Szervezet (World Meteorological Organization – WMO) által előírt módon történik, 10 méteres földfelszín feletti magasságon, ügyelve arra, hogy a mért érték reprezentatív legyen. Azaz a szélmérő környezetében az áramlást jelentősen befolyásoló tárgy (fa, magas növényzet, épület) nem helyezkedhet el [2]. A repülőtéren meteorológiai mérőrendszerekre vonatkozó MH Geoinformációs Szolgálat által kidolgozott műszaki követelmények szerint a szélmérő klimatikus működési tartománya a (-40°C) – (+50°C) léghőmérséklet és 0–100% relatív légnedvesség intervallumba esik, vagyis a hazai klimatikus viszonyok mellett minden körülmények között

működőképes kell, hogy legyen. A szélesség mérése során a pillanatnyi sebességet a kétmásodperces szélútból számoljuk, a mérőeszközzel szemben elvárt követelményeket a 2. táblázatban foglaltuk össze.

	Küszöbérzékenység	Felbontás	Pontosság	Mérési tartomány
Szélesség	0,5 m/s	1 m/s	±0,5 m/s	0–75 m/s
Szélirány	0,5 m/s	10°	±5°	0–360°

2. táblázat A MAWOS rendszerben telepített szélmérőkkel szemben elvárt műszaki paraméterek

Vizsgálataink során a két másodperces és perces átlagolási időtartamból származó szélesség, szélirány és az adott percben előforduló szélmaximum értékek egyéves idősorát elemeztük a 2008. évre. Ezen Access táblákban tárolt mért adatok részletes vizsgálata technikai és személyi feltételek miatt csak tavaly indult meg. A munka kezdetekor a kitűzött cél az volt, hogy a rendelkezésre álló, nagymennyiségű mért adathalmaz adta lehetőségeket kihasználjuk. Nevezetesen, az adatokat ne csak az évek óta megszokott módon és a szokásos módszerek alkalmazásával ellenőrizzük, az óras szintoptikus táviratokra szabott ellenőrző algoritmusok rutinszerű futtatásával, hanem használjuk ki azt, hogy a percenkénti adatsűrűséggel több információt nyerhetünk ki az adathalmazból. A kidolgozott és bevezetett újabb módszerek – melyek kisebb programok, makrók futtatását jelenti MS Windows környezetben – a mérőeszközök rendellenes működését hivatottak kiszűrni, hozzájárulva a MAWOS rendszerek megbízható működéséhez. A munka további hozadéka az alábbiakban bemutatott eredményeink a repülőterek egyes éghajlati jellemzőire vonatkozóan. Természetesen hangsúlyozni kell, hogy a vizsgálataink csak a 2008. év szélviszonyait tükrözik.

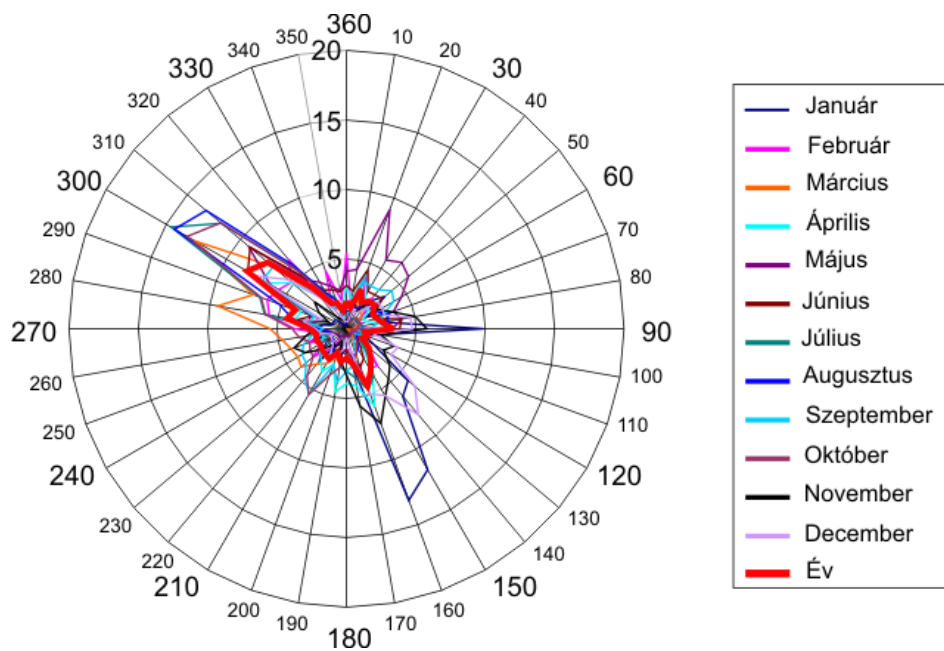
EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

Szélirány vizsgálatok

Elsőként a szélirányok havi és éves relatív gyakoriságát vizsgáltuk mindhárom repülőterre. Várakozásaink szerint Kecskeméten a leggyakrabban előforduló, uralkodó szélirány az északnyugati volt 2008-ban (1. ábra). Egy év alatt hétszer a 300°-os irány volt adott hónapban a leggyakoribb. A 300°-ról fújó szél az esetek 14,6%-ában júliusban, 14,3%-ában augusztusban, és 13,2%-ában a kevésbé szeles október hónapban fordult elő, de a 2008. év legszelesebb hónapjában, márciusban is elérte a 12,6%-ot (3. táblázat). Januárban a délkeleti szél volt a leggyakoribb, a 160°-os irány 13,1%-os, miközben a 150°-os irány is meglehetősen magas, 11,6%-os gyakoriságú volt.

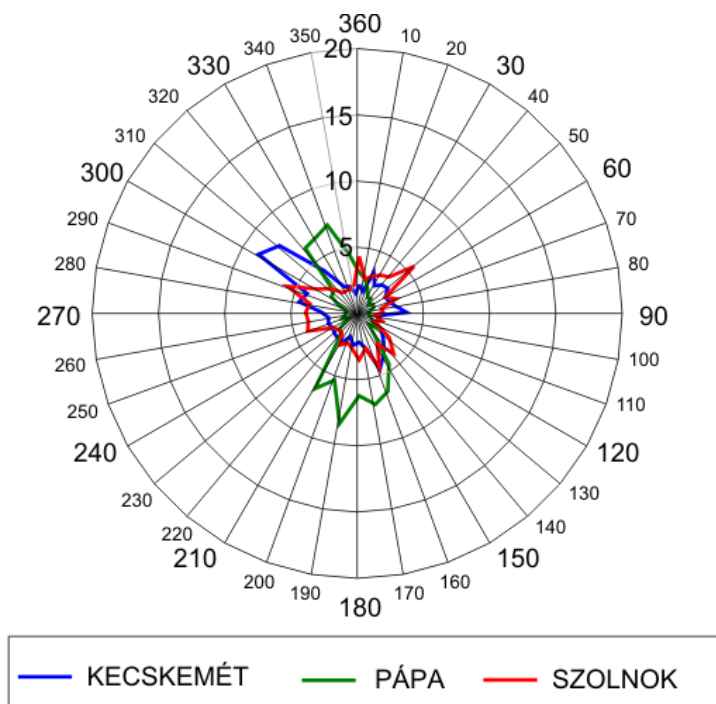
	Jan.	Febr.	Már.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.	Éves
Szélirány [°]	160	320	300	300	310	310	300	300	300	300	160	140	300
Relatív gyakoriság [%]	13,1	6,5	12,6	6,5	9,2	9,1	14,6	14,3	6,9	13,2	7,2	8,0	8,3

3. táblázat Szélirányok maximális relatív gyakoriságai Kecskeméten 2008-ban



1. ábra A szélirány relatív havi és éves gyakorisága Kecskeméten

A 2. ábrán összehasonlíthatjuk a katonai repülőterek relatív évi szélirány-gyakoriságát. Jól látható, hogy Pápán és Kecskeméten egyértelműen kirajzolódik az uralkodó szélirány, azonban Szolnokon nem ilyen eredményt kaptunk a rendelkezésre álló elmúlt évi adatokból. A tapasztalt jelenségnek több oka lehet, pl.: kiválasztott időszak jellemzője, helyi hatások, esetleg az utóbbi évtizedben tapasztalható megváltozott áramlási viszonyok okozta módosult szélklíma. Az egyértelmű magyarázathoz további vizsgálatok szükségesek.



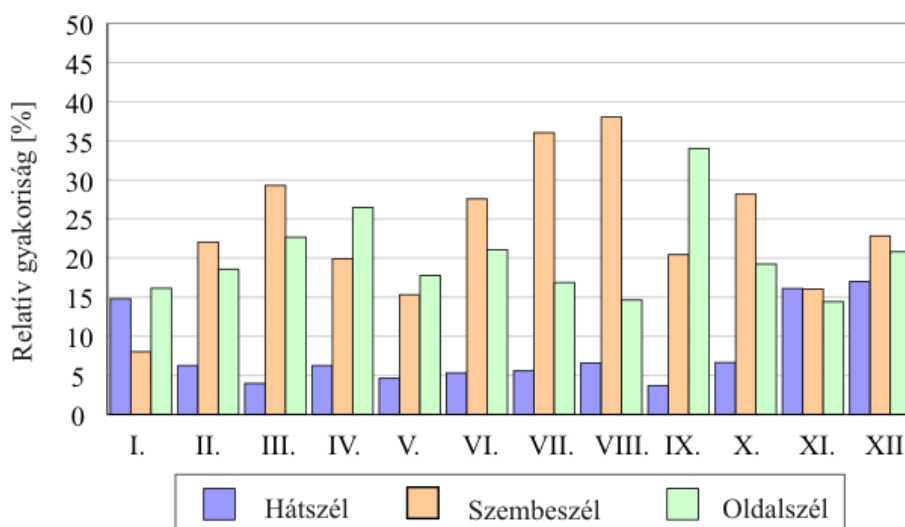
2. ábra A szélirány relatív évi gyakorisága a katonai repülőtereken

Dolgozatunkban a szélirány vizsgálatok során feltételeztük, hogy a leszállás délről északra történik (főirány). A futópályákhoz képesti szélirányok tanulmányozásakor azokat az eseteket vizsgáltuk, amikor a szélesebbség értéke nem nulla. A hátszél, a szembeszél és az oldalszél általunk definiált szögtartományait a 4. táblázatban foglaltuk össze.

	Kecskemét	Pápa	Szolnok
Futópálya iránya	300° és 120°	340° és 160°	20° és 200°
Szembeszél	280°–320°	320°–360°	360°–40°
Hátszél	100°–140°	140°–180°	180°–220°
Oldalszél	10°–50° és 190°–230°	50°–90° és 230°–270°	90°–130° és 290°–320°

4. táblázat Futópályák iránya, valamint a szembe-, hát- és oldalszél szögtartományai az egyes hazai katonai repülőtereken

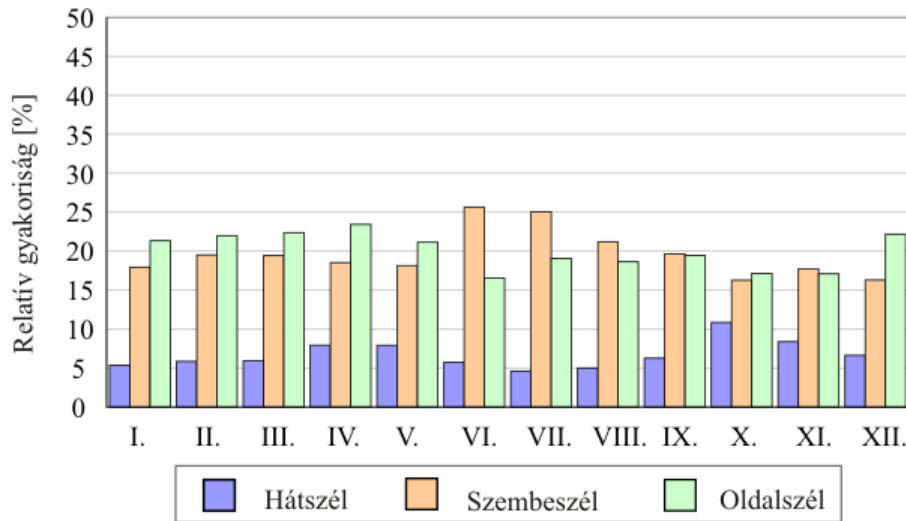
A főirányhoz viszonyított szélirányok relatív gyakoriságának Kecskemétre vonatkozó értékeit, melyek megfelelnek a térségre jellemző makroszinoptikus helyzeteknek, a 3. ábrán mutatjuk be. A kis relatív gyakoriságú hátszél és a domináns szembeszél az év során egymáshoz képest ellentétesen változott, a hátszélnek novemberben és a téli hónapokban, míg a szembeszélnek nyáron volt a maximuma 2008-ban. Az oldalszél ősszel, amikor a kis szélesebbégek jellemzőek, volt a leggyakoribb, 34% szeptemberben, de a legszelesebb hónapokban (áprilisban 26%, márciusban 23%) is jelentős számú esetben fordult elő.



3. ábra A főirányhoz viszonyított szélirányok relatív gyakorisága Kecskeméten 2008-ban a két másodperces adatsor alapján

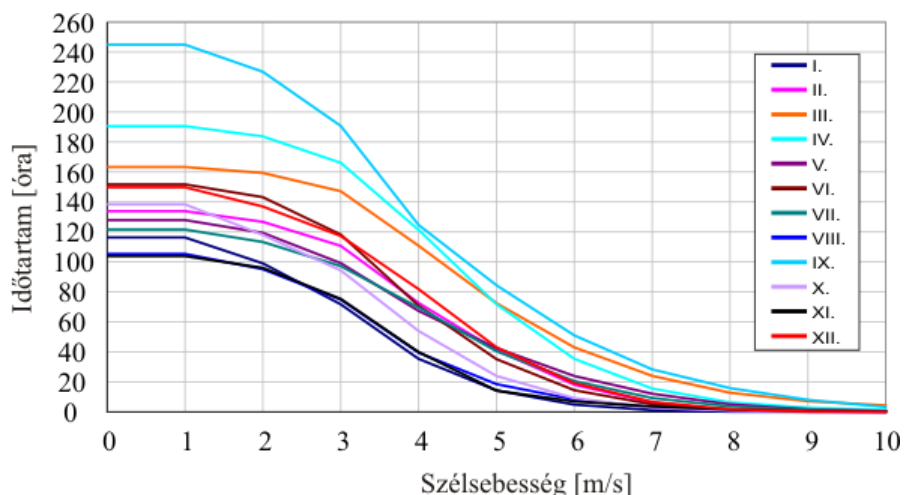
A gyakori mintavételű egyéves adatsoron végzett vizsgálatot elvégeztük az 1986-2005. periódus órás szélirány adatsorára is. A 4. ábrán látható, hogy a vizsgált paraméterek éves menete kisebb mértékű, de a szembeszél esetében megfigyelhető a nyári maximum (júniusban 26%, júliusban 25%),

ugyanekkor a hátszél minimum. Az oldalszél tavasszal és télen a leggyakoribb, a hátszél relatív gyakorisága kicsi.



4. ábra A főirányhoz viszonyított szélirányok relatív gyakorisága Kecskeméten 1986-2005. között az óras adatsor alapján

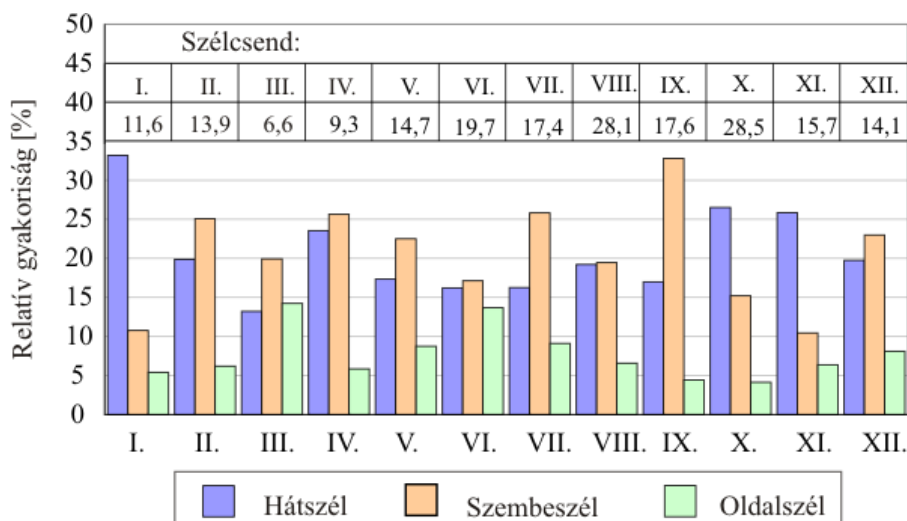
Az oldalszél a repülőeszközökre különösen veszélyes lehet, ezért érdemes közelebbről megvizsgálni. Az 5. ábrán bemutatjuk az egyes hónapokban milyen hosszú ideig fordult elő oldalszél egy adott, vagy annál nagyobb szélesebesség esetén. Az átlagos szélesebesség nagysága miatt, 3 m/s szélesebesség felett erősen csökkenő tendenciájú görbéket látunk, 6 m/s vagy nagyobb szélerősség már a vizsgált év egyik havában sem haladta meg a 60 órás havi előfordulást. Érdeemes megjegyezni, hogy 10 m/s feletti események is előfordultak márciusban 4 óra, szeptemberben 3 óra időtartamban.



5. ábra Oldalszél havi időtartama adott, vagy annál nagyobb szélesebesség esetén 2008-ban Kecskeméten

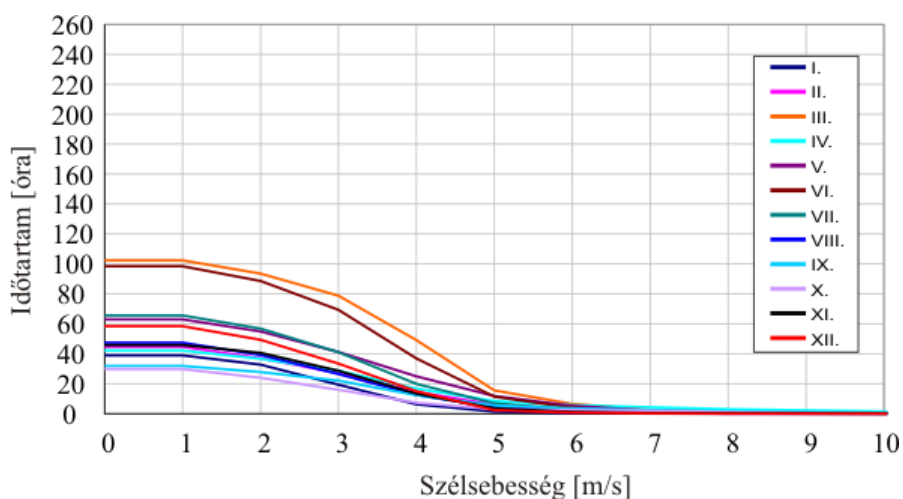
Pápan a markáns uralkodó szélirány és a futópálya elhelyezkedése miatt a repülőterek közül a legkisebb az oldalszél gyakorisága (6. ábra), mely 2008-ban általában 10% alatti volt, bár márciusban

és júniusban megközelítette a 15%-ot. A hátszél relatív gyakorisága októbertől januárig (33%) a gyakori ciklon előoldali szinoptikus helyzetek miatt magas volt, egyébként a szembeszél dominált. A 6. ábrán feltüntettük a szélcsend relatív gyakoriságát is. Látható, hogy a tavaszi szelesebb (március, április), valamint augusztus (28,1%) és október (28,5) hónapokat kivéve a szélcsend havi előfordulása 10–20% között változott.



6. ábra A szélcsend és a főirányhoz viszonyított szélirányok relatív gyakorisága Pápán 2008-ban

Az oldalszél időtartamát bemutató ábrán (7. ábra) szembevetendő, hogy Pápán márciusban veszi fel kis értékű maximumát (102 óra), szemben a szeptemberi 245 órás kecskeméti legnagyobb oldalszél időtartam értékkel. A két 100 óra körüli oldalszél időtartamot (március és június) leszámítva szinte minden hónapban 60 óránál kevesebb volt a havi oldalszél, az 5 m/s feletti szélesebbeségek pedig a 20 órát sem érték el.

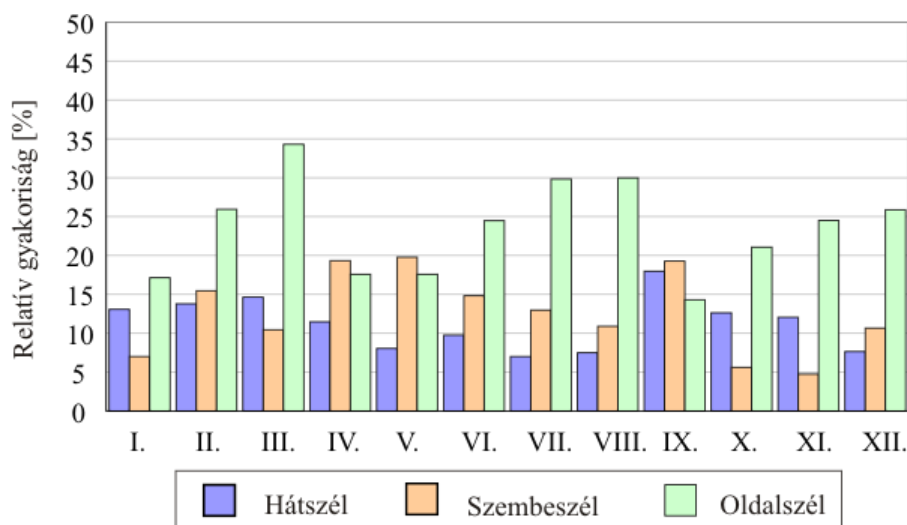


7. ábra Oldalszél havi időtartama adott, vagy annál nagyobb szélesebbesség esetén 2008-ban Pápán

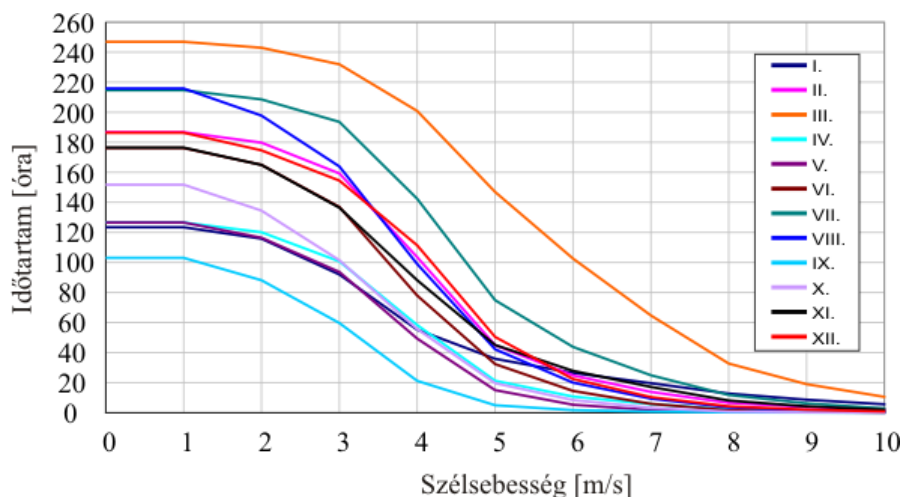
Egészen más képet mutat a főirányhoz viszonyított szélirányok relatív gyakoriságának vizsgálata Szolnokon. Ahogy már korábban utaltunk rá, ezen a repülőtéren nincs olyan egyértelműen kirajzolódó

uralkodó szélirány, mint például Pápán. A 8. ábrán látható, hogy három hónapot kivéve (áprilisban 17%, májusban 17% és szeptemberben 14%) a főirányhoz viszonyított szélirányok közül az oldalszél volt a leggyakoribb az adott hónapban. Érdeemes megemlíteni, hogy az oldalszél abszolút maximumát márciusban (34%) veszi fel, amely azért figyelemre méltó, mert tekintve mindhárom repülőtér összes vizsgált főirányhoz viszonyított szélirányát, sehol sem látunk ennél nagyobb relatív gyakoriságú szélirányt.

Mindezekből nem meglepő, hogy Szolnokon az oldalszél havi időtartamai (9. ábra) rendkívül magas értékeket vesznek fel, minden hónapban meghaladják a 100 órát. Március hónapban 247 órán keresztül fújt oldalirányú szél, látható, hogy még az 5 m/s vagy annál nagyobb átlagos szélességek is 147 órát tettek ki ebben a hónapban.



8. ábra A főirányhoz viszonyított szélirányok relatív gyakorisága Szolnokon 2008-ban



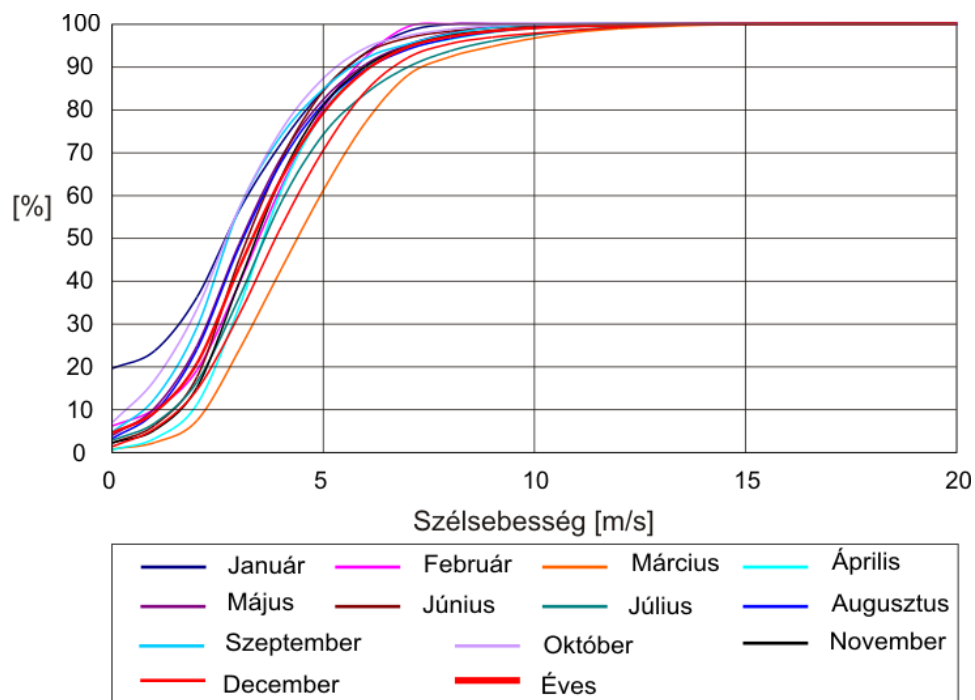
9. ábra Oldalszél havi időtartama adott, vagy annál nagyobb szélesség esetén 2008-ban Szolnokon

Az 5-7-9. ábrákhoz hasonlóan a hátszél és szembeszél időtartam görbéit is ábrázoltuk, azonban helyhiány miatt ebben a dolgozatban nem mutatjuk be. Elmondható, hogy összhangban az eddigiekkel Pápán a hátszél januárban nagyon magas (240 óra) és a legkevésbé hátszeles hónapban, márciusban is megközelíti a havi 100 órát. Kecskeméten, ahogy a 3. ábra is sugallja, három hónapot kivéve (decemberben 122 óra, novemberben 116 óra és januárban 106 óra) a havi hátszél időtartamok alacsonyok, 27-50 óra között voltak 2008-ban. Valamivel magasabb hátszél értékek fordultak elő Szolnokon, ahol 50-120 óra közötti időtartamokat találtunk.

Várakozásainknak megfelelően a szembeszél időtartam magas volt szeptemberben Pápán, csaknem tíz nap (236 óra), miközben a többi hónapban is jelentős, 75-186 óra között alakult. Nagysága évszakokhoz nem köthető. Kecskeméten, két nyári hónapban volt a legmagasabb a szembeszél gyakorisága, augusztusban 274 óra, júliusban 260 óra, de júniusban is megközelítette a 200 órát. Szolnokon a szembeszél májusban volt a leggyakoribb, de ekkor is csak 142 óra volt. A nyári hónapok az ezen a repülőtéren jellemző közepes értékeket vették fel (76-106 óra), ősszel pedig rendkívül alacsony, csak 1–2 nap volt a havi szembeszél időtartama (októberben 40 óra, novemberben 34 óra).

Szélesség vizsgálatok

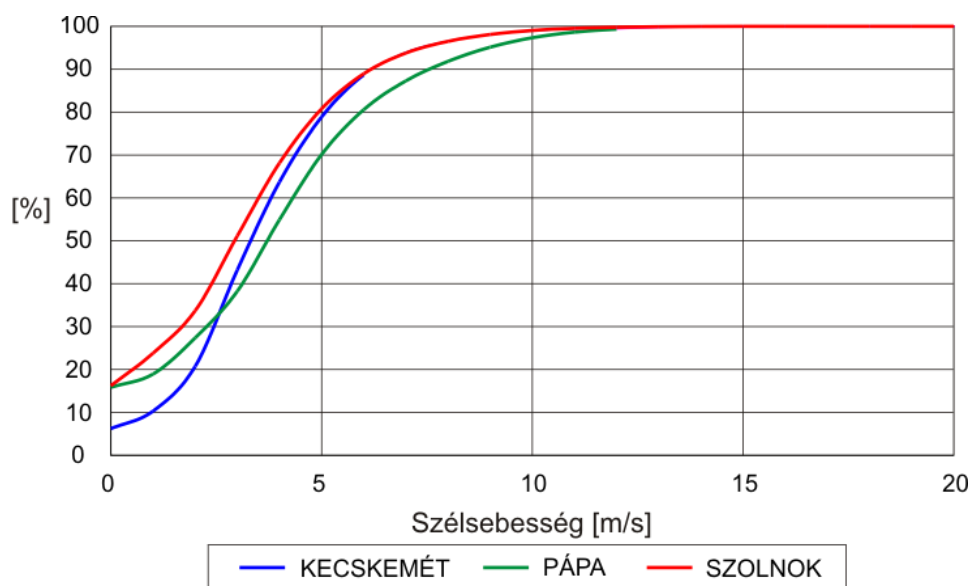
A továbbiakban a repülőtereken rögzített szélesség vizsgálatainkról adunk rövid összefoglalót. A 10. ábrán látható görbesereg megmutatja egy adott szélesség, illetve nála kisebb szélességek relatív gyakoriságát az egyes hónapokban és adott évben Kecskeméten. Minél inkább jobbra dől a görbe és minél közelebb van a szélesség tengelyhez, annál szelesebb az adott hónap.



10. ábra Adott felső korlátnál kisebb vagy egyenlő szélességek havi és éves előfordulási gyakoriságai Kecskeméten

Így látható, hogy 2008-ban márciusban fordultak elő a legnagyobb szélesebességek. Januárban a kis szélesebességek és a szélcsend gyakorisága jelentős, azonban az 5 m/s-nál nagyobb értékek gyakoribbak januárban, mint szeptemberben és októberben. Jól látható, hogy e hónapok görbéi metszik egymást. Legfeljebb 5 m/s nagyságú szélesebességek gyakorisága 87,3% volt októberben, miközben a legszelesebb hónapban csak 61,2%, tehát a nagyobb sebességértékek aránya márciusban a legnagyobb.

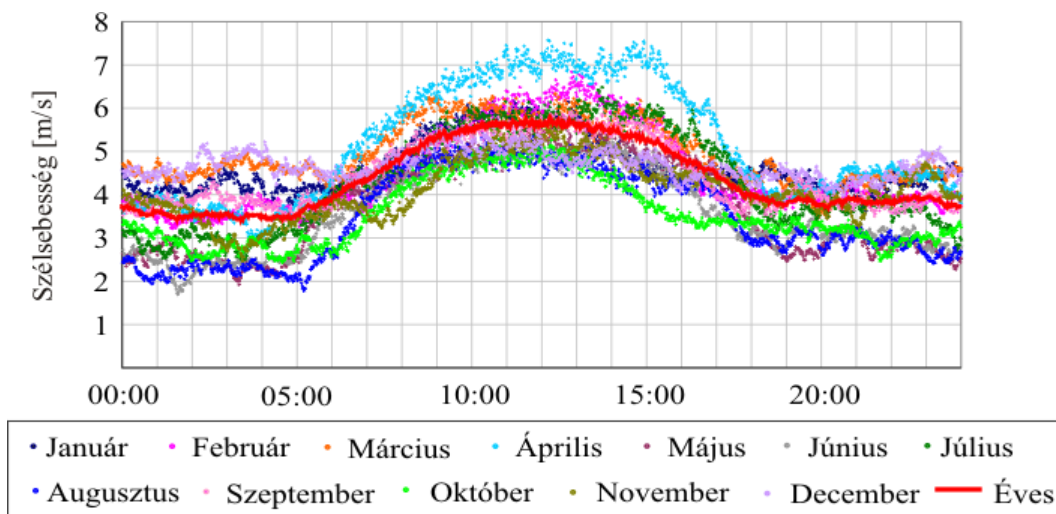
A 11. ábrán együtt ábrázoltuk a három repülőtér éves szélesebesség előfordulási gyakoriságait. A görbék jól jellemzik a helyi adottságokból eredő különbségeket. Egyértelmű, hogy Pápan arányaiban a 3 m/s vagy annál nagyobb szélesebességek előfordulási gyakorisága a legnagyobb a három állomás közül. Szolnokon a 6 m/s vagy annál kisebb szélesebességek az összes események 90%-át teszik ki, tehát az ennél nagyobb szélesebességek itt a legkevésbé jellemzőek. Kecskemét a kis szélesebességű tartományban (2,5 m/s alatt) fordulnak elő a legalacsonyabb gyakoriság értékek, majd a görbe a két másik görbe között haladva, inkább a kisebb szélesebességekkel jellemezhető szolnoki repülőtér szélviszonyaihoz hasonló jellemzőkkel rendelkezik.



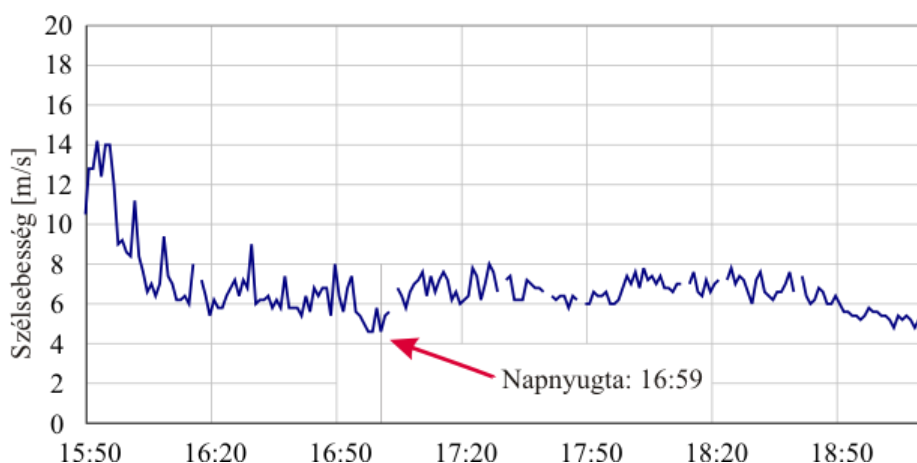
11. ábra Adott felső korlátnál kisebb vagy egyenlő szélesebességek éves előfordulási gyakoriságai a katonai repülőtereken

Közismert, hogy a szélesebességnek határozott napi menete van, melyre az 12. ábrán mutatunk egy példát. Várakozásainknak megfelelően a szélesebesség minimumát az alkonyattól hajnalig terjedő időszakban, maximumát a Nap delelése körüli órákban veszi fel. Tapasztalatból tudjuk, hogy napnyugta körül még az igen erős szél is mérséklődik átmenetileg (13. ábra), ezt azonban az óras mérések adataiból általában nem lehet kimutatni. A szélesebesség napközben történő erősödését a hőmérséklet emelkedése miatt meginduló függőleges légmozgások által okozott, lefelé irányuló impulzusátvitel okozza. Ahogy a függőleges légmozgások a besugárzás csökkenésével gyengülnek,

majd megszűnnek, úgy a súrlódás fokozatosan felemészti a levegő mozgási energiáját, a szél sebessége csökken.



12. ábra A szélsebesség havi és éves átlagos napi menete Pápán 2008-ban



13. ábra Napnyugta körül átmenetileg csökkenő szélsebesség Pápán a perces adatok felhasználásával (2009. 03. 18.)

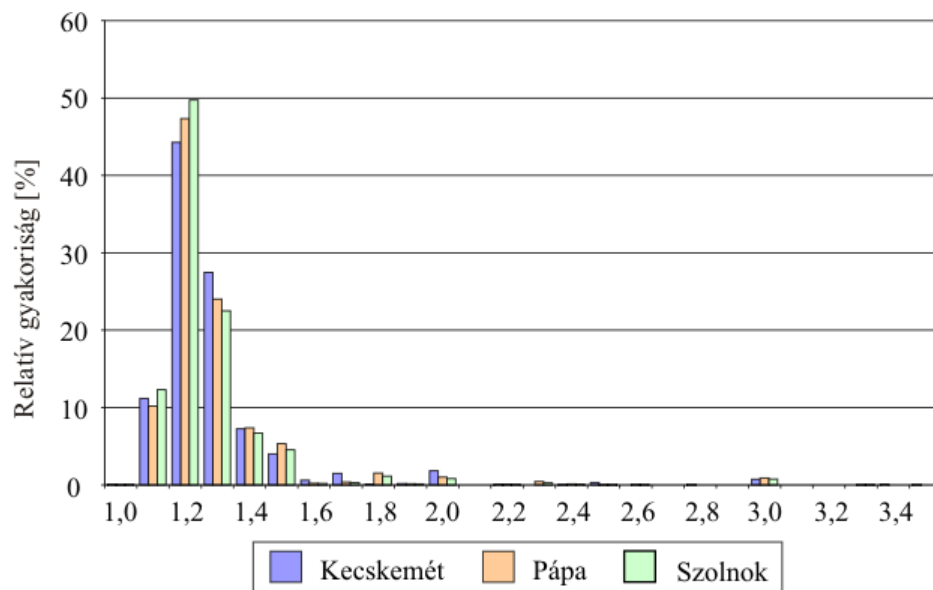
A napi menetek görbéit vizsgálva látható, hogy a kevésbé szeles hónapok napi menetében kisebb az abszolút változás, szemben a tavaszi hónapok szélsebesség ingásával. Az 5. táblázat adatai megmutatják a perces adatokból számított havi és éves szélsebességek adott időszakban felvett minimumát és maximumát 2008-ban. Pápán áprilisban fordultak elő a legnagyobb szélsebességek a délutáni órákban, míg a minimum hajnalban, júniusban és augusztusban volt.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Éves
Min	3,6	3,2	3,5	3,0	1,9	1,7	2,5	1,8	3,4	2,4	2,5	4,0	3,3
Max	6,2	6,8	6,3	7,6	5,6	5,4	6,5	5,4	5,9	5,3	5,6	5,6	5,7

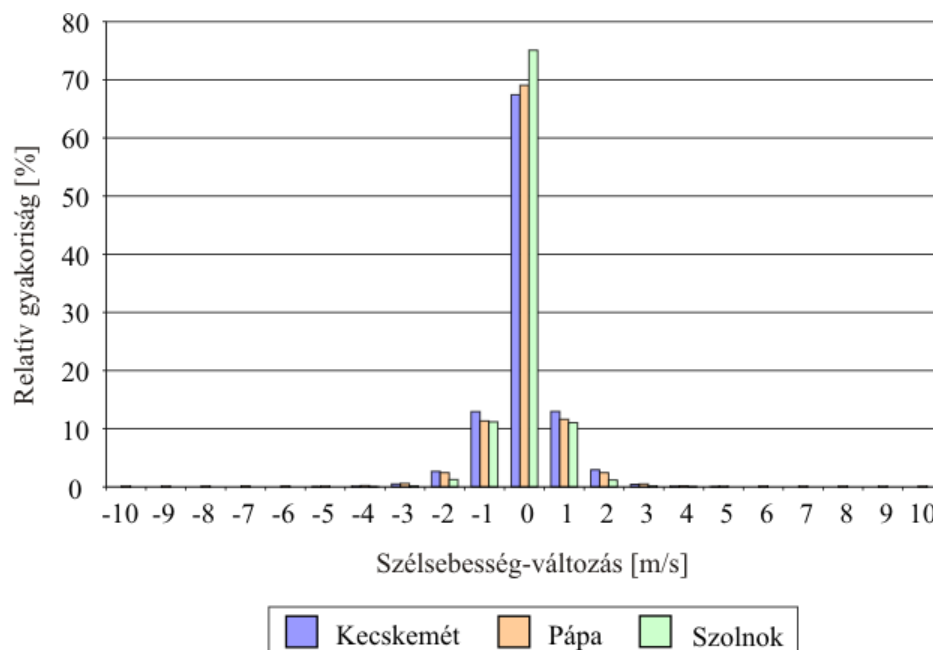
5. táblázat Perces adatsorból számított átlagos havi és éves szélsebesség szélsőértékek [m/s] Pápán

A továbbiakban az elemi szelek perces maximuma és átlagai hányadosának relatív gyakoriságát vizsgáltuk (14. ábra). Látható, hogy a három repülőtér eredményeit összevetve nem tapasztalunk lényeges eltérést, az 1,2-szeres arány relatív gyakorisága közel 50% a vizsgált repülőtereken. Megfigyelhetjük, hogy Szolnokon a kisebb arányok gyakoribbak (1,2-ig) a másik repülőterekhez képest, majd az arányszám növekedésével hol Pápa, hol Kecskemét szerepel az első helyen.

A 14. ábrát összevetettük az órás, szinoptikus jelentések adataival, a szélleőkés és az átlagos szélsébség hányadosát tekintve Kecskeméten azt tapasztaltuk, hogy a hosszabb átlagolási idő miatt a vizsgált arányszám gyakorisági maximuma 1,4-nél van az 1975-2007. órás adatok alapján.



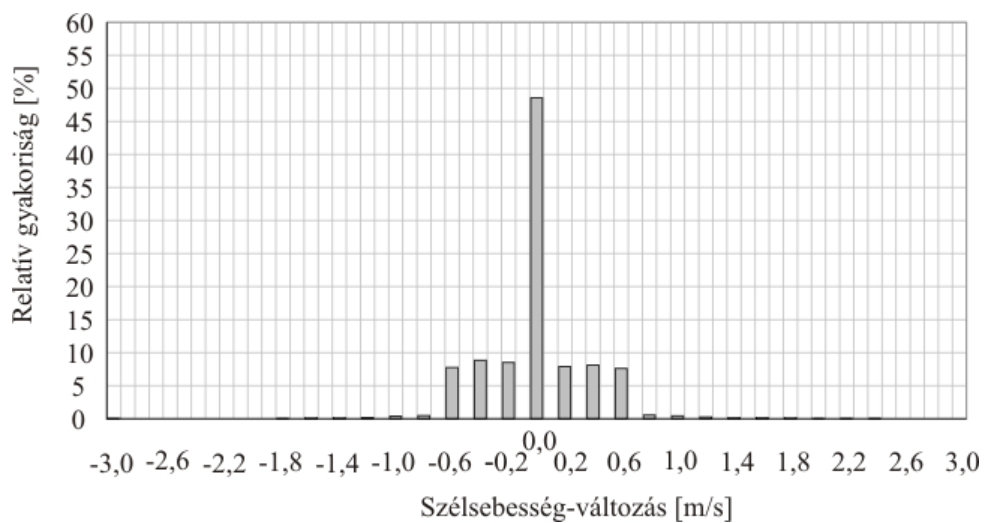
14. ábra Perces maximális és átlagos szélsébség hányadosának 2008. évi átlagos relatív gyakorisága



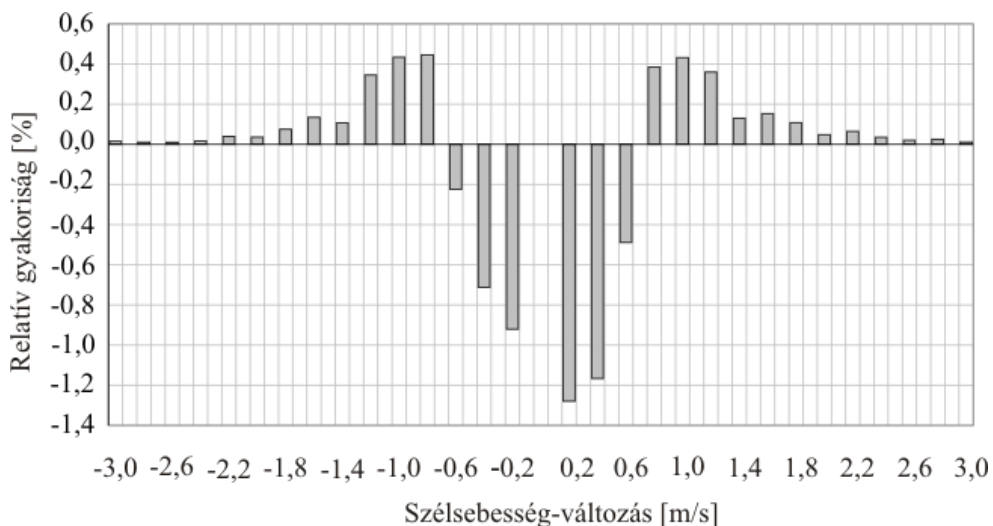
15. ábra A perces maximális szélsébség megváltozásának relatív gyakorisága 2009 márciusában

A 15. ábra az automata rendszerek által rögzített perces maximális szélességek percenkénti megváltozásának relatív gyakoriságát mutatja. Az események közel 99%-a beleesik a ± 2 m/s szélesség-változás intervallumba, továbbá a 3 m/s-nál nagyobb változások legfeljebb 0,2% relatív gyakorisággal fordulnak elő.

A perces szélesség változékonyságához hasonlóan elemeztük, hogy az elemi szélesség 2 másodperc alatt mekkora mértékű változásra képes (16. ábra). A vizsgálat célja az volt, hogy felmérjük az alkalmazott szélmérő érzékenységét, hiszen gyakran hangzik el az a vélemény, hogy ennyi idő alatt nem képes felpörögni a szélkanál. Ennek érdekében meghatároztuk a 4 másodpercenkénti szélesség megváltozásának relatív gyakoriságát, majd a két gyakoriság különbségét ábrázoltuk a 17. ábrán.



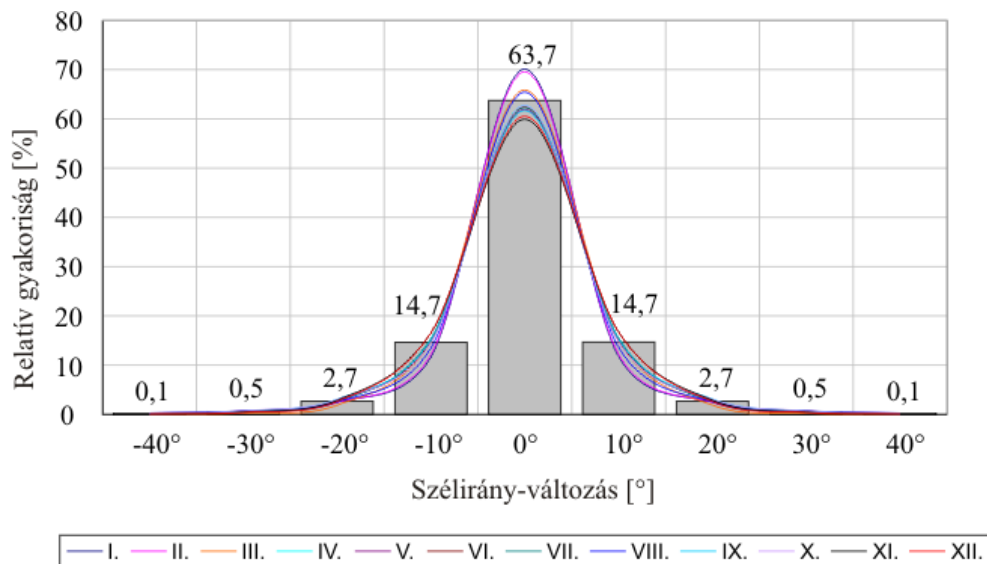
16. ábra A két másodperces szélesség változásának relatív gyakorisága Pápán



17. ábra A négy és két másodperces szélesség-változás relatív gyakoriságának különbsége Pápán

Az ábrát megfigyelve láthatjuk, hogy a kis szélesség-változásokhoz negatív értékű gyakoriság különbségek tartoznak, mivel a négy másodperces intervallumokhoz tartozó gyakoriságokból vontuk ki a két másodperceseket, melyek előfordulási gyakorisága nagyobb ebben a tartományban. Továbbá $\pm 0,8$ m/s értéknél nagyobb szélesség-változások esetén már a négy másodperchez tartozó gyakoriságértékek magasabbak. Mindezekből arra a következtetésre jutottunk, hogy a szélmérők elég érzékenyek, felpörögnek a mérési időintervallum alatt.

Az elemi szélirány időközönkénti változásának havi és éves gyakoriságát vehetjük szemügyre a 18. ábrán. A változások túlnyomó része $\pm 20^\circ$ tartományon belül van, éves átlagban 98,4% Kecskeméten, a jellemzően gyakoribb nagyobb szélessége miatt csak 98,0% Pápán. A kecskeméti és pápai havi eloszlásgörbék maximuma 59,9–70,1%, illetve 54,6–61,2% között változik. Inkább Pápara mondható el, hogy a havi szélirány-változások eloszlásgörbéi és a havi jellemző szélességek között egyértelmű kapcsolat mutatható ki.



18. ábra Elemi szélirány havi (vonalak) és éves (oszlopok) átlagos változásának relatív gyakorisága 2008-ban a kecskeméti futópálya déli szélmérőjén

A szélesség éves menetének megfelelően Pápán a szelesebb hónapok a görbeseregéből a kisebb gyakoriság maximumokhoz, más szavakkal a nulla szélirány-változáshoz köthetők (július, április, március), miközben ősszel, októberben a legmagasabb a kis szélirány-változások előfordulási aránya. Kecskeméten kevésbé tiszta a kép, januári maximumot (70,1%) és novemberi (59,9%) minimumot mutattak a 2008. évi adatok.

Dolgozatunkban betekintést adtunk a rendelkezésünkre álló mért idősorok MH Geoinformációs Szolgálatának Meteorológiai támogató osztályán végzett vizsgálataiba. Kutatásaink során az egyik legfontosabb meteorológiai elem, a szél, melynek szakszerű mérése elengedhetetlen, viselkedését elemeztük a katonai repülőtereinken. Továbbiakban tervezzük a teljes szélvizsgálatainkra vonatkozó,

továbbá a többi meteorológiai paraméter elemzését bemutató tanulmány kiadását a repülőterek munkájának segítése érdekében.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönjük az MH Geoinformációs Szolgáltatnak, hogy vizsgálatainkhoz biztosította számunkra a 2008. évi hazai katonai repülőterek elemi, perces és órás széladatait.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] HÁY György: Amit a repülésről tudni kell, Typotex kiadó, 2006.

[2] SÁNDOR Valéria—WANTUCH Ferenc: Repülésmeteorológia, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 2004.



Péliné Németh Csilla—Dr. Radics Kornélia

REPÜLÉSRE VESZÉLYES IDŐJÁRÁSI JELENSÉGEK MÉRÉSE A XXI. SZÁZADBAN (HAZAI KATONAI REPÜLŐTEREK METEOROLÓGIAI MÉRŐRENDSZEREINEK FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI)

ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban, amikor a technikai fejlődés az élet minden területén érezteti hatását, köztudott, hogy a repülés biztonságát befolyásoló tényezők közül – az egyre modernebb műszaki megoldások ellenére – nem lehet figyelmen kívül hagyni az időjárást. Korábban a rendszeres vizuális megfigyelések és néhány meteorológiai elem mérési adataiból következtettek a légkör állapotára. A meteorológia tudománya azonban mindig is kihasználta az adott kor legkorszerűbb technikai lehetőségeit, így a nemzetközi gyakorlatban a repülésre veszélyes időjárási jelenségek felismerésére, ultrarövidtávú helyi előrejelzésére a repülőterek napjainkban is kiaknázzák a távérzékelési eszközök széles skáláját. Az alacsony szintű turbulencia, a vertikális szélnyírás, a konvekció többdimenziós feltérképezése elképzelhetetlen Doppler radar, wind profiler, SODAR, illetve LIDAR mérőeszközök bevetése nélkül. Dolgozatunkban áttekintettük a hazai katonai repülőterek jelenlegi mérőrendszeit, ismertettük a nemzetközi gyakorlatban ismert és alkalmazott repülőtéri mérőrendszereket. Ezt követően bemutattunk néhány modern mérőeszközt, amely a szakember számára megfelelő háttérrel biztosít a fent említett cél elérésére, vagyis a veszélyes időjárási jelenségek felismerésére. Hiszen a légkörben lejátszódó folyamatok megfelelő szintű ismerete kétségtelenül a repülés mindennapjainak biztonságát jelenti.

BEVEZETÉS

A repülés a Földet körülölelő gázburokban, a légkörben zajlik, ezért a repülés és a meteorológia tudománya elválaszthatatlanok egymástól. A légköri folyamatok nemcsak a vitorlázó vagy kisgépes, azaz időjárás szeszélyeinek leginkább kiszolgáltatottabb repülőeszközök pilótáit lephetik meg, hanem a polgári, katonai repülés, sőt az űreszközök személyzetét is.

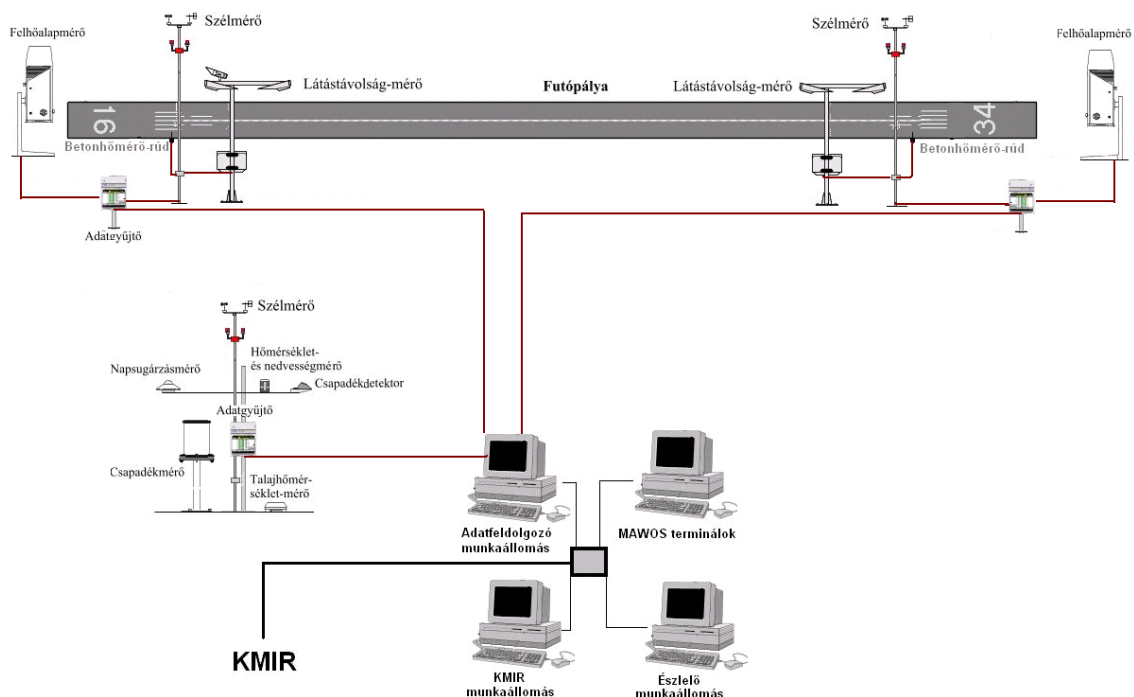
Még a NASA szakemberei is meglepődve tapasztalták, hogy milyen „tiszteltreméltó” erők szunnyadnak a légkörben. Az amerikai Apollo-program [1] során az egyik űrhajó indításakor sem gondoltak arra, hogy a heves esőzés bármilyen hatással lehet arra a járműre, amely képes Föld körüli pályára állásra, valamint a legközelebbi égitest, a Hold elérésére. A földi időjárás körülményekkel

nem törődve kiadták az indítás parancsot, majd meglepetten tapasztalták, hogy ezután néhány perccel az űrhajó saját villámot gerjesztett a telített, nedves levegőben. Ennek hatására mind az űrhajó fedélzetén, mind a földi irányítóknál lefagytak a számítógépek, és a lehetséges veszjelzők mindegyike felvillant, amely példa nélküli eset volt. Szerencsés módon rövid idő eltelte után a rendszerek újraindíthatóak voltak, így a személyzet elkerülte a tragédiát.

Dolgozatunkban bemutatjuk a repülések biztosítása érdekében a hazai katonai repülőterekre telepített mérőrendszereket, ismertetjük hazai és nemzetközi megállapodások keretében rendelkezésre álló meteorológiai mérési produktumokat. Ezt követően összefoglaljuk a veszélyes időjárási jelenségek mérésére szolgáló modern mérőrendszerek legfontosabb jellemzőit, majd vázoljuk az e témakörhöz tartozó saját fejlesztési elképzeléseinket, javaslatainkat.

FÖLDFELSZÍNI IDŐJÁRÁS-MEGFIGYELÉSI MÉRŐRENDSZEREK A MAGYARORSZÁGI KATONAI REPÜLŐTEREKEN

Hazánkban jelenleg három, katonai célokra kialakított repülőtér üzemel: Kecskeméten, Szolnokon és Pápán. Bár a repülőtér alaprendeltetésük szerint különböznek, a meteorológiai mérőrendszereiket tekintve alapvetően megegyeznek egymással. A 1. ábrán Pápa Bázisrepülőtéren üzemelő MAWOS¹ rendszer elvi felépítését mutatjuk be.



1. ábra Repülőtéri földfelszíni időjárás-megfigyelő rendszer (MAWOS) elvi felépítése a pápai repülőtéren

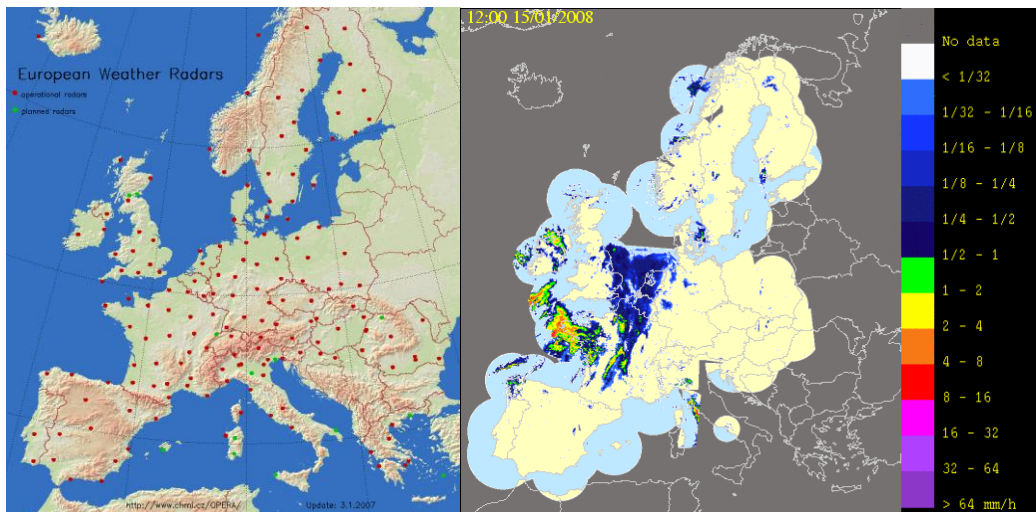
A repülőtéren műszereket minden repülőtéren úgy helyezik el, hogy minden fontos információ időben a pilóták rendelkezésére álljon. A futópálya mindkét végén sor kerül a szélirány, a szélesség, a beton hőmérséklet, a látástávolság és a felhőalap magasság mérésére. Mindezen mért értékek egy-egy adatgyűjtőbe kerülnek, amelyeket optikai kábel kapcsol össze az adatfeldolgozó munkaállomással. A repülőtéren meteorológiai mérőrendszer kivitelezésekor kialakításra került az ún. észlelőkert is, amely repülési szempontból ugyan nem lényeges, de éghajlati aspektusból fontos adatokat regisztrál. A szélirány, a szélesség, a léghőmérséklet és a légnedvesség mellett a térség éghajlati jellemzéséhez elengedhetetlen a talajhőmérséklet, valamint a csapadékmennyiség ismerete, a napsugárzás mérése a csapadék jelenlét detektálása mellett. Ezen adatok szintén egy adatgyűjtőben kerülnek rögzítésre, majd a munkaállomáson elvégzett adatfeldolgozás után a Katonai Meteorológiai Információs Rendszeren (KMIR) keresztül jutnak a tájékoztatásért felelős előrejelző tisztek, az ő munkájukat segítő meteorológiai asszisztensek, illetve a vizuális észleléseket végző meteorológiai észlelők munkaállomásaira. A mérési adatok az irányítótoronyban is megjelennek, ahonnan a repülésirányítók közvetlenül tájékozathatják a pilótákat [2].

A MAWOS rendszeren kívül minden repülőtéren megtalálható egy-egy Hordozható Automata Meteorológiai Mérőállomás (HAMMÁ) is. A HAMMÁ-t egyrészt a MAWOS rendszerek tartalékként alkalmazzuk, másrészt katonai gyakorlatok, kitelepülések során adott helyre telepítve terepi mérésekkel is biztosítjuk a meteorológiai támogatást.

Mindezek mellett az előrejelzők helyi távérzékelési eszközként az MRL-5 típusú meteorológiai radarok méréseire támaszkodhatnak zivataros időszakban. Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) – a Honvédelmi Minisztérium és a Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Minisztérium közt létrejött együttműködési megállapodás eredményeként – folyamatosan (15 percenként frissítve) biztosítja a repülőterek, az MH 54. Légtérellenőrző Ezred, valamint az MH Geoinformációs Szolgálat (MH GEOSZ) részére a magyarországi kompozit radarképeket és a villámlokalizációs térképeket. Az európai kompozit radarkép (2. ábra) szintén negyedóránként frissül a NATO Automatizált Meteorológiai Információs Rendszerében, melynek 2007 óta a hazai radarkép is része a többoldalú (OPERA², OMSZ, MH GEOSZ, ACOMEX³) egyeztetések eredményeképpen. A radarkép a munkaállomásokhoz az ACOMEX adatfolyam részeként, műholdas kapcsolaton keresztül jut el.

Az eddig említett valamennyi rendszer a légkör adott időpontbeli állapotát tükrözi, előrejelzett információkat a különböző időjárási modellek mezőinek elemzésével kaphatunk. Gyakran felmerül az igény a mindennapi munka során, hogy a repülési körzet vagy a repülőtér, esetleg a leszállópálya feletti magasabb légrétegekben uralkodó szélviszonyokról, szélnyírásról adjon információt a meteorológus, amely helyi, erre a célra alkalmas mérőeszközök hiányában nehéz feladat. Az előrejelzett felszállási görbék ugyan segítséget nyújthatnak a térséget jellemző általános szélviszonyok megismerésében, azonban nem alkalmasak a helyi, kisléptékű felszíni hatások figyelembe vételére, így a szélmező lokális jellegzetességeinek megállapítására. Dolgozatunk következő részében olyan

mérőeszközöket mutatunk be, amelyek képesek megmutatni a légkör pontos térbeli és időbeli állapotát, szél- és hőmérsékleti mező lokális jellegzetességeit.



2. ábra Az európai időjárás radarhálózat (bal oldal) és egy példa a kompozit radarképre az OPERA-3 projekten belül (jobb oldal)

REPÜLÉSRE VESZÉLYES IDŐJÁRÁSI JELENSÉGEK ÉS AZOK FELDERÍTÉSE

Zivatar, villámlás

Mindenki előtt ismert tény, hogy a zivatarok a hozzájuk kapcsolódó légköri jelenségek miatt rendkívüli veszélyt jelentenek a repülésre. Ezért a zivatarcellákat és azok közvetlen környezetét a légi járműveknek el kell kerülniük. A zivatarfelhők konvektív aktivitása magas, bennük a jégmagok és túlhűlt részecskék vertikális sebessége elérheti akár a 200 km/h-t is, így környezetükben gyakori a felhővillám, az intenzív turbulencia, a jégeső és a jegesedés. Amikor zivatarfelhő megközelít vagy elér egy repülőteret, akkor számítani kell a szél lökésessé válására, szélnyírásra, mikroburst-re, felhő-föld villámok kialakulására, jégesőre és erős csapadéktevékenységre [3]. A villámlás az egyik fő veszélyforrás, ezért a konvektív cellák gyors felismerése és erősségük minél pontosabb becslése elengedhetetlen.

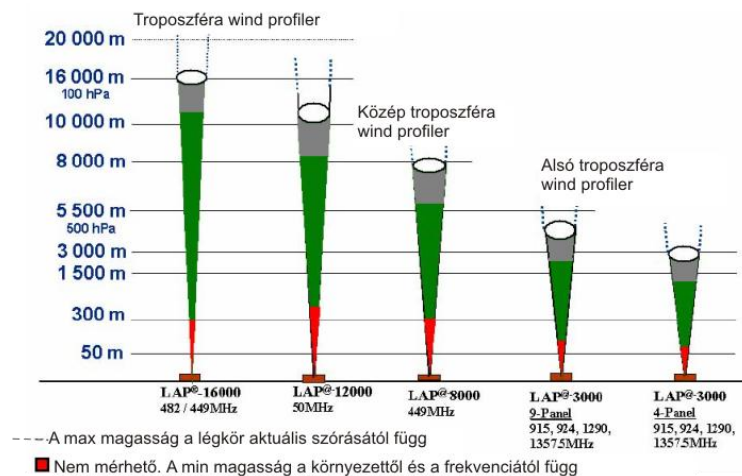
Kifejezetten erre a célra, a veszélyes jelenségekkel együttjáró zivatarok, zivatarláncok felderítésére, a nowcasting előrejelzések támogatására fejlesztette ki az Országos Meteorológiai Szolgálat az ún. SAFIR villámlokalizációs rendszert. Ennek a repülőtéri lokátor mérésekkel, valamint az országos kompozit radarképpel együtt történő alkalmazása megkönnyíti a zivatarok korai felismerését, hiszen nemcsak a repülés, hanem az élet- és vagyonbiztonság szempontjából is alapvető ezen információk korai ismerete.

Szélnyírás, horizontális és vertikális szélsébség

Különböző tanulmányokban bemutatott gyakorlati tapasztalatok alapján kijelenthetjük, hogy a közepes-erős vertikális szélnyírás és az alacsony szintű, horizontális szélnyírás a repülőgépek fel- és leszállásánál jelentenek igazán veszélyt. A szél horizontális és vertikális szerkezetének jobb megértésével – melyhez egy alkalmas eszköz az alábbiakban bemutatott wind profiler – a meteorológus tájékoztatása hozzájárulhat a műveletek hatékonyságának és biztonságának növeléséhez.

Wind profiler

A szélprofil mérését végző radar rendszerek 40–1400 MHz között működhetnek, a gyakorlatban azonban 50, 400 és 1000 MHz körüli frekvenciák használatosak (3. ábra). A működés elve mindhárom esetben hasonló, melyre leginkább a Doppler nyaláb kilengés (Doppler Beam Swinging – DBS) elnevezés terjedt el. A mérések során függőleges, illetve közel függőleges nyalábokat bocsátanak ki, melyek ciklikusan a vizsgált irányba mutatnak. A kibocsátott jelek a légkör meghatározott részecskéiről verődnek vissza. Egyrészt a légköri refrakciós index olyan irregularitásairól, melyek visszaverődést okoznak (ún. „clear-air” visszaverődés). A radarjel a hidrometeorokról is visszaverődik, miközben a Rayleigh szóródás során Doppler eltolódást szenved. Az eltolódás mértéke a jel sebességének radiális komponensétől függ.



3. ábra A különböző magasságok vizsgálatára alkalmas LAP típusú wind profiler

Ahhoz, hogy a teljes háromdimenziós szélvektort származtatni tudjuk, az észlelések során legalább három nem egy síkba mutató nyalábot kell alkalmazni; általában egy függőleges és kettő 5° és 20° közötti függőlegestől eltérő irányú radarnyalábot szokás használni. A légkör állapotának feltérképezése a visszatérő radarjel időkezésén alapszik, az impulzushossz pedig a felbontást definiálja.

Az eszköz kiválasztásánál, illetve az egyes méréseknél mindig feladatorientáltan kell megválasztani a működési frekvenciát. A kiválasztás során több szempontot is mérlegelni kell.

Függőleges sebesség:

- 50 MHz körüli frekvencián, amely bár intenzív csapadék detektálására alkalmas, a clear-air visszaverődés mindig erősebb a hidrometeorokról való visszaverődésnél;

- a 400 MHz környéki frekvenciák a gyenge esőnél intenzívebb csapadék észlelésére alkalmasak;
- 1000 MHz frekvencián pedig bármilyen csapadék detektálható.

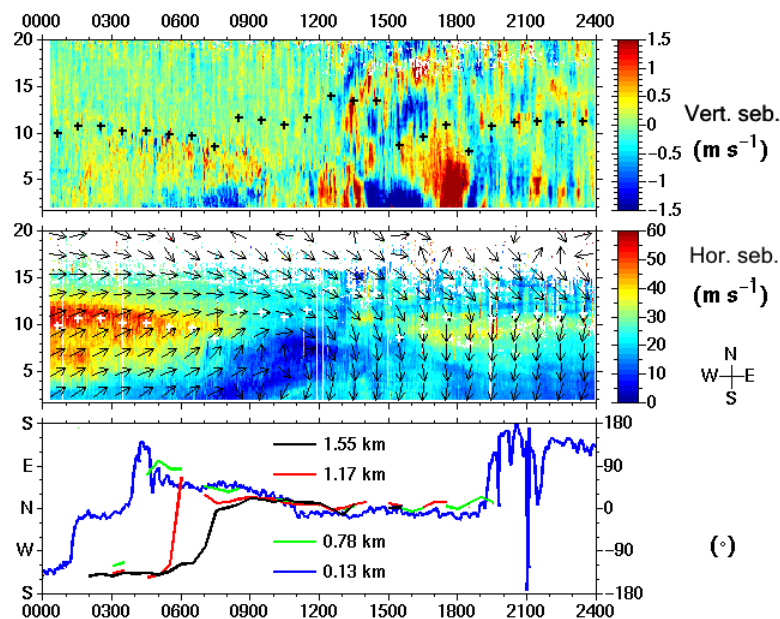
Antenna méretei: a radarjel horizontális kiterjedésének korlátozása érdekében, a wind profiler rendszerek nyalábszög szélességét be kell határolni: 10 km-es távolságban 1°-os szög 175 méternek felel meg. A nyalábszélesség fordítottan arányos az antenna horizontális méretével és a működési frekvenciával. Az 50 MHz-en működő radarok, tipikus antennamérete 100 méter, nyalábszélessége pedig 1,5°; ugyanezen jellemzők a 400 MHz-es típusoknál 10 méter és 3°; 1000 MHz-en pedig 2 méter és 5°.

Maximális észlelési magasság: növekvő frekvenciával csökken (3. ábra). A minimális észlelési magasság szintén csökken a frekvencia növekedésével, jellemzően 2 km (50 MHz), 500 m (400 MHz) és 100 m (1000 MHz).

Mindezen tulajdonságokat figyelembe véve repülésmeteorológiai feladatok közvetlen támogatására az 1000 MHz frekvencián működő wind profilerok a legalkalmasabbak.

A wind profiler radarjelének visszaverődéseit a jelerősséggel és a spektrális szélességgel szokás jellemezni. Ezt az információt arra használják, hogy további ismereteket kapjanak a légköri stabilitásról (magasság monitorozása és a tropopauza határa), a nedvesség mezőkről és a legalább közepes intenzitású turbulenciáról. A wind profiler mérésekkel fel tudjuk térképezni a légköri függőleges mozgásokat, melyre a 4. és 5. ábrán mutatunk be egy-egy példát.

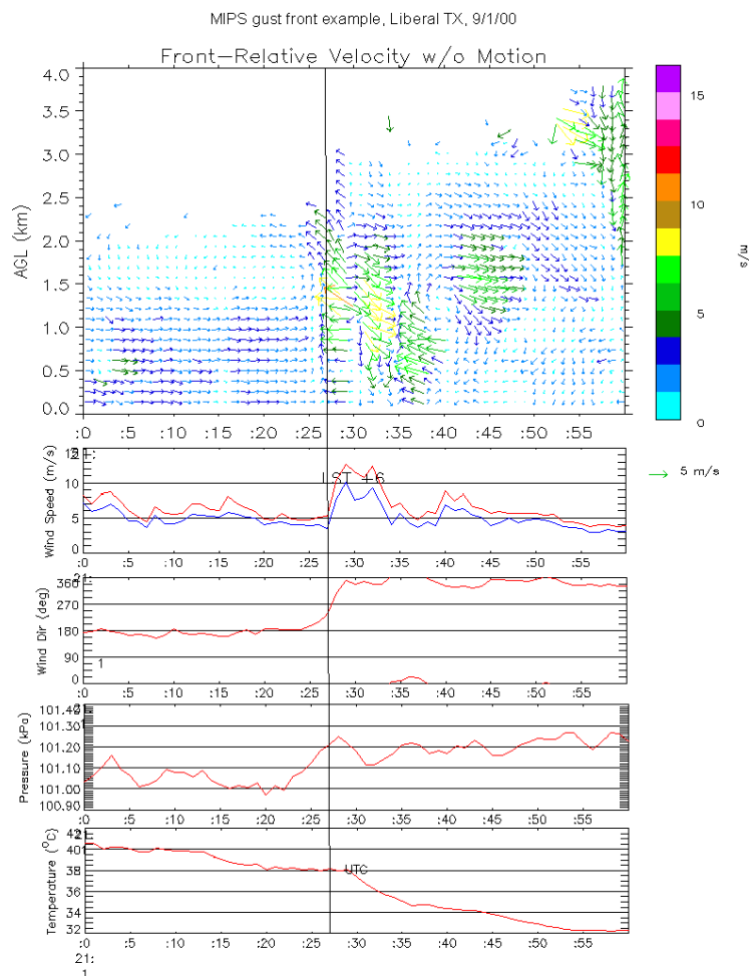
A 4. ábra alsó részén a feltüntetett magasságokon a mért szélirány kerül bemutatásra az alsó troposzféra vizsgálatára alkalmas, ún. határréteg wind profiler perces adatai alapján. Ahogy 09 és 18 óra között látható, a horizontális szélvektor felülről nézve a magasság csökkenésével óramutató járásával ellentétesen fordul el körülbelül 20°–30° fokot (az Északi-féltekén).



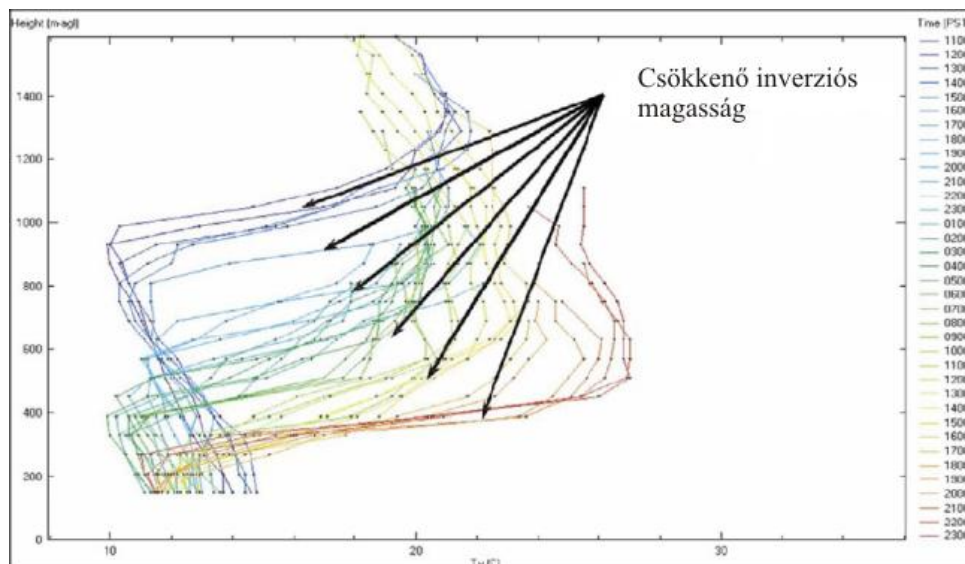
4. ábra Wind profiler mérések 915 MHz-en (MetOffice, 2001. 02. 12.)

A vertikális mozgások jól megfigyelhetők az 5. ábrán, felfelé 7 m/s, lefelé 9 m/s sebességet észleltek (30 másodperces átlag). Az eső az adott óra 30. percében eredt el a gust front után. A felszíni mérési eredmények viselkedésében is megjelent néhány figyelemre méltó, a gust fronthoz köthető jellemző, pl.: nyomásemelkedés a front előrehaladásával, hőmérséklet esése a front mögött és gyenge szélsősebesség-csökkenés a front előtt (néhányszor 10 cm/s).

A wind profilerek egy másik hasznos lehetőséget is kínálnak. Méréseik által betekintést engednek a határreteg szerkezetébe, lehetővé teszik a hőmérsékleti inverziók felismerését. A Graph-XMTM (Vaisala) megjelenítő szoftver segítségével a virtuális hőmérséklet vertikális profilja is elkészíthető. A 6. ábrán látható példában az inverziós magasság időbeni csökkenését figyelhetjük meg, amely 36 óra alatt 1000 méterről 300 méterre süllyedt. A csökkenő inverziós magasság erősen korlátozza a függőleges keveredést és fontos, levegőminőséget jellemző faktorként is alkalmazzák.



5. ábra Mobil wind profilér mérésekből (915 MHz) a szélvektor térbeli és időbeli változása gust front esetén, valamint a felszíni légnyomás és hőmérséklet időbeli menete (Mobile Integrated Profiling System, MIPS, 2000. 01. 09.)



6. ábra Vaisala wind profiler Graph-XMTM megjelenítő szoftverével megjelenített virtuális hőmérséklet vertikális profiljai (<http://www.vaisala.com>)

WIND PROFILER HÁLÓZATOK

A légi közlekedés ellenőrzéséért felelős osztrák Austro Control GmbH szakemberei 1997-ben egy wind profiler hálózatot építettek ki (Vaisala LAP®-3000, 1280 MHz) Ausztriában, mely az alsó troposzféra szélviszonyainak elemzésére alkalmas (3. ábra). Három repülőtér – Bécs, Salzburg és Innsbruck – azért telepítették az eszközöket, hogy monitorozzák a szelet a felszállópályák környékén és a bevezető folyosókon. Az Austro Control kifejlesztett egy védjegyzett grafikai megjelenítőt, ami felismeri a potenciálisan veszélyes szélnyírási zónákat, és riasztást ad le, így figyelmeztetni tudják a pilótákat a repülőgép fedélzetén a kritikus zónákban.

A szakirodalom áttekintése során láthatjuk, hogy Európában a CWINDE⁴ hálózat, mely az EUMETNET⁵ program részeként a nemzeti meteorológiai szolgálatok, egyetemek, repülőterek és kutatóintézetek által működik, biztosítja a wind profilerek és az időjárás radarok szélprofiljai valósidejű adatfeldolgozását és adatmegjelenítését Interneten (7. ábra) keresztül. A CWINDE hálózat különböző típusú (50 MHz, 400 MHz és 1 GHz rendszerek) és gyártmányú profilerekből épül fel. Ebben a nagyszabású programban részt vesz Ausztria, Finnország, Franciaország, Németország, Írország, Hollandia, Svájc, Egyesült Királyság és Magyarország is. A már több mint tíz éve folyó fejlesztést az Egyesült Királyság Meteorológiai Hivatala végezte a COST-76 program keretében. Jelenleg (2008) a CWINDE adatszerver 27 wind profilerről és 91 időjárás radarról gyűjti a szélprofilokat, melyek a jelszóval védett www.metoffice.gov.uk/corporate/interproj/cwinde honlapon jeleníti meg [4, 5].

Az Országos Meteorológiai Szolgálat 2003 nyarán két wind profiler radart vásárolt. 2004-ben a rendszereket integrálta a CWINDE hálózathoz, a mérőeszközöket, melyek típusát és néhány műszaki paraméterét az 1. táblázat mutatja, Budapesten és Szegeden helyezte üzembe.

Típus	Hely	Fix / Mobil	Frekvencia (MHz)	Vertikális felbontás (m)	Teljesítmény (kW)	
					Csúcs	Átlag
Degreane	Budapest	M	1290	50	3,5	0,17
LAP-3000	Szeged	F	1290	60	0,6	0,1

1. táblázat Hazai wind profilerok (OMSZ) néhány jellemzője



7. ábra. CWINDE Profiler hálózat (2005. január)

FEJLESZTÉSI TERVEK

Az MH Geoinformációs Szolgálat három, repülőterenként egy-egy hordozható wind profiler – amely típustól függően 3 vagy 8 km-es magasságig képes mérések végrehajtására – beszerzését jelentette meg a Tárca Védelmi Tervező Rendszer hosszú távú, tízéves terveiben. Mivel a repülőterek környezetében a horizontális szélsébség és szélirány, valamint a vertikális szélsébség függőleges változásának folyamatos és valós idejű ismerete lehetséges – ahogy azt a dolgozatban bemutattuk – wind profilerok méréseinek felhasználásával, ezért a mért adatok feldolgozása hozzájárul a katonai repülésre veszélyes időjárási jelenségek időben való felismeréséhez (vertikális szélnyírás és turbulencia), a szinoptikus és mezoszkálájú folyamatok mélyebb elemzéséhez. Ezeken túlmenően alapjául szolgálhat a rövidtávú előrejelzések készítésének, mivel hozzájárul azok jobb beválásához. Ezek a nemzeti képesség felajánlás részeként bevethetők a szövetségi feladatok geoinformációs támogatásában is.

A meteorológiai mérőrendszerek egységesítése jegyében tervezzük a repülőtereken üzemelő MAWOS rendszerek fejlesztését is. Ennek során az elavult, minőségi, műszaki követelményeknek nem megfelelő szenzorok, adatgyűjtők, kábelek, kommunikációs eszközök, munkaállomások cseréjét végeznénk el. A rendszer fejlesztése maga után vonja a mért adatok adatbázisba szervezését is, mely nagyban hozzájárulna az adatellenőrzési és adatfeldolgozási feladatok modern eszközökkel történő elvégzéséhez.

A harmadik tervünk egy jelenleg fennálló problémára adna megoldást, nevezetesen mobil harcászati meteorológiai mérőrendszerek beszerzését célozza meg. A beszerzés sikeres végrehajtása esetén alapvető hiányt pótolna a katonai kitelepülési, terepi vagy missziós feladatok meteorológiai támogatása során, hiszen a jelenlegi hordozható rendszerek (szállíthatóságukat, rádiós kommunikációjukat, életkorukat tekintve) elavultak. A mobil rendszerek gyors amortizációja pedig szemmel látható az afganisztáni alkalmazás során. Továbbá a beszerzés hiánypótló jelentőséggel is bírna, mivel jelenlegi rendszereink nem tartalmazzák az optikai szenzorokat (felhőalap mérő, látástávolság mérő, villámdetektor).

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetünket fejezzük ki kutatóhelyünknek, az MH Geoinformációs Szolgálatnak, hogy a dolgozat elkészítéséhez biztosította számunkra a technikai háttérrel. Továbbá köszönjük a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíjának támogatását.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Űrhajózási lexikon, Főszerkesztő: ALMÁR Iván, Szerkesztő: HORVÁTH András, Akadémiai Kiadó, Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1984.
- [2] HÁY György: Amit a repülésről tudni kell, Typotex kiadó, 2006.
- [3] SÁNDOR Valéria—WANTUCH Ferenc: Repülésmeteorológia, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 2004.
- [4] Iwan HOLLEMAN—Laurent DELOBBEY—Anton ZGONC: Update on the European Weather Radar Network (OPERA), Report of OPERA-3, 2008.
- [5] Tim OAKLEY—Myles TURP: Quality management of a European wind profiler network (CWINDE), UK Met Office, Exeter, United Kingdom, 2007.
- [6] J.R. JORDAN—J.L. LEACH—D.E. WOLFE: Operation of a mobile wind profiler in severe clutter environments, NOAA Environmental Technology Laboratory Boulder, 2008.
- [7] Pavan Kumar Reddy KANKANALA: Doppler sodar observation of the winds and structure in the lower atmosphere over Fairbanks, Alaska, 2007.

¹ MAWOS: Military Airfield Weather Observation System – Repülőtéren földfelszíni időjárás-megfigyelő rendszer

² OPERA: Operational Exchange of Radar Data – Radar adatok operatív cseréje, a projekt fenntartja és fejleszti a kölcsönös megállapodáson működő radar adatok cseréjét Európában

³ ACOMEX: Allied Command Operation Meteorological and Oceanographical Data Exchange – Szövetséges Hadműveleti Parancsnokság Meteorológiai és Oceanográfiai Adatcsere (munkacsoport és adatfolyam)

⁴ CWINDE: Cooperation On Science and Technology (COST) Wind Initiative for a Network Demonstration in Europe — Koordináció a tudományban és a technológiában, kezdeményezés
Co-ordinated WIND profiler network in Europe — Koordinált wind profiler hálózat Európában (későbbi definíció)

⁵ EUMETNET: Network of European Meteorological Services – Európai meteorológiai szolgálatok hálózata



Pokorádi László

REPÜLŐTÉRI VADVESZÉLY ELEMZÉSE

1. BEVEZETÉS

A repülőgép–vadállat ütközések története lényegében egyidős a motoros repülés történetével. 1905. szeptember 7-én jegyezte fel Oliver Wright az első madárütközést — feltehetőleg egy rigóval. Az első regisztrált emlős ütközés pedig Louis Bleriot nevéhez fűződik. A történelmi 1909. július 25-i csatorna átrepüléskor egy megriadt kutya futott a légsavarkörbe. A repülőgép–vadállat ütközések első (emberi) halálos áldozata Calbraith Rodgers volt, aki még arról is híres, hogy Ő repülte át elsőként az Egyesült Államok kontinentális területét. Repülőgépevel 1912. április 3-án sirállyal ütközött a dél-kaliforniai partok közelében.

Napjaink a korszerű katonai és polgári repülésében fontos kérdés madár- és más vadütközési kockázatok szempontjából a repülőterek üzemeltetése, a megközelítési, a le- és felszállási, valamint a gurulási eljárásainak elemzése.

Közismert, hogy az ütközések döntő hányada a talaj közvetlen közelében következik be. Jelentős kérdés az is az üzemeltetés vizsgálatakor, hogy az adott repülőtér milyen kategóriájú repülőgépek (például sugárhajtóműves utasszállítógépek, vagy légszuszínos kisgépek) fogadására rendezkedett be.

Fontos azt is megvizsgálunk, hogy a repülőtéren, illetve közvetlen környezetében végrehajtott manőverek során milyen gyakorisággal következnek be a madárütközések.

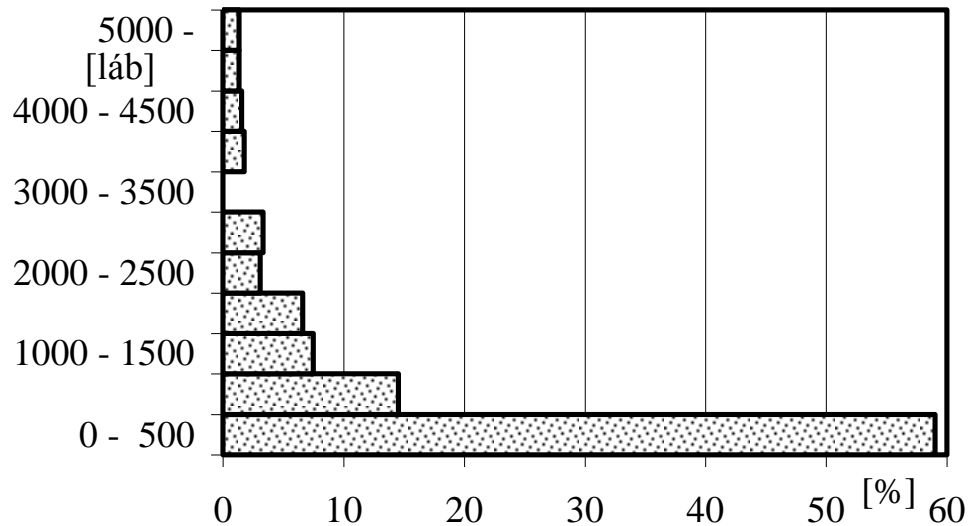
A tanulmány célja a vadvilág repülőterek üzemeltetésére gyakorolt kockázata főbb kérdésköreinek, és azokkal kapcsolatos elemzések aktuális eredményeinek bemutatása. A publikáció az alábbi fejezetekből áll: A 2. fejezet a repülőtéri madárütközés sajátosságait vizsgálja. A 3. fejezet az emlősütközések lehetőségeit, kockázatait elemzi a repülőtereken. A 4. fejezetben következtetések és ajánlások olvashatók.

2. A REPÜLŐTÉRI MADÁRÜTKÖZÉS KOCKÁZATA

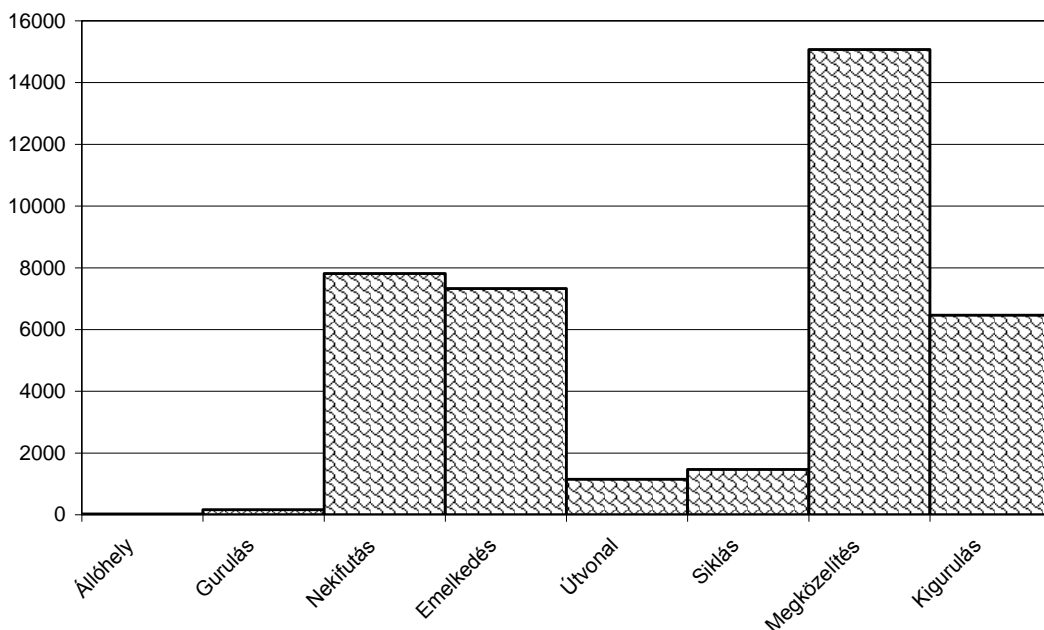
Fontos kérdés madárütközési kockázatok szempontjából a repülőterek elhelyezkedése, üzemeltetése, megközelítési, le- és felszállási, gurulási eljárásainak elemzése. Ehhez alapvető információkhoz jutunk az adott repülőtér megközelítési pályájának feltérképezésével. Fontos felmérnünk, hogy a vizsgált repülőteret milyen műszeres leszállító berendezéssel látták el, vagy esetleg csak látás szerinti leszállásra alkalmas. Ezek ismeretében a fel- és a leszálló repülőgépek vízszintes és függőleges veszély zónái könnyen tervezhetők. Érdekes ehhez megvizsgálni az 1. ábrát, amely a madárütközések

talaj feletti magasság szerinti eloszlását szemlélteti [5]. Látható, hogy az ütközések döntő hányada a talaj közvetlen közelében következik be.

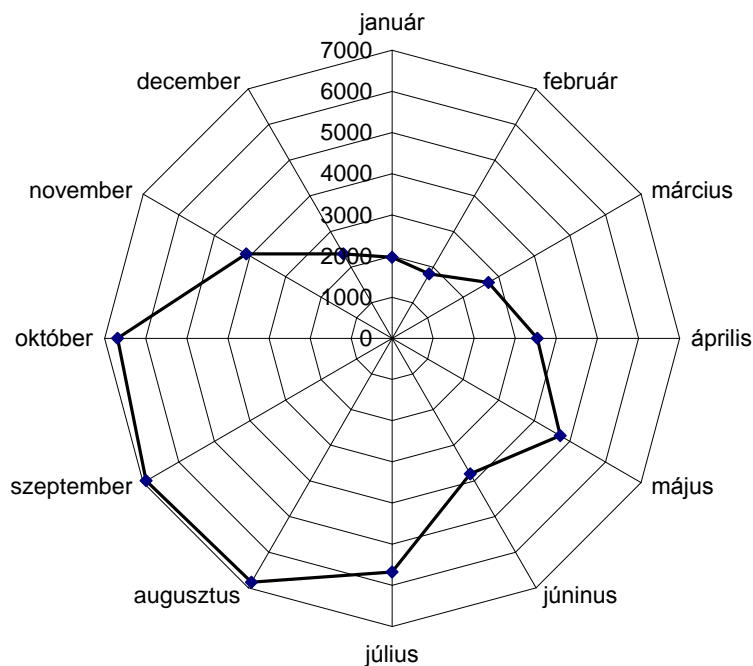
Fontos azt is megvizsgálnunk, hogy a repülőtéren, illetve közvetlen környezetében végrehajtott manőverek során milyen gyakorisággal következnek be a madárütközések. Egy ilyen elemzés adatait szemlélteti a 2. ábra, mely az Egyesült Államokban 1990 és 2003 között, a repülőterek közelében bekövetkezett események adatait dolgozza fel [1]. A 3. ábra ugyanazon időszakban bekövetkezett madárütközések évközi eloszlását szemlélteti.



1. ábra Ütközések gyakorisága a talaj feletti magasság függvényében (forrás [5])



2. ábra A repülőtereken, illetve környezetükben bekövetkezett madárütközések eloszlása a manőverek alapján ([4] alapján)



3. ábra Repülőgép–madár ütközések eloszlása a hónapok függvényében ([4] alapján)

A fentiek alapján megállapítható, hogy a kockázat szintje hogyan változik a fel- és leszállás, az emelkedés és a megközelítés különböző fázisaiban. A legnagyobb kockázat a felszálláskor vagy az emelkedésbe való áttérés során lép fel. A repülőgép ekkor szinte védtelen a földön. Hajtóműve(i) felszálló (azaz maximális vagy ahhoz közeli) üzemmódon dolgozik, teljes a tüzelőanyag terhelés és a gép a kritikushoz közeli állásszöggel repül. A személyzet aktivitása magas és az együttműködésük eljárási rendek alapján meghatározott. Ahogy az emelkedés során a talaj feletti magasság növekszik, a vezérlés elvesztésének és a földhöz csapódásnak — vagyis az A¹ kategóriás baleseteknek — a kockázata csökken. Ezzel egy időben a komoly mérvű sárkányszerkezet- és/vagy hajtóműsérülés (B² kategória) kockázata növekszik a madár-bechapódási — pontosabban a repülési — sebesség növekedésével. Az ilyen jellegű elemzések során a szakemberek a repülés különböző repülőtér körüli fázisait az akkor bekövetkező legrosszabb eset súlyosságával értékelik. Így az A kategóriás baleseteket a felszálláshoz, az emelkedéshez, az eltévesztett megközelítéshez, az átstartoláshoz sorolják, 1500 láb (kb. 450 méter) talaj feletti magasság alatt, ahol a madárütközések közel 80 %-a következik be, mint ahogyan azt az 1. ábra is szemlélteti. A B kategóriás eseményeket minden más repülési fázishoz kapcsolják a

¹ „A” (Class A) kategóriájú az a baleset, amely az alábbiak közül egy vagy több következményekkel járt:

- 1 M USD, vagy annál nagyobb mértékű anyagi kár;
- halál vagy állandó teljes rokkantság;
- a repülőgép megsemmisülése vagy gazdaságosan nem javítható sérülése [5].

² „B” (Class B) kategóriájú az a baleset, amely az alábbiak közül egy vagy több következményekkel járt:

- 200.000 és 1 M USD közti mértékű anyagi kár;
- részleges végleges rokkantság;
- 5 főnél több személy kórházi kezelése [5].

megközelítéshez való süllyedés, a megközelítés és az emelkedés során is.

A repülőgép üzemeltetését, a rajtuk keletkezett sérüléseket, esetleges megsemmisülésüket fontos megvizsgálni a madárütközések kockázatának becslése során.

A madárütközéseknek a sárkány- vagy hajtóműszerkezetekre gyakorolt hatásait mind a repülőgép-, mind a hajtóműgyártók numerikus mechanikai és modell kísérletekkel egyaránt vizsgálják [11]. Ezen tanulmányok eredményeinek közzététele — terjedelmi okokból — csak egy külön publikáció témájaként kezelhető.

A repülés közbeni madárütközési kockázat csökkentésének egyik módja a megfelelő manőver végrehajtása. A madárkikerülési manőver hatásossága számos összetevőtől függ, mint például a humán fiziológiai tényezők, a repülőgép kormányvezérlő jelekre adott reakciója.

A helyes pilótareakciót a USAF BASH Team és a Flight Medicine USAF Hospital (Tyndall Légibázis, Florida) szakemberei közösen elemezték a madarak kikerülése érdekében. A pilótákon végzett vizsgálatok eredményei alapján tettek javaslatot a szükséges, illetve a megfelelő repülőgép-vezetői tevékenységre. Az átlagos pilóta 0,1 másodpercet igényel az érzékelésre, ami idő alatt az információ a szemtől az agyig eljut. Az észlelt objektumra való összpontosításra még 0,39 másodperc szükséges. Az érzékelés, az objektum felismerése egy következő 0,66 másodpercet igényel, átlagos pilóta esetén.

A fenti időadatok eltérőek lehetnek az egyének és a különböző helyzetek között. Az objektum — a közeledő madár vagy madárraj — mérete, relatív mozgása, az objektum és a háttér színe, elrendeződése és kontrasztja, más tényezők közt, jelentősen befolyásolja a fenti szükséges időintervallumok hosszait.

A probléma itt még nem fejeződik be, egy átlagpilótának 2,0 másodpercre van szüksége, hogy dönteni és cselekedni tudjon az észlelt szituációban. Ez a döntési idő változik a tapasztalattal, a koncentráció szintjével, és a helyzet tudatossága is jelentős minden esetben. Ha egyszer a döntés a reakcióra kész, 0,4 másodperc szükséges a kormány szerv működtetésére, a botkormány meghúzására.

A repülőgépek kormányvezérlő jelre adott reakciói jelentősen eltérőek a különböző típusok között. Egy nagyobb méretű (és így nagyobb tehetetlenségi nyomatékú) repülőgép hosszabb reakcióidőt igényel, mint egy kisebb méretű gép. Például maximális botkiterítés esetén a kiváló manőverezési képességgel bíró F-15 Eagle vadászrepülőgép 22 fok⁻¹-s pillanatnyi bólintó szögsebességre képes. Fél másodperces reakcióidőt és 1500 m fordulósugarat feltételezve, 720 km⁻¹ repülési sebességnél 0,52 másodperc szükséges a madár vagy madárraj 6 méterre történő kikerüléséhez. Ugyanezen manőverhez 500 km⁻¹ sebesség esetén 0,53 másodperc a szükséges reagálásra a repülőgépnek.

A fenti idők alapján láthatjuk, hogy körülbelül 4 másodperc szükséges a közeledő madárraj észlelésétől a gép megfelelő eltávolodásáig. Ezek szerint, 200 km⁻¹ sebesség esetén legkevesebb 250~260 méter távolságból kell észlelni a madarakat, hogy a velük való ütközést elkerülhessük.

Amikor a madarat a fenti módon meghatározható távolságon belül észleli a repülőgép-vezető, a kutatók csak egyet tanácsolnak: Húzd be a nyakad és éld túl az ütközést! Ilyen esetekben a manőverezés csak több problémát okozhat. Például a pilóta térbeli tájékozódásának elvesztését,

szokatlan vagy egy másik, veszélyesebb repülési helyzet kialakulását, illetve nagyobb sérülést az ütközés következtében. Ha az észlelt madár a fenti távolságon kívül van, manőverezéssel az ütközés kikerülhető.

Legtöbb esetben a madarak behúzzák a szárnyukat, és zuhanni kezdenek, ha észlelik a közeledő repülőgépet. De, például a sirályok nagyon gyakran megfordulnak, és úgy próbálnak menekülni a szembejövő veszély elől. Ezért gyakran ütik el őket hátulról. Néhány madár oldalra próbál manőverezni a veszély elkerülése érdekében. De csak nagyon ritkán fordulhat elő, hogy emelkedéssel kísérlik meg a repülőgépet elkerülni. Ezért döntő többségében emelkedéssel legcélszerűbb elkerülni az ütközést.

A vizsgálatok során megkérdezett pilóták véleménye is az, hogy az emelkedés a legjobb manőver a madárjai kikerüléséhez, az alábbi okok miatt:

- A madarak a legtöbb esetben a szárnyuk behúzásával és zuhanással próbálnak kitérni az ütközés elől. Így az egymástól való eltávolodás mértéke nagyobb lesz.
- A felhúzás következtében a gép hosszanti dőlésszöge megnő. Ezért a pilóta nagyobb valószínűséggel tudja megvédeni a kabintetőt a töréstől, az ütközés utáni megfelelő kilátás, térbeli tájékozódás biztosítása érdekében. Ekkor a hajtómű leállását okozó madárnyelés lehetősége is kisebb, mivel a repülőgép inkább az alsó felületével ütközik a madárral.
- Az emelkedő manőver esetén a földhöz vagy valamilyen építményhez való ütközés valószínűsége is csökken. Lehet, hogy a pilóta a madarat vagy madárjaft süllyedéssel még ki tudná kerülni, de közben távvezetékot szakíthat, építménynek, fának ütközhet. Ez utóbbi következménye pedig katasztrófa lehet.

Az pedig könnyen belátható, hogy egy felszálló repülőgép nem tud emelkedésbe „menekülni” a madárütközés elől.

Összességében megállapítható, hogy a kikerülési manőver hatásosságát részben a pilóta felkészültsége, koncentrátsága befolyásolja. Ezért a madárral való ütközést megelőző helyes manővert célszerű addig gyakorolni, míg az automatikus reakcióvá nem válik a hajózó személyzet számára.

A madarakkal és a tájhasználatkal kapcsolatos repülőtér körüli kockázat kezelése is egy komplex repülésbiztonsági kérdéskör. Adott esetben az ebből származó repülésbiztonsági feladatok a közeli települések fejlődését is korlátozhatják, és így ellentétet okozhatnak a repülőtéri és a helyi, önkormányzati hatóságok között.

Napjainkban időszerűvé váltak olyan tanulmányok, elemzések készítése, melyek célja hozzájárulni a madárütközések repülőgépek üzemeltetésére gyakorolt kockázatának csökkentéséhez a nagy kockázatú madárfajok emberi(!) tájhasználatkal történő szabályozásával.

Ezen repülésbiztonsági munkák a repülőtér környéki madárütközési kockázat alábbi három elemét mérik fel:

- repülőgépek és repülőterek üzemeltetése;

- a madárfajok kockázatai jellemzése;
- tájhasználat madárfajokra gyakorolt hatásainak elemzése.

A különböző földterületek, illetve használatuk eltérő hatással bírnak a madarak különböző fajaira. Így repülésbiztonsági szempontból fontos kérdésként merül fel, hogy a repülőterek körüli földterületek emberek általi használata, mely madárfajokra milyen hatást (vonzást, vagy távoltagek) gyakorolnak. Ezért a terület-felhasználás madáruttközésre gyakorolt hatásának elemzése során vizsgálendő jellemzők az alábbiakban foglalhatók össze:

- a fajok, melyeket befolyásol a táj;
- a befolyásolt madarak száma;
- a befolyásolt madarak viselkedése;
- a terület-felhasználása gyakorisága;
- a földdarab a repülőterhez képesti relatív helyzete;
- a területhasználat célja;

A repülőter körül végzett vizsgálat során általában három veszélyességi zónát határoznak meg:

Elsődleges madárveszély zóna: Ez az a zóna, ahol A kategóriájú katasztrófa következhet be. A zóna mérete függőlegesen 1500 láb (mintegy 450 méter) a talaj fölött, oldal és hosszanti irányban a siklópálya háromszorosa. Ezek határát pályaküszöbektől 8,8 km-re állapították meg. Ezt azzal indokolták, hogy mindegyik érkező repülőgép az 1500 láb (kb. 450 méter) talaj feletti repülési magasságot 8,8 km-nél éri le, mivel az elemzés során a műszeres megközelítési módot választották irányadónak.

Másodlagos madárveszély zóna: Figyelembe véve, hogy a pilóták nem mindig pontosan a műszeres bejövétel szerint repülnek, vagy a szél eltérítheti a repülőgépeket a pálya tengelyétől, egy külön négy kilométeres „ütköző zónát” adnak meg a nem pontosan meghatározható madárviselkedések figyelembevételéhez is.

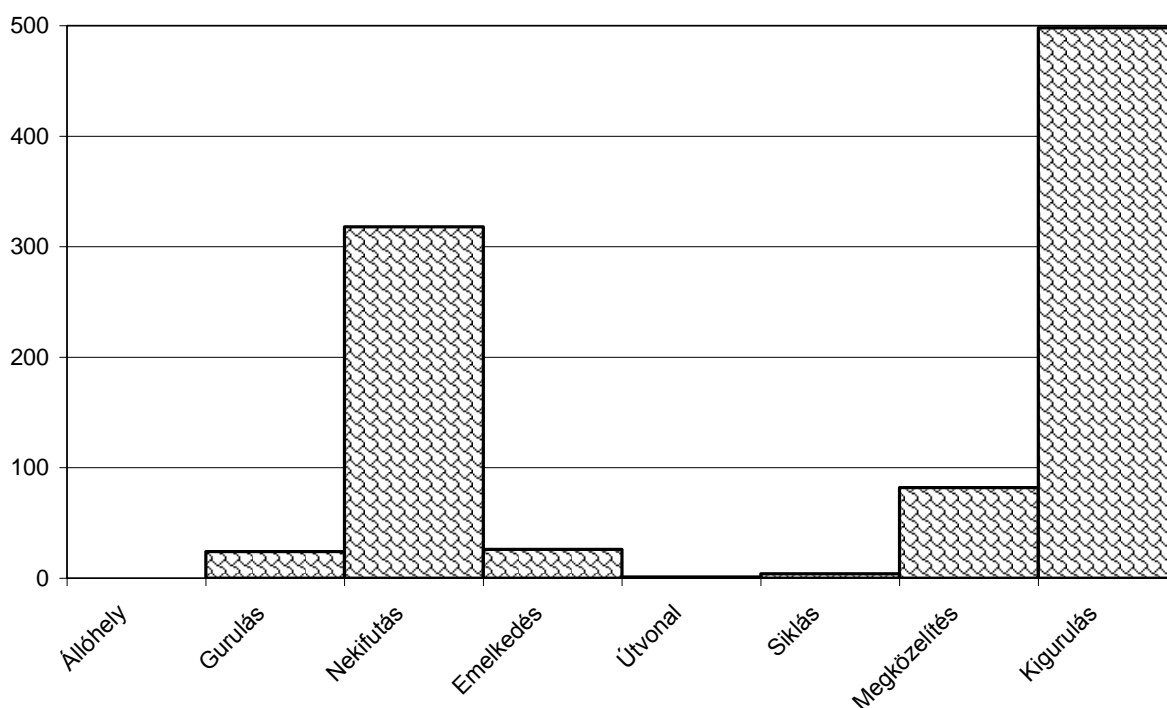
Például a madarak, melyek egy konkrét földdarabhoz vonzódnak más közeli helyeket is meglátogathatnak. Az sem látható előre, hogy a madarak mindig ugyanazon az útvonalon repülnek, sőt mi több az elemzők ismerete nem eléggé részletes ahhoz, hogy pontosan leírják azok helyi útvonalait.

Speciális madárveszély zóna: Az esetlegesen kialakítható harmadik, speciális madárveszély zónába a repülőter körüli magas kockázatú tájhasználatához kapcsolódó területek kerülhetnek. Ezek területek jelentős vonzerővel bírnak, és így magas kockázatot jelentenek. Ilyen lehet például egy a repülőter közelében elhelyezkedő szeméttelp, mely a főleg a sirályok vagy varjak ezreinek napi repülését jelentheti a repülőter fölött, illetve a megközelítési, felszállási útvonalakat keresztezve, amikor a madarak a táplálkozási és alvóhelyük között repülnek.

3. A REPÜLŐTÉRI EMLŐSÜTKÖZÉS KOCKÁZATA

Bár a vadvilággal kapcsolatos repülésbiztonsági vizsgálatok leginkább a madarakra koncentrálnak, más (emlős) vadállatok is veszélyt jelentenek a repülőgépek számára, így azokkal is szükséges törődni. Az emlősök közül főleg a szarvasok és a denevérek bírnak magas kockázati tényezővel a repülés biztonsága szempontjából.

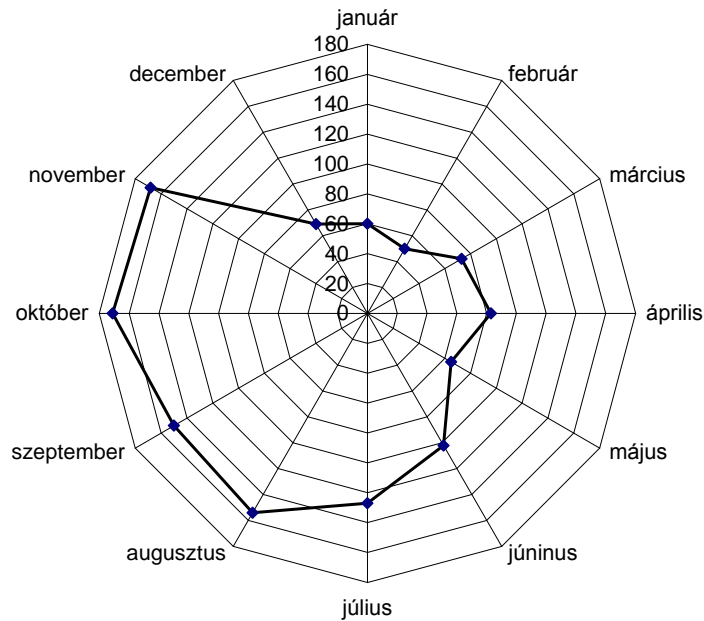
A 4. ábra, mely az Egyesült Államokban 1990 és 2003 között, a repülőterek közelében bekövetkezett emlősütközési események adatait dolgozza fel [4]. Az 5. ábra ugyanazon időszakban bekövetkezett emlősütközések évközi eloszlását szemlélteti [4].



4. ábra A repülőtereken bekövetkezett emlősütközések eloszlása a manőverek alapján ([4] alapján)

A szarvasok viszonylag ritkán fordulnak elő a repülőtereken. Ezek a fajok általában legeléskor előnybe részesítik a nagylevelű lágyszárú növényeket, cserjéket és fákat. A szarvasok kora reggel és este a legaktívabbak. Több száz hektáros sajátterülettel rendelkeznek, amely az évszakokkal együtt változhat. A szarvasok inkább az erdők szélét kedvelik, szívesen legelésznek mezőgazdasági területeken, keverve az erdei a friss hajtásokkal. Fontos azt tudni, hogy a vadászszезонban a szarvasok gyakrabban menekülnek be a repülőterekre [3].

Egy nem hivatalos elemzés szerint 1990 és 1997 között 21 kanadai repülőtér összesen 42 szarvas–repülőgép ütközést jelentett.



5. ábra A repülőtereken bekövetkezett emlősütközések évközi eloszlása ([4] alapján)

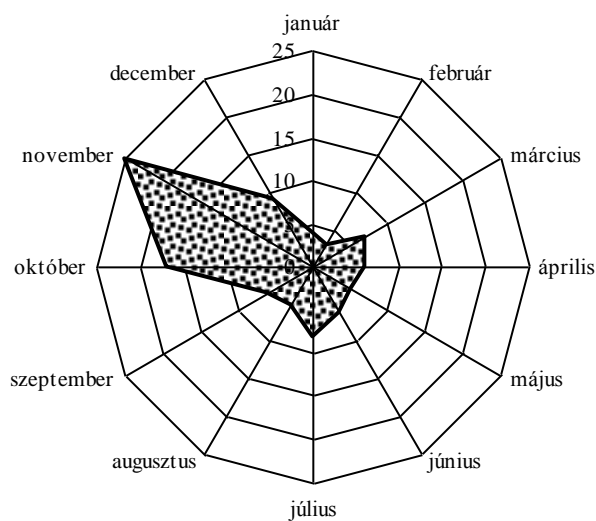
Mindegyik baleset törést eredményezett a repülőtér normális üzemeltetésében. Olyan törések, mint a fel- és leszállások késleltetése, a fel-és leszálló pálya ideiglenes lezárása, amíg a repülőtér személyzete kivizsgálta az esetet, járat átirányítások tartalék repülőterekre, a fel- és leszállások megszakítása az ütközések elkerülése érdekében [2].

A szarvasok ütközési kockázatát nagyban növeli a balesetek bekövetkezésének körülményei. A repülőterekre betévedő, vagy bemenekülő szarvasok könnyen a nekifutó vagy kiguruló repülőgépek elé futnak. A pilóták ekkor a legtehetetlenebben. Kitérő, elkerülő manőverre nincs módjuk, csak egyenes-vonalú fékezéssel tudják az ütközés súlyosságát csökkenteni.

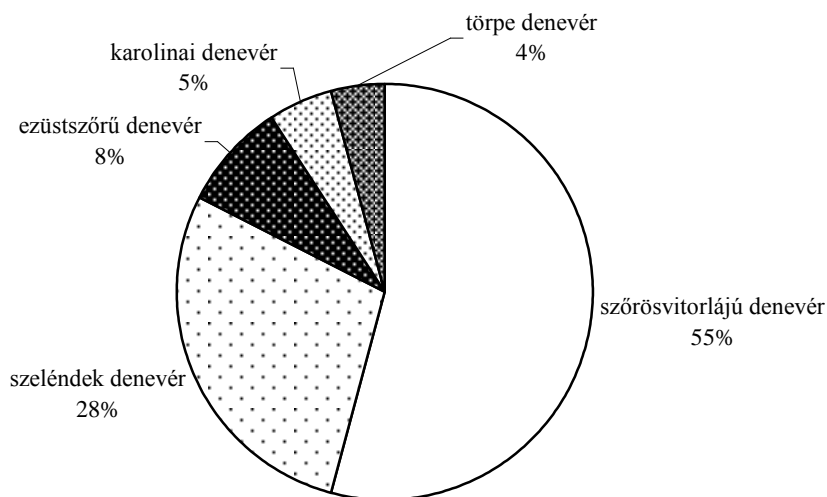
A szarvas-ütközési veszély csökkentése érdekében a repülőterek üzemeltetőinek kell intézkedéseket hozni. Mint például:

- magas kerítés felhúzása a repülőtér köré, megakadályozni, hogy a szarvasok bejussanak a repülőtérrel;
- a szervezett vadvédelmi járőrözés a repülőtereken, a szarvasok zavarása érdekében, hogy azok elkerüljék a fel- és leszálló pályákat, illetve a guruló utakat;
- élénkszíni (például narancssárga) „hófogó rácsok” állítása a szarvasok elriasztására, hogy az aktív fel- és leszálló pályákat, a guruló utakat ne közelítsék meg.

Az állandó lánckerítés felállítása nem lehetséges, mert azok zavarhatják a lokátorokat.



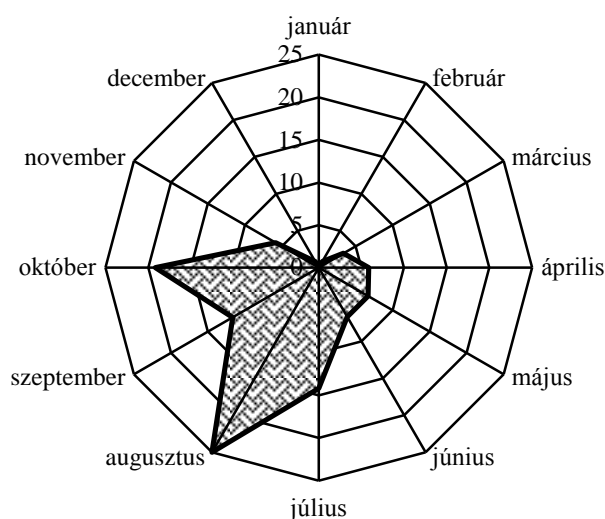
6. ábra Repülőgép-szarvas ütközések relatív eloszlása a hónapok függvényében (forrás: [5])



7. ábra Denevérütközések fajok szerinti relatív eloszlása (forrás: [5])

A madarakhoz hasonlóan a denevérek is tudnak repülni, így magas kockázati szintet jelentenek a repülőgépekre és helikopterekre, főleg sötétben. Ráadásul félelmet is kelthetnek.

A denevérütközések statisztikai elemzéseit szemlélteti a 7. és a 8. ábra. Ezekből megtudhatjuk, hogy a szőrös vitorlájú (55 %) és a szeléndek (28 %) denevérek játsszák a legnagyobb szerepet az USAF ilyen baleseteinél, valamint a legtöbb denevérütközés augusztusban történik.



8. ábra Denevérütközések relatív eloszlása a hónapok függvényében (forrás: [5])

Farkasokat és rókákat a különböző rágcsálók és más táplálékok csalják a repülőterekre. A szarvasok távoltartására használt kerítés a rókák és farkasok ellen is jól használható. A rágcsálók számának csökkentése szintén enyhíti a róka és farkas veszélyt. A pirotechnika jól használható a zavarásukra. A visszatérő vagy egyéni állatok kockázatát eseti vadászattal lehet csökkenteni.

A nyulak közvetlen a repülőgépekre gyakorolt hatásán túl gyakran vonzzák a repülőterre a különböző ragadozó madarakat és emlősöket. Megfelelő fünyírással és néhány, egymást követő évben végrehajtott nyúl vadászattal lehet csökkenteni a nyúlpopulációt a bázisokon.

Más rágcsálók is vonzzák a ragadozókat, a rókákat és a farkasokat. Kockázatuk megfelelő rágcsálóirtással csökkenthető.

4. KÖVETKEZTETÉSEK, AJÁNLÁSOK

A repülőgéppel ütköző madarak és emlősök súlyos sérülést okozhatnak, így repülésbiztonsági kockázatot jelentenek. A repülőgépeknek és a vadállatoknak „együtt kell élniük” a légterekben és a repülőtereken. Több repülőtéren a madarak elriasztására sikerrel próbálták ki idomított sólymokat, ölyveket, azonban a kiképzésük és „menetrendszerű” alkalmazásuk számos nehézségbe ütközik. Szakemberekben felmerült a ragadozó madaraknak „öltöztetett” robotrepülőgépek alkalmazásának lehetősége. Ez a javasolt rendszer a fel- és leszálló repülőgépek előtt „tisztítja meg” a légteret. A speciális robotrepülőgépek az élőkhöz hasonló manővereikkel riasztják el a madárrajokat. Mozgásuk az adott légi forgalomhoz, nap és évszakhoz, illetve a madárrajok megjelenéséhez programozható.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Airport Wildlife Management and Planning Update 2004,
<http://www.tc.gc.ca/civilaviation/AERODROME/WildlifeControl/bulletins/AWMB34.htm>
- [2] Airport Wildlife Management and Planning, Deer Hazards
<http://www.tc.gc.ca/civilaviation/AERODROME/WildlifeControl/bulletins/AWMB21.htm>
- [3] Bird/Wildlife Aircraft Strike Hazard (BASH) Management Techniques, AFPAM 91-212, 2004, <http://afpubs.hq.af.mil>, pp. 39.
- [4] Cleary, E.C., Dolbeer, R.A., Wildlife Hazard Management at Airports A Manual for Airport Personnel, FAA, Washington, DC, 2005 pp. 348.
- [5] Pokorádi L., A vadvilág kockázata a repülésben, Közlekedéstudományi Szemle, Budapest, 2005. augusztus, LV. évfolyam, p. 294–305.
- [6] Szabó Zs., Légi járművek madárral történő ütközése a repülésbiztonság komplex rendszerében, Tudományos Diákköri dolgozat, ZMNE VSzTK, Budapest, 1998., 56 pp. (konzulens: dr. Pokorádi László).



Rohács Tamás

HA-UTI LAJSTROMJELŰ, MIG-15 UTI SB-LIM-2 TÍPUSÚ VADÁSZREPÜLŐGÉP ÜZEMBE ÁLLÍTÁSA ÉS BEREPÜLÉSE

BEVEZETÉS

A világ fejlett országaiban napjainkban tapasztalható látványos, magas fokú professzionális repülés-innovációs tevékenység mellett öröndetes tény, hogy a régebbi korok hangulatát, technológiáját idéző - nemritkán érzelmi alapokon keletkező - indítástól vezérelve, elhivatott szakemberek oldtimer légi járműveket újjáépítenek, és ismét üzembe helyeznek. Ezek között megtalálhatók mind katonai, mind polgári felhasználási célú repülő eszközök. Magyarországon is működnek elkötelezett, lelkes szakemberekből álló szervezetek, amelyek fő feladatuknak a szigorú szakmai alapokon nyugvó repülőgépre Restaurációs, és a minden feltételt kompromisszumok nélkül kielégítő, és biztosító újjáépítési tevékenységet tekintik, a tényleges lajstromozással, a biztonságos üzemeltetés feltételeinek megteremtésével, és a tényleges repülések megszervezésével, és lebonyolításával bezárólag. A JET AGE alapítványt a fentiek szellemében hoztuk létre, melynek alapító, és egyben kuratóriumi tagja vagyok. Székhelye a tököli repülőtér. Bár magam korábban, 2005-ben kerültem kapcsolatba a letűnt korokat idéző repülőgépek újjáépítésével a GOLD TIMER alapítványnál, melynek azóta főpilótája vagyok, és természetesen részt veszek a tényleges felújítási munkákban, és a gépek bemutató repüléseiben is. Főállásban a MALÉV-nél, Boeing 737 típuson elsőtisztként repülök.

2006-ban – hosszas előkészítő-szervező munkával – sikerült vásárolnunk egy MiG-15 UTI típusú vadászrepülőgépet, mely a JET AGE alapítvány tulajdonában áll.

Összeállításomban ezen repülőgéphez kapcsolódóan ismertetem

- a magyarországi oldtimer repülés megjelenését, céljainkat;
- a MiG-15-ös vadászrepülőgép magyarországi behozatalának, valamint nagyjavításának rövid történetét;
- és a nagyjavítás befejezését követően végrehajtandó berepülési folyamat tematikáját.

AZ OLDTIMER REPÜLÉS KIALAKULÁSA, HELYZETE MAGYARORSZÁGON

A magyar oldtimer repülés gyökerei a MÉM RSZ – Repülőgépes Szolgálat –tól erednek. Az RSZ 1957-ben alakult, amely a kollektivizált mezőgazdaság keretében jött létre. Akkoriban ez volt a legnagyobb, kisrepülőgépeket üzemeltető állami cég. Fő feladata volt az országban történő mezőgazdasági repülések végrehajtása, a repülőgépek üzemeltetése, valamint az ezekhez tartozó oktatások lebonyolítása. A repülést szívügyének tekintő vezetősége volt, számos kitűnő mérnököt, szerelőt, valamint pilótát foglalkoztatott.

Ilyen hozzáállás mellett jöhetett létre a farkashegyi katlanban a 70-es években egy csapat, akik oldtimer repülőgépek felújításába kezdtek, melyhez az RSZ teljes mértékű támogatást nyújtott. A történet a hőlégballonozás megjelenésével kezdődött, majd folyamatosan épültek újjá a repülőgépek, két vitorlázó repülőgépünk - az R-07 Vöcsök és az R-11 Cimborá -, majd később - 1980. és 1993. között - a Gerle-13, és a Polikarpov-2 PO-2 motoros repülőgépek is itt készültek el, ill. lettek felújítva. Az újra repülőképes gépek 1981-től folyamatos résztvevői lettek a hazai és a külföldi repülőnapoknak is, óriási sikerrel. Szinte mindenhová visszahívták a csapatot a következő években is. Sajnos 1990-ben az RSZ hanyatlani kezdett, és végül meg is szűnt. Ezt követően – akik ezeknek a gépeknek az üzemeltetésével foglalkoztak –, új megoldást keresvén a további fennmaradásra, 1992-ben megalakították a GOLDTIMER Alapítványt, budaörsi bázisrepülőtérrrel. Ebben úttörő munkát végzett az alapítvány Elnöke Hajdú „Fedő” Károly, illetve dr. Takáts László, aki főmérnökünk volt 2007-ig. Azóta folyamatosan fejlődik az Alapítvány, sorban készülnek el újabb gépeink, napjainkban már a külföldi oldtimer szervezetek is megirigyelhetik gépparkunkat. Jelenleg a következő típusokkal büszkélkedhetünk: Liszunov-2, Rubik-11, Rubik-07b, Rubik-18, Bánhidi-Gerle, Polikarpov-2. Külön említést érdemel a Li-2 típusú repülőgépünk, amely 5 év alatt, 30 000 munkaórával készült el, és mára az egyedüli repülőképes példány Magyarországon.

2005. telén egy repülőtéren beszélgetés során merült fel az ötlet, hogy kellene az Alapítvány számára beszerezni egy sugárhajtású vadászipülőgépet is. Két típus jött szóba, az L-29 Delfin, és a MiG-15 UTI. A kettő közül a MiG-15-ös mellett döntöttünk, mert úgy gondoltuk, hogy ez a típus sokkal inkább kurióznak számít, mivel ebből Európában már nincs működőképes példány, valamint a keleti blokk első sugárhajtású vadászipülőgép típusa volt. Ezt követően kezdtük szervezni egy ilyen gép felkutatását, és az országba történő behozatalt. 2008-ban több különböző okból létrehoztunk egy új alapítványt, JET AGE néven, tököli bázisrepülőtérrrel, amelyben főleg a volt katonai típusokat szeretnénk üzemeltetni. Így már Magyarországon két alapítvány dolgozik – szorosan együttműködve – a magyar oldtimer repülés ügyéért.



1. ábra Liszunov-2

Közös céljaink

- oldtimer repülőgépek nagyjavítása, üzembeállítása;
- olyan üzemeltetési, javítási, karbantartási eljárások, módszerek kidolgozása, amelyek lehetővé teszik a biztonságos üzemelést a típusalkalmassági bizonyítvánnyal nem rendelkező, illetve korábban katonai rendszerben üzemeltetett repülőgépekkel;
- repülőgépszerelő utánpótlás biztosítása, nevelése;
- repülőnapokon való részvétel gépeinkkel;
- repülőmúzeum létrehozása a tököli repülőtéren;
- a magyar repüléstörténeti értékek megőrzése, hagyományok ápolása;
- külföldi megbízású bér munkák vállalása (oldtimer repülőgép nagyjavítás, üzembeállítás, berepülési programok készítése-végrehajtása);
- külföldön tartott repülőgépek üzemeltetése.

Ehhez a tevékenységhez jelentős anyagi háttér szükséges, amit hazánkban sajnos nehéz megteremteni, szemben a környező országokkal, ahol a hozzánk hasonló alapítványok sokkal nagyobb támogatottságot élveznek minden téren. A közeljövőben szeretnénk üzembe állítani egy L-29 Delfin, és egy Jak-18 Fürj típusú repülőgépet is.

A MIG-15 UTI BEHOZATALA MAGYARORSZÁGRA, ÉS A FELÚJÍTÁS MENETE

A döntés megszületése után internetes böngészés során találtunk rá a 004-es oldalszámú repülőgépre, amely eladásra volt meghirdetve. A 4-AIR AIRLINES nevű cég tulajdonát képezte, és a lengyelországi Rzeszovban, a Jansika nevű repülőtéren tárolták lekonzerválva, hangárban. Még azon a télen megtekintettük a repülőgépet, személyesen is és ellenőriztük a meglévő dokumentációját, és műszaki állapotát. Nagy meglepetésünkre jó állapotban találtuk, az összes formulárja, gépkönyve is megvolt, eredeti állapotában. Hazatérésünk után nagyjavításra alkalmasnak, és újra repülőképesé tehetőnek nyilvánítottuk. Így megkezdődhetek az előkészületek a hazaszállításra, és a javításra.

Természetesen a megvásárlás előtt számos előkészítő feladat merült fel, amelyek közül a leglényegesebbek:

- NKH Légi közlekedési Igazgatóság véleményének kikérése és elvi hozzájárulása a felújításhoz;
- a nagyjavításhoz szükséges dokumentációk beszerzése;
- bázisrepülőtér, és javítóhangár kiválasztása;
- személyi állomány összeállítása (mérnökök, szerelők, hajózók stb.);
- a felújítás biztosítása anyagi szempontból;
- behozatali és kiviteli engedélyek megszerzése;
- a hazaszállítás megszervezése.

Az európai unió tagországain belül jogszabályban határozták meg a történelmi repülőgépek besorolását, és az ahhoz szükséges kritériumokat.

E jogszabály a Regulation (EC) No 216/2008 of the European Parliament and of the Council, melynek alapján:

- a) nem komplex légi jármű esetén:
 - az első konstrukció 1955. 01. 01. előtt készült;
 - a gyártás 1975. 01. 01.-el befejeződött;
- b) komplex légi jármű esetén (az összes sugárhajtású ilyen):
 - részese volt egy történelmi eseménynek (pl. háború stb.);
 - mérföldkő a repülésben (pl. az első sugárhajtású típusok egyike, lásd MiG-15);
 - hadrendben állt az adott ország légierőjében.

A nagyjavítással és az üzemeltetéssel kapcsolatos jogi kérdések

- ➔ szükséges egy karbantartó szervezet, akinek az NKH kiadja a nagyjavításhoz szükséges engedélyeket. Esetünkben e szervezet a JETSTREAM 2004. Kft. (2007-ben megkaptuk a komplex nagyjavítási engedélyt a sárkányra, és a hajtóműre is.);
- ➔ az oldtimer gépekre nincs nemzetközi szabályozás érvényben, ezért a az adott ország Légügyi Hatósága határozza meg a követelményeket (nálunk az NKH-LI);
- ➔ az alapítványunk igyekszik megfelelni továbbá az egyébként rá nem érvényes EU-s előírásoknak is (pl. JAR-OPS);
- ➔ külföldön csak az FAA illetve a brit CAA adott ki előírásokat ezekre a gépekre, ezért mi a brit előírás alapján dolgozunk, amelyet az Légügyi Igazgatóság teljes mértékben elfogad, mivel ezek a gépek nem rendelkeznek és nem is kaphatnak típusalkalmassági bizonyítványt, ezért ún. Permit to Fly engedéllyel repülhetnek - polgári lajstromjellel - amely egy új légi alkalmassági bizonyítványtípus az EU-n belül (EU 1592/2002/EK RENDELET II. Fejezet 5. Cikk 3.a. pontja). Ebben a Légügyi Igazgatóság írja elő, hogy mit hogyan korlátoz az adott repülőgépre vonatkozóan.

A nagyjavítást kizárólag az eredeti dokumentációk és technológiák szerint, azok szigorú betartása mellett végezzük, a Légügyi Igazgatóság ellenőrzése mellett. A felújításban résztvevő szerelők, mérnökök, és pilóták, mind nagy tapasztalatú személyek, akik a vonatkozó feladatok ellátására engedélyt kaptak.

Replőgépünk „életének” fontosabb állomásai:

- ➔ 1954-ben gyártották a Lengyel légierő számára, ahol 002-es oldalszámmal repült, akkor még BISz-ként;
- ➔ 1957-ben átépítették UTI SB-Lim1-re;
- ➔ 1970-ben átépítették UTI SB-Lim2-re;

- 1990-ben leselejtezték a légierőtől;
- 1991-ben a Lodz-Lubinek múzeumba került;
- 2004-ben a 4-Air Airlines cég tulajdonába;
- 1996-ban gurultak vele egy filmforgatáson;
- 2006-ban vásárolta meg alapítványunk;
- gyártás óta összesen 2266 órát repült.

A hazaszállítás kamionon történt, 2006. 07. 10.-én. Ezután kezdődtek el a műszaki munkák, amelyek azóta is folyamatban vannak.

A repülőgépen eddig elvégzett munkák:

- többszöri mosás;
- szétszerelés előtti színtezés;
- előzetes hiba felvételezés;
- a törzs széthúzása;
- a hajtómű kiépítése és elhelyezése a saját szerelő kocsijában;
- az összes rendszer elemeinek kiszérése, elektromos rendszerek kiszérése;
- lemezes munkák elvégzése a teljes repülőgépen;
- a régi festék lemaratása;
- a kiszertelt berendezések nagyjavítása, felületkezelése;
- az összes – repedésvizsgálatra előírt – alkatrész vizsgálata több különböző módszerrel, illetve az eredeti készülékekkel is;
- a repülőgép egyes tereinek, berendezéseinek, alkatrészeinek korróziógátlása, alapozása festése (végleges festést csak a berepülés végrehajtása után kap, ami az eredeti, a néphadseregben használatlaltal, megegyező lesz, reklámfelületek nélkül);
- a hidraulika és levegő rendszer csöveinek legyártása, és visszaépítése;
- a hajtómű összes egységének teljes nagyjavítása, repedésvizsgálata (égőterek, turbinaház, lapátok stb, az eredeti turbina lapátvizsgáló berendezést is felhasználva);
- a forgórészek kiegyensúlyozása (kompresszor, turbina), számítógépes rendszerrel;
- a hajtómű fő egységeinek egymáshoz építése;
- a puha falú fő üzemanyag tartály javítása;
- a többi alumínium törzstartály javítása, hermetikusság próbája;
- a tartályok visszaépítése a törzsbe, festés után;
- a szárnyak, mechanizációk teljes javítása;
- az elektromos rendszerek nagy részének javítása, és visszaépítése;
- futóművek készre szerelése, visszaépítése;
- a kabin teljes festése.

A javítás folyamatos, kb. ez év júliusában fejeződik be. A készre szerelés befejezése után következnek a rendszerpróbák, hajtóműpróbák, beszabályozások, majd az összes szükséges légi-földi üzemeltetési, karbantartási dokumentáció elkészítése, és jóváhagyatása a Légügyi Igazgatósággal. Ezek teljesítését követően a repülőgépet felajánljuk légialkalmassági felülvizsgálatra, és hatósági műszaki átvételre.



2. ábra MiG-15 UTI

A BEREPLÉS ELŐKÉSZÍTÉSE ÉS VÉGREHAJTÁSA

A bereplés rendeltetése, hogy az adott repülőgép repülőképességét, légialkalmasságát, és a Légiüzemeltetési Utasításban meghatározott paraméterek teljesítését ellenőrizzük.

Az oldtimer repülőgépek repülés közbeni ellenőrzése, és a későbbi üzemelés számos veszélyt hordoz magában, ezek közül néhány:

- általánosságban, az adott kor technikai fejlettségi foka miatt, ezekkel a repülőgépekkel sokkal nehezebb repülni, mint a mai korszerű gépekkel, és teljesen más repülőgépvezetési technikát kívánnak meg;
- a repülőgépek egyes rendszerei elavultnak tekinthetők, ezért kevésbé megbízhatóak. (Itt azonban érdemes megjegyezni, hogy bizonyos esetekben az egyszerűbb rendszerek megbízhatósági foka mégis magasabb mint a korszerű, elektronikával tele rendszerek.);
- idejét múlt navigációs berendezések, amelyek mellé korszerű, új, a mai előírásoknak is megfelelő rendszereket kell beépíteni, a történelmi hűség egyidejű megtartása mellett;
- már a Permit to Fly típusú Légialkalmassági Bizonyítvány önmagában is korlátokat hordoz magában;
- bemutatókon gyakran előfordul bonyolult repülőtér és légtér szerkezet;

- nehéz megszervezni a repülések végrehajtását, főleg nemzetközi bemutatók esetén (minden átrepülendő ország Légügyi Hatóságától engedélyt kell kérni);
- biztosítani kell a műszaki háttérrel, alkatrészellátást;
- a meteorológiai viszonyoknak ezek a gépek jobban ki vannak téve (pl. nincs fedélzeti időjárás felderítő lokátor, esetleg komplett jégtelenítő rendszer stb.);
- a pilóták nem főállásban végzik ezt a feladatot, amely kevés repült idővel párosul az adott típuson;
- nagy a zajterhelés.

Repülőgép személyzet

A berepülést végrehajtó személyzetnek szigorú követelményeknek kell megfelelni. Először is berepülő jogosítás szükséges. Fontos, hogy a berepülést végző pilótának nagy repülési tapasztalata legyen általánosságban véve is, (jó, ha több különböző és kategóriájú típusal repül), az adott kategóriában is, vagy akár a konkrét típuson. Nem szabad elfelejteni, hogy nem csak a repülési technikán múlik a végrehajtás minősége, hanem a megfelelő mélységű elméleti tudáson is. Ezért előnyös, ha az illető legalább műszaki felsőfokú végzettséggel, leginkább szakirányú végzettséggel rendelkezik (pl. repülőmérnöki diploma). Mi jelen esetben egy amerikai pilótát részesítünk előnyben, aki az amerikai légierőnél számos típusal repült, és nagy tapasztalatú berepülő pilóta. Cégük üzemeltet egy lengyel MiG-15-t, amit ők szintén a mi forrásunktól vettek, valamint egy MiG-21-el is folytatnak repüléseket. Ő teljes mértékben megfelel az elvárásoknak, mert a kiemelkedő tapasztalata mellett, szinte heti rendszerességgel repül ezen a típuson. Mivel a gép két személyes, ezért saját magam fogom segíteni a munkáját a hátsó ülésből, amely része lesz a típusátképzésemnek. Felmerült az orosz MiG gyár felkeresése is ez ügyben, de nem biztos, hogy ez lenne a megfelelő választás, mert bár egy orosz gyári pilóta tudása és tapasztalata természetesen kielégítő lehetne, de az adott típust mégsem ismeri úgy, mint aki rendszeresen repül is rajta, valamint nyelvi nehézségek is felléphetnének. Esetleg hazai személyzettel is megoldható lenne a berepülések végrehajtása, de ebben az esetben mind a gyakorlati, mind az elméleti tudás megkérdőjelezhető. Itt is, akárcsak a műszaki oldalon, a maximális repülésbiztonságra kell törekednünk. A végső döntés meghozatala – természetesen a mi javaslatunkat is figyelembe véve – a Légügyi Igazgatóság feladata. Ők adnak ki jogosítást a személyzetnek a feladat, és a típuson való repülés végrehajtásához.

Repülőtér és légtér

A feladat összetettsége, és komolysága miatt komplex igényeknek megfelelő repülőteret, valamint légtérrel kell keresni a repülések kivitelezéséhez.

Néhány fontos elvárás:

- minél hosszabb és szélesebb futópályát kell választani, amely kielégíti a szükséges pályahossz igényeket a fel és leszálláshoz, a biztonsági tartalékokkal együtt;
- rendelkezzen a feladat által megkövetelt rádió navigációs berendezésekkel és fénytechnikával;
- a repülőtér környezete ne legyen zajra érzékeny;
- megfelelő infrastruktúra álljon rendelkezésre (épületek, hangár, áram stb.);
- a repülések teljes időtartama alatt legyenek készenlétben tűzoltó és mentő szolgálatok;
- meteorológiai szolgálat;
- torony szolgálat;
- folyamatos műszaki biztosítás;
- felkészülő helyiség;
- ne legyen bonyolult a terep a repülőtér körzetében, az egyszerű fel-leszállás végrehajtása érdekében;
- két alkalmas tartalék repülőtér legyen a közelben;
- álljon rendelkezésre minden szükséges eszköz a gurulóutak és a futópálya tisztán tartásához, mivel a gázturbinák könnyen szenvedhetnek sérüléseket a beszívott szennyeződésektől, idegen tárgyaktól.

Olyan repülőtérrel célszerű választani, amely közelében nem nagy a légi forgalom, illetve könnyen igényelhető úgynevezett eseti légtér a berepülések időtartamára. Ez repülésbiztonsági szempontból lényeges feltétel, mert vészhelyzet esetén a repülőtérrel a legrövidebb távolságon és időn belül el kell tudni érni. Az oldtimer vadászrepülőgépek, igen nagy repülési teljesítmény jellemzőkkel rendelkeznek, ezért nem megfelelő méretű légtérválasztás esetén, könnyen előfordulhat más légterek határainak megsértése, vagy más repülőgépek nem megengedett mértékű megközelítése.

Berepülési program

A repülőgép hazaszállítását megelőzően megkezdjük a Magyarországon még fellelhető összes dokumentáció begyűjtését a típusalapon kapcsolatban. Sikertelenül sikerült a nagyjavításhoz, és a későbbi üzemeltetéshez mindent megszerezni, kivéve a berepülési programot. Végül Lengyelországból, és az USA-ból is kaptunk két különböző fajtát. A lengyel verzió eredeti gyári, az amerikai pedig egy ottani üzemeltető cég által készített, és most is használatos változat. Ezen két dokumentum felhasználásával, és saját tapasztalataink alapján fogjuk elkészíteni a végleges, a Légügyi Igazgatóság által is jóváhagyott verziót, amellyel végrehajtjuk a légi vizsgálatokat.

A két program filozófiájában eltérő. Mindkettő rendelkezik számos hasznos információval, de vannak bennük repülésbiztonsági és logikai szempontból – a mi megítélésünk szerint – nem megfelelően felépített részek is.

Minden nagyjavítás utáni légi alkalmassági minősítő repülés sorozat, több jól elkülöníthető csoportból áll, amely az alábbiakat tartalmazza:

- földi próbák (futómű, mechanizációk, rendszerek, fülke hermetikusság, hajtómű stb. próbák, beszabályozások);
- guruló próbák (fékek ellenőrzése, simmi hajlam, földön való manőverezhetőség, rugóstagok viselkedése, iránytartás, gyorsulópróbák);
- a repülőképeséget ellenőrző első repülés (ennek során vizsgáljuk, hogy a repülőgép képes-e a biztonságos repülésre, megfelelőek-e a stabilitás-kormányozhatósági tulajdonságai, megfelelően üzemel-e a levegőben a hajtómű, és az alapvető rendszerek, életfenntartó berendezések, megbízhatóan repül-e a gép a program további folytatásához);
- a repülőgép hajtóművét és rendszereit vizsgáló repülések;
- a repülési tulajdonságok vizsgálata (fokozatosan a teljes repülési és terhelési területre kiterjedően, egyre szélesítve a repülési magassági és sebességi, túlterhelési tartományt);
- a légiüzemeltetési utasításban előírt teljesítményeket ellenőrző felszállások (fel-leszállási úthossz, emelkedőképesség, gyorsulóképesség, hatótáv, repidő tartam, stb.);
- fedélzeti léginavigációs berendezések ellenőrzése, kalibrálása.

Természetesen a fent említett feladatok egy részét össze lehet kapcsolni, a gazdaságosság figyelembevételéért. Törekedni kell a repülési biztonság maximális betartása mellett arra, hogy minél több vizsgálatot tudjunk elvégezni egy felszállás során. A repült idő, üzemanyag költség csökkentése, és az utólagos elemezhetőség érdekében érdemes kamerákkal felszerelni a repülőgépet kívül és belül is, amelyek segítségével ellenőrizhető a kabinban folyó tevékenység, leolvashatóak a műszerek mutató állásai, valamint a kezelőszervek helyzetei. Ez az utólagos kiértékelésben igen nagy segítségünkre lehet. Ilyen megfontolás alapján egy kamerát kívülre, kettőt pedig a kabinban helyezünk el, valamint a rádió külső és belső csatornáiba is hangrögzítőt építünk be.

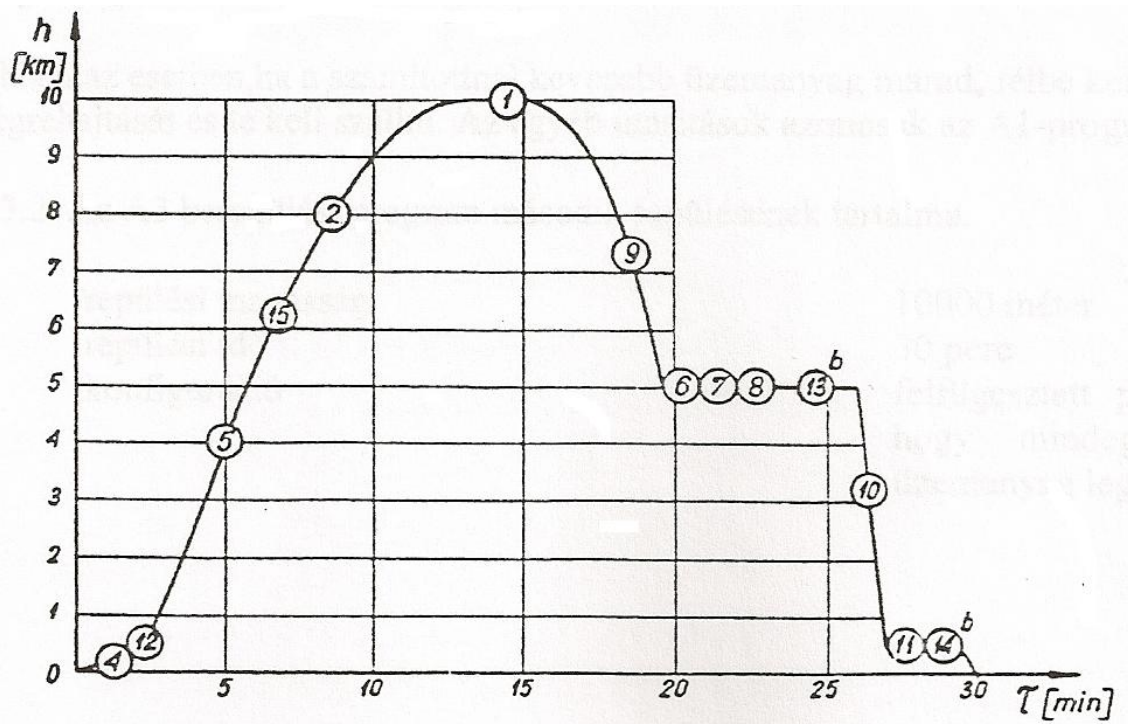
A földi próbák alkalmával mindent gondosan ellenőrizni kell, elkerülendő, hogy repülés közben következzen be egy olyan hibajelenség, amely megfelelő előkészítéssel a földön kivédhető lett volna. Különös gondot fordítva kell ellenőriznünk az összes rendszer működőképességét, a sárkányszerkezet technológia szerinti összeszerelését, a flutter súlyok beépítését, biztosításokat, a vezérléseket, a rendszerek hermetikusságát. El kell végeznünk a repülőgép színtezését. Ehhez nagy segítség az eredeti színtezési jegyzőkönyv, amely megtalálható a sárkánykönyvben. Mi a javítás során a színtezésnél használatos beszabályozási pontokat szándékosan nem állítottuk el, mivel ezekkel a beállításokkal repült a gép utoljára, így nagy valószínűséggel most is megfelelőek lesznek. Ez azért is fontos, mert a sok levegőben töltött – repült idő – során, esetleg kisebb deformációk is keletkezhetnek, amelyek korábban már ki lettek küszöbölve ezzel a beállítással, és feltehetően a repülési tulajdonságok így megfelelőek lesznek. Természetesen mindenképpen végre kell hajtani a színtezést, ahol az eredetileg beállított értékeknek a megadott tűréson belül kell lenniük. A vízszintes vezérsík beállítási szögét –

amely csak a földön állítható –, középre kalibráljuk az első repülés végrehajtásához, és ezt az előírt módon repülési kísérlettel ellenőrizzük. Amennyiben az nem megfelelő, a repülési terület kiterjesztése nem kezdeményezhető. Előfordulhatna ugyanis, hogy bizonyos repülési helyzetekben nem lennének megfelelőek a stabilitási és kormányozhatósági tulajdonságok, amely miatt akár katasztrófa is bekövetkezhetne.

A berepülést végrehajtó személyzetnek behatóan szükséges tanulmányoznia a repülőgép felépítését, rendszereit, berendezéseit. Tisztában kell lennie azzal, hogy egy adott vezérlőkar a működtetése során pontosan mit, és hogyan vezérel valamely rendszerben. Így bármely váratlan helyzetben, egy esetleges hiba esetén, a kellő mélységű rendszerismeret birtokában képes a pilóta gyors, és megfelelő döntés meghozatalára. Egyidejűleg ismernie kell a Légiüzemeltetési Utasításban leírtakat, az összes korlátozást, eljárást, a teendőket különleges esetekben. Minden egyes feladatra szisztematikusan kell felkészülni, átgondolva a feladatok végrehajtásának összes mozdulatát, kabin trenázs keretében begyakorolni azokat, számba véve az esetleges vészhelyzeteket is. Az előírt feladattól eltérni nem szabad soha, és bármely rendellenesség fellépése esetén, azonnal félbe kell szakítani a repülést, és ki kell javítani a hibát.

A berepülési programok áttekintése

A lengyel változat [1] kevésbé részletes, inkább csak a leglényegesebb tulajdonságokat, paramétereket vizsgálja. Két felszállásból áll, az első 15, a második 30 perc időtartamú. Az első felszállás a szárnyak alá függesztett póttartályok nélkül, a második póttartályokkal hajtandó végre. Részletesen tárgyalja a felszállások során ellenőrizendőket, amelyhez diagram áll rendelkezésre a repülési magasságnak, és a repidőnek megfelelően. Ezt a diagramot a pilóta térdblokkjára erősíti, és ez alapján hajtja végre a feladatot. Nem foglalkozik részletesen a kapcsolók, vezérlőkarok állításával az egyes pontokban, ezeket ismertnek tekinti, és a Légiüzemeltetési Utasításban leírtaknak megfelelően kell kezelni őket. Itt feltétlenül szükséges egy rádiócsatorna, amelyen keresztül a pilóta összeköttetésben van az irányító toronyban ülő mérnökkel, így folyamatosan egyeztetik a soron következő feladatokat, valamint a műszerek által mutatott értékek ilyen módon kerülnek bediktálásra. Leszállás után a berepülési jegyzőkönyv kitöltése következik, és a főmérnökkel együtt történik a kiértékelés, a feljegyzett adatok felhasználásával, amelyek alapján minősíteni lehet a repülőgépet. Sor kerülhet újbóli beszabályzásra, és a repülések megismétlésére is. A programból és a jegyzőkönyvből egy-egy kivonat látható az 1-2. ábrákon.



1. ábra Berepülési program

A fenti pontok jelentése:

- 4. futómű behúzási idő és szinkron ellenőrzése;
- 12. rádió magasságmérő ellenőrzése;
- 5. a repülőgép hosszirányú stabilitásának ellenőrzése;
- 15. fedélzeti rádióállomás ellenőrzése;
- 2. a hajtómű ellenőrzése pompázs jelenséggel kapcsolatban;
- 1. a hajtómű működésének ellenőrzése $H=10\ 000\text{m}$ magasságon;
- 9. a repülőgép ellenőrzése „lebillenés”, leborulás kialakulásával kapcsolatban, nagy valószínűségű sebesség esetén;
- 6. a repülőgép keresztirányú stabilitásának ellenőrzése;
- 7. a repülőgép iránystabilitásának ellenőrzése;
- 8. a maximális sebesség ellenőrzése vízszintes repülés közben;
- 13. a repülőgép repülési tulajdonságainak ellenőrzése, és a műhorizont működésének ellenőrzése;
- 10. a repülőgép lebillenésre való hajlamának vizsgálata nagy műszer szerinti sebességeken;
- 11. a törzsféklapok kitérésének, futómű kibocsátásának és a fékszárny kitérésének ellenőrzése;
- 14. a repülőgépvezetési-navigációs műszerek ellenőrzése.

Természetesen az összes pontban rögzített feladat végrehajtási technikája is pontosan, részletesen meg van határozva.

Pompázs a hajtóműben, - műszer szerinti sebesség

$P_{pomp} = \dots\dots\dots$ $t_g = \dots\dots\dots$ $H = \dots\dots\dots$

Hajtómű gyorsulása				
repülési magasság	ad (sec)	n (ford/perc)	t_g (°C)	$P_{üza}$ kg/cm ²
földön				

Futóműbehúzás szinkronja t.....sec
Hosszirányú stabilitás H =°
Keresztirányú stabilitás L =°
Íránystabilitás (pedálok kitérése kiegyensúlyozott repülőgép esetén) cm
Valóságos sebesség/leborulás iránya V = km/h
Műszer szerinti sebesség/leborulás iránya V = km/h
Maximális sebesség vízszintes repülésben V = km/h
RW-2 (RW-UM) érzékenysége I-tartomány
II-tartomány
AGI-1 eltérési hibája°
AGI-1 eltérési hibája°
Íránytű deviációja kiengedett futónál B°
ARK rádió deviációja kiengedett futónál R°
Fékszárnyak leszállási helyzetbe történő kibocsátását jelző jelzőlámpa működésének kezdete $V_p = \dots\dots\dots$ km/h

A berepülés (ellenőrzés) során kapott adatokat értékelni kell és össze kell hasonlítani a repülőgép üzemeltetési utasításában megadott paraméterekkel, majd azt követően kell őket a repülőgép naplójának sárkány, illetve hajtómű rovatába bejegyezni.

2. ábra berepülési jegyzőkönyv

Az amerikai program [2] jóval részletesebb, több felszállásból áll. Ebben megtalálható a repülés összes lényeges fázisára vonatkozóan a kapcsolók, kezelőszervek pontos állása is. Ez is feltételezi a Légiüzemeltetési Utasításban leírt eljárások betartását, de a legfontosabbak pontos helyzete biztonsági okokból megtalálható. Ez a program nem diagramban foglalja össze a feladatokat, hanem A5-ös méretű, térdblokkra erősíthető szöveges táblázatokban, ahol a mért értékek feljegyzésére kijelölt helyek vannak feltüntetve. Így nincs szükség az adatok rádióon történő továbbítására. Persze ez nagyobb munkaterhelést okoz a hajózó személyzet számára. Tekintve, hogy ez a repülőgép kétüléses, célszerű két pilótával megvalósítani a berepülési tevékenységet, így egyikük feladata kizárólag a repülőgép vezetése lehet, míg a másik pilóta a dokumentálással, és a rádiózással foglalkozhat. Ezek a kisméretű kártyák, egyben jegyzőkönyvként is szolgálnak. Ezekből kivonatok láthatók a 3-4. ábrákon.

AFTER TAKEOFF/CLIMB (Test Flight #2)

1. Landing Gear Handle - UP
 2. Flap Handle - UP
 3. RPM - SET 11,200 (30 Min. Max)
 4. EGT - 640 C MAX (30 Min. Max)
 5. Landing Gear Handle - NEUTRAL
 6. Flap Handle - NEUTRAL
- Emergency gear lowering test
 - * 200 KIAS
 - * Gear lever in "Off" position
 - Fuel system functioning
 - * Balanced feeding check
 - Ext tank empty light on time _____
 - * Aft tank transfer light check
 - Aft tank empty light on time _____

3. ábra Felszállás utáni tevékenységek

CARD 7. (Flight NO.2, continued)

- Final flutter clearance/pitch, rudder doublets

<u>A/S</u>	<u>Pitch</u>	<u>Lateral</u>	<u>Directional</u>
350 KIAS	_____	_____	_____
375 "	_____	_____	_____
400 "	_____	_____	_____
425 "	_____	_____	_____
450 "	_____	_____	_____ (No Tanks)
475 "	_____	_____	_____ (No Tanks)
- High "Q" buffet at 17,500' MSL
 - * KIAS _____
 - * IMN _____
 - * Stick force/"G" _____ @ _____ G

4. ábra flutter vizsgálatok

A két különböző program áttekintése során fellelhető a filozófiabeli különbség, amely tanulmányozásra érdemes, mert így a keleti és a nyugati országok berepülési utasításainak előnyei egyesíthetők, és így egy részletes, igazán jó végleges változat készíthető. Érdemes kiemelni, hogy az amerikai változat részletesebben vizsgálja a repülési tulajdonságokat (flutter, jelenségek nagy Mach számoknál, stb.), beleértve az átesést is. A repülési terület is nagyobb, egészen a csúcsmagasságig történő emelkedési teljesítmények vizsgálatát is tartalmazza. Többféle átesést is vizsgál, pl. $n_y > 1$ esetén is, a pilóta által létrehozott belerántással. Szintén érdekes pont a kormányerő meghatározása előírt terhelés esetén, amelyet becsléssel állapítanak meg. Ehhez mi a botkormányhoz kapcsolt nyúlásmérő bélyegekkel működő kormányerőmérő és regisztráló berendezést fogunk alkalmazni. A lengyel változatban ilyen részletes repülési tulajdonság vizsgálatok nincsenek, átesés egyáltalán nem található. A maximális repülési magasság is 10 000m az egyik pontban, így a teljes repülési terület nincs vizsgálva, sem magasság, sem sebesség tekintetében. Viszont a pompázs jelenség megfigyelése pontosabban meg van határozva. A VK-1 típusú gázturbinás sugárhajtómű az úgynevezett termikus fojtás által kiváltott, és a kompresszor karakterisztikák felső részén kialakuló nagy átszámított fordulatszámú pompázsra érzékeny. Az előbbi eset a tüzelőanyag szabályzó rendszer besabályozási problémájára utalhat, főképpen a gyorsító automata hibája miatt, az utóbbi pedig létrejöhet jól működő hajtómű esetén is, kis indikált sebességnél, nagy állásszögeken, nagy magasságban, a hajtómű maximális fordulathoz közeli üzemmódjain. Ennek részletes vizsgálata rendkívül fontos a hajtómű későbbi zavartalan üzeméhez. A fent említett rövid példák alapján világossá válik, hogy miért érdemes egyesíteni a két programban leírtakat.

ÖSSZEFOGLALÁS

Látható, hogy az oldtimer repülőgépek felújítása nehéz feladat, mert megfelelő anyagi háttérre, alkatrész utánpótlásra, szaktudásra, dokumentációra stb. van szükség. Az előírt technológiák betartása, és a gondos felkészülés ellenére is magas marad a kockázat az üzemeltetés során. Szeretéagazó feladatok előzik meg egy repülőgép légi vizsgálatát, gondosan kell elkészíteni a berepülési programot. Megfelelő mélységű elméleti tudás szükséges a hajózó állomány részéről, nagy repülési tapasztalat, és típusismeret. A repülések végrehajtása után történik a mérési eredmények kiértékelése, amely a légi alkalmasság megállapítását célozza. Összehasonlítjuk a mért értékeket, repülési tulajdonságokat az előírt értékekkel, és ez alapján döntünk hogy szükséges-e újabb besabályozás és a légi vizsgálatok megismétlése.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] A LIM típusú repülőgépek berepülési programjai Nemzetvédelmi Minisztérium – Repülőcsapatok Parancsnoksága, Varsó 1976
- [2] MIG-15 BIS/UTI Flight test cards MIG Masters, 30141 Stowe Ct Evergreen, CO 80439



Seres György

A KATONAI LÉGIJÁRMŰ RENDSZERMODELLJE

A rendszerelmélet, mint új tudományos vizsgálati módszer, Angliában keletkezett, a második világháború idején, amikor a német légierő, a Luftwaffe támadásai elleni légvédelmi rendszert a hagyományos vizsgálati módszerek segítségével már nem lehetett hatékonyan megtervezni.

A rendszerelmélet módszereinek alkalmazása a hadtudomány igen sok területén hozott már új eredményeket.

Ezért kísérlem meg bemutatni a légierő alapegysége, a katonai légi jármű rendszerszemléletű vizsgálatának egy lehetséges változatát.

A KATONAI LÉGIJÁRMŰ

A katonai légi jármű lehet:

- vadász,
- bombázó,
- szállító,
- felderítő,
- helikopter,
- felderítő vagy szállító robotrepülő (UAV),
- harci robotrepülő (UCAV),
- léggömb,
- stb.

A katonai légi jármű bemenetei:

- követelmények,
- feltételek,
- befolyásolás,
- erőforrások

a környezetből

A katonai légi jármű kimenetei:

- tulajdonságok,
- képességek,
- jelek,
- veszteségek

a környezetbe

Légijárműnek azt az aerodinamikai illetve rakétahajtást alkalmazó szállítóeszközt nevezzük, amelynek - mint rendszernek - alapvető célja valamilyen eszköz, anyag vagy emberek légi úton (vagy a világűr igénybevételével) való célba juttatása a föld két pontja között.

A katonai légijárművek esetében a célba juttatás tárgya lehet fegyverzet, romboló- és felderítőeszköz vagy élőerő és utánpótlás (eredmény).

E cél elérése mellett – a kamikázék és egyes, pilóta nélküli, automatikus repülő eszközök kivételével – biztosítani kell a személyzet és a technika biztonságos célba jutását - fel és leszállítását is (túlélés).

A KATONAI LÉGIJÁRMŰ KÖRNYEZETE

A környezet alrendszerei:

- Saját
 - földi és légi vezetési rendszer,
 - földfelszíni és műholdas navigációs rendszerek,
 - primer és szekunder radar rendszerek,
 - légiforgalom-irányító rendszer (ATC),
 - veszélyes megközelítést megelőző rendszer (CAS),
 - saját-idegen felismerő rendszer (IFF),
 - leszállító rendszer,
 - földi és légi kiszolgáló rendszer,
 - stb.
- Ellenség
 - légvédelem
 - felderítő radar rendszer,
 - elektronikai felderítő rendszer,
 - elfogó vadász rendszer,
 - légvédelmi rakéta rendszer,
 - elektronikai zavaró rendszer,
 - álcázási rendszer,

- stb.
- terrorizmus
 - földi terrorizmus,
 - fedélzeti terrorizmus,
 - elektronikai terrorizmus,
 - stb.
- Semleges
 - csillagászati,
 - földrajzi,
 - politikai,
 - éghajlati,
 - időjárási,
 - napszak,
 - légiforgalom,
 - stb.

Bemenetek a saját környezetből:

- Követelmény
 - *repülési feladat*
- Feltétel
 - *információ*
- Befolyásolás
 - *irányítás*
 - *navigáció*
- Erőforrás
 - *üzemanyag*

Bemenetek az ellenséges környezetből:

- Feltétel
 - *vizuális és elektronikai álcázás*
- Befolyásolás
 - *a légvédelem, vagy a a terroristák megsemmisítő tevékenysége*
 - *a kommunikációs és a navigációs rendszer zavarása*

- légi eltérítés

A KATONAI LÉGIJÁRMŰ CÉLJA

A katonai légijármű, mint rendszer kimenetei azok a tulajdonságok és képességek, amelyek a repülési feladat végrehajtásához és a környezet befolyásolására való reagáláshoz szükségesek.

Nem kívánatos kimenetet alkotnak a környezetbe kisugárzott hő, fény és rádiójelek, amelyek a felderítést megkönnyítik, valamint az ellenséges környezet által okozott veszteségek.

A katonai légijármű, mint rendszer *célját* a környezet által megkövetelt, illetve kikényszerített *eredmények* képezik – a *túlélés* mellett.

A saját környezet által megkövetelt eredmények lehetnek:

- emberek, fegyverzet és/vagy hadianyagok eljuttatása a kijelölt területre, leszállással, vagy ejtőernyővel,
- optikai és/vagy elektronikai eszközök eljuttatása a kijelölt terület fölé, felderítés céljából,
- táv- és/vagy önirányítású bombák, rakéták, torpedók, aknák eljuttatása a kijelölt terület fölé, csapásmérés céljából,
- ellenséges légi célok felderítése, elfogása, megsemmisítése, megbénítása vagy elrettentése,
- bajbajutott emberek légi felkutatása és mentése,
- stb.

Az ellenséges környezet által kikényszerített eredmények lehetnek:

- álcázás,
- önvédelem,
- elektronikai védelem,
- stb.

A semleges környezet által kikényszerített eredmények lehetnek:

- homokvihar túlélése,
- hóvihar túlélése,
- tengeri vihar túlélése,
- stb.

A KATONAI LÉGIJÁRMŰ STRUKTÚRÁJA

A technikai alrendszer:

- a sárkány és a hajtómű konstrukciója és műszaki jellemzői,
- műszerezettség,
- fegyverzet,
- fedélzeti kiszolgáló, biztonsági és ellenőrző rendszer,
- ATC, CAS, IFF, navigációs és leszállító rendszer,
- C⁴I rendszer,
- az ellenséges környezet általi felderítést akadályozó rendszer,
- stb.

A szervezeti alrendszer:

- a hajózó állomány kiképzési rendje,
- az előzetes és a közvetlen előkészítés rendje,
- a földi és a légi üzemanyag-ellátás rendje,
- a saját és az idegen repülőtéren történő leszállás rendje,
- a földi és a légicélok felderítésének rendje,
- a veszélyhelyzetek elkerülésének rendje,
- az ellenség általi felderítés elkerülésének rendje,
- stb.

A humán alrendszer – az ember:

- a hajózó személyzet műszaki és harci kiképzettsége és gyakorlottsága,
- a hajózó személyzet fizikai és pszichikai állapota,
- a hajózó személyzet terror-elhárítási kiképzettsége és gyakorlottsága,
- stb.

SPECIÁLIS KATONAI LÉGIJÁRMŰ: A ROBOTREPÜLŐGÉP

A felderítő, vagy szállító (*UAV - Unmanned Air Vehicle*) és a harci (*UCAV - Unmanned Combat Air Vehicle*) katonai robotrepülőgép:

- a humán alrendszer – a „hajózó” személyzet - fizikailag nem a légi jármű fedélzetén van,
- szerepét a számítógép veszi át,

- a „hajózó” személyzet a, saját környezet részeként, a repülési feladat célját határozza meg, és szükség esetén, távirányítással, vagy programmódosítással beavatkozik a számítógép működésébe,
- a túlélés nem feltétlenül szerepel a célok között.

ÖSSZEFOGLALÁS

A katonai légijármű általános modellje lehetővé teszi:

- a katonai légijárművek összehasonlítását;
- a környezet és az alrendszerek befolyásának értékelését a célok elérése szempontjából;
- a fegyveres küzdelem és a légiforgalom többi szereplője befolyásának figyelembevételét;
- a légvédelmi küzdelem vizsgálatát a kibernetika gazdag eszköztárának alkalmazásával;
- a légierő és a légvédelem korszerűsítése máig aktuális kérdéseinek megválaszolását.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] György Seres: A suitable process of updating the Hungarian Air-Forces, "FUTURE AVIATION TECHNOLOGIES" nemzetközi tudományos konferencia, ZMNE, 2002., Szolnok, http://drseres.com/publik/pdf/process_eng.pdf
- [2] Kende György – Seres György: Haditechnikai kutatás-fejlesztés, egyetemi jegyzet, ZMNE, 2004.
- [3] Kende György – Seres György: Haditechnikai kutatás-fejlesztés, multimédiás egyetemi tananyag, ZMNE, 2005. <http://drseres.com/tavoktatas>
- [4] Seres György: Bases of military system modeling, multimédiás doktori tananyag, ZMNE KMDI, 2005. <http://drseres.com/ceepus>
- [5] Seres György: A katonai légi jármű, mint rendszer, „ROBOT-HADVISELÉS-5", nemzetközi tudományos konferencia, ZMNE, 2005., http://drseres.com/publik/pdf/air_vehicle_hun.pdf



Somosi Vilmos mk. szds.

AZ EURÓPAI LÉGTÉRSZERKEZET RACIONALIZÁCIÓJA – A FAB CE PROGRAM ÉS A MAGYAR ÁLLAMI CÉLÚ LÉGIKÖZLEKEDÉS KAPCSOLATA

Az európai légtérben végrehajtott repülések száma az elmúlt 20 évben jelentős mértékben megsokszorozódott, és az elkövetkezendő 15 évre még intenzívebb növekedés prognosztizálható. Európa légtere telített, légi útvonalai egyre zsúfoltabbak a légiforgalmi irányítói szektorok kapacitása a maximumhoz közelít, a katonai fél az új műveleti követelményekre történő felkészülése miatt fokozott légtérigénnyel jelentkezik, a nemzetek által alkalmazott jogszabályi környezet, az irányítói rendszerek és munkatechnológiai eljárások pedig már nem teszik lehetővé az előttünk álló időszakra számított forgalom biztonságos kiszolgálását.

AZ EGYSÉGES EURÓPAI ÉGBOLT KONCEPCIÓ MEGVALÓSÍTÁSA

A légiközlekedési iparágban bekövetkezett robbanásszerű fejlődés eredményeként jelentkező légiforgalmi mutatók, illetve új légiközlekedési igények alapján a kontinens légiközlekedésben érintett szereplői – különösen a nemzetközi személy- és áruszállításban érintett légitársaságok (járatok), a polgári és katonai légiforgalmi szolgáltatók, a légtérrendészetért és légvédelemért felelős szervezetek, valamint a légiközlekedésért felelős kormányzati szervek – hatékony, és hosszú távon is kielégítő megoldásokat biztosító stratégia megalkotását szorgalmazták, melynek eredményeként az európai légiközlekedési környezet hatékonyan racionalizálható.

A repülésben érintett felek részéről érkező, sokszor jelentősen eltérő igények harmonizált érvényre juttatásához első lépéseként nemzetközi szintű politikai konszenzusra volt szükség, mely megfelelő alapot biztosíthatott az európai légtérszerkezet és légiforgalmi környezet átalakítására vonatkozó stratégiai szintű tervek megalkotására. A már 2000 körül elkezdett folyamatok eredményeként 2004. évben az alábbi négy európai uniós jogszabály lépett hatályba, melyek az Európai Unió közlekedési stratégiájával összhangban megfelelő alapot biztosítottak az európai légtérszerkezet egységesítését célzó, több fázisban megvalósuló projekt végrehajtására:

- az Európai Parlament és a Tanács 549/2004/EK rendelete (2004. március 10.) az egységes európai égbolt létrehozására vonatkozó keret megállapításáról;
- az Európai Parlament és a Tanács 550/2004/EK rendelete (2004. március 10.) a léginavigációs szolgálatoknak az egységes európai égbolt keretében történő ellátásáról;

- az Európai Parlament és a Tanács 551/2004/EK rendelete (2004. március 10.) a légtérnek az egységes európai égbolt keretében történő szervezéséről és használatáról;
- az Európai Parlament és a Tanács 552/2004/EK rendelete (2004. március 10.) az Európai Légiforgalmi Szolgáltatási Hálózat átjárhatóságáról.

E szabályozók az ún. SES¹ keretrendeletek, melyekre támaszkodva további jogforrások, illetve multilaterális és nemzeti projektek láttak napvilágot az egységes európai légtér, valamint a korszerű légiforgalmi környezet megvalósításához. A SES I. fázisának teljesítéséhez hatályba lépett további fontosabb közösségi szabályozók:

- a Bizottság 2096/2005/EK rendelete (2005. december 20.) a léginavigációs szolgálatok ellátására vonatkozó közös követelmények megállapításáról;
- a Bizottság 2150/2005/EK rendelete (2005. december 31.) a rugalmas légtérfelhasználásra vonatkozó közös szabályok megállapításáról;
- a Bizottság 730/2006/EK rendelete (2006. május 11.) a légtér 195-ös repülési szint fölötti osztályozásáról és a látvarepülési szabályok szerinti járatok e szint fölötti útvonaláról;
- a Bizottság 1794/2006/EK rendelete (2006. december 06.) a léginavigációs szolgálatok közös díjszámítási rendszerének létrehozásáról.

A SES I. fázis eredményei alapján további lépésként, a 2008. évben megkezdődött a SES II. program-csomag előkészítésének befejezése, melynek köszönhetően várhatóan 2009. évben újabb közösségi és nemzeti szabályozók lépnek hatályba. Ezek egyike azon döntéshez kapcsolódik majd, mely alapján az Európai Unióban a körzeti irányító központok számának csökkentésével regionális irányító központ-rendszert hoznak létre az egységes légtérben történő irányítás biztosítására. Ez a komoly politikai döntés a légiközlekedési iparág reformjának egyik mérföldköve, ugyanis ezzel a lépéssel a tagországok stratégiai gazdasági struktúrája is módosításra kerül.

Az irányító központok esetleges bezárásával számos egyéb területen is változások következhetnek majd be: az útvonal-használati díjak módosulása a nemzeti gazdasági életre is hatást gyakorol, a légiforgalmi és léginavigációs szakállomány más országba történő vezénylése munkaerőforrás-áramlást generál, az irányító központok hardver és szoftver fejlesztési programjainak elmaradása a kutatás és fejlesztési szektor hatékonysági mutatóinak visszaesését eredményezi, és nem utolsósorban megváltoznak a polgári és katonai ATM stratégiai együttműködés részletei, továbbá az ország légiközlekedési szektorban megszerzett potenciálja is.

¹ Single European Sky (a továbbiakban: SES)

A SES PROGRAM CÉLKITŰZÉSEI

Az egységes európai légtér megvalósításának több lépcsős koncepciója számos célkitűzést tartalmaz, melyek közül az egyik a hatékonyabb pán-európai légi útvonal-szerkezet kialakítása. A korszerűsített útvonal-szerkezet a tervek szerint lehetőséget teremt a növekvő légiforgalom biztonságos kezelésére: jobb áramlásszervezési mutatókat eredményez, növeli a környezeti légiforgalmi irányítói szektorok kapacitását, csökkenti a repülési időt, az útvonalon elszenvedett késéseket, a légijárművek üzemanyag fogyasztását, és ezáltal az iparág felelősségi körébe tartozó környezetszennyezést.

E szakmai jellegű változások pedig – közvetett módon – a légiközlekedési terület pénzügyi elemeinek módosulását is eredményezik (a léginavigációs szolgáltatók által meghatározott útvonal-használati díjak, a légitársaságok kiadásai, repülőjegyek ára, stb.). Az útvonalrendszer hatékonyabbá tételét célzó lépések egyik részeként már megtörtént az európai útvonal használati díjrendszer reformja is, melynek eredményeként Uniós szinten egységesítésre kerültek a különböző díjtételek.

A SES koncepció további két fő célkitűzése az országhatároktól független légtérszerkezet kialakítása, valamint a rugalmas légtér-felhasználási elvek nemzeti szintű alkalmazása. A két cél megvalósítására vonatkozó stratégia megalkotása, illetve annak napjainkban is folyó kivitelezése azonban számos előre nem prognosztizált probléma felszínre hozatalát is eredményezte, mellyel összefüggésben az államok katonai képviselőinek (így köztük a Magyar Köztársaság Honvédelmi Minisztériumának is) szembesülniük kellett a hatékonyabb légiforgalmi környezet megvalósítása során a nemzeti és szövetségi honvédelmi érdekek minél szélesebb körű képviselésének fontosságával.

A jelentkező problémák gyökere alapvetően a légtér felhasználásának eltérő igényeiben keresendő. A légiforgalmi szolgáltatók, a légitársaságok, és a honvédség minden esetben a légtér egyénekenkénti legoptimálisabb kihasználtságára törekszik, mely sok esetben egymással drasztikusan ellentmond. Míg a honvédség a légtér ellenőrzése miatt szabályokat, a repüléseihez pedig nagy vertikális és horizontális mozgást biztosító légtérrel követel, a „kisgépes” társadalom a korlátozásoktól mentes, szabad repülésekhez ragaszkodik, a légitársaságok viszont minél rövidebb idő alatt és útvonalon kívánnak az ország légtérében mozogni, amelyhez természetesen a polgári légiforgalmi szolgálat pénzügyiségben arányos útvonalszerkezetet és szolgáltatást biztosít.

A FUNKCIONÁLIS LÉGTÉRBLOKK KONCEPCIÓ

A fentiek alapján megállapítható, hogy ezen érdekek harmonizálása egy racionálisabb légiközlekedési környezet megalkotásában is markánsan meg kell, hogy mutatkozzon. Az egymástól sok esetben jelentős mértékben eltérő felhasználói igények kompromisszumokon alapuló egyeztetése eredményeként egy új, alapjaiban korszerűbb légtér-szerkezet és légiközlekedési környezet

megszületése valósul meg az elkövetkezendő években, mely fejlesztési program-csomag neve: funkcionális légtér-blokk (Functional Airspace Block, a továbbiakban: FAB) projekt.

A program alap gondolata nem új keletű, ugyanis régiókban korábban is történtek kezdeményezések az országhatároktól független, több ország légtérét egy blokkban kezelt ellenőrzött légiforgalmi légtérszerkezet és légiforgalmi szolgáltatási eljárásrend megvalósítására. Az EUROCONTROL közép-európai térséget érintő programjának² keretében közel 10 éven át folytak szakmai egyeztetések a hasonló elveken alapuló, akkor nyolc³ országból álló közép-európai légiforgalmi régió megalkotására.

A tagállamok közötti szakmai ellentétek miatt a program csekély részeredmények felmutatását követően 2008. évben befejeződött, azonban az EUROCONTROL⁴ az Európai Unió egységes légtér megalkotására vonatkozó koncepciója alapján kidolgozta a FAB programot, melynek keretében az európai államok⁵, illetve egyes észak-afrikai országok részvételével kilenc országhatároktól független régió kialakítására kerül sor. E régiókban a tagországok a légiforgalmi szolgáltatással összefüggő feladatok egymás közötti felosztásával racionalizálják a légtérszerkezetet, illetve a légiforgalmi áramlás-szervezést. A régiók és a résztvevő országok az alábbiak:

- FAB CE
(Ausztria, Csehország, Szlovákia, Horvátország, Szlovénia, Bosznia-Hercegovina, Magyarország)
- Baltic FAB
(Lengyelország, Litvánia)
- Blue Med
(Olaszország, Görögország, Ciprus, Málta)⁶
- Danube FAB
(Bulgária, Románia)
- NUAC
(Svédország, Dánia)
- FAB Europe Central
(Franciaország, Németország, Svájc, Belgium, Hollandia, Luxemburg)⁷
- NEFAB
(Norvégia, Finnország, Észtország, Grönland, Dánia, Svédország)
- SW Portugal-Spain FAB
(Spanyolország, Portugália)
- FAB UK Ireland
(Nagy-Britannia, Írország)

² Central European Air Traffic Services – CEATS

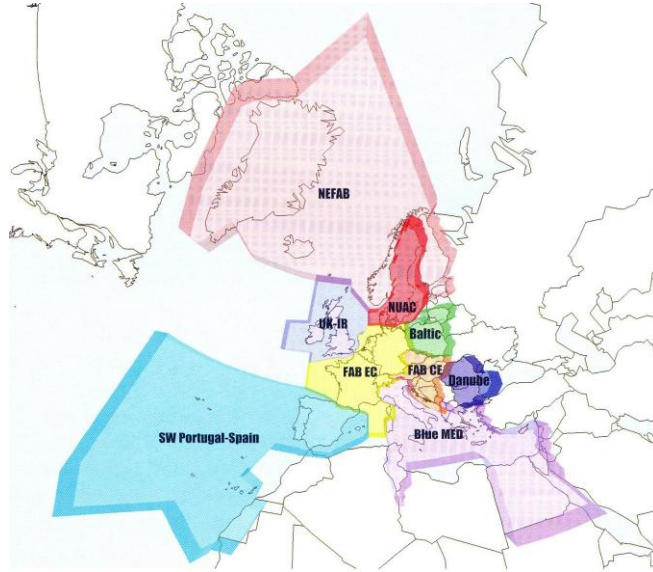
³ Csehország, Szlovákia, Ausztria, Olaszország, Horvátország, Szlovénia, Bosznia-Hercegovina és Magyarország

⁴ Európai szervezet légiközlekedés biztonságáért

⁵ Egyelőre Lettország kivételével, azonban tárgyalások kezdődtek a jövőbeni tagságukkal kapcsolatban

⁶ Tunézia, Egyiptom és Albánia társult tagként, Jordánia megfigyelőként

⁷ Nagy-Britannia együttműködő partnerként



1. ábra: A FAB légtérrendszer

A FAB projektben résztvevő országok felsorolásából kitűnik, hogy a blokkok megalkotása elsődlegesen az Európai Unió, illetve a polgári légiforgalmi szolgáltatói igényeinek figyelembe vételével történt, és teljesen nem alkalmazkodott a NATO érdek- és kapcsolati rendszeréhez. Ez alapvetően érthető abban az esetben, ha megfigyeljük a programban résztvevő országok körét, illetve az Európai Unió kiterjedését, gazdasági céljait, azonban tovább bonyolítja a program megvalósításához szükséges előzetes egyeztetéseket.

A FAB program és általánosságban a nemzeti állami célú légiközlekedés kapcsolatát azonban alapvetően meghatározza különböző katonai érdekek egymással szembe kerülésének esetleges lehetősége is. A programban érintett országok közötti katonapolitikai helyzetet a térségre jellemző bilaterális és szövetségi kapcsolati viszonyok határozzák meg, mely alapján az adott ország FAB programban való részvétele nem kizárólag a polgári gazdasági és szakmai érdekektől, hanem a nemzeti katonai igényektől is függ.



2. ábra: A FAB CE
NATO és PfP tagállamai

A FAB CE PROGRAM ÉS A MAGYAR ÁLLAMI CÉLÚ LÉGIKÖZLEKEDÉS KAPCSOLATA

A nemzeti és szövetségi érderendszer megjelenítésének szükségessége különösen nagy hangsúlyt kap a FAB CE programban is. A magyar állami célú légiközlekedés érderendszerével összefüggésben megállapítható, hogy a FAB CE programban érintett tagországok NATO és PfP államok körére történő tagozódása miatt a FAB CE kialakításának kezdeti lépéseinél is már fontos hangsúlyt javasolt fektetni a NATO egységes légtérellenőrző, légvédelmi és ATM⁸ igényeinek minél szélesebb körű képviselésére. A honvédelmi tárcának ezért különösen fontos feladata, hogy a program megvalósítása során mind a szövetségi, mind a nemzeti katonai igényeket egyaránt kielégítse.

A Magyar Köztársaság FAB CE programban való részvételével egyben a magyar állami célú légiközlekedés jövőbeni formája, és a hazai légiközlekedési szabályozói környezet is átalakításra kerül. Ennek megfelelően első lépéseként, a SES I. program egyik eredményeként, a hazai légtér szerkezet is módosításra került. A magyar légtér légiközlekedés céljára történő kijelöléséről szóló 26/2007. (III. 1.) GKM-HM-KvVM együttes rendelet hatályba lépését követően 2007. május 10-től hatályos új légtér-struktúra már a rugalmas légtér-felhasználási elvek⁹ alapján működik, mely alapján a katonai fél által igényelt légterek a polgári fél által könnyebben átjárhatók, elősegítve a légiforgalom gyorsabb és akadálymentesebb áramlását.

A légtér szerkezet átalakítása a polgári és katonai repülésirányító fél közötti együttműködés munkatechnológiai eljárásrendjét is jelentős mértékben megváltoztatta. Az átjárhatóbb légtér szerkezetben az állami célú légiközlekedésben résztvevők már nem időszakosan elkülönített¹⁰, hanem időszakosan korlátozott légtérben¹¹ hajtják végre feladataikat, melyben a felelősségi körök, illetve a nyújtott szolgáltatás változott. Az újszerű kialakítás kétoldalú: egyrészt előnyös, mert a polgári fél könnyebben tudja a polgári légiforgalmat az útvonalon irányítani, másrészt a Magyar Honvédségnek lehetősége nyílik nagyobb kiterjedésű légtér kijelölésére és igénylésére a komplexebb jellegű állami célú légiközlekedési feladatok rugalmasabb végrehajtásához. Emellett azonban megjelennek az újszerű üzemeltetés veszélyforrásai is. A légtérben lévő légijárművek személyzetének nagyobb figyelemmel és pontossággal kell a szabályokat betartania, a légtérben megosztott az irányítói felelősség, így az együttműködő polgári és katonai légiforgalmi, illetve légvédelmi szolgálatok között megnövekszik a (pretaktikai, illetve operatív szintű) koordináció. Ez természetesen azonnal megköveteli a polgári és katonai fél által alkalmazott munkatechnológiai eljárások repülésbiztonsági vonatkozású szigorítását, a közös felkészülést és elemzést, az azonos

⁸ Air Traffic Management – légiforgalom-szervezés

⁹ Flexible Use of Airspace (FUA)

¹⁰ Temporary Segregated Airspace

¹¹ Temporary Restricted Area

radarhelyzetkép megjelenítést, illetve a kapcsolattartáshoz szükséges rendszerek biztonságosabb működését.

A FAB CE projektben a honvédelmi tárcának a nemzeti és szövetségi igényeket kell a legmesszemenőbben képviselnie. A jövőben kialakításra kerülő légtérszerkezetben, illetve a hozzá tartozó légiforgalmi irányítói környezetben kizárólag az irányítással összefüggő felelősségi körök delegálására kerül sor, a légtér marad az adott ország „tulajdonában”. Ez alapján a katonai félnek továbbra is fennmarad a légtér felügyeletével, illetve a légvédelemmel kapcsolatos felelőssége, feladatköre. Egy adott ország egyes légtérrészének szolgáltatás-felelősségi szempontból történő delegálására már napjainkban is találunk hazai példát (az ország északi részén a kassai repülőtéri induló és érkező forgalom légiforgalmi irányításhoz, az ország nyugati részén pedig az Austrocontrol-hoz delegált közeli légteret). A FAB CE projektben azonban az ország feletti körzeti irányítás legjava, végső soron pedig teljes egésze más nemzet irányítói felelősségi körébe kerülne, így a polgári és katonai fél közötti együttműködés részletei is megváltoznak. Ez alapvetően olyan nemzetközi jogi kérdés, melynek keretében jogi és anyagi felelősségi, illetve technikai és együttműködési kérdések minden részletre kiterjedő tisztázása válik szükségessé.

A FAB CE projektben országhatárokon átnyúló légterek (Cross Border Area – CBA) kijelölésére is sor kerül, mely lehetőséget teremt a légtérhasználói igények, valamint a jelentős forgalmú légi útvonalak harmonizált kialakítására. Az előbb említett közeli légter-példákhoz hasonló, polgári és/vagy katonai felhasználású légterekben az irányítás felelősségi köre szintén megoszlik. A felelősségi körök nemzetközi jogi kérdéseinek tisztázása mellett fontos hangsúlyt kap az irányítói szolgáltatás során alkalmazott munkatechnológiai eljárások (pl: alkalmazott rádiólevelezés, a légtérben maradáshoz szükséges vertikális és horizontális biztonsági határok) egységesítése.

Ez a FAB CE térségben több markáns esetben is megmutatkozik. Az egyik, hogy a NATO egységes légvédelmi rendszerében¹² hazánk a déli régióhoz tartozik, azonban a FAB CE programban a térségen belüli együttműködők közül kizárólag Szlovénia helyezkedik, mivel Románia a *Danube FAB* elemhez tartozik (Szlovéniának természetesen Olaszországgal, a *Blue Med FAB* elemével is szoros együttműködést kell folytatnia). Így hazánknak már a FAB-ok létrehozása előtt egyeztetéseket kell folytatnia a szlovén és a román katonai féllel, mely természetesen meghatározza a FAB-on belüli, illetve a FAB-ok közötti szövetségi katonai együttműködés részleteit is.

Ezen túlmenően a FAB CE szegmensben lévő Szlovákia a NATO északi légvédelmi részéhez tartozik, amelyben esetleg eltérőek a légvédelmi szolgálat ellátása során alkalmazott eljárások, kifejezések, biztonsági rendszabályok. Ezen részletek tisztázása – a Románia Kormányával megkötött és a 2008. évben kihirdetett Korm. rendelethez¹³ hasonlóan – a szlovák és magyar légvédelmi

¹² NATO Integrated Air Defense System (NATINADS)

¹³ 4/2008. (I. 19.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és a Románia Kormánya közötti, a légtérrendészeti feladatokban történő együttműködésről.

(valamint a légi kutató-mentő) szolgálatok jövőbeni együttműködését rendező bilaterális egyezmények kidolgozása során megtörténik.

A másik eset az, amikor a CBA nem NATO tagországgal együttműködve kerül kialakításra. Ebben az esetben már a szövetségi érdekek figyelembe vétele mellett a NATO ezirányú iránymutatásai is szükségesek, hiszen ha az így kialakított CBA-ban katonai repülések kerülnek végrehajtásra, a nem NATO ország illetékes szolgálata nem jogosult légvédelmi irányítói biztosításra, kiváltképp mert nem jártas a szövetségi eljárásokban, rádiólevelezési sztenderdekben.

A FAB CE projekt keretén belül kialakításra kerülő szabályozási struktúrában szerepet kap a térség légtér-gazdálkodással kapcsolatos ügyeiért felelős, jövőben megalakuló JCMACB¹⁴ szervezet is, melynek alapvető feladata a régió légtérszerkezetével kapcsolatos stratégiai szintű feladatok, egyeztetések végrehajtása. A szervezet a tervek szerint 2012. év körül kezdi meg működését, a munkakörülményeinek kialakítása napjainkban folyamatban van. Az előzetes elképzelések szerint a JCMACB munkájában a nemzetek polgári és katonai képviselői vesznek részt, hasonlóan a Nemzeti Légtér Koordinációs Bizottság működési profiljához. Az egyeztetések jelenlegi fázisában azonban még nem eldöntött, hogy a szervezet döntési mechanizmusa milyen formában kerül kialakításra. Ez azért különösen fontos, mert a hét ország összesen 14 résztvevője megoszlik 7 polgári és 7 katonai (ezen belül pedig 3 nem szövetségi és 4 NATO tag) résztvevőre.

Ezek alapján körvonalazódik, hogy egyes légtér-vonatkozású kérdésben kialakulhat egy nem konszenzusos döntési helyzet, melyben esetleg hazánknek nem lesz oly mértékű az érdekérvényesítő képessége, mint ahogy az nemzeti szinten elvárható. Az egyeztetések során – a NATO nemzetek katonai képviselőnek támogatása mellett – a magyar katonai fél jelezte továbbá, hogy a légtér-gazdálkodáson túl számos olyan kérdés merülhet el, melynek szervezetszerű egyeztetése elengedhetetlen. Egyelőre azonban az EUROCONTROL FAB CE megvalósításáért felelős munkacsoportjai keresik a megoldást, mivel ezen ATM vonatkozású kérdések nemzetközi szintű tisztázására a JCMACB – a tervekben szereplő, jövőbeni működési profilja alapján – nem alkalmas, más polgári-katonai szervezet létrehozására pedig még nem született javaslat.

További kérdés a jelenleg nemzeti hatáskörben lévő légtér-gazdálkodás kérdésének tisztázása. A rugalmas légtér felhasználási elvek érvényesítését biztosító, HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt.-n belül működő integrált (polgári-katonai) Légtér-gazdálkodási Csoport (Airspace Management Cell – a továbbiakban: AMC) feladata a pretaktikai és operatív szintű légtér-gazdálkodási feladatok ellátása. Amennyiben ezen feladatokat a jövőben egy bilaterális együttműködés keretében megalakuló szub-regionális AMC vagy később egy regionális (azaz mind a hét tagország légtérével gazdálkodó) AMC veszi át, nem látható a nemzeti katonai légtér-felhasználási igények teljesítésének jelenlegi szintű minősége.

¹⁴ Joint Civil-Military Airspace Coordination Body

Példával illusztrálva egyelőre nem tisztázott, hogy a szélesebb hatáskörű (szub)regionális AMC-ben milyen prioritásokkal lesz biztosítható a Magyar Honvédség kiképzési repüléséhez előzetesen megigényelt légtér, ha egy másik ország – a szektoraiban várható polgári légiforgalom miatt – javaslatot tesz a forgalom magyar légtérbe történő átirányítására. Ez esetben ugyanis előfordulhat, hogy a magyar katonai légtérrel aktivizálását az AMC csak korlátozással engedélyezi, tehát egy másik nemzeti érdek befolyásolja a műveleti képesség érdekében történő hazai katonai feladatok végrehajtását. Ez a példával illusztrált helyzet azonban minden tagország honvédelmi tárcája által elfogadhatatlan, ezért minden fél, így a magyar nemzeti képviselők feladata egy olyan működési struktúra kialakítása, melyben a hazai, illetve a szövetségi katonai érdekek nem sérülnek.

A MAGYAR ÁLLAMI CÉLÚ LÉGIKÖZLEKEDÉS FAB CE PROGRAMBAN VÁRHATÓ JÖVŐJE

A teljesség igénye nélkül bemutatott jellemzők alapján is kijelenthető, hogy az elkövetkezendő pár éven belül a magyar állami célú légiközlekedés egy olyan dinamikusan változó nemzetközi légiforgalmi környezetbe helyeződik át, melyben a nemzetközi igények harmonizálása kiemelten nagy hangsúlyt kap. A nemzeti és a hazánk által képviselt szövetségi érdekek alapvetően befolyásolják a szomszédos országokkal való ATM vonatkozású együttműködés részleteit, ezért a honvédelmi tárca kiemelten fontos feladata már az egyeztetések kezdeti szakaszában a nemzeti polgári partnereken túl a szomszédos országok katonai együttműködőivel történő intenzív szakmai és katonadiplomáciai egyeztetések megkezdése. A FAB CE projekt jelenlegi stádiumában még sok a megválaszolatlan kérdés, azonban tény, hogy a többváltozós környezetben a legfontosabb cél a hazai katonai érdekek minél szélesebb körű érvényesítése, és egy olyan „mozgástér” biztosítása, melyben a magyar állami célú légiközlekedési feladatok a szövetség által támasztott műveleti képességnek való megfelelő érvényesítés érdekében maradéktalanul végrehajthatók.

Felhasznált irodalom:

- [1] EUROCONTROL PERFORMANCE REVIEW COMMISSION: Evaluation of Functional Airspace Block (FAB) initiatives and their contribution to performance improvement, Brussels 2008.
- [2] Az Európai Parlament és a Tanács 549/2004/EK rendelete (2004. március 10.) az egységes európai égbolt létrehozására vonatkozó keret megállapításáról.
- [3] Az Európai Parlament és a Tanács 550/2004/EK rendelete (2004. március 10.) a léginavigációs szolgálatoknak az egységes európai égbolt keretében történő ellátásáról.
- [4] Az Európai Parlament és a Tanács 551/2004/EK rendelete (2004. március 10.) a légtérnek az egységes európai égbolt keretében történő szervezéséről és használatáról.
- [5] Az Európai Parlament és a Tanács 552/2004/EK rendelete (2004. március 10.) az Európai Légiforgalmi Szolgáltatási Hálózat átjárhatóságáról.
- [6] A Bizottság 2096/2005/EK rendelete (2005. december 20.) a léginavigációs szolgálatok ellátására vonatkozó közös követelmények megállapításáról.
- [7] A Bizottság 2150/2005/EK rendelete (2005. december 31.) a rugalmas légtérfelhasználásra vonatkozó közös szabályok megállapításáról.
- [8] A Bizottság 730/2006/EK rendelete (2006. május 11.) a légtér 195-ös repülési szint fölötti osztályozásáról és a látvarepülési szabályok szerinti járatok e szint fölötti útvonaláról.
- [9] A Bizottság 1794/2006/EK rendelete (2006. december 06.) a léginavigációs szolgálatok közös díjszámítási rendszerének létrehozásáról.
- [10] A magyar légtér légiközlekedés céljára történő kijelöléséről szóló 26/2007. (III. 1.) GKM-HM-KvVM együttes rendelet
- [11] A FAB CE munkacsoportok üléseiről készült emlékeztetők.



Dr. Szabó László – Kiss Balázs

REPÜLŐGÉPEK JELLEGZETES NYITOTT ÉS ZÁRT KÖNNYŰSZERKEZETES ELEMEI NYÍRÓFOLYAMÁNAK (NYÍRÓFESZÜLTSGÉNEK), VALAMINT NYÍRÁSI KÖZÉPPONTJÁNAK MEGHATÁROZÁSA ÉS AZ EZEK ELMÉLETI ELSAJÁTÍTÁSÁT SEGÍTŐ TANSEGÉDLETEK BEMUTATÁSA

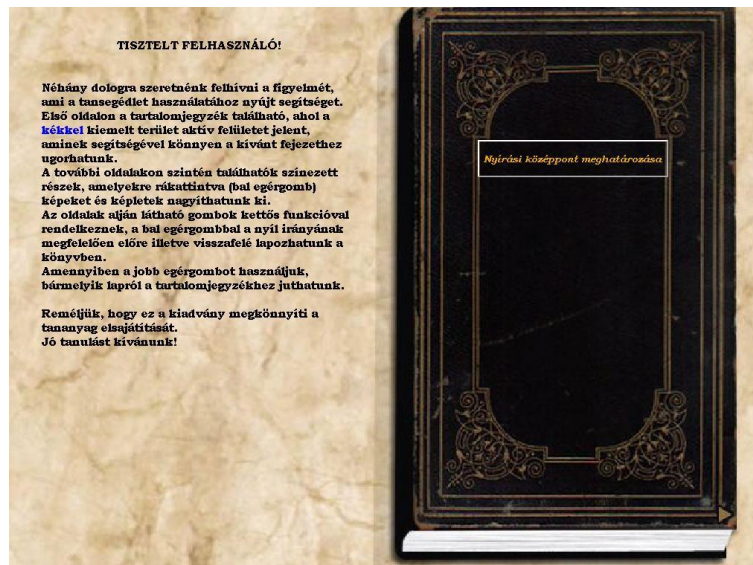
A cikkünk, illetve az előadásunk témája a repülőgép építésben alkalmazott jellegzetes nyitott és zárt könnyűszerkezetes elemek nyírófolyamának (nyírófeszültségének), valamint nyírási középpontjának meghatározása. Munkánk három fejezetre épül, amelyekben szisztematikusan igyekszünk bemutatni azon ismereteket, melyekre egy repülőműszaki szakembernek szüksége van ahhoz, hogy a vizsgált feladat világossá váljék számára. Az első fejezetben röviden összefoglaljuk a könnyű szerkezetek hajlításának elméletét, majd a következő két fejezetben a nyílt és a zárt szelvényű keresztmetszetek nyírási középpontjának meghatározását tűztük ki célul. Minthogy a *Repülőgép szilárdságtan* c. tantárgy a képzési rendszerünkben a *Mechanika* szigorlatot követi, így feltételezzük, hogy a felhasználó rendelkezik a szükséges alapfogalmak ismeretével, ezért nem foglalkoztunk a klasszikus mechanika és a könnyűszerkezettan alapfogalmainak bővebbi ismertetésével. A munkánk érdemi része abban található a repülőszakemberek, illetve a repülő-műszaki szakos hallgatók számára, hogy a szigorúbb elméleti leírást igyekszünk alaposan kidolgozott feladatokkal illusztrálni, melyek a mérnöki gyakorlatban előforduló profilok vizsgálatát jelentik. Az elméleti rész kidolgozását NEOBOOK Professional 5 multimédia szerkesztő programmal végeztük el, amihez tartozik egy kiegészítő tesztelő program is (PÉLDATÁR), melyet Visual Basic rendszerben került kivitelezésre.

A fő célunk, hogy az általunk feldolgozásra kiválasztott témarészt az illusztrációk és multimédiás segédeszközök segítségével egy könnyebben érthető formába öntsük, így jobban átláthatóbbá téve a repülőgép szilárdságtan ezen kardinális részét.

Repülőgépek jellegzetes nyitott és zárt könnyűszerkezetes elemei nyírófolyamának (nyírófeszültségének), valamint nyírási középpontjának meghatározása

Ezen elméleti rész kidolgozását, mint ahogy az előzőekben ismertettük NEOBOOK Professional 5 multimédia szerkesztő szoftver alkalmazásával végeztük el. A kidolgozásánál ügyeltünk arra, hogy a tansegédlet alkalmazható legyen tanulásra és tanításra is. Ezért szigorúan be kellett tartani a vizuál-

ergonómiai követelményeket. A tansegédlet, mint egy lapozható elektronikus kézikönyv került kivitelezésre (1. ábra).



1. ábra

Ha belelapozunk az elektronikus könyvbe, akkor az első oldalon egy tartalomjegyzék található, amely magába foglalja a következő témaköröket (2. ábra);

1. Könnyű szerkezetek hajlításának és csavarásának alapjai

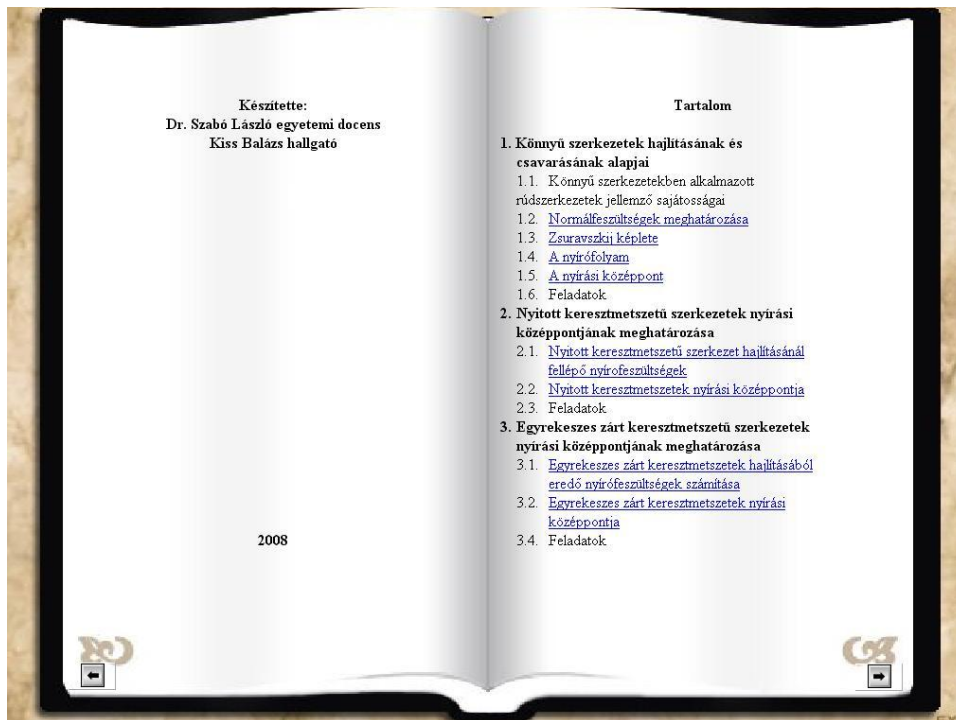
- 1.1. Könnyű szerkezetekben alkalmazott rúdszerkezetek jellemző sajátosságai
- 1.2. Normálfeszültségek meghatározása
- 1.3. Zsuravszkij képlete
- 1.4. A nyírófolyam
- 1.5. A nyírási középpont
- 1.6. Feladatok

2. Nyitott keresztmetszetű szerkezetek nyírási középpontjának meghatározása

- 2.1. Nyitott keresztmetszetű szerkezet hajlításánál fellépő nyírófeszültségek
- 2.2. Nyitott keresztmetszetek nyírási középpontja
- 2.3. Feladatok

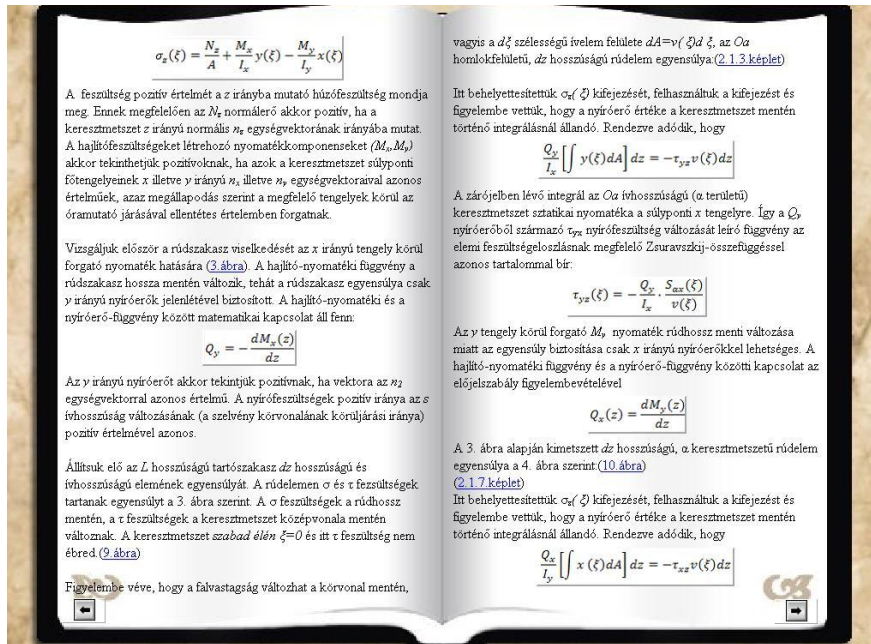
3. Egyrekeszes zárt keresztmetszetű szerkezetek nyírási középpontjának meghatározása

- 3.1. Egyrekeszes zárt keresztmetszetek hajlításából eredő nyírófeszültségek számítása
- 3.2. Egyrekeszes zárt keresztmetszetek nyírási középpontja
- 3.3. Feladatok

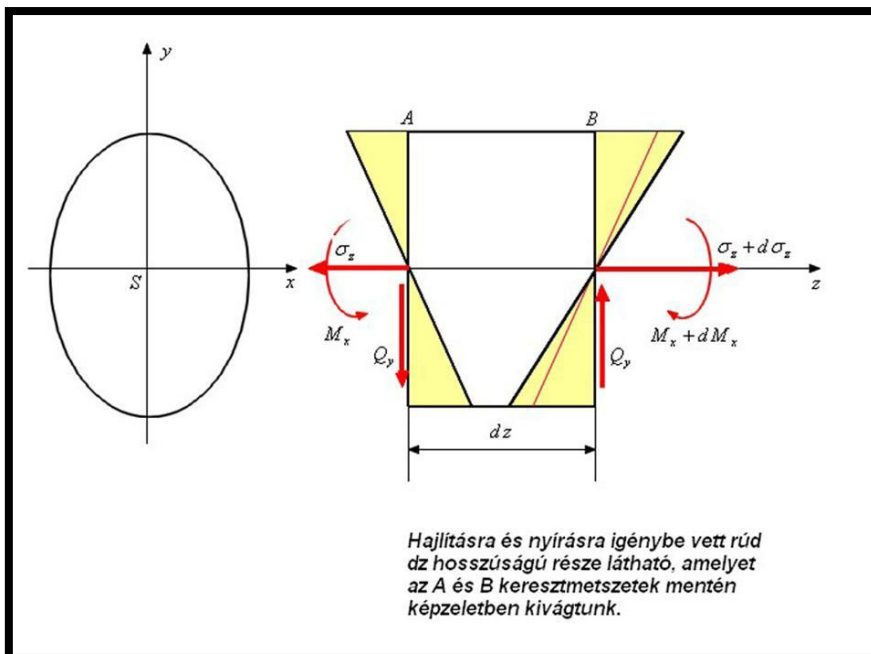


2. ábra

A kiválasztott témarészre kattintva olyan szakmai részek tárulnak fel a felhasználó előtt, ami elengedhetetlenül szükséges a tényleges megértéshez, valamint szakterminológia készség szintű használatához (3. ábra). A megfelelő szöveggörnyezetbe beépített ábra számra kattintva a felhasználó elé tárul a szakmai rész elméleti alapjait magyarázó - kulturáltan megszerkesztett - ábra (4. ábra). A szakmai szöveggörnyezetben elhelyezett összefüggések, képletek akciógombokra kerültek, amelyekre ha a felhasználó rákattint, akkor nagyított formában tárul elő a képlet-összefüggés, ami vizuál-ergonómiai szempontból kitűnően használható az oktató számára előadásokon, konzultációkon. (5. ábra). A tansegédlet egy korszerűbb változatán már nemcsak előre és hátralapozásra nyílik lehetőség a navigációra, hanem az elektronikus könyv jobb felső sarkában elhelyezett akciógomb lehetővé teszi a tartalomjegyzékre ugrást, valamint a bal felső sarokban elhelyezett akciógombbal lehetővé válik a programból való kilépés megvalósítása. Az egyes tématerületekhez tartozó típuspéldák gyakorlására egy külön példatár lett készítve, amely Visual Basic programnyelven lett programozva.



3. ábra



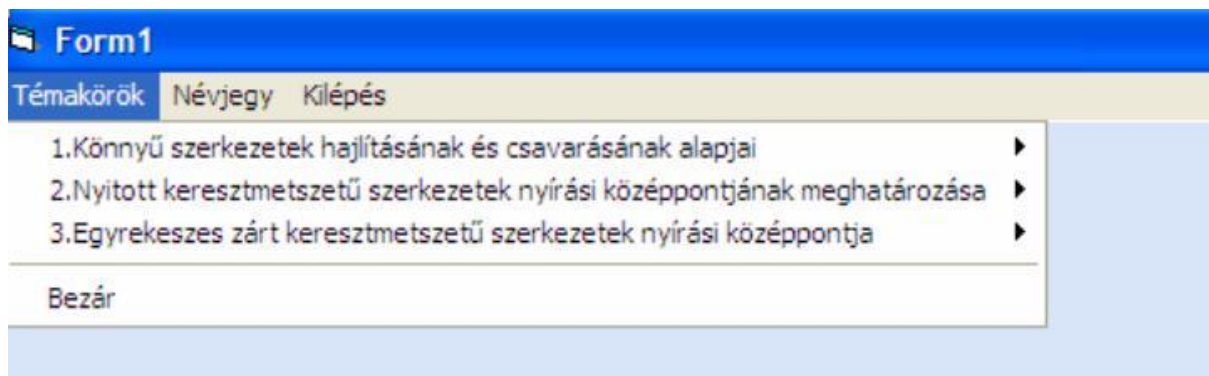
4. ábra

$$\begin{aligned}
0 &= \int \left[\sigma_z(\xi) - \left(\sigma_z(\xi) + \frac{\partial \sigma_z(\xi)}{\partial z} dz \right) \right] dA + \tau_{yz}(\xi) v(\xi) dz \\
&= -\frac{1}{I_x} \int \frac{dM_x}{dz} \cdot y(\xi) dz dA + \tau_{yz}(\xi) v(\xi) dz \\
&= \frac{Q_y}{I_x} \left(\int y(\xi) dA \right) dz + \tau_{yz}(\xi) v(\xi) dz .
\end{aligned}$$

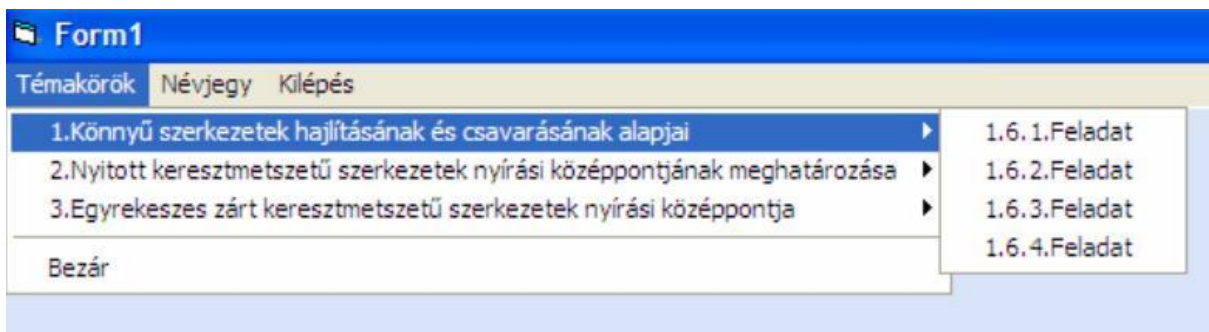
5. ábra

Példatár bemutatása

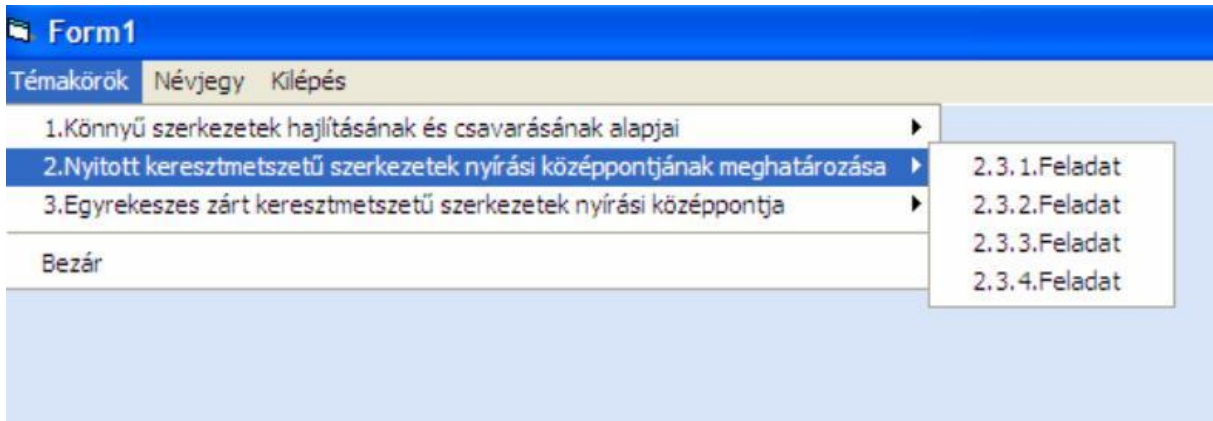
A példatár témakörében 3 témakör típuspéldái lettek kiválasztva (6. ábra). Mindegyik témakör mellett található nyíl segítségével nézhetjük meg a programban beépített jellegzetes feladat típusokat (7-9. ábra)



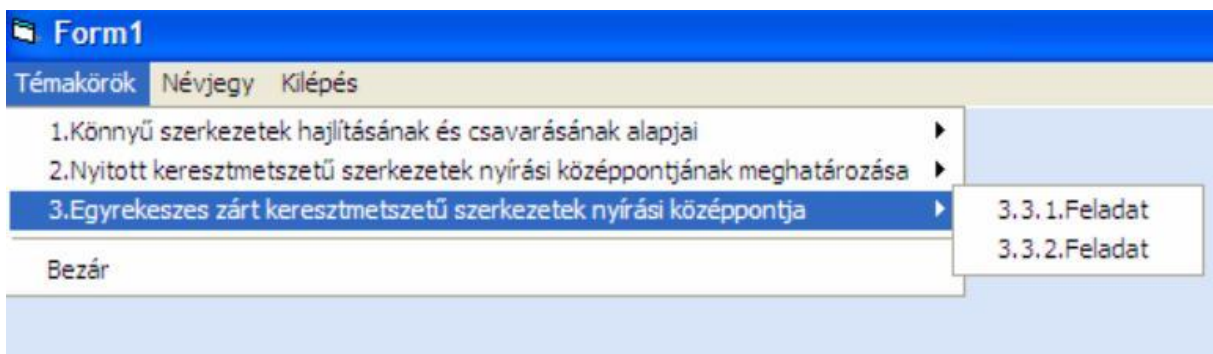
6. ábra



7. ábra

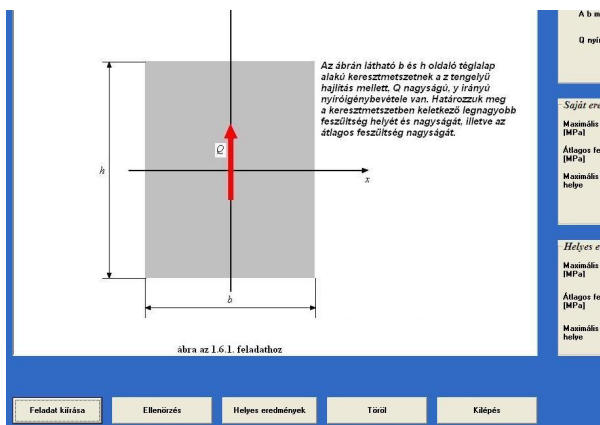


8. ábra

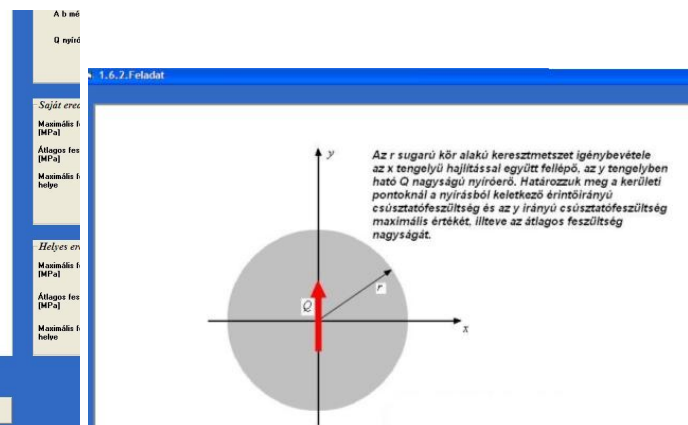


9. ábra

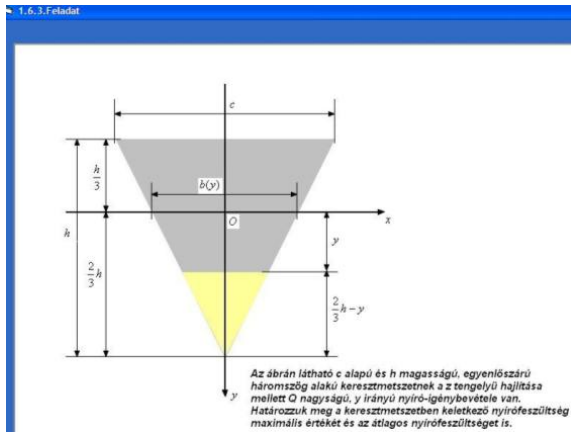
A Könnyűszerkezetek hajlításának és csavarásának alapjai témakörben az alábbi 4 jellegzetes profil található (10 – 13. ábra).



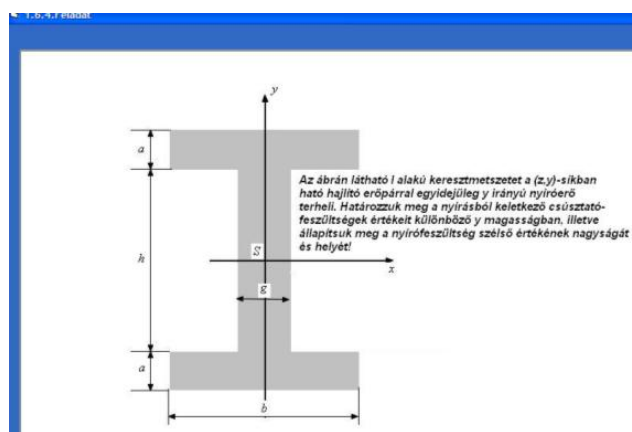
10. ábra



11. ábra

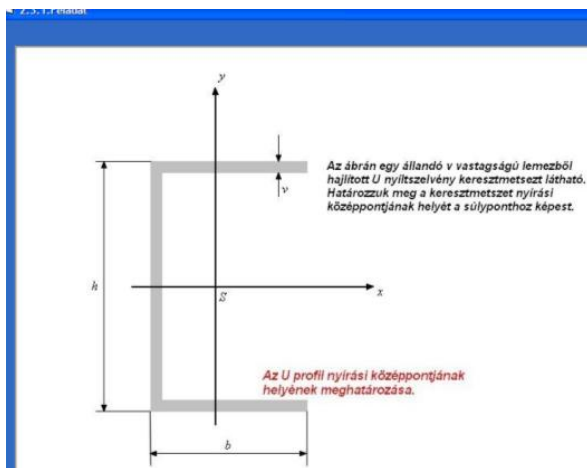


12. ábra

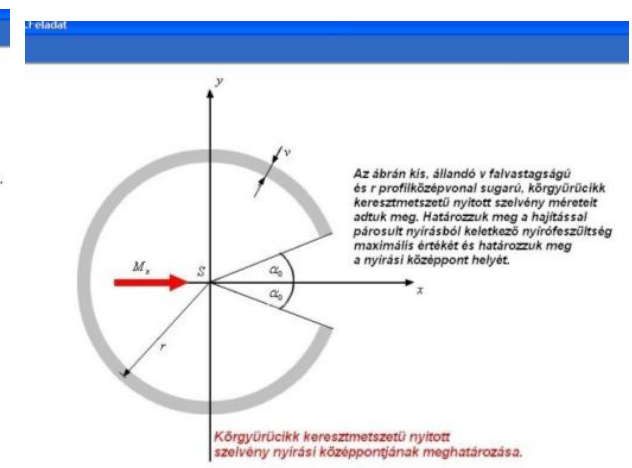


13. ábra

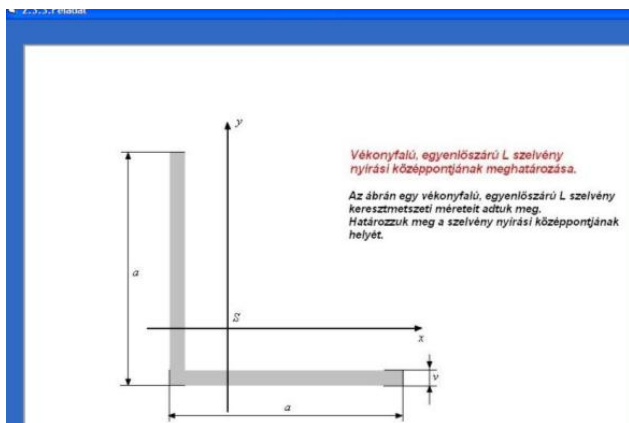
Nyitott keresztmetszetű szerkezetek nyírási középpontjának meghatározása alapjai témakörben az alábbi 4 jellegzetes típuspéldát építettünk be (14 – 16. ábra).



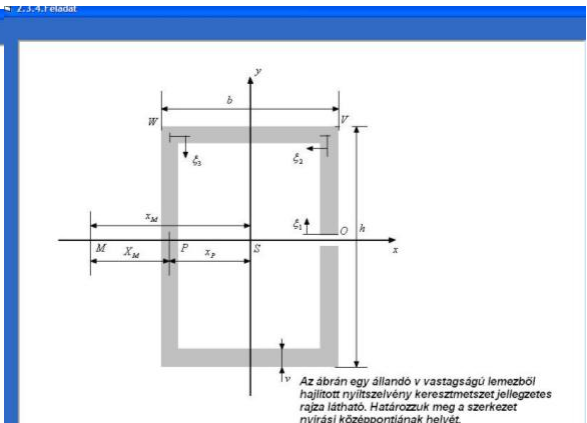
14. ábra



15. ábra



15. ábra



16. ábra

A harmadik példacsoportban az egyrekeszes zárt keresztmetszetű szerkezetek nyírási középpontja témakörben egy jellegzetes példa két különböző kérdéscsoportjára (nyírófolyamok számítása) (17.

ábra), *nyírási középpont meghatározása* (18. ábra)) kell megadni a helyes válaszokat pontos számértékekben kifejezve.

Adatok beolvasása

A b méret [mm]

A h méret [mm]

A Q nyíróerő [kN]

Saját eredmények

Nyírófolyam/nyitott szerkezet [kN/mm]

Nyírófolyam az O pontban [kN/mm]

Nyírófolyam a V sarokban [kN/mm]

Nyírófolyam a W sarokban [kN/mm]

Nyírófolyam a P pontban [kN/mm]

Helyes eredmények

Nyírófolyam/nyitott szerkezet [kN/mm]

Nyírófolyam az O pontban [kN/mm]

Nyírófolyam a V sarokban [kN/mm]

Nyírófolyam a W sarokban [kN/mm]

Zárt keresztmetszet

Nyitott keresztmetszet

$M_s = Q_y \cdot \left(X_M + \frac{b}{2} \right)$

Számítsuk ki az ábrán látható zárt dobozban ébredő nyírófolyamot az y irányú Q nyíróerő hatására. A koordináta-rendszer kezdőpontját a baloldali gerinc felezőpontjában vesszük fel.

17. ábra

Adatok beolvasása

A b méret [mm]

A h méret [mm]

A Q nyíróerő [kN]

A v falvastagság [mm]

Saját eredmények

Másodrendű nyomaték [mm⁴]

A nyírási középpont helye a P ponttól [mm]

Helyes eredmények

Másodrendű nyomaték [mm⁴]

A nyírási középpont helye a P ponttól [mm]

Zárt keresztmetszet

Nyitott keresztmetszet

$M_s = Q_y \cdot \left(X_M + \frac{b}{2} \right)$

Számítsuk az ábrán látható zárt szerkezet nyírási középpontjának helyét

18. ábra

A program használata

A megfelelő típuspélda kiválasztása után a képernyő alsó részén lévő „Feladat kiírása” funkciógombra klikkelve a központi képernyőn megjelenik a kiválasztott típuspélda (19. példa).

Az ábrán látható b és h oldalú téglalap alakú keresztmetszetnek a z tengelyű hajlítás mellett, Q nagyságú, y irányú nyíróigénybevétele van. Határozzuk meg a keresztmetszetben keletkező legnagyobb feszültség helyét és nagyságát, illetve az átlagos feszültség nagyságát.

ábra az 1.6.1. feladathoz

19. ábra

Ezt követően a képernyő jobb oldali részén található „Adatok beolvasása” ablakokba be kell írni a tanár által adott input paramétereket (20. ábra).

3.3.2.Feladat

Zárt keresztmetszet

Nyitott keresztmetszet

$M_o = Q_y \cdot \left(X_M + \frac{b}{2} \right)$

Számítsuk az ábrán látható zárt szerkezet nyírási középpontjának helyét

Adatok beolvasása

A b méret [mm]

A h méret [mm]

A Q nyíróerő [kN]

A v falvastagság [mm]

Saját eredmények

Másodrendű nyomaték [mm⁴]

A nyírási középpont helye a P ponttól [mm]

Helyes eredmények

Másodrendű nyomaték [mm⁴]

A nyírási középpont helye a P ponttól [mm]

20. ábra

A „Saját eredmények” ablakokba a számításaink által kapott eredményeket írjuk be (21. ábra). Majd ezt követően ráklikkelünk a képernyő alján található „Ellenőrzés” funkciógombra. A program a számítás helyes eredményét zöld háttérrel, míg a helytelen eredményét piros színű háttérrel jeleníti

meg. Természetesen addig kell számolni, míg a helyes eredmény ki nem jön, azaz a zöld háttérszín meg nem jelenik!

Adatok beolvasása

A b méret [mm]	30
A h méret [mm]	60
A Q nyíróerő [kN]	10
A v falvastagság [mm]	10

Saját eredmények

Másodrendű nyomaték [mm ⁴]	890000
A nyírási középpont helye a P ponttól [mm]	15

Helyes eredmények

Másodrendű nyomaték [mm ⁴]	
A nyírási középpont helye a P ponttól [mm]	

Zárt keresztmetszet

Nyitott keresztmetszet

$M_x = Q_y \cdot \left(X_M + \frac{b}{2} \right)$

Számítsuk az ábrán látható zárt szerkezet nyírási középpontjának helyét

21. ábra

A tanár számára van egy lehetőség a helyes eredmények megjelenítésére a „Helyes eredmények” funkcióbillentyű lenyomásával és a titkos jelszó megadásával (22 - 23. ábra).

Jelszó megadása

Adja meg a jelszót

OK

Cancel

Adatok beolvasása

A b méret [mm]	30
A h méret [mm]	60
A Q nyíróerő [kN]	10
A v falvastagság [mm]	10

Saját eredmények

Másodrendű nyomaték [mm ⁴]	890000
A nyírási középpont helye a P ponttól [mm]	15

Helyes eredmények

Másodrendű nyomaték [mm ⁴]	
A nyírási középpont helye a P ponttól [mm]	

Zárt keresztmetszet

Nyitott keresztmetszet

$M_x = Q_y \cdot \left(X_M + \frac{b}{2} \right)$

Számítsuk az ábrán látható zárt szerkezet nyírási középpontjának helyét

22. ábra

3.3.2.Feladat

Zárt keresztmetszet

Nyitott keresztmetszet

$M_x = Q_y \left(X_M + \frac{b}{2} \right)$

Számítsuk az ábrán látható zárt szerkezet nyírási középpontjának helyét

Adatok beolvasása	
A b méret [mm]	30
A h méret [mm]	60
A Q nyíróerő [kN]	10
A v falvastagság [mm]	10

Saját eredmények	
Másodrendű nyomaték [mm ⁴]	890000
A nyírási középpont helye a P ponttól [mm]	15

Helyes eredmények	
Másodrendű nyomaték [mm ⁴]	900000
A nyírási középpont helye a P ponttól [mm]	15

23. ábra

A két tansegédlet megalkotásával reméljük, hogy a feldolgozott feladatrész nagyban segíteni fogja az érdeklődő szakemberek munkáját, illetve a hallgatók számára a tananyag nagyobb hatékonyságú elsajátítását.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BECKER Sándor: *Szilárdságtan I*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1989.
- [2] FEKETE Attila: *Könnyűszerkezetek szilárdságtana példatár*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1971.
- [3] Hans G. STEGER-Johann SIEGHART-Erhard GLAUNINGER: *Műszaki mechanika 1.,2.,3.*, B+V Lap- és Könyvkiadó Kft., Műszaki Könyvkiadó Kft., 1993, 1994, 1995.
- [4] KALISKY S., KURUTZNÉ Kovács M., SZILÁGYI Gy.: *Mechanika II, Szilárdságtan*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.
- [5] MICHELBERGER Pál (előadásai alapján írta Fekete Attila): *Könnyűszerkezetek*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1992.
- [6] M. CSIZMADIA Béla, NÁNDORI Ernő (szerk.): *Szilárdságtan*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.
- [7] MUTNYÁNSZKY Ádám: *Szilárdságtan*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1961.
- [8] RUDNAI Guidó (szerk.): *Könnyűszerkezetek a jármű- és gépiparban*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1976.
- [9] PETÚR Alajos: *Repülőgép szilárdságtan*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1952.
- [10] SZELESTEY Gyula: *Repülőgép szilárdságtan*, jegyzet, Kilián Gy. Re. Mú. Főiskola, Szolnok, 1972, Tk. Jászi alez. C-010



Prof. Dr. Szabó Sándor (CSc)

A LÉGIERŐ TEVÉKENYSÉGÉNEK MŰSZAKI TÁMOGATÁSA

BEVEZETÉS

Napjainkban a különböző – a Washingtoni Szerződés 5. cikkelye szerinti (háborús) és az 5. cikkely hatálya alá nem tartozó (válságreagáló) – katonai műveletek végrehajtása során kiemelten fontos feladatokat oldanak meg a légierő csapatai. „A légierő technikai eszközei mozgékonyságának kihasználásával magas szinten képes a (had)műveletek támogatására és jelentősen megkönnyítheti az előre nem látható, váratlan feladatok végrehajtását is. A légi szállítási feladatok végrehajtásával, a szükséges erők és eszközök kellő időben és kellő helyre történő eljuttatásával a légierő jelentősen megnövelheti a szárazföldi erők helyváltoztatási, műveleti képességét – és ebből adódóan – tevékenységük hatékonyságát is!”¹

A különböző műveletek végrehajtása során a légierő klasszikus feladatrendszerén belül kiemelt, hangsúlyos feladattá vált a légi felderítés és megfigyelés, a légi szállítás (erő, eszköz, anyag), a légi kutatás-mentés, (Search & Rescue – SAR, Combat Search & Rescue – CSAR) a sebesültek evakuálása (Medical Evacuation – MEDEVAC), valamint a humanitárius segélyakciókban, és a katasztrófavédelmi feladatokban való részvétel.

Ezen feladatok sikeres megoldásához a merev- és forgószárnyas repülőeszközöknek biztonságos le- és felszállóhelyekre van szüksége. A légierő (összhaderőnem) műszaki csapatainak egyik alapvető feladata a merev- és forgószárnyas repülőeszközök biztonságos le- és felszállásához szükséges repülőterek és helikopter leszállóhelyek berendezése, karban- és üzemben tartása, a különböző (üzemeltetésből eredő és az ellenség által okozott) rongálások helyreállítása.

A publikáció a légierő tevékenységének műszaki támogatási feladataiból a fenti tevékenységek megvalósítását biztosító legfontosabb műszaki feladatokat kívánja bemutatni figyelemfelkeltésként, a teljesség igénye nélkül.

¹ Orosz Zoltán: „A helikopterek katonai alkalmazásának lehetőségei és a katonai alkalmazás valósága Magyarországon.” http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2005_cikkek/orosz_zoltan.pdf. 2009.02.06.

A LÉGIERŐ CSAPATAI MŰSZAKI TÁMOGATÁSÁNAK ALAPVETŐ FELADATAI

A műszaki támogatás a műveleti támogatás fajtája. Magába foglalja mindazokat a speciális rendszabályokat és tevékenységeket, amelyeket a Washingtoni Szerződés 5. cikkelye szerinti (háborús) és az 5. cikkely hatálya alá nem tartozó (válságreagáló) katonai műveletek előkészítése és végrehajtása során műszaki feltételként meg kell teremteni a feladatot végrehajtó csapatok tevékenységének sikeres megvalósításához.

A műszaki támogatás megszervezésének és végrehajtásának célja a rendszeresített vagy a feladatok végrehajtásához biztosított műszaki (hadi-) technikai eszközök, felszerelések és anyagok célirányos alkalmazásával:

- a saját, illetve a támogatott erők mozgásának, akadályleküzdő- és túlélőképességének fenntartása, fokozása;
- az ellenség mozgásának, tevékenységének akadályozása;
- részvétel a katonai infrastrukturális, a környezetvédelmi és kárelhárítási feladatok végrehajtásában.

A műszaki támogatás komplex feladatrendszeréből a légierő – ezen belül a repülőcsapatok – tevékenysége szempontjából alapvető feladatként jelentkezik – a saját csapatok mozgékonyágát támogató feladatok (MOBILITY) csoportjából – az előre telepített légierő tevékenységének műszaki támogatása, – az általános (GENERAL ENGINEERING) műszaki feladatok csoportjából pedig – a repülőgépek, helikopterek részére szükséges fel- és leszállóhelyek berendezésében és fenntartásában, illetve a repülőtéri károk kijavításában, a repülőtér működőképességének helyreállításában való részvétel.

Az említett három alapvető – komplex – feladat több résztevékenységből tevődik össze. Röviden tekintsük át ezen feladatokat, és tartalmukat.

Az előre telepített légierő tevékenységének műszaki támogatása

A különböző műveletek – elsősorban azonban az 5. cikkely szerinti műveletek – során a szárazföldi erők tevékenysége nem nélkülözheti a légierő támogatását. A légi felderítés, a csapatok légi oltalmazása, légi tüztámogatása meghatározó jelentőségű az adott művelet sikeres végrehajtása szempontjából. A fenti alapvető feladatok mellett gyakran előfordul, hogy a csapatokat, harci technikai eszközöket és anyagokat rövid idő alatt kell nagyobb távolságokra átcsoportosítani. Ezek a tevékenységek szükségessé teszik a műveleti területen, vagy annak közelében a feladatot megoldó repülőeszközök biztonságos le- és felszállását biztosító ideiglenes (állandó) repülőterek kialakítását és működtetését.

Az előre telepített légierő műszaki támogatásának célja a helikopter fel- és leszállóhelyek (pályák), valamint a repülőterek berendezésében, helyreállításában és fenntartásában való műszaki részvétellel elősegíteni a szárazföldi csapatok érdekében tevékenykedő helikopter- és repülőegységek

biztonságos fel- és leszállását, a be- és kirakodást, a feltöltést, fel-, illetve átfegyverzést, valamint a helikopterek, repülőgépek és a kezelő-, kiszolgáló személyzetének védelmét.

Az ATP-52(B)² – Land Force Military Engineer Doctrine – 5–8 516. pontja az alábbiak szerint fogalmazza meg az előre telepített légierő tevékenységének műszaki támogatási feladatait:

- helikopter leszállóhelyek és leszállómezők, valamint a légi eszközöket kiszolgáló előretolt fegyverzeti és üzemanyag utántöltő pontok kiépítése;
- leszállópályák létesítése, az utak és más keményburkolatú területek átalakítása a légi eszközök fel- és leszállásához;
- a meglévő repülőterek, le- és felszállópályák, valamint kiszolgáló, tároló és egyéb létesítmények fenntartása, javítása;
- a kidobási körzetek előkészítése.

A műszaki csapatok fenti tevékenységek végrehajtásában való részvétele magába foglalja:

- a terepen (a repülőtéren és építményeiben, a kidobási körzet területén) az aknák, a fel nem robbant robbanószerkezetek felderítését, a terület tűzszerész mentesítését;
- a fel- és leszállóhelyek, -pályák, kidobási körzetek előkészítését, berendezését, rongálódásainak kijavítását;
- a kiszolgáló, tároló és egyéb létesítmények berendezését, fenntartását, folyamatos javítását;
- a rejtett megközelítési utak berendezését, fenntartását;
- a repülőeszközök, a kezelő- és kiszolgáló állomány alapvető védelmét biztosító építmények kialakítását, berendezését;
- valamint az álcázás műszaki rendszabályainak végrehajtását.

Az előre telepített repülőerők tevékenységére és így a műszaki támogatási feladatokra az a jellemző, hogy az itt igénybevett földi létesítmények típusa és kiépítettsége változó, általában korlátozott mennyiségű légi eszköz számára és rövid ideig tartó használatra kerül kialakításra. Az ilyen létesítmények kiépítése, berendezése során alapvetően a helyszínen található objektumokat, építményeket, (meglévő, esetenként rombolt repülőtereket) eszközöket és berendezéseket használnak fel az építési feladatok minimálisra csökkentése érdekében, hogy az ellenséges felderítés hatékonysága is kisebb legyen.

A végrehajtandó műszaki feladatokat röviden az alábbiak szerint jellemezhetjük:

- a terepen (a repülőtéren és építményeiben, a kidobási körzet területén) az aknák, a fel nem robbant robbanószerkezetek felderítése, a terület tűzszerész mentesítése

Ez az egyik legfontosabb és legalapvetőbb műszaki feladat. Bármilyen tevékenység megkezdése előtt ellenőrizni kell a terep, objektumok akna- és robbanószerkezetektől való mentességét. A tevékenység a szárazföldi vagy légi fegyverekből származó, vagy kézzel telepített és fel nem robbant harcanyagok, meglepőaknák és az improvizált – valamint alkalmazásuk esetén a nukleáris, biológiai és vegyi anyagokat tartalmazó – robbanószerkezetek felderítését és hatástalanítását jelenti. A feladat

² Forrás: [http://www.entec.org/pdf/ATP-52\(B\).pdf](http://www.entec.org/pdf/ATP-52(B).pdf). 2009.02.14.

végrehajtása speciális szakképzettséget és felszerelést igényel. A tüzserész alegységek feladataival és tevékenységével kapcsolatos rendszabályokat a STANAG 2143 jelű kiadvány, a technikai vonatkozású ismereteket pedig a megfelelő AEODP³ jelű szövetségi kiadványok tartalmazzák.



Robbanószerkezet felderítése⁴



Fel nem robbant robbanószerkezetek⁵

- a fel- és leszállóhelyek, -pályák, kidobási körzetek előkészítése, berendezése, rongálódásainak kijavítása

A repülőeszközök fogadásának, indításának egyik legfontosabb feltétele. Alapelveként kell tekinteni, hogy a fel- és leszállóhelyek, -pályák (repülőterek) kialakítására irányuló műszaki munkák mennyisége nagymértékben csökkenthető, amennyiben már meglévő, megrongálódott, vagy az ellenségtől elfoglalt repülőtereket veszünk igénybe vagy állítjuk helyre. Meglévő repülőterek esetén elhelyezkedésüktől függően (művelési területen, annak közelében, esetleg a művelési terület közelében lévő baráti ország területén található) a feladatok jellege, mennyisége jelentősen eltérő.

A fel- és leszállóhelyek, -pályák, kialakítása, berendezése során fontos igényként jelentkezik a műszaki erők számára az igénybevétel helyének, időtartamának és jellegének a meghatározása. (Hol, – művelési területen, művelési területen kívül – mennyi ideig kívánjuk használni a fel- és leszállóhelyeket, -pályákat, – pl. egyszeri vagy többszöri, esetleg tartósan – milyen típusú repülőeszközök (helikopter, vadász-, bombázó-, szállító – C-130, C-141, stb. – repülőgépek) fogadását és indítását kell biztosítani.) Az ismertetett igények, elvárások határozzák meg alapvetően a végrehajtandó műszaki feladatok jellegét és mennyiségét, valamint erő, eszköz és időszükségletét. Például a művelési terület közelében lévő baráti ország működő – megfelelő paraméterekkel rendelkező – repülőtereinek igénybevételekor minimális lehet a szükséges műszaki feladatok mennyisége. Más a helyzet a művelési területen. A kialakult helyzettől, körülményektől, lehetőségektől függően a szükséges fel- és leszállóhelyek, -pályák, kialakítása történhet rombolt repülőterek igénybevételeivel (azok helyreállítása után), vagy ideiglenes, illetve szükség repülőterek létesítésével. Ezen esetekben végrehajtandó műszaki feladatok jellege és mennyisége, valamint erő, eszköz és időszükséglete lényegesen megnő.

³ AEODP – Allied Explosive Ordnance Disposal Publication (Szövetséges tüzserész kiadvány).

⁴ Forrás: <http://www.defendamerica.mil/images/photos/jul2005/index/Hi-Res/050721-F-5143G-060.jpg>. 2009.02.14.

⁵ Forrás: <http://www.un.org/Depts/dpko/unmee/photos/331.jpg>. 2009.02.07.



Működő, berendezett repülőtér⁶
(A végrehajtandó műszaki feladatok
minimálisak)



Rombolt repülőtér⁷
(Valamennyi jelentkező feladatot végre kell hajtani)

Jelentősen csökkenthető a műszaki munkák mennyisége, – a tervezett igénybevételtől függően – ha meglévő rombolt repülőterek kell helyreállítani, vagy ideiglenes, illetve szükség repülőteret kell létesíteni. Rombolt repülőterek esetén felhasználhatóak a nem sérült létesítmények, pályafelületek, kiszolgáló rendszerek, így feladatként a biztonságos működéshez szükséges helyreállítási munkák jelentkeznek. Az ideiglenes jelleggel létesítendő repülőterek jellemzője, hogy a repülőtér igénybevétele nem folyamatos, annak használatára csak néhány esetben kerül sor. Képzési, berendezési feladatai ennek megfelelően csak a legszükségesebb létesítményekre, berendezésekre korlátozódnak. A szükség repülőterek kialakítására rendszerint olyan esetekben kerül sor, amikor más le- és felszállási lehetőség nem biztosított és a repülőterek rendszerint egy-egy feladat megoldására kerülnek igénybevétele.



Ideiglenes repülőtér⁸



Szükség repülőtér⁹

A merevszárnyú repülőeszközök részére kialakítandó szükség repülőterek létesítésére alkalmasak lehetnek az autópályák (jó minőségű és szélességű autópályák) egyenes szakaszai, (megfelelő előkészítés után) a talaj megfelelő tömörsége (teherbíró képessége) esetén mezők, legelők, kiszáradt tavak medrei, stb., melyek szélességi és hosszúsági méretei lehetővé teszi a repülőeszköz le- és felszállását. A forgószárnyas (helyből fel- és leszálló) eszközök a fenti megoldások mellett képesek minden olyan

⁶ Forrás: <http://www.skypic.com/ma/7-6183.jpg>. 2009.02.08.

⁷ Forrás: <http://msnbcmedia1.msn.com/j/msnbc/Components/Photos/050518/GazaCity15May05runaway.hlarge.jpg>. 2009.04.02.

⁸ Forrás: http://www.historycommons.org/events-images/a774_k2_base_uzbekistan_2050081722-8956.jpg. 2009.02.08.

⁹ Forrás: <http://graphics8.nytimes.com/images/2008/12/13/world/13mali01-600.jpg>. 2009.04.02.

szabad felület igénybevételére, (aszfalt, beton, gyeplépcs, stb.) melyek teherbírása és szélességi, hosszúsági méretei lehetővé teszi a repülőeszköz biztonságos le- és felszállását. A helikopterek számára a talaj szilárdságát viszonylag egyszerű és gyorsan kivitelezhető módszerekkel tudjuk növelni és így le- és felszállóhelyeket biztosítani részükre. Kiválóan alkalmazhatók erre a feladatra a nagy szilárdsággal rendelkező geotextíliák és a különböző méretekben gyártott műanyag elemek. Előnyük a gyors telepíthetőség és a többszöri felhasználhatóság.



Ideiglenes helikopter leszállóhely¹⁰



Szükség helikopter leszállóhely¹¹

A kidobási körzetek kiválasztásánál és előkészítésénél – a fel- és leszállóhelyekhez, -pályákhoz hasonlóan – fontos az igénybevétel időtartamának és jellegének a meghatározása. Ezek ismeretében lehet a kidobási körzetek méreteit számolni, a lehetséges helyszíneket kiválasztani és az előkészítés műszaki feladatait meghatározni. A műszaki feladatok terén kiemelt jelentősége van kidobási körzetek műszaki felderítésének, (pl. a talaj milyensége, járhatósága, az utak, műtárgyak állapota teherbírásának megállapítása, stb.) tűzseréss ellenőrzésének, (szükségszerű mentesítésének) és akadálymentesítésének, az el nem távolítható akadályok jelölésének, bekerítésének. Szintén fontos feladatként jelentkezik a kidobási körzetek határainak, zónáinak és meghatározó pontjainak éjjel és nappal jól észlelhető jelzésekkel történő ellátása a repülőeszközök navigálásának megkönnyítése és a pontos deszantolás végrehajtása érdekében.



Deszant kirakása¹²



Kidobási körzetek¹³

¹⁰ Forrás: http://www.sigmagroupiraq.com/updir/69/helipad_petit.jpg. 2009.01.19.

¹¹ Tomolya János – Padányi József: „A műszaki erők alkalmazása az iraki Szabadság Műveletben”. http://hadtudomanyiszemle.zmne.hu/files/2008/3/tj_pj.pdf. 45. oldal. 2008.02.06.

- a kiszolgáló, tároló és egyéb létesítmények berendezése, fenntartása, folyamatos javítása

A repülőterek biztonságos üzemeltetéséhez nélkülözhetetlen kiszolgáló létesítményeket minden esetben ki kell alakítani, a szükséges szolgáltatásokat pedig folyamatosan biztosítani kell. A repülőtér biztonságos üzemeltetése szempontjából kiemelten fontos feladatként jelentkezik a légi irányítást, megfigyelést biztosító építmények, központok létesítése, működési feltételeinek megteremtése. A létfontosságú szolgáltatások közül meghatározó jellegű a repülőtér üzemanyag-, elektromos energiaellátásának, a világítás, a túlfutást megakadályozó berendezések, stb. kialakítása, folyamatos üzemelésük biztosítása. A fenti létfontosságú feladatok elsődleges megoldása mellett, figyelmet kell fordítani a repülőtér úthálózatának, a feltöltést, átfegyverzést biztosító létesítmények, a szerelő- és javítóműhelyek, hangárok, szálláshelyek, raktárak, (elsősorban a lőszer és üzemanyag, stb.) valamint a személyi állomány, a repülő- és egyéb technikai eszközök, anyagok védelmét biztosító erődítési (védelmi) építmények kialakítására, védelmére, illetve az álcázás műszaki rendszabályainak a bevezetésére is.

Néhány fontos kiszolgáló létesítmény és szervezet



Ideiglenes kiszolgáló létesítmények¹⁴



Irányító torony¹⁵



Hangár¹⁶



Tűzoltó alegység¹⁷

¹² Forrás: <http://www.defendamerica.mil/images/photos/jan2007/index/hires/OU828.jpg>. 2009.03.29.

¹³ Forrás: http://www.arcent.army.mil/cflcc_today/2008/april/images/apr12_15/13_01.jpg. 2009.02.08.

¹⁴ Forrás: <http://www.ausairpower.net/APA-2008-02.html>. 2009.03.28.

¹⁵ Halász Péter: „A magyarországi kijelölt katonai repülőterek alkalmassá tétele a NATO elvárásainak megfelelően”. Bolyai Szemle 2002. Különszám 3. kötet. <http://www.bjkmf.hu/bszemle/kulon0307.html>. 2009.02.12.

- a rejtett megközelítési utak berendezése, fenntartása

A repülőterek, le- és felszállóhelyek, kidobási körzetek megközelítését (elhagyását) biztosító utak (mútárgyak) kialakításának, berendezésének fontossága olyan szempontból ítélni lehet, hogy milyen mértékben képesek biztosítani az adott terület (repülőtér, le- és felszállóhely, kidobási körzet) elérését, elhagyását, valamint a légi úton szállított, deszantolt erők, eszközök összegyűjtését, összpontosítását. Alapelv a meglévő utak (mútárgyak) igénybevétele. Amennyiben ezek nem képesek a szükséges kapacitás (átbocsátóképesség, teherbírás) biztosítására, úgy ideiglenes utak építésével, illetve mútárgyak létesítésével kell a hiányzó kapacitást biztosítani. Idő hiányában sor kerülhet oszloputak (a terepen kitűzött, akadályoktól mentes, járható irány) kialakítására, berendezésére, mely rendszerint egyszeri igénybevételre kerülnek kialakításra.



Ideiglenes út építése¹⁸



Megközelítési út építése¹⁹

- a repülőeszközök, a kezelő- és kiszolgáló állomány alapvető védelmét biztosító építmények kialakítása, berendezése

Ezen feladat kiemelkedően fontos a műveleti területen működtetett repülőterek, ideiglenes le- és felszállóhelyek alkalmazása esetén, mivel az ellenséges erők behatása állandó jellegű lehet. A védelmi építmények kialakítása során különös figyelmet kell fordítani a vezetést, légi felderítést és irányítást biztosító központok, létesítmények, a repülőeszközök, a lőszer- és üzemanyag ellátó pontok, valamint a személyi állomány védelmét biztosító építményekre. Gondoskodni kell a repülőtér területének lezárásáról kerítésekkel, műszaki zárral, elektronikus jelző és riasztó rendszerekkel, hogy az illetéktelen személyek behatolását meg tudjuk akadályozni.²⁰

¹⁶ Forrás: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1d/HAF_F-16D_Block_52.jpg/300px-HAF_F-16D_Block_52.jpg. 2009.04.04.

¹⁷ Forrás: http://www.hirsarok.hu/files/images/2008-50/f18-olt%C3%A1s2_2008-12-08_R.jpg. 2009.04.04.

¹⁸ Forrás: <http://www.hiloliving.com/HilosideSaddle/SaddleRoad12Hilo.JPG>. 2009.02.15.

¹⁹ Forrás: <http://www.defendamerica.mil/images/photos/aug2005/articles/ai080305c1.jpg>. 2009.02.15.

²⁰ Dr. Kovács Zoltán mk. őrnagy: „A nem robbanó műszaki zárrak jellemzői, alkalmazásuk lehetőségei”, Hallgatói Közlemények, IV. évfolyam, 1. szám, 41. oldal. ZMNE, 2002.



Ideiglenes védelem és álcázás²¹



Repülőeszköz ideiglenes védelme²²

- az álcázás műszaki rendszabályainak a végrehajtása

Műveleti területen a tevékenységek álcázása, az áruló jelek minimálisra csökkentése kiemelten fontos feladatként jelentkezik. Az álcázás műszaki rendszabályainak szakszerű és kellő időben történő végrehajtása jelentős mértékben hozzájárulhat az élőerő, a technikai eszközök, a felhalmozott anyagi készletek csapásvédettségének növeléséhez, ezáltal a túlélőképességük fenntartásához.



Álcázó eszközök alkalmazása²³



Ideiglenes álca²⁴

A feladat végrehajtására rendelkezésre álló idő rövidege miatt alapvetően a rendszeresített, valamint a helyszínen található szükségálcázó eszközök kerülnek alkalmazásra, a terep adta lehetőségek maximális kihasználása mellett.

A repülőterek, helikopter fel- és leszállóhelyek (pályák) berendezésében, fenntartásában való részvétel

A feladat a harci kiszolgáló támogatás tevékenységei közé tartozik, mivel jellemzően (de nem kizárólag) békeidőben, vagy a műveleti területektől távol, a működő repülőtereken napi rendszerességgel kerül végrehajtásra.

²¹ Forrás: <http://www.ausairpower.net/APA-2008-02.html>. 2009.03.28.

²² Forrás: <http://www.armedforces-int.com/images/companies/852/crash-barrier1b.jpg>. 2009.02.08.

²³ Forrás: http://www.skycontrol.net/UserFiles/Image/MilitaryAviation_img/200603/200603raf_logistics.jpg. 2009.02.08.

²⁴ Forrás: <http://www.clamshell.com/photos/photo-images/shelter.jpg>. 2009.02.08.

A repülőterek, helikopter fel- és leszállóhelyek (pályák) berendezésében, (építésében) fenntartásában való részvétel célja elősegíteni a légtér védelmében, a szárazföldi csapatok érdekében tevékenykedő helikopter- és repülő alegységek állandó (ideiglenes, szükség) repülőtereinek kialakítását, folyamatos üzembiztonságának fenntartását.

Az első feladatcsoport – a berendezés – alapvető feladatait az előre telepített légierő tevékenységének műszaki támogatása során röviden áttekintettem, (természetesen nem minden, csak a legfontosabb feladatok vonatkozásában, hiszen például egy új, állandó repülőtér létesítése az említettek kivül számos egyéb feladat megoldását is igényli) így ezekre jelen esetben már nem térek ki, de néhány sajátosságot megemlítek. A repülőterek létesítése során a vezetést, irányítást biztosító rendszerek, a kiszolgáló, a tároló és egyéb létesítmények kialakítása állandó jellegű, így védettségük, védőképességük is lényegesen nagyobb az előzőekben említettekénél.



Állandó repülőtér²⁵



Betonfedezék²⁶

A második feladatcsoport a fenntartás. Úgy gondolom a napi kiszolgálási feladatok alapvetően a mindennapi tevékenységből adódóan ismertek, így ezeket is csak felsorolásszerűen érintem, részletesebb leírásukra a repülőtér karbantartó eszközök bemutatása során térek ki.

A fenntartási, kiszolgálási feladatok magukba foglalják a repülőtereken a biztonságos üzemeléshez szükséges valamennyi létesítmény és kiszolgáló rendszer folyamatos üzembiztonságának fenntartását, a karbantartási feladatok rendszeres végrehajtását. Mindennapi fenntartási és kiszolgálási feladatként jelentkezik az épületek és létesítmények karbantartása, a kifutópályák, le- és felszállóhelyek, a megközelítési utak, a betonpályák, a csőrendszerek és közművek használható állapotban tartása, a por, víz, hó, jég vagy más idegen anyagok eltávolítása. További feladatként jelentkezhet a repülőterek, helikopter fel- és leszállóhelyek megközelítési útjainak, a repülőeszközök, a kezelő- és kiszolgáló állomány védelmét biztosító építmények berendezése, fenntartása, valamint az álcázás műszaki rendszabályainak a végrehajtása.

²⁵ Forrás: <http://www.f4phantoms.co.uk/pics/has.jpg>. 2009.02.08.

²⁶ Forrás: http://farm4.static.flickr.com/3279/2601935721_6b5a89f0d8.jpg?v=0. 2009.02.08.

A repülőtéri károk kijavításában, a repülőtér működőképességének helyreállításában való részvétel

Az 5. cikkely szerinti műveletek végrehajtása során a szembenálló felek egyik legfontosabb feladata a légi fölény (légi uralom) kivívása, megtartása. Ennek egyik meghatározó feladata a repülőterek, fel- és leszállóhelyek rombolása, használhatatlanná tétele, megfosztva ezáltal az ellenséget a repülőerői alkalmazhatóságától.



Repülőtér bombázása²⁷



„Telitalálat”²⁸

A műszaki csapatok szakképzettségük, speciális műszaki technikai eszközeik és felszereléseik révén alkalmasak repülőtéri károk kijavításában, a repülőtér működőképességének helyreállításában való részvételre.

A repülőtéri károk kijavításában, a repülőtér működőképességének helyreállításában való részvétel célja a csapást (károsodást) szenvedett helikopter fel- és leszállóhelyek, valamint a repülőterek különböző létesítményeinek, gyors (ideiglenes, majd végleges) javításával, helyreállításával lehetővé tenni azok rendeltetésszerű használatát.

A STANAG 2929²⁹ – Airfield Damage Repair (ADR) A repülőtéri károk javítása – egységes elvárásként fogalmazza meg a repülőtéri károk felmérésének és helyreállításának elveit és követelményeit a NATO erők által használt repülőterek vonatkozásában.

Az egyezmény alapvető feladatként jelöli meg:

- a keletkezett károk felmérését, a szükséges helyreállítási munkák meghatározását;
- a tűzszerész szakfeladatok végrehajtását;
- a repülőeszközök alkalmazásához szükséges minimális pályafelületek javítását;
- a légi műveletek végrehajtásához szükséges fontosabb szolgáltatások és berendezések helyreállítását.

Ugyanakkor meghatározza a fenti minimális feladatok végrehajtására rendelkezésre álló időintervallumokat is, ha a repülőtér nem nukleáris támadás éri. A repülőtéri károk helyreállítását

²⁷ Forrás: <http://www.sabee.com/static/weblogs/photos/geo081802.jpg>. 2009.02.08.

²⁸ Forrás: <http://www.ausairpower.net/APA-2008-02.html>. 2009.02.08.

²⁹ STANAG 2929 – Airfield Damage Repair (ADR) A repülőtéri károk javítása.

végrehajtó alegységeknek olyan képességekkel, kapacitásokkal (erő, eszköz, anyag, építési és javítási technológia, stb.) kell rendelkezniük, hogy a csapásmérő, a szárazföldi erőket támogató, a légvédelmi, felderítő, elektronikai harcot folytató, valamint a harcászati szállítást végrehajtó repülőerők tevékenységüket a repülőteret ért csapás után 4 órával ismételtelen képesek legyenek megkezdeni.

A fenti elvárások a légiere és a műszaki csapatok szoros együttműködését követelik meg.

A repülőteri károk javításában való részvétel – a műszaki csapatok részéről – az alábbi fontosabb tevékenységeket foglalja magába:

- a keletkezett károk meghatározását és felmérését, a szükséges helyreállítási munkák meghatározását;
- a repülőtereken és létesítményeiben az aknák és a fel nem robbant robbanószerkezetek felderítését, a területek tűzszerész mentesítését;
- a repülőgépek, helikopterek által használt pályafelületek javítását;
- a repülőter biztonságos üzemeléséhez szükséges kiszolgáló létesítmények (a vezetést, légi felderítést és irányítást, a biztonságos fel- és leszállást biztosító építmények, berendezések, csőrendszerek és közművek, stb.) javítását, helyreállítását.

A teljesség igénye nélkül röviden tekintsük át az egyes feladatok rövid tartalmát:

- a keletkezett károk meghatározása és felmérése, a szükséges helyreállítási munkák meghatározása

A keletkezett károk meghatározása és felmérése, a szükséges helyreállítási munkák meghatározása a légiere és a műszaki szakcsapatok közös feladata. A földi és a légi felderítés során meg kell határozni a keletkezett károk helyét, nagyságát, valamint fel kell mérni a fel nem robbant harcanyagok, robbanószerkezetek hatástalanításához szükséges munkálatok mennyiségét, javaslatot kell tenni a tűzszerész mentesítés és a károk helyreállításának legcélszerűbb módszerére vonatkozóan.

A keletkezett károk meghatározásának, felmérésének menete



A keletkezett károk meghatározása³⁰



A károk értékelése³¹



A rongálódások típusa³²



A rongálódások helye, mérete³³

³⁰ Forrás: http://www.aprconsultants.com/downloads/apras_rrr.ppt. 2009.03.28.

³¹ Forrás: <http://www.gautrans-hvs.co.za/hvsia/24to26augdocs/10Appendix%20G%20DA.pdf>. 2009.03.28.

³² Forrás: <http://mos.uwo.ca/courses/405f/docs/OperationsOct6.pdf>. 2009.03.28.

³³ Forrás: <http://pavement.wes.army.mil/downloads/jrac/JRAC%20Airforce%20Perspectives.ppt>. 2009.03.13.



A rombolt épületek³⁴



Rombolt létesítmények³⁵



Robbanószerkezetek³⁶

A légierő parancsnoka – a keletkezett károk mértékére és a műszaki parancsnok által javasolt munkálatokra, illetve azok időszükségletére vonatkozó javaslataira alapozva – meghatározza a minimálisan szükséges felszállópályák mennyiségét, az oda- és elvezető utak, valamint a repülőtér működéséhez elengedhetetlenül szükséges szolgáltatások helyreállításával kapcsolatos feladatok prioritását. Ezt követően a műszaki alegységek megkezdik a terület és objektumok tűzszerész mentesítését, valamint a szükséges helyreállítási munkák rájuk háruló feladatainak végrehajtását.

- a repülőtereken és létesítményeiben az aknák és a fel nem robbant robbanószerkezetek felderítése, a területek tűzszerész mentesítése

A végrehajtandó feladatok megegyeznek az előre telepített légierő tevékenységének műszaki támogatási feladatainál ismertettekkel.

- a repülőgépek, helikopterek által használt pályafelületek javítása

A repülőtéri károk javítását végző műszaki alegységek a légierő parancsnokának elhatározása, valamint a felderítési adatok alapján – a terület és objektumok tűzszerész mentesítését követően – megkezdik a repülőtér működtetéséhez nélkülözhetetlen pályafelületek (le- és felszállópályák, guruló utak, helikopter le- és felszállóhelyek) kijavítását. A pályafelületek előírásoknak megfelelő, meghatározott idő alatt történő helyreállításához speciális szakképzettségű és felszereltségű (ADR) műszaki alegységekre van szükség. A műszaki javító alegységek feladataikat csak abban az esetben képesek határidőre végrehajtani, ha megfelelő mennyiségű és korszerű repülőtér helyreállító technikai eszközökkel, gyorsjavító anyagokkal és készletekkel rendelkeznek, valamint ismerik az alkalmazható technológiai folyamatokat és felkészültségük, kiképzettségük alapján képesek azok alkalmazására. A pályafelületek helyreállítása a csapás, rombolást követően ideiglenes – az előírt minimális üzemeltetési feltételeknek megfelelően – majd a későbbiek során végleges jelleggel és formában történik.

- a repülőtér biztonságos üzemeléséhez szükséges kiszolgáló létesítmények (a biztonságos fel- és leszállást biztosító berendezések, csőrendszerek és közművek, stb.) javítása, helyreállítása

A repülőterek biztonságos üzemeltetéséhez nélkülözhetetlen kiszolgáló létesítményeket, szolgáltatásokat – a pályafelületek helyreállításához hasonlóan – először ideiglenes, majd végleges jelleggel kell javítani, illetve helyreállítani. A repülőtér biztonságos üzemeltetése szempontjából

³⁴ Forrás: <http://www.kansasengineer.org/Events/Convention/06Speakers&Presentations/Afghanistan.pdf>. 2009.03.28.

³⁵ Forrás: <http://www.ausairpower.net/HAS-DF-ST-92-09634.jpg>. 2009.03.28.

³⁶ Forrás: <http://www.kansasengineer.org/Events/Convention/06Speakers&Presentations/Afghanistan.pdf>. 2009.03.28.

kiemelten fontos feladatként jelentkezhethet a légi irányítást, a légi felderítést és megfigyelést biztosító építmények, központok javítása és helyreállítása. A létfontosságú szolgáltatások közül meghatározó jellegű a repülőtér üzemanyag-, elektromos energiaellátásának, a világítás, a túlfutást megakadályozó berendezések, stb. javítása, helyreállítása. A fenti létfontosságú feladatok elsődleges megoldása mellett figyelmet kell fordítani a repülőtér úthálózatának, a szerelő- és javítóműhelyek, hangárok, szálláshelyek, stb., valamint a személyi állomány, a repülő- és egyéb technikai eszközök és anyagok védelmét biztosító erődítési (védelmi) építményeinek kijavítására, helyreállítására, illetve az álcázás műszaki rendszabályainak a bevezetésére.

A berendezésben, helyreállításban és fenntartásban résztvevő műszaki alegységek feladataikat a repülő erők parancsnokának, (sszekötő tisztjének) igényei vagy a repülő-, helikopter-egység műszaki főnökének (parancsnokának) utasításai szerint látják el.

KORSZERŰ REPÜLŐTÉR KARBANTARTÓ ESZKÖZÖK

Úgy gondolom, hogy a fenti feladatok rövid ismertetése egyértelműen alátámasztja a repülőerők tevékenysége műszaki támogatásának szükségességét és fontosságát. A műszaki csapatok a velük szemben támasztott követelményeknek csak abban az esetben képesek megfelelni, ha felkészítésük, kiképzettségük, valamint technikai eszközparkjuk és felszereléseik is kor követelményeinek színvonalán állnak.

A fenti gondolatok alapján rövid betekintést szeretnék adni a légierő műszaki csapatainál folyó technikai korszerűsítésekről és várható fejlesztésekről, melyek képessé teszik a légierő műszaki alegységeit a vállalt és az újonnan megjelenő feladataik teljesítésére.

Műszaki mentő felszerelés és tűzszerész felszerelés gépkocsin

Az általános műszaki támogatási feladatok elősegítése érdekében került rendszeresítésre a műszaki mentő-, valamint a tűzszerész felszerelés, melyet terepjáró gépkocsin helyeztek el. A rendszeresített felszerelések alaprendeltetése műszaki mentési, katasztrófavédelmi, valamint tűzszerész feladatok végrehajtása. Az eszközök alkalmasak a repülőterek, valamint helikopter le- és felszállóhelyek tűzszerész ellenőrzésére, mentesítési feladatok, valamint balesetek, csapások esetén mentési feladatok végrehajtására.



Műszaki tűzserész felszerelés gépkocsin³⁷



Műszaki mentő felszerelés gépkocsin³⁸

Repülőtér karbantartó eszközök

A repülőtéri felszálló mezőkön és azok kiszolgáló útjain történő mozgás fenntartása speciális műszaki támogatási feladat. Ezen a feladatot az év bármely idő- és napszakában folyamatosan végezni kell. Ezért, ezekre a feladatokra minden évszaknak megfelelő eszközparkkal kell rendelkezni a repülőtér karbantartására kijelölt műszaki alegységeknek.

Nyári időszakban folyamatos söpréssel, locsolással és porfúvással kerülnek eltávolításra a repülő eszközökre veszélyes szennyeződések a felszálló mezőkről. A füves kényszerleszálló mezőkön, vagy ideiglenes leszállóhelyeken, rendszeres tömörítéssel, fűnyírással és a megsérült részek pótlásával tarthatjuk fenn az indító- és fogadóképességet. Ezekhez a feladatokhoz speciális öntöző, seprő és porfúvó berendezések, továbbá univerzális repülőtér karbantartó eszközök szükségesek.

A téli időszakban folyamatosan biztosítani kell a repülőtér felszálló mezőinek, és azok kiszolgáló útjainak jégtelenítését és hómentességét.

A repülőtér üzemeltető és javító műszaki alegységeknél a 20–30 éves, öreg és korszerűtlen (a környezetvédelmi előírásoknak meg nem felelő³⁹) eszközpark leváltása megkezdődött.

Rendszeresítésre a korszerű MERCEDES–BENZ UNIMOG U–400 típusú önjáró univerzális repülőtéri munkagépek kerültek, melyek felszerelhetők téli és nyári karbantartó eszközökkel egyaránt. Ennek megfelelően képesek a repülőtér üzemeltetői területének seprésére, sárfelhordásainak eltávolítására, szennyező anyagok burkolatról történő felszívására, valamint téli időszakban jégmentesítésre és a hó eltakarítására is.

Az UNIMOG nagy előnye, hogy egy alapgép felszerelve különféle adapterekkel a repülőtér karbantartás szinte majdnem minden műveletét képes elvégezni.

³⁷ Dr. Szabó Sándor – Dr. Kovács Tibor – Dr. Kovács Zoltán: „Korszerű műszaki technikai eszközök II.” Bolyai Szemle 2007. 2. szám. 228. oldal.

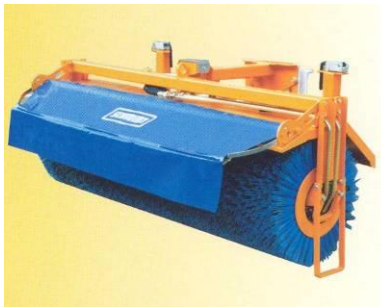
³⁸ Dr. Szabó Sándor – Dr. Kovács Tibor – Dr. Kovács Zoltán: „Korszerű műszaki technikai eszközök II.” Bolyai Szemle 2007. 2. szám. 228. oldal.

³⁹ Dr. Tóth Rudolf: „A haditechnikai eszközök és anyagok felhasználásának, a katonai infrastruktúrák üzemeltetésének aktuális környezetvédelmi feladatai.” New Challenges in the Field of Military Sciences 2006. Konferencia kiadvány CD.

UNIMOG U-400 típusú önjáró univerzális repülőtéri munkagép és munkaszervei⁴⁰



UNIMOG U-400 típusú önjáró univerzális repülőtéri munkagépek toló lappal



Seprű adapter



Só- és vegyszerszóró adapter



Hómaró adapter

Repülőtér helyreállító eszközök

A NATO előírásainak megfelelően a repülő csapatok műszaki alegységeiben is létrehozták a repülőtéri rombolások helyreállítására szolgáló – úgynevezett ADR (Air Damage Repair) – alegységeket. A helyreállítási feladatok végrehajtására az alegységeknél rendszeresítésre kerültek buldózerek, univerzális földmunkagépek, útprofilozók, tömörítő eszközök, betonkeverők, aszfaltterítők és más speciális építőgépek, valamint olyan repülőtéri előre gyártott gyorsfelújító elemek, amelyekkel a felszálló mezőn és a kiszolgáló utakon a sérüléseket rövid időn belül ideiglenesen ki lehet javítani.

A teljesség igénye nélkül bemutatok néhány újonnan beszerzett műszaki technikai eszközt, melyek ezen feladatok gyors és hatékony végrehajtására lettek rendszeresítve a repülőtér helyreállító műszaki alegységeknél.

Univerzális földmunkagépek

Az univerzális földmunkagépek rendeltetése munkaterületen jelentkező kotrási, területegyengetési, rakodási, bontási, emelési, hó eltakarítási, stb. feladatok gyors végrehajtása. A repülőtér helyreállító

⁴⁰ Pál József mk. alezredes: „A műszaki technikai eszközök és harcanyagok fejlesztése 2013-ig”, „Haditechnika 2004” III. Nemzetközi Haditechnikai Szimpózium CD kiadvány, 2004. április 19–20. Budapest.

műszaki alegységeknél a kis- és közepes teljesítményű univerzális földmunkagépek kerültek rendszeresítésre.

Univerzális földmunkagépek⁴¹



Kis teljesítményű univerzális földmunkagép



Közepes teljesítményű univerzális földmunkagép

Mindkét eszköz önálló erőforrással rendelkező, hidraulikus rendszerrel működő többfunkciós munkagép. Egy munkaterületen több különböző munkaeszköz (gép) munkáját képesek elvégezni a többfunkciós voltuk miatt. Az alapgépek munkaszervei gyorsan cserélhetőek, felhelyezésüket a gépkezelő személyzet önállóan képes végrehajtani. A kisteljesítményű univerzális földmunkagépre rakodókanál, raklapvilla, tolólap, mélyásó-, ároktisztító-, árokásó kanál, hidraulikus bontókalapács, talajfúró és polipmarkoló szerelhető fel. A közepes teljesítményű univerzális földmunkagép munkaszervei az alapgépre szerelt hidraulikus vezérlésű, kombinált rakodó kanál és mélyásó felszerelés, valamint opcionálisan hidraulikus bontókalapács és rakodó villa. Mindkét munkaeszköz klíma és AVB szennyeződések ellen védő szűrő-szellőző berendezéssel is rendelkezik. A géptípusok alkalmasak közúti, vasúti, vízi és légi szállításra egyaránt.

Repülőtér helyreállító kismgépek és eszközök

A betonburkolatok állandójellegű karbantartása magában foglalja a felületükön, illetve a dilatációs hézagokban lerakódott por, kavics, drótdarabok stb. eltávolítását, a felület seprését, tisztítását a hézagok gumibitumennel (hézagkitöltő anyaggal) történő kiöntését. További fontos feladatként jelentkezik a kopások megszüntetése, a feltöredezett burkolatfelületek helyreállítása, a felületi és teljes mélységű repedések, a letöredezett burkolatrészek és sarkok kijavítása, a megsüllyedt táblák szintbe emelése, az erősen megrongálódott táblák teljes cseréje. A fenti feladatok végrehajtására számtalan eszköz felhasználható, melyek ismertetését a cikk terjedelmi korlátai nem teszik lehetővé. A nagygépek mellett igen fontos szerepet töltenek be a repülőtér helyreállítását elősegítő kismgépek és eszközök, valamint az előre gyártott gyorsfelújító elemek. A teljesség igénye nélkül néhány eszközt szeretnék bemutatni ezek közül.

⁴¹ Dr. Szabó Sándor – Dr. Kovács Tibor – Dr. Kovács Zoltán: „Korszerű műszaki technikai eszközök II.” Bolyai Szemle 2007. 2. szám. 210. és 213. oldal.

Korszerű repülőtér helyreállító kisgépek és eszközök⁴²



Betonvágó berendezés



Bitumenkiöntő berendezés



Repedésmaró berendezés



Motoros hézagvágó



Forrólevegős lándzsa



Motoros döngölő



Motoros lap vibrátor



Térvilágító berendezés



Előre gyártott elem beemelése

BEFEJEZÉS

Az írás figyelemfelkeltésként, a teljesség igénye nélkül rövid áttekintést kívánt adni a légierő tevékenységének műszaki támogatási feladatairól, valamint a Magyar Honvédség repülőcsapatainál rendszeresített, vagy rendszeresítésre kerülő korszerű műszaki technikai eszközökről, melyek az elvárásoknak megfelelően képesek a helikopter le- és felszálló helyek, valamint a repülőterek műszaki támogatási feladatainak végrehajtására. Terjedelmi okok miatt mind a feladatrendszer, mind a technikai eszközpark csak röviden került bemutatásra. Ugyanakkor úgy gondolom, hogy a leírtak egyértelműen alátámasztják a repülőerők tevékenysége műszaki támogatásának szükségességét, fontosságát, a repülőtér üzemeltető és javító műszaki alegységek technikai korszerűsítésének és nem utolsósorban azok szakembereinek a felkészítésének igényét, akik az ismertetett feladatok tervezését, szervezését és végrehajtását hivatottak vezetni, irányítani.

⁴² Dr. Szabó Sándor: „Korszerű repülőtér karbantartó eszközök a magyar légierő műszaki csapatainál”, Vth International Symposium on Defence Technology, 21–22 Apr 2008 Budapest, Hungary. CD kiadvány.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. HALÁSZ Péter: „A magyarországi kijelölt katonai repülőterek alkalmassá tétele a NATO elvárásainak megfelelően”. Bolyai Szemle 2002. Különszám 3. kötet. <http://www.bjkmf.hu/bszemle/kulon0307.html>.
2. Dr. Kovács Zoltán mk. őrnagy: „A nem robbanó műszaki záruk jellemzői, alkalmazásuk lehetőségei”, Hallgatói Közlemények, IV. évfolyam, 1. szám, ZMNE, 2002.
3. OROSZ Zoltán: „A helikopterek katonai alkalmazásának lehetőségei és a katonai alkalmazás valósága Magyarországon.” http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2005_cikkek/orosz_zoltan.pdf.
4. PÁL József mk. alezredes: „A műszaki technikai eszközök és harcanyagok fejlesztése 2013-ig”, „Haditechnika 2004” III. Nemzetközi Haditechnikai Szimpózium CD kiadvány, 2004. április 19–20. Budapest.
5. Dr. SZABÓ Sándor – Dr. KOVÁCS Tibor – Dr. KOVÁCS Zoltán: „Korszerű műszaki technikai eszközök II.” Bolyai Szemle 2007. 2. szám.
6. Dr. SZABÓ Sándor: „Korszerű repülőter karbantartó eszközök a magyar légierő műszaki csapatainál”, Vth International Symposium on Defence Technology, 21–22 Apr 2008 Budapest, Hungary. CD kiadvány.
7. TOMOLYA János – PADÁNYI József: „A műszaki erők alkalmazása az iraki Szabadság Műveletben”. http://hadtudomanyiszemle.zmne.hu/files/2008/3/tj_pj.pdf.
8. Dr. TÓTH Rudolf: „A haditechnikai eszközök és anyagok felhasználásának, a katonai infrastruktúrák üzemeltetésének aktuális környezetvédelmi feladatai.” New Challenges in the Field of Military Sciences 2006. Konferencia kiadvány CD.
9. STANAG 2929 – Airfield Damage Repair (ADR) A repülőter károk javítása.
10. Forrás: http://farm4.static.flickr.com/3279/2601935721_6b5a89f0d8.jpg?v=0.
11. Forrás: <http://graphics8.nytimes.com/images/2008/12/13/world/13mali01-600.jpg>.
12. Forrás: <http://mos.uwo.ca/courses/405f/docs/OperationsOct6.pdf>.
13. Forrás: <http://msnbcmedia1.msn.com/j/msnbc/Components/Photos/050518/GazaCity15May05runaway.hlarge.jpg>.
14. Forrás: <http://pavement.wes.army.mil/downloads/jrac/JRAC%20Airforce%20Perspectives.ppt>.
15. Forrás: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1d/HAF_F-16D_Block_52.jpg/300px-HAF_F-16D_Block_52.jpg.
16. Forrás: http://www.aprconsultants.com/downloads/apras_rrr.ppt.
17. Forrás: http://www.arcent.army.mil/cflcc_today/2008/april/images/apr12_15/13_01.jpg.
18. Forrás: <http://www.armedforces-int.com/images/companies/852/crash-barrier1b.jpg>.
19. Forrás: <http://www.ausairpower.net/APA-2008-02.html>.
20. Forrás: <http://www.ausairpower.net/HAS-DF-ST-92-09634.jpg>.
21. Forrás: <http://www.ausairpower.net/APA-2008-02.html>.
22. Forrás: <http://www.clamshell.com/photos/photo-images/shelter.jpg>.
23. Forrás: <http://www.defendamerica.mil/images/photos/jul2005/index/Hi-Res/050721-F-5143G-060.jpg>.
24. Forrás: <http://www.defendamerica.mil/images/photos/aug2005/articles/ai080305c1.jpg>.
25. Forrás: <http://www.defendamerica.mil/images/photos/jan2007/index/hires/OU828.jpg>.
26. Forrás: [http://www.entec.org/pdf/ATP-52\(B\).pdf](http://www.entec.org/pdf/ATP-52(B).pdf).
27. Forrás: <http://www.f4phantoms.co.uk/pics/has.jpg>.
28. Forrás: <http://www.gautrans-hvs.co.za/hvsia/24to26augdocs/10Appendix%20G%20DA.pdf>.
29. Forrás: <http://www.hiloliving.com/HilosideSaddle/SaddleRoad12Hilo.JPG>.
30. Forrás: http://www.hirsarok.hu/files/images/2008-50/f18-olt%C3%A1s2_2008-12-08_R.jpg.
31. Forrás: http://www.historycommons.org/events-images/a774_k2_base_uzbekistan_2050081722-8956.jpg.
32. Forrás: <http://www.kansasengineer.org/Events/Convention/06Speakers&Presentations/Afghanistan.pdf>.
33. Forrás: <http://www.sacbee.com/static/weblogs/photos/geo081802.jpg>.
34. Forrás: http://www.sigmagroupiraq.com/updir/69/helipad_petit.jpg.
35. Forrás: http://www.skycontrol.net/UserFiles/Image/MilitaryAviation_img/200603/200603raf_logistics.jpg.
36. Forrás: <http://www.skypic.com/ma/7-6183.jpg>.
37. Forrás: <http://www.un.org/Depts/dpko/unmee/photos/331.jpg>.



Dr. habil. Szabolcsi Róbert¹ — Mészáros György²

PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉP REPÜLÉSSZABÁLYOZÓ RENDSZEREINEK MINŐSÉGI KÖVETELMÉNYEI

I. BEVEZETÉS

A pilóta nélküli repülőgépek (Unmanned Aerial Vehicle – UAV), vagy mai modern elnevezéssel, a pilóta nélküli repülő-rendszerek (Unmanned Aerial Systems – UAS) úgy katonai, mint a polgári alkalmazási területeken kiválóan alkalmazhatóak információgyűjtési célból. Mivel a gyakorlatban nagyon sokszor a vizuális látótávolságon túl kell repülni, ezért felmerül a repülés egyes fázisai (pl. felszállás, útvonalrepülés, süllyedés, leszállás stb.) automatizálásának problémája. A legfontosabb kérdés, amely megválaszolása nélkül nem épülhet repülésszabályozó rendszer: milyenek az automatikus repülésszabályozó rendszerrel szemben támasztott minőségi követelmények?! A szerzők célja elsőként bemutatni, hogy az elmúlt időszakban általuk elvégzett végzett tudományos felmérés, és az abból levont következtetések hogyan alkalmazhatóak az UAS rendszerek automatikus repülésszabályozó rendszerei minőségi követelményeinek meghatározására.

II. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az UAV, illetve az UAS rendszerek repülésszabályozó rendszerei mind a mai napig nem rendelkeznek előírt minőségi követelményrendszerrel. Felmerül a kérdés, hogy milyen módon határozzuk meg az UAS rendszerek minőségi követelményeit?! Magától kínálkozik egy egyszerű elv: a pilóta által irányított repülőgép automatikus repülésszabályozó rendszerei rendelkeznek előírt minőségi követelményrendszerrel, így hát alkalmazhatjuk azokat. Tekintettel eme több évtizedes szabályozó-rendszerre, felmerül a kérdés, hogy a benne foglalt normák hogyan alkalmazhatóak az UAS rendszerekre?! Szűkíteni, vagy bővíteni kell azokat?! A pilóták által irányított légi járművekkel szemben támasztott kormányozhatósági-, és irányíthatósági követelményrendszert – összegezve több évtized szakmai tapasztalatát, és kultúráját – az [1] katonai szabvány adja meg. SZEGEDI [2] részletesen foglalkozik UAV repülőgépek repülésszabályozó rendszere szabályozóinak előzetes tervezésével. A UAV és az UAS alkalmazások lehetőségeivel a [7] irodalom mutatja be egy tudományos kutatási program főbb elemeit. Az UAV és az UAS polgári alkalmazásainak lehetőségeit a [3, 6, 9] irodalmak mutatják be részletesen, míg a katonai alkalmazásokkal a [8] irodalom foglalkozik, és mutatja be egy reprezen-

¹ ZMNE BJKMK Automatizálási és Robotikai Intézet, egyetemi docens, oktatási és minőségbiztosítási dékánhelyettes, intézetigazgató, 1581 Budapest, Pf. 15., Email: szabolcsi.robort@zmne.hu

² ZMNE BJKMK Katonai Műszaki Doktori Iskola, PhD hallgató, 8630 Balatonboglár, Móricz Zs. u. 2/a., Email: qualiprox@externet.hu

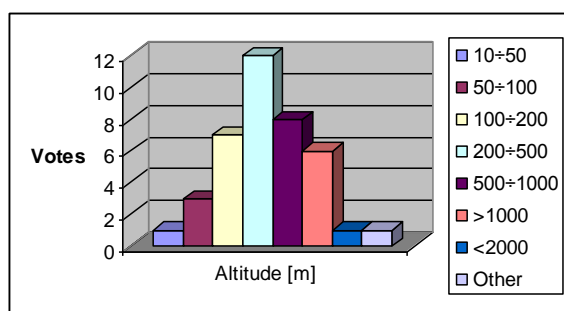
tatív, tudományos felmérés eredményeit. A légköri turbulencia sztochasztikus, és determinisztikus matematikai modelljeit a [4, 5] irodalmak mutatják be. POKORÁDI [10] részletesen foglalkozik a sztochasztikus jelek statisztikai leírásával. A repülőgépek földi kiszolgálásának matematikai modellezésére a Markovi-, és a fél-Markovi sztochasztikus folyamatok leírását alkalmazta, míg a légi járművek fedélzeti műszaki rendszerei diagnosztikai problémáinak leírására, és megoldására szintén a statisztikus módszert alkalmazta.

III. KÍSÉRLETI UAS AUTOMATIKUS REPÜLÉSSZABÁLYOZÓ RENDSZEREINEK MINŐSÉGI KÖVETELMÉNYEI

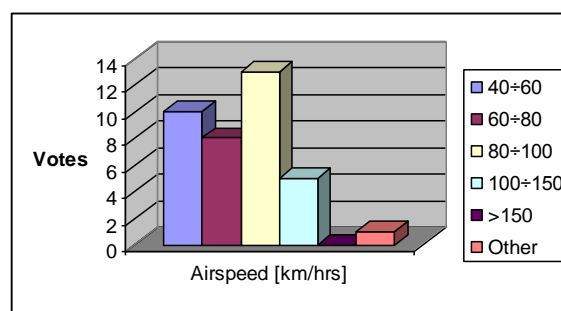
A pilóta nélküli repülőgépek lehetséges polgári, és katonai alkalmazásával kapcsolatban SZABOLCSI országos, reprezentatív tudományos felmérést végzett [3, 8, 9], és kutatási programot hirdetett [7]. E kutatás eredményeképpen, felmérve az alkalmazók elvárásait, az UAS rendszerek, valamint azok automatikus repülésszabályozó rendszerei számára az alábbi fontosabb megállapítások tehetők:

3.1. Kísérleti UAS repülési tartománya

A felmérés eredményeképpen, a kísérleti UAS rendszer repülési tartománya a következő paraméterekkel írható le (1. ábra) [3, 6, 7, 8, 9]:

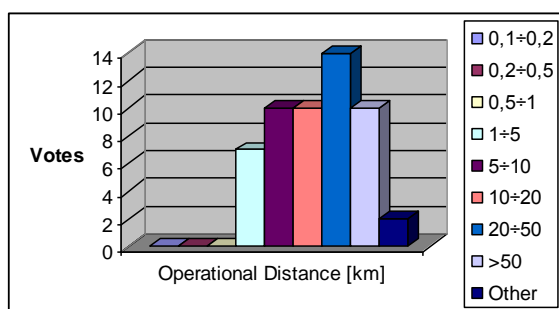


1-a. ábra. Repülési magasság [m].



1-b. ábra. Repülési sebesség [km/h].

Mint az az 1-a., és az 1-b. ábrákon is jól látható, az UAS elvárt tipikus repülési magassága – a válaszadók jelentős része szerint – a $H \leq (50 \div 1000) m$ repülési magassági tartományban helyezkedik el. Az UAS rendszer elvárt repülési sebessége a $v \leq (40 \div 150) km/h$ tartományba esik.



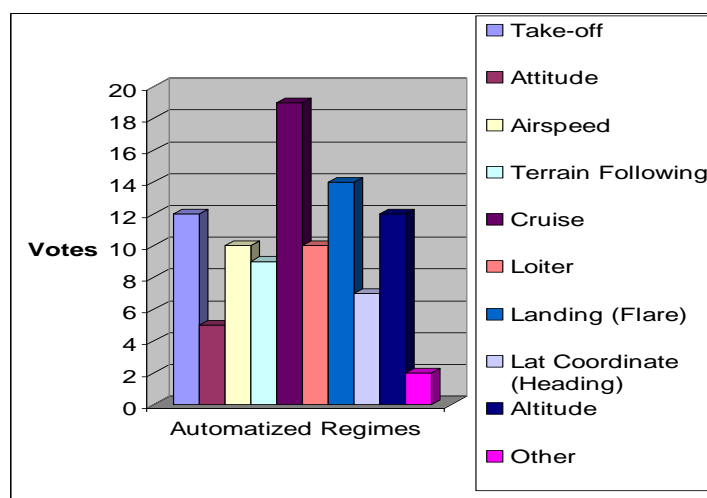
1-c. ábra. Hatótávolság [km].

Az UAS rendszerek elvárt repülési hatótávolsága – polgári alkalmazások esetén – tipikusan az $L \leq (1 \div 50) km$ tartományba esik. Az UAS katonai alkalmazások esetén a válaszadók egy nagy csoportja az $L_{max} \geq 50 km$, valamint attól nagyobb hatótávolságot jelölte meg elvárt követelményként.

Tekintettel a felmérés sajátosságaira, ami kisméretű, korlátozott manőverező képességű UAS rendszerek alkalmazását jelenti, elmondhatjuk tehát, hogy az elvárt hatótávolság maximális értéke $L_{\max} \leq 50 \text{ km}$. A kísérleti UAS rendszer elvárt repülési tartományának paramétereit alapján az UAS rendszer sárkányszerkezete, a hajtómű rendszere, és más repülő-gépészeti tervezése már elvégezhető.

3.2. Kísérleti UAS automatikus repülésszabályozó rendszere tervezett normál repülési üzemmódjai

A felmérés eredményeképpen, a kísérleti UAS rendszer normál repülési üzemmódjai az alábbiak (2. ábra) [3, 6, 7, 8, 9]:



2. ábra. Kísérleti UAS rendszer normál repülési üzemmódjai.

A felmérés eredményeképpen elmondhatjuk, hogy repülés automatizálása annak szinte összes repülési fázisára kiterjed (pl. automatikus fel-, és leszállás; térbeli szöghelyzet (dőlés, bólintás, irány) stabilizálás; repülési sebesség stabilizálása; kismagasságú repülések automatizálása – repülési magasság stabilizálása, emelkedés, süllyedés, egyéb más, magasság változtatással járó manőverek; programozott útvonalrepülések – a felszállás és a leszállás helye között; más üzemmódok – pl. statikus objektumok megfigyelése, adatvesztés esetén „hazatérés” automatikus végrehajtása).

A felmérés eredményeképpen elmondható, hogy a kísérleti UAS rendszerrel szemben támasztott követelmények „vadászipar”-szerűek. Könnyen belátható, hogy a kisméretű, korlátozott manőverező-képességű UAS rendszer minden felhasználói elvárást egyidőben nem teljesíthet, ezért szüksége van egy ésszerű kompromisszumra, ami első közelítésben kielégíti a lehetséges alkalmazókat.

A kísérleti UAS rendszer koncepcionális tervezése során az alábbi feltételekből indulunk ki:

1. csak és kizárólag polgári alkalmazásokkal foglalkozunk;
2. az UAS rendszer többször is alkalmazható;
3. az UAS felszállása, valamint a leszállás előtti manőverek, és maga a leszállás kézi irányítású.

Mіндеzen megfontolások alapján az UAS rendszer alábbi repülési üzemmódjainak automatizálása szükséges: térbeli szöghelyzet stabilizálás; repülési sebesség stabilizálása; repülési magasság stabilizálása. E repülési üzemmódokon a pilóta által irányított légi járművek esetén a minőségi követelményeket az [1] szabvány adja meg részletesen. Tekintettel az UAS rendszer sajátosságaira, a fent felsorolt repülési üzemmódokon az automatikus repülésszabályozó rendszer – megfelelő átmeneti függvényein értelmezett – fontosabb minőségi követelményei legyenek az alábbiak:

Üzem mód	Minőségi jellemzők																	
	Túlszabályozás, σ [%]			Csillapítási tényező, ξ			Tranziens idő, t_{ss} [sec] ($\Delta = \pm 10\%$)			Lengésszám, N			Erősítési tartalék, κ , [dB]			Fázistartalék, φ_t , [fok]		
	σ_x	σ_y	σ_z	ξ_x	ξ_y	ξ_z	$\omega_{x_{ss}}$	$\omega_{y_{ss}}$	$\omega_{z_{ss}}$	N_x	N_y	N_z	κ_x	κ_y	κ_z	φ_{t_x}	φ_{t_y}	φ_{t_z}
Csillapító automata	$\leq 30\%$			0,2 ÷ 0,8			≤ 2	≤ 4	≤ 3	≤ 5			$\kappa \geq 2$			$\varphi_t \geq 15^0$		

1. Táblázat. A kísérleti UAS rendszer csillapító automatájának minőségi követelményei.

Üzem mód	Minőségi jellemzők																	
	Túlszabályozás, σ [%]			Csillapítási tényező, ξ			Tranziens idő, t_{ss} [sec] ($\Delta = \pm 10\%$)			Lengésszám, N			Erősítési tartalék, κ , [dB]			Fázistartalék, φ_t , [fok]		
ϑ stabilizálás	20			$\leq 0,3$			≤ 4			≤ 3			$\kappa \geq 5$			$\varphi_t \geq 30^0$		
γ stabilizálás	20			$\leq 0,4$			≤ 3											
ψ stabilizálás	30			$\leq 0,3$			≤ 5			≤ 5			$\kappa \geq 2$			$\varphi_t \geq 15^0$		

2. Táblázat. A kísérleti UAS rendszer robotpilótájának minőségi követelményei.

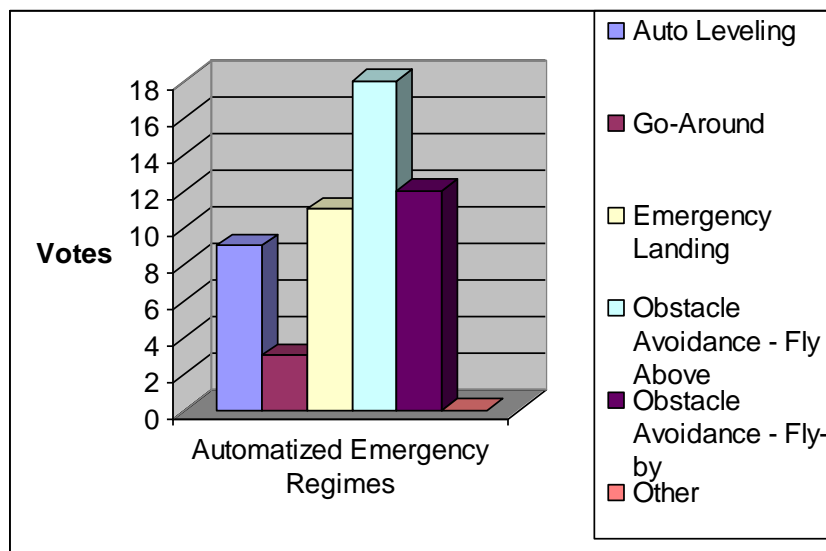
Üzem mód	Minőségi jellemzők																	
	Túlszabályozás, σ [%]			Csillapítási tényező, ξ			Tranziens idő, t_{ss} [sec]			Lengésszám, N			Erősítési tartalék, κ , [dB]			Fázistartalék, φ_t , [fok]		
„V” stabilizálás	5			$\leq 0,5$			≤ 10			≤ 3			$\kappa \geq 5$			$\varphi_t \geq 30^0$		
„H” stabilizálás	10						≤ 5			≤ 5								

3. Táblázat. A kísérleti UAS rendszer pályavezérlő rendszerének minőségi követelményei.

A fenti táblázatokban (1-3) foglalt minőségi követelmények nem teljes körűek, azokat csak és kizárólag a kísérleti repülőgép rövidperiodikus mozgására írtuk fel. Magától értetődik, hogy a későbbiekben a hosszúperiodikus mozgás minőségi jellemzőit is definiálni szükséges. Mivel az [1] katonai szabvány pilóta által vezetett repülőgépre állították össze, ezért mérlegelés tárgyát képezi, hogy az abban foglaltak mely részét fogadjuk el. Egyes részeit (pl. az automatikus repülésszabályozó rendszer alapja a csillapító automata, amely csökkenti a test-koordináta rendszer tengelyei körül a lengéseket), teljes egészében elfogadhatjuk. A szabvány egyes részeit (pl. az utasok komfort érzetét biztosító követelmények, terhelési többszörösök nagymértékű korlátozása stb.) teljes egészében elvetjük el, és végezetül, a szabvány egyes fejezeteit és normáit (pl. több előjelváltó lengés is megengedett), módosítással, az UAS rendszerre történt adaptálás után elfogadhatjuk. Nyilvánvaló, hogy a fenti módszertan csak és kizárólag vonalvezetőt ad a kísérleti UAS komplex minőségi követelményrendszerének meghatározásához. Könnyű belátni, hogy az UAS rendszerrel szemben támasztott funkcionális-, stabilitási-, klimatikus-, és egyéb feltételek meghatározása esetén a fedélzeti automatikus repülésszabályozó rendszerrel szemben támasztott követelmények a rendelkezésre álló szabványok segítségével, illetve a tervező döntéseivel egyértelműen meghatározhatóak.

3.3. Kísérleti UAS automatikus repülésszabályozó rendszere tervezett vészhelyzet-kezelő repülési üzemmódjai

A kísérleti UAS rendszer felhasználók által elvárt, és a veszélyes repülési üzemmódokat kezelő automatizált üzemmódjait a 3. ábra foglalja össze [3, 6, 7, 8, 9].



3. ábra. Kísérleti UAS rendszer vészhelyzet-kezelő automatikus repülési üzemmódjai.

A 3. ábrán jól látható, a legtöbb lehetséges felhasználó a vízszintes repülési helyzetbe történő kivezetést, a kényszerleszállást, valamint a tereptárgyakkal történő ütközés elkerülését tartja a legfontosabbnak.

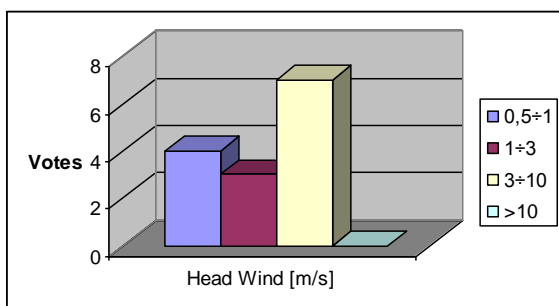
Felmerül a kérdés, hogy a veszélyes repülési üzemmódokon hogyan fogalmazzuk meg az UAS rendszerrel szemben támasztott stabilitási-, kormányozhatósági-, és irányíthatósági minőségi követelményeket?! Tekintettel arra, hogy az UAS többször is alkalmazható, a vészhelyzeti algoritmusok teygenek eleget a következő feltételeknek:

1. tegyék lehetővé a veszélyes repülési helyzetek elkerülését (pl. átrepülés tereptárgyak felett);
2. ha nem sikerül elkerülni a veszélyes repülési helyzetet, akkor tegye lehetővé a biztonságos, minimális sérüléssel járó leszállást.

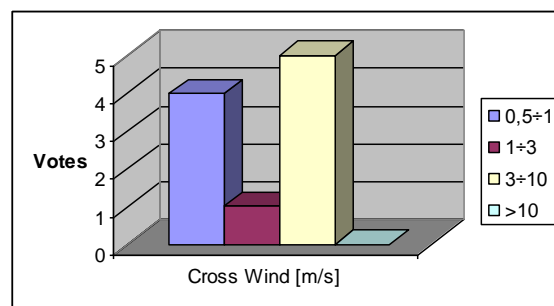
A vészhelyzeti repülési pályák megtervezése után a stabilitási-, kormányozhatósági-, és irányíthatósági minőségi követelményeket már meghatározhatóak. E követelményrendszer felállításához segítséget nyújthat a normál repülési helyzetekre megadott minőségi követelményrendszer.

3.4. Kísérleti UAS repülési feltételei

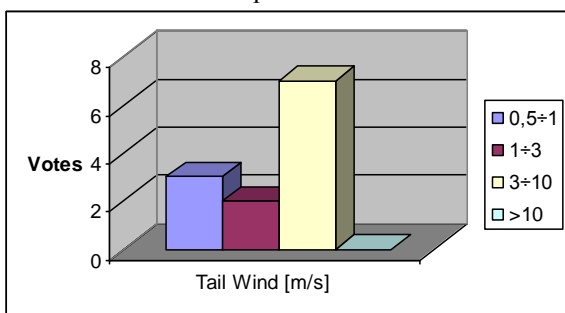
Az UAS rendszerek koncepcionális-, és előzetes tervezése során elengedhetetlen a repülési környezet néhány fontos paraméterének ismerete. A korábban is hivatkozott felmérés adatait a 4. ábra foglalja össze [3, 6, 7, 8, 9].



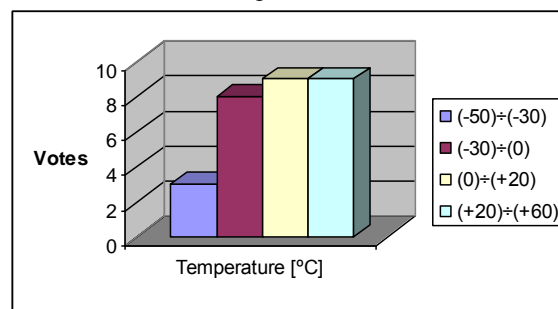
4-a. ábra. Repülés ellenszélben.



4-b. ábra. Repülés oldalszélben.



4-c. ábra. Repülés hátszélben.



4-d. ábra. A repülés környezeti hőmérséklete.

A 4-d. ábra alapján elmondható, hogy a kísérleti UAS tervezett alkalmazásai szélsőséges hőmérsékleti tartományban tartják szükségesnek. Más szóval, a hazánkban mérhető legalacsonyabb hőmérséklet mellett is biztosítani szükséges az UAS rendszer repülését. A felhasználói igények csapadékos időben, és meglehetősen nagy erősségű szélben is szükségesnek (4-a. – 4-c. ábra) tartják az UAS rendszer repülését. E probléma megoldását segítik, és nagyban támogatják a [4, 5] irodalmak, amelyek részletesen taglalják a determinisztikus és a sztochasztikus légköri turbulencia modellek jellemzőit, és azok meghatározását, majd számítógépes szimuláció segítségével – a repülésszabályozó rendszer sza-

bályozóinak előzetes tervezése során is jól alkalmazható – idősorokat hoztak létre kismagasságú turbulencia-modellekre. A széles időben történő UAS alkalmazások előre vetítik, hogy a zárt szabályozási rendszerek kellő robusztussággal kell, hogy rendelkezzenek – ellenkező esetben a repülés alapvető célja sem teljesülhet [4, 5].

IV. ÖSSZEFOGLALÁS

Az UAS rendszerek polgári-, és katonai alkalmazásáról készített felmérés jó alapot ad egy kísérleti UAS rendszer koncepcionális, és előzetes tervezéséhez. A felmérés számos területe fed le. A szerzők e területek közül kiválasztották egy hipotetikus, kísérleti UAS rendszert, amely néhány normál-, és vészhelyzeti repülési üzemmódján megadták a fedélzeti automatikus repülésszabályozó rendszer rövidperiodikus mozgásra vonatkoztatott minőségi követelményeit. A követelmények megfogalmazása során csak részben támaszkodtak a létező, de nem teljesen átvehető szabványokra. A hiányos területeken – saját tervezői tapasztalatuk alapján – maguk fogalmazták meg a minőségi követelményeket.

A normál repülési üzemmódokra a minőségi jellemzők követelmény-rendszere nagyrészt megfogalmazott, míg a vészhelyzeti repülési üzemmódokra a szerzők megfogalmazták az elvi követelményeket. Eme elvi követelmények alapján a vészhelyzeti repülési pályákat megtervezni szükséges, ezután pedig az egyes pályaszakaszokhoz a minőségi követelményeket már hozzá tudjuk rendelni. E feladatok megoldása további vizsgálatokat, és további tudományos kutatómunkát igényel, és a köz-eljövőben a szerzők kutatási területeinek fontos részét képezik.

OPUS CITATUM

- [1] MIL-STD-1797A, Notice 3, Flying Qualities of Piloted Aircraft, Department of Defense, Interface Standard, 2004.
- [2] SZEGEDI Péter: Repülésszabályozó rendszerek szabályozóinak számítógépes analízise és szintézise, PhD értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, Budapest, 2005.
- [3] DR. HABIL. SZABOLCSI Róbert: Pilóta nélküli repülőgépek polgári alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata. Elektronikus Műszaki Füzetek IV, MTA Debreceni Területi Bizottság, Debreceni Akadémiai Bizottság, Műszaki Szakbizottsága, pp (59–65), Debrecen, 2007.
- [4] Dr. habil. SZABOLCSI Róbert: Mathematical Models for Gust Modeling Applied in Automatic Flight Control Systems' Design, CD-ROM Proceedings of the "5th International Conference in the Field of Military Sciences 2007", 13-14 November 2007, Budapest, Hungary.
- [5] SZABOLCSI Róbert — MÉSZÁROS György: Computer Aided Simulation of the Random Atmospheric Turbulences, CD-ROM Proceedings of the 6th International Conference on Crisis Management, ISBN 978-80-7231-510-9, pp(366-379), 14-15 May 2008, Brno, Czech Republic.
- [6] DR. HABIL. SZABOLCSI Róbert — MÉSZÁROS György: Pilóta nélküli repülőgépek polgári alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata. „70 éves a légierő” tudományos konferencia CD-ROM kiadványa, Repüléstudományi Közlemények, Különszám, 2008. április 11.
- [7] DR. HABIL. SZABOLCSI Róbert — MÉSZÁROS György: A new initiative – a new scientific research program „computer aided design and analysis of the vehicle systems”, CD-ROM Proceedings of the Vth International Symposium on Defense Technology, ”, HU ISSN 1416-1443, 21-22 April 2008, Budapest, Hungary.
- [8] DR. HABIL. SZABOLCSI Róbert: Some Thoughts on the Conceptual Design of the Unmanned Aerial Vehicle Systems Used for Military Applications, XVI. Magyar Repüléstudományi Napok, BME, 2008. november 13-14, (megjelenés alatt).
- [9] DR. HABIL. SZABOLCSI Róbert: Conceptual Design of the Unmanned Aerial Vehicle Systems for Non-Military Applications, Proceedings of the 11th MINI Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, VSDIA 2008, BUTE, 10-12 November 2008 (in print).
- [10] PROF. DR. POKORÁDI László: Rendszerek és folyamatok modellezése, ISBN 978-963-9822-06-1, Campus Kiadó, Debrecen, 2008.



Dr. Szász Gábor

A RENDSZERSZEMLÉLET SZEREPE A MÉRNÖKI CSOPORTMUNKÁBAN

BEVEZETÉS

Captatito benevolentiae¹

Magam is tíz hónapot töltöttem itt, amikor a konferencia színhelye még önálló repülőtiszti iskola volt. Főleg katonák közt, civilként, mondandómat a berlini katonai akadémia egykori igazgatójára hivatkozva kezdem. Ahogy egy katonai vezető sem képes jó tervet készíteni, ha nem ismeri az egész hadsereg elé kitűzött politikai célt – amint erre csaknem 200 évvel ezelőtt Carl von CLAUSEWITZ (1780-1831) rámutatott –, egy mérnök-kollektíva sem fog jó műszaki tervet készíteni, ha nem ismeri annak a rendszernek a rendeltetését, amelybe a tervezendő termék vagy folyamat illeszkedik. Az üzemfenntartási rendszer megtervezésénél is szükség van, pl. a karbantartás tárgyát képező konkrét berendezést befoglaló rendszer valamilyen szintű ismeretére.

De viris²

Bonyolult, komplex rendszerek fejlesztésekor többféle képzettségű mérnök, esetleg más szakember is együttműködik (pl. gépészmérnök, matematikus és villamosmérnök [1]). Ilyenkor a megértést elősegíti a rendszerszemlélet, és annak egy speciális területe, az analógiás gondolkodás. A hazai műszaki és természettudományos képzés több mint 50 éves hagyománya, hogy a rendszerszemléletet transzportelméleti megalapozással oktatja. Ennek számos előnye van a mérnöki csoportmunkában is.

KORUNK KIHÍVÁSAI

Gazdasági gondok

2008. június 16-17-én Párizsban pénzügyi és biztonsági kérdésekről tartott nemzetközi tanácskozás levezető elnökétől idézek: „Harmadrészt az USA pénzügyi pozícióját technológiai vezető szerepének köszönhetjük. A befektetők oda mennek, ahol a fontos dolgok történnek. Ez a tény különösen élesen nyilvánult meg az 1990-es évek végén – a tőke azért áramlott az USA-ba, mert ő volt képes a „techno-

¹ Az olvasó jóindulatának megnyerése (latin)

² Az emberek (latin) fontossága; [De viris illustribus urbis Romae = Róma városát a lakosai fémjelzik.]

lógiai boom³” generálására. Részben ezt az előnyt is eltékozoltuk, de a dolog még orvosolható... A katonai establishment⁴ bizonyos részei mégis tovább fejlesztik és foglalják le azokat a technológiai lehetőségeket és kapacitásokat, amelyekre jelenlegi energiaproblémáink különböző aspektusainak⁵ megoldásához lenne szükségünk.” [2] Tehát nem a hagyományos energiahordozók megszerzéséért kell bevetni a fegyveres erőket, hanem a tudományos és műszaki erőforrásokat kell átcsoportosítani az alternatív energiaforrások kutatására és fejlesztésére. E hasznos intelmek arra is sarkallhatnak a mérnököket, illetve megbízóikat, hogy katonai rendszerek tervezésekor is célul tűzzék ki az energiával való takarékoságot és a környezetterhelés minimalizálását, valamint a békebeli felhasználhatóság új lehetőségeinek keresését⁶.

Tervezési paradoxonok⁷

James WATT szerint akkor jó egy konstrukció, ha abból semmit sem lehet már kivenni, azaz nincs fölösleges része. Ma már jól tudjuk, hogy a hibátűrés szempontjából nem fölösleges a szerkezeti tartalék, de különösen a kis tömegre törekvő repülőmérnököt volt nehéz meggyőzni a WATT-féle felfogással ellentétes megoldás szükségességéről. Egy szintén hagyományos mérnöki szemlélet szerint arra kell törekedni, hogy egy alkatrész minél több funkciót hordozzon, az újrahasznosítást viszont az könnyíti meg, ha az alkatrészek kevés és általánosan szükséges funkciót hordoznak. A TAGUCHI-féle minőségbiztosítási elvek egyike szerint nemlineáris karakterisztikákra érdemes törekedni, ha különleges tulajdonságra képes termékeket szeretnénk előállítani, de bizonyos további feltételek teljesülésekor a nemlineáris rendszerek kaotikusan viselkednek.

A biztonsági, gyárthatósági, hibátűrés, karbantarthatósági, újrahasznosítási, környezetterhelési és gazdaságossági szempontok együttes érvényesítése a tervezés során rendszerszemléletet igényel.

MODELLEK SZEREPE A TERVEZÉSBEN

A tervezés során többféle rendszerrel is dolga van a mérnöknek. Ilyen például a célrendszer, a gondolati rendszer, a referens⁸ (rendszer) és a praktikus modell. Ezeken eltérő a hangsúly a tervezési folyamat különböző fázisában. Általában gondot okoz a céltételezés során figyelembe veendő érdekelt felek sokfélesége, az érdekeltnek nem kinyilvánított igényeinek, veszélyérzetének modellezése [3]. Különösen az érdeklődésünk tárgyát képező referens kulcstulajdonságait megőrző praktikus modell kidolgo-

³ Hirtelen, de rövid ideig tartó fellendülés (angol)

⁴ Eredetileg: az elidegenedett hatalmi rendszer, de itt: döntési helyzetben lévő vezető réteg (angol)

⁵ Itt jellegről v. fajtáról van szó (latin)

⁶ Az 1960-as évek végén előírás volt Nagy-Britanniában, hogy a hőerőművekben a mechanikai energia 8 %-át a repülésből kivont gázturbinákkal kell előállítani közvetlenül, vagy gázgenerátoros üzemmel közvetve. Ma, amikor a szénhidrogénekkal takarékosabban kell bánni, ez a megoldás nem követendő.

⁷ Látszólagos ellentmondás (görög)

⁸ Egy szóval jelölt tárgy (latin), de itt az érdeklődésünk tárgyát képező valóságos vagy elképzelt rendszer a maga teljes bonyolultságában.

zásakor van szükség a vezető tervező rutinjára és tapasztalatára. A modell minőségbiztosított is lehet, ha kötött formájú rendszerrel jelenítjük meg [4].

A modellezés lépései (vázlatosan)

- A vizsgálandó v. konstruálandó referens azonosítása⁹, tulajdonságainak és mértékeinek pontosítása¹⁰;
- A referens kulcstulajdonságait megőrző praktikus modellek kialakítása és igazolása;
- A modell részekre bontása, a csatlakozások meghatározása, a nemlinearitások azonosítása¹¹.

A modell alkalmazása (vázlatosan)

- A praktikus modell rendszeregyenletének felírása, különféle módszerrel történő megoldása és a megoldás ellenőrzése (pl. mérés útján);
- Szükség esetén a modell finomítása, kiegészítése;
- A megoldás érvényesítése.

ELTÉRŐ KÉPZETTSÉGŰ SZAKEMBEREK KOMMUNIKÁCIÓJA

Eltérő képzettségű mérnökök és más szakemberek kommunikációjának lehetőségét teremtette meg, méghozzá magas színvonalon, a transzportelméleti alapon nyugvó hasonlóságelmélet [5] és rendszer-technika [6] alkalmazása. A természettudományosan megalapozott, egységes formalizmussal kialakított tárgyalásmód gyakran elősegíti az együttműködést. Hasonlóan jó szolgálatot tesz az analógiás gondolkodás is, mert az egyik szakterületen érvényes törvényszerűséghez hasonló alapján megérthető a másikon előforduló jelenség. Erre számos példát említhetné saját kutató-fejlesztő munkáim során tapasztaltak alapján. Ezek közül talán a legérdekesebb egy nagynyomású aminosav-analizátor tervezésekor előállt holtponthoz való feloldása volt. Az ioncserélő műgyanta oszlopra különféle pH-jú puffer-oldatot kell juttatni, amelyet a gépészmérnök úgy próbált megoldani, hogy két különböző (A és B) pH-jú puffer-oldatból akarta kikeverni a szükséges (C) oldatot. Ez nem vált be. A vegyészmérnök megpróbálta elmagyarázni, hogy kémiaiilag miért nem jó a megoldás, de ezt a gépészmérnök nem akarta belátni, és a vegyész oldatait kifogásolta. Ekkor egy analógiás érveléssel sikerült meggyőzőnem az analóg elektronikában jártas gépészmérnököt. Megkérdeztem tőle, hogy szabad-e közvetlenül összekötni két műveleti erősítő kimenetét? Ő azt válaszolta, hogy nem. Nos a puffer oldat is olyan, hogy saját pH-ját akarja rákényszeríteni a környezetére, mint ahogy a műveleti erősítő is hasonlóra törekszik. Ekkor belátta, hogy a folyamatos keverés nem megoldás, és egy olyan vezérlésre tért át, amelyik meghatározott időszelvényekben hol az A, hol a B oldatot eresztette az oszlopra. Ez jól bevált a gyakorlatban.

⁹ A rendszer körülhatárolása (szeparálás), lényeges tulajdonságainak kiválasztása (szelektálás).

¹⁰ Jellemzők és mutatóik meghatározása.

¹¹ A katasztrofális meghibásodások forrása rendszerint csatlakozási inkompatibilitás és/vagy nemlinearitás.

A transzportelmélet alapjai [7], [8] (vázlatosan)

A fizikai törvények sokasága a XX. század elején már nagyon megnehezítette a fizikusok és a mérnökök dolgát. Ugyanakkor számos részleges analógiát már felismertek és alkalmaztak, de szükség volt egy átfogó elméletre, amelynek segítségével a természeti anyag különféle mozgásformáira, jelenségeire érvényes egyenletek egységes keretbe foglalhatók. A mérnöki szempontból legfontosabb áttörést ezen a téren az 1920-as években Lars ONSAGER érte el Dániában, ahol az elméleti fizika és a mérnöki tudás roppant magas színvonalat ért el¹². Hazánkban az 1950-es évek elején, az ELTE TTK termodinamikával foglalkozó, FÉNYES Imre professzor irányításával működő kutatócsoportja vált a transzportelmélet úttörőjévé. A fizikai változókat két csoportba sorolták (extenzív és intenzív mennyiségek), és a közöttük érvényes kapcsolatokat egységesen írták le. Mindez vázlatosan a következő lépésekben valósult meg, és számos eredményre vezetett a szemlélet terén is:

- Általánosítás (különböző kölcsönhatások hasonlósága alapján)
- Additív tulajdonságú extenzív mennyiségek áramlása az intenzív mennyiségek inhomogenitása miatt. \Rightarrow Mérlegegyenletek
- A speciális fizikai törvények érvényességi körének pontosítása

Mérlegegyenletek – állapotegyenletek – kezdeti és peremfeltételek

↓ ↓ ↑

Pl. skalár extenzívokra pl.: $p = R\rho T$ (egyértelműségi feltételek),

ahol p az ideális gáz statikus nyomása,
 R a specifikus gázállandója,
 ρ a sűrűsége és
 T az abszolút hőmérséklete

$$\frac{dx_i}{dt} = Q_i - I_i, \text{ ahol} \quad (1)$$

$$x_i = \int_V \rho_i dV, \quad Q_i = \int_V q_i dV \quad \text{és} \quad I_i = \oint_F \mathbf{j}_i d\mathbf{F}$$

ahol x_i az i -edik skalár extenzív a rendszerben,
 ρ_i a sűrűsége,
 Q_i a forrása,
 q_i a forrassűrűsége,
 I_i az árama és
 \mathbf{j}_i az áramsűrűség-vektora.

¹² Nem véletlen, hogy CHANG CHO-LIN marsall, mandzsúriai hadúr is egy dán mérnökre bízta a mukdeni (a város ma Senjang) fegyvergyártó bázis megtervezését és irányítását, amikor függetlenedni próbált az európai és japán fegyverkereskedőktől. A magyar mérnökökéhez hasonlóan Dániában is széles spektrumú képzettségük volt a mérnököknek, jártasak voltak a tömeggyártáshoz is felhasználható modern elméletekben (ERLANG-elmélet) és jól ismerték a császári Németország haditechnikai eredményeit. (Érdekes technikatörténeti adalék, hogy a dán misszó segítette HUGYECZ Lászlónak, aki később Sanghaj főépítésze lett, hogy szibériai hadifogságából való sikeres szökése után eljusson Dél-Kínába.) Ez az ipari enkláve egy rendkívül modern gyárkomplexum volt, amelyet 1931-ben a Mandzsúriát megszálló japánok megszereztek, és a Kvantung-hadsereg szolgálatába állították. 1945 augusztusában ezer szovjet ejtőernyős elfoglalta Mukdent [9], így ez a fegyvergyár épségben megmaradt, és 1946-tól a Kuomintang seregét, később pedig a kínai Vörös Hadsereg céljait szolgálta. Az 1950-es években itt gyártottak – szovjet tervek alapján – kézi lőfegyvereket nagy mennyiségben és kitűnő minőségben. [10]

Az elosztott paraméterű fizikai rendszer mérlegegyenletének integrálalakja

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho_i dV = \int_V q_i dV - \oint_F \mathbf{j}_i d\mathbf{F} \quad (2)$$

Általában (egy folyékony felület esetén):

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho dV = \int_V \left(\frac{d\rho}{dt} + \rho \operatorname{div} \mathbf{v} \right) dV, \text{ ahol } \frac{d\rho}{dt} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \mathbf{grad} \rho, \quad (3)$$

$$\text{tehát } \frac{d\rho}{dt} + \rho \operatorname{div} \mathbf{v} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \mathbf{grad} \rho + \rho \operatorname{div} \mathbf{v} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \mathbf{v})$$

ahol \mathbf{v} a makroszkopikus¹³ áramlási sebesség.

Ezzel a mérlegegyenlet az i -edik extenzívra:

$$\int_V \left[\frac{\partial \rho_i}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho_i \mathbf{v}) \right] dV = \int_V q_i dV - \oint_F \left(\sum_{k=1}^n L_{ik} \mathbf{grad} y_k \right) d\mathbf{F} = \quad (4)$$

$$= \int_V q_i dV - \int_V \operatorname{div} \left(\sum_{k=1}^n L_{ik} \mathbf{grad} y_k \right) dV, \text{ ha } L_{ik} = \text{const.},$$

akkor L_{ik} vezetési tényező¹⁴ kiemelhető a div operátor elé (y_k a k -adik intenzív mennyiség).

Az elosztott paraméterű fizikai rendszer mérlegegyenletének differenciálalakja

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho_i \mathbf{v}) + \sum_{k=1}^n L_{ik} \operatorname{div} \mathbf{grad} y_k = q_i \quad (5)$$

Az (5) parciális differenciálegyenlet levezetésekor számos mérnöki szakterület sajátos alapegyenletére juthatunk (pl. folytonosság tétele, termodiffúzió), miközben a kikötések és elhanyagolások a nevezetes alaképlet érvényességi körét kijelölik, és így a fölösleges viták száma csökkenthető. (Az aerodinamika alapegyenletét, a NAVIER–STOKES-egyenletet vektor extenzívra is felírt mérlegegyenletből lehetne levezetni, de ebben a körben ez nem nyújtana új ismeretet a hallgatóságnak.) Ugyanakkor az eltérő képzettségű szakemberek világosan láthatják a legfontosabb analógiákat, amelyek a partnerek közti megértést és a fejlesztési ötletek csíholását is elősegítik. Az együttműködést termelékennyé és minőségbiztosítottá teszik a különféle elektronikus termékdefiniáló v. –menedzselő programok. Pl. az Airbus átfutási idejét egy ilyen program alkalmazása négy évről két és félre csökkentette.

A modellezés egységesítése a XXI. században

Különféle mérnöki, informatikai és üzemgazdaságtani területeken teszi lehetővé a szakemberek együttműködését a folyamatok, illetve a rendszerelemek és kapcsolataik egységes leírása révén az

¹³ Nagy méretű, szemmel látható (görög-latin)

¹⁴ Azt mutatja meg, hogy a k -adik intenzív mennyiség egységnyi különbsége az i -edik extenzív mekkora intenzitású áramát váltja ki.

UML 2 szabványosított modellező nyelv [12]. Egyik fő erénye, hogy a konkrét egyedi tárgyaktól absztrakció¹⁵ után eljutva a fogalmakhoz, majd azokat ismerveikkel jellemezve (az ismervek aktuális előfordulásai az adatok), lehetővé válik a rendszerek lényegét tükröző modell szemléletes és tömör leírása. Ez minden UML-ben járatos szakember számára megkönnyíti a kommunikációt, az együttműködést és a jól átgondolt termécsaládok, illetve egyedi termékek gazdaságos kivitelezését, legyen szó számítógépes programról, hardverről vagy bonyolult szolgáltatásról. Az UML 2 sem csodaszer; számos kritika is éri, de mint minden általános célú eszköz, ez is fejleszthető. Ilyenkor arra kell ügyelni, hogy a hiányosságok nyesegetése ne bonyolítsa el, mert akkor nem növekszik a felhasználók köre. Márpedig ehhez jelentős társadalmi érdek fűződik. Pl. e tervezést segítő modellező nyelv alkalmazása elősegítheti a termék továbbfejlesztését akár más helyen, más tervezőkkel. Ugyanígy előnyös lehet az UML 2 modellezés az üzemfenntartásra már korábban kialakított módszerek, mint amilyen a hibafeltérő elemzés, hatékonyabb alkalmazására, például a biztonság szempontjából kritikus rendszereknél. Különösen akkor tesz jó szolgálatot az UML 2, ha egy szövetségi rendszer eltérő nemzetiségű, különféle szakterületre kiképzett szakembereinek kell együttműködni, és a félreértések végzetes hibákhoz vezetnének.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Gyula ZSIGMOND, István KUN, Gábor SZÁSZ: Some Problems of Quality Based Design of Complex Automation Systems, INES'99. Proceedings, 233–235. o.
- [2] James K. GALBRAITH: Politikai és biztonsági megfontolások a pénzügyi válság kapcsán: terv Amerika számára, Eszmélet, 80. szám (2008. tél) 53-54. és 58. o.
- [3] DR. BENEDIKT Szvetlána, DR. KUN István, DR. SZÁSZ Gábor: Társadalmilag elfogadható kockázatszint modellezése, INFORMATIKA, 8. évf. 4. szám, (2005. december), 52-53. o.
- [4] KAPOSZI Agnes, Margaret MYERS: Systems for computer systems professionals, LSI, Bp. 1996.
- [5] SZÜCS Ervin: Hasonlóság és modell, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1972.
- [6] DR. SZABÓ Imre (főszerk.): Gépészeti rendszertechnika, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1986.
- [7] FÉNYES Imre (szerk.): Modern fizikai kisenciklopédia, Gondolat Könyvkiadó, Bp. 1971.
- [8] SZÜCS Ervin: Dialógusok a műszaki tudományokról, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1971.
- [9] GOSZTONYI Péter: A Vörös Hadsereg – a szovjet fegyveres erők története 1917-1989, Európa Könyvkiadó, Bp. 1993. 230. o.
- [10] http://www.kalasznyikov.hu/dokumentumok/a_fekete_csillag.doc (letöltés ideje: 2009. március 25. 17^h12')
- [12] Harald STÖRRLE: UML 2 – Unified Modeling Language¹⁶, PANEM Kft. Bp. 2007. p. 312

¹⁵ Az absztrakció (latin) kettős jelentése elvonatkoztatás, illetve elvont fogalom.

¹⁶ Univerzális Modellező Nyelv (Az eredeti angol cím második szavában a rövid mássalhangzó bizonyára a márkanév sajátossága. Az univerzális latin eredetű szó, amelynek jelentése: általános, egyetemes, többféle használatra alkalmas.)



Szászi Gábor mk. alezredes

A VÉDELMI SZEMPONTBÓL MEGHATÁROZÓ REPÜLŐTEREK VASÚTI KAPCSOLATÁNAK HELYZETE MAGYARORSZÁGON

BEVEZETŐ

A közlekedési rendszerrel szemben támasztott katonai-védelmi követelmények ma már tisztán megfogalmazzák, hogy az ország védelmét biztosító (kiszolgáló) közlekedési infrastruktúrát nem csak a speciális katonai érdekeket szolgáló közlekedési infrastruktúra és eszközpark jelenti, hanem magába foglalja a meglévő polgári képességeket, eszközparkot is. Ez a folyamat nem lehet ad hoc jellegű, csak tudatosan, mindenkor egymást kiegészítő módon, a célirányos felkészítés és fejlesztés eredményeként kell, illetve lehet megvalósítani.

Ennek a folyamatnak a részeként tanulmányomban be kívánom mutatni a légi közlekedés védelmi szempontból meghatározó szerepét, illetve részletesen vizsgálni kívánom a védelmi szempontból meghatározó repülőterek vasúti kapcsolatának helyzetét, a várható fejlesztések irányait. Bár a vasúti és a légi közlekedés kapcsolata általános megközelítésben nem jelentős, napjainkra azonban már a polgári életben is kiemelt figyelmet fordítanak erre a területre is. Jól tükrözik ezt az elmúlt időszakban megjelent közlekedésfejlesztési célkitűzések, melyekben már konkrétan megfogalmazzák a repülőterek közlekedési kapcsolatának fejlesztésén belül a vasúti összeköttetés fejlesztését is.[1]

Katonai-védelmi aspektusból vizsgálva a problémát pedig egyértelműen kijelenthető, hogy a kifejezetten katonai célokat szolgáló repülőterek üzemeltetése során mindig is szem előtt tartották a vasúti kapcsolat meglétét, annak fejlesztését, melyet a tanulmányban részletesen be is mutatok.

A továbbiakban arra keresem a választ, hogy a honi repülőtéri infrastruktúra mely elemei alkalmasak a védelmi feladatok megoldása során megjelenő légiszállítási igények teljesítésére, és azok vasúti közlekedési kapcsolata milyen mértékben felel meg az elvárásoknak.

1. VÉDELMI SZEMPONTBÓL JELENTŐS REPÜLŐTEREK FEJLŐDÉSE

A repülőterek kezdeti fejlődése jellemzően területi logikát követett, és azokat Európában döntően, mint katonai repülőtereket hozták létre. A területrendezés e logikája az esetek egy részében továbbra is érvényesül, másrésztől azonban számos repülőtér az állam felügyelete alól a régiók, állami vállalatok felügyelete alá került, vagy azokat a magánszektornak engedték át.

Ebből kifolyólag a közösségi repülőtéri ágazat alapvető szervezeti átalakuláson ment keresztül, amely nemcsak a magánbefektetők repülőtéri szektor iránt tanúsított határozott érdeklődését tükrözte, de a hatóságok megváltozott hozzáállását is a magánrepülőterek fejlesztésében való részvételéhez. Ez a fejlődés a repülőterek által ellátott feladatok nagyobb diverzifikálódását és összetettebb jellegét vonta maga után. Bár továbbra is alapvetően a légi közlekedéshez szükséges infrastruktúrák kiszolgálói maradnak, a repülőterek egy része igen versenyképes kereskedelmi szereplővé is vált, illetve törekszik válni. Ez a folyamat felerősítette a közlekedési kapcsolatok elemzésének szükségességét is, hiszen a hatékony gazdasági kapcsolatrendszer nélkülözhetetlen része a megfelelő közlekedési hálózat megléte. Még erősebben jelenik meg ez az igény, ha a repülőtér szolgáltatásai közvetlenül kapcsolódnak egy Logisztikai Szolgáltató Központoz is.

A fenti tendencia a katonai repülőterek átalakítására is hatást gyakorolt. Már 1996-ban a kormányzat úgy ítélte meg, hogy az addig kizárólagosan katonai célokra használt repülőtereket célszerű lenne megnyitni a polgári légi közlekedés számára is, biztosítva ezzel a szükséges fejlesztésekhez a tőkebevonást is. Az 1996. évi Közlekedéspolitikai Koncepcióban a repülőtereket a következők szerint sorolták be. Regionális jelentőségű repülőterek csoportjába sorolták Szombathely, Sármellék, Győr-Pér, Siófok-Kiliti, Pécs-Pogány, Budaörs, Szeged, Miskolc, Kunmadaras, Békéscsaba, Nyíregyháza, Debrecen repülőtereit, míg katonai/polgári használatra Taszár, Tököl, Mezőkövesd repülőtereit jelölték ki. Tovább erősítette ezt a folyamatot, hogy a 2150/1998. (V. 20.) kormányhatározat a taszári katonai repülőtér, még a 2151/1998. (V. 20.) kormányhatározat a pápai, szolnoki, szentkirályszabadjai és a kecskeméti repülőterek vonatkozásában lehetővé tette a közös felhasználású (polgári és katonai) repülőtérre való átalakítást.

A NATO-hoz való csatlakozás azonban új helyzetet teremtett, amit a jogszabályoknak is követnie kellett. Már a csatlakozás előtt világossá vált, hogy Magyarország számára kiemelten fontos és hasznos lehet a NATO Biztonsági Beruházási Programban (NSIP)¹ való részvétel, mivel lehetőséget biztosít a szövetség által elvárt katonai infrastrukturális kompatibilitás eléréséhez.[2] A program hazai alkalmazásának alapjait a 2154/1999. (VII. 8.) kormányhatározat rögzítette. Ez a kormányhatározat egyben törölte a 2151/1998 (V. 20) kormányhatározat mellékletének 1. és 2. pontját, vagyis megszüntette Pápa és Kecskemét katonai repülőtereinek közös (polgári–katonai) felhasználási lehetőségét. Ennek megfelelően az NSIP keretében a repülőtéri képességsomag három repülőtér kiemelt fejlesztését irányozta elő. Nem jelent meg ebben a csomagban a szolnoki, a taszári és a szentkirályszabadjai repülőtér fejlesztésének lehetősége, hiszen azok továbbra is megmaradtak közös (polgári–katonai) felhasználási körben.

A repülőterek besorolásában fellelhető hektikus folyamatokat az Országos Területrendezési Tervről (a továbbiakban: OTTrT) szóló 2003. évi XXVI. törvény 1/5. számú mellékletében megjelenő besorolás

¹ NATO Security Investment Programme

igyekezett lezárni. A törvény a repülőtereket az alábbi kategóriákba sorolta, melyen a törvény 2008. évi módosítása sem változtatott²:

Országos jelentőségű polgári repülőterek:

- Budapest [Ferihegy]
- Debrecen
- Sármellék

Kereskedelmi (nemzetközi) repülőtérre fejleszhető repülőterek:

- Baracs - Kisapostag (Dunaújváros)
- Békéscsaba
- Budaörs
- Fertőszentmiklós
- Kalocsa
- **Kunmadaras**
- Mezőkövesd - Mezőkeresztes
- Nyíregyháza
- Ócsény
- **Pécs - Pogány**
- **Pér (Győr)**
- **Siófok - Kiliti**
- Szeged
- Székesfehérvár [Alba Airport]
- **Szombathely**
- **Taszár**
- **Veszprém - Szentkirályszabadja**

Közös felhasználású katonai és polgári repülőtér:

- Szolnok

Állami repülések céljára szolgáló repülőterek:

- Kecskemét
- Pápa

A fent felsorolt repülőterek további fejlesztése két módon valósulhat meg. Az egyik csoportba azon repülőterek fejlesztése tartozik, amelyek az egész nemzetgazdaság számára fontosak. Az Európai Unióban alkalmazott gyakorlat szerint 200-300 kilométerenként szükséges, elsősorban az adott régió kiszolgálását

² 2008. évi L. törvény az Országos Területrendezési Tervről szóló 2003. évi XXVI. törvény módosításáról

végző repülőter hálózat kiépítése, amelyek fejlesztéshez, működtetéséhez központi források bevonása szükséges (Ferihegy, Sármellék, Debrecen). A másik csoportba a szűkebb területek, helyi érdekek kiszolgálása érdekében működtetett repülőterek tartoznak. Ezek fejlesztését és működtetését teljes egészében saját forrásból (önkormányzati, kistérségi, vállalkozói) kell megvalósítani.

Nemzetközi Kereskedelmi Repülőtereink (Budapest-Ferihegy, Debrecen és Sármellék) fejlesztése mellett gazdasági és egyben védelmi szempontból is meghatározó lehet még Kunmadaras, Győr-Pér, Pécs-Pogány, Siófok-Kiliti, Szombathely, Taszár, valamint Veszprém-Szentkirályszabadja repülőterének a regionális légiforgalomba való bekapcsolása is. Ezen repülőterek esetében komplex hasznosítás valósítható meg és mind logisztikai, mind turisztikai szempontból jelentős forgalomra számíthatnak.

Az Európai Unióhoz történő csatlakozás felerősítette azt a nézetet, hogy a repülőterek meghatározó szerepet töltenek be Európa legtávolabbi régióinak integrációjában, és közrejátszanak a helyi gazdaságok sikerében. A légi utasszállítás és az áru fuvarozási szolgáltatások ugyanis alapvető fontossággal bírnak a régiók versenyképességére és fejlődésére nézve. Ha a repülőterek nagy forgalmat bonyolítanak le, az vonzhatja a légitársaságokat, és ezáltal ösztönzőleg hathat a gazdasági tevékenységekre. A vasút és a légi fuvarozás közötti intermodalitás – amint arra a 2001-es Fehér Könyv³ is rámutatott – jelentős kapacitásbővüléssel járhat azáltal, hogy a vasúti és légi közlekedés közötti verseny helyett inkább e két közlekedési mód kiegészítő jellegét erősíti. Ez a kohézió elsősorban a személyszállítás vonatkozásában jelent szorosabb együttműködést, de a légi áruszállítás vonatkozásában is fellelhetők az együttműködés területei, elsősorban a multimodális logisztikai szolgáltató központok vonatkozásában.

A kizárólagosan az állami repülések céljára szolgáló repülőterek fejlesztése alapvetően a NATO és Magyarország katonai és védelmi érdekeinek figyelembevételével történik. Ebbe a struktúrába illeszthető például a NATO NSIP program, melynek keretében megvalósuló képességsomagok egyike a NATO reagáló erőinek fogadását biztosító repülőterei fejlesztéseket tartalmazza, ezek keretében a ferihegyi, a kecskeméti és a pápai repülőteret tették (teszik) alkalmassá a NATO erők kiszolgálására.

2. VÉDELMI SZEMPONTBÓL MEGHATÁROZÓ REPÜLŐTEREK VASÚTI KAPCSOLATÁNAK ELEMZÉSE

A továbbiakban azon repülőterek vasúti kapcsolatait elemzem, melyek megítélésem szerint a jövőben is jelentős szerepet játszhatnak a védelmi szempontból fontos légiszállítási igények kielégítésében. A vizsgálati kör leszűkítésében Dr. Tóth B.- Helmeczi G. e témakörben megírt tanulmányát[3] és az OTTrT besololását veszem alapul. A hivatkozott szerzőpáros a légiközlekedés vonatkozásában az alábbiakban fogalmazta meg a légiközlekedéssel szemben támasztható védelmi követelményeket:

³ „Az európai közlekedéspolitiká 2010 távlatában: a választás ideje”, COM(2001) 370, 2001.9.12.

- Budapest-Ferihegy repülőtér forgalmi és kiszolgálói képességeinek megőrzése, a NATO bázis repülőtéri (megerősítő erők fogadási) követelményeinek teljesítése és fenntartása. (Az EU követelményeket is figyelembe vevő folyamatban lévő fejlesztések tervszerinti befejezése.)
- a folyamatosan üzemelő katonai repülőterek (Pápa, Szolnok, Kecskemét) legyenek képesek a szövetséghez tartozó harci és szállító repülőök fogadására, a NATO követelmények szerinti földi kiszolgálására,
- a tököli repülőtér alkalmassá tétele a gazdasági, a katonai, a katasztrófavédelmi célú igénybevételre valamint anyagtárolásra (további fejlesztéssel képessé tenni más kiemelt feladat ellátására),
- a volt katonai repülőterek (Taszár, Tököl, Szentkirályszabadja) „forgalom képességének” fenntartása, a repülőterek rövid időn belüli, illetve szükség esetén azonnali üzembe helyezése, mint védelmi tartalék, katasztrófavédelmi vagy regionális repülőtér,
- a kiemelt regionális repülőterek (Sármellék, Debrecen, Pécs-Pogány, Győr-Pér) fejlesztésének folytatása úgy, hogy azok képesek legyenek védelmi és katasztrófa helyzetben az erők, a segélyszállítmányok fogadására, kezelésére, átrakására, járatok indítására,
- a fejlesztés alatt lévő regionális érdekű repülőterek (Békéscsaba, Börgönd, Csákvár, Fertőszentmiklós, Nyíregyháza, Kunmadaras, Siófok-Kiliti, Szeged stb.) alkalmassá tétele helikopterekkel és kisebb repülőgépekkel továbbított szállítmányok fogadására, tárolására, átrakására.

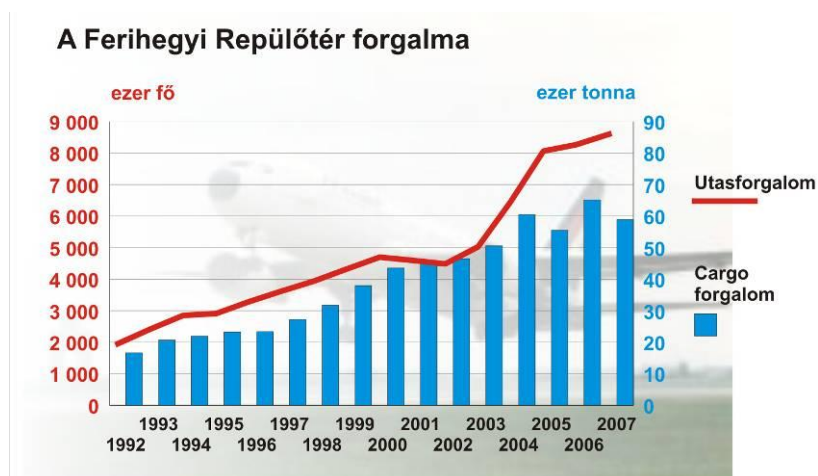
Ezeket a követelményeket összevetve az OTrT-ben megjelenő besorolással látható, hogy sok területen párhuzamok vonhatók, de a kisebb forgalmú, helyi érdekeket szolgáló repülőterek vonatkozásában nem látom a jelenlegi szabályozók mellett a védelmi érdekek érvényre juttatásának lehetőségét. Így az országos jelentőségű polgári repülőterek, a közös felhasználású katonai és polgári repülőtér, valamint az állami repülések céljára szolgáló repülőterek mellett a kereskedelmi (nemzetközi) repülőtérre fejleszhető repülőterek közül az OTrT besorolását követve a Kunmadaras, Pécs – Pogány, Pér (Győr), Siófok – Kiliti, Taszár és Veszprém – Szentkirályszabadja repülőterek vasúti kapcsolatának elemzését végzem el.

2.1. Országos jelentőségű polgári repülőterek

2.1.1. Budapest Ferihegy vasúti kapcsolata

A főváros vonatkozásában a légi személy és áruszállítás döntően a Ferihegyi repülőtérhez kötődik. A repülőtér forgalma mind a személyszállítás, mind az áru fuvarozás terén a rendszerváltozás óta jelentősen nőtt (1. számú ábra). Sajátossága a rendszernek, hogy a cargo-forgalom 99%-át Ferihegy I. szolgálja ki, így a vasúti kapcsolat elemzését is erre a területre célszerű kiterjeszteni. Az elmúlt időszak folyamatait figyelembe véve egyértelműen látható, hogy az egyre növekvő forgalmat – személy és áru forgalomra

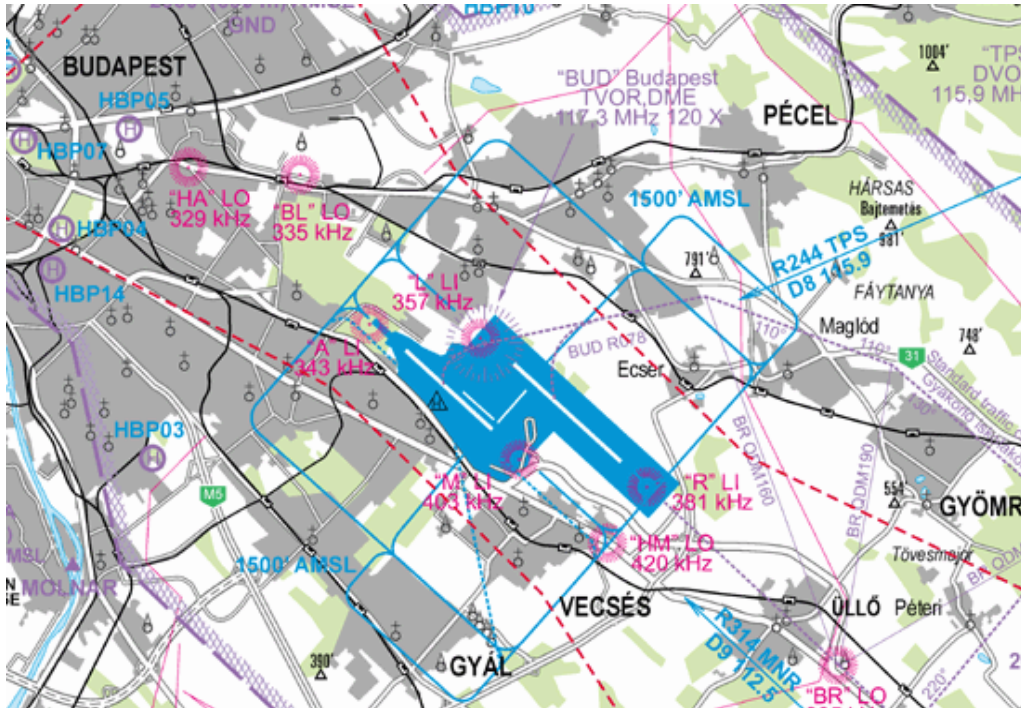
egyaránt vonatkoztatva – nagymértékben támogatná egy el- és ráhordó funkciót megvalósító vasúti kapcsolat. Ennek a lehetősége messzemenően adott, hiszen a repülőtér több jelentős vasútvonal is határolja, melyeket a 2. számú ábra is jól szemléltet. A 3. számú ábrán az a jelenleg meglévő vasúti kapcsolat látszik, ami a két terminál között elhelyezkedő kiszolgáló-létesítményeket köti össze a "külvilággal". Ezt nagyon ritkán használják ki, de itt szállítják be a hóeltakarításhoz, illetve síkosság mentesítéshez használatos jelentős mennyiségű karbamidot.



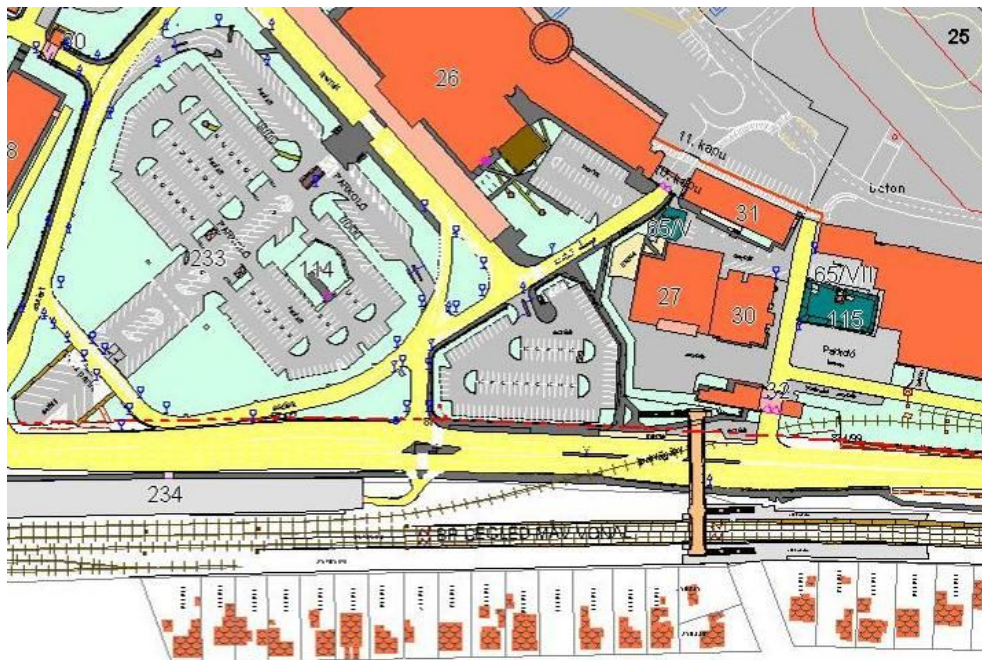
1. számú ábra: Ferihegy Repülőtér forgalma⁴

A repülőtéren a vasúti kapcsolat továbbfejlesztése jelenleg is napirenden van. A tervek szerint a Budapest-Szolnok fővonalból kiágazó meglévő iparvágány a közforgalmi vasúttól a tervezett „J” porta bekötő útjáig megtartandó, illetve új rakodó létesíthető. A fejlesztési követelményekben azt is megfogalmazzák, hogy a rakodónak az üzemanyag lefejtője legalább 50 m-re telepíthető a 4. számú főút szegélyétől. Ez azt is szemlélteti, hogy az iparvágánynak – mint általában a repülőterekhez kapcsolódó vasútvonalak esetében – kiemelt szerepe kell, hogy legyen a repülőtér üzemanyag ellátásának biztosításában. A vasúti hálózat továbbfejlesztése során a repülőtér területén kötőpályás közlekedés csak úgy létesíthető, hogy az a repülőtér alaptervekenységét nem korlátozva segíti elő a repülőtér forgalmának lebonyolítását. A szabályozási terv megfogalmazása szerint MÁV vonatkozásában a fejlesztés a Budapest-Újszász, vagy a Budapest-Cegléd fővonalból kiágazva Vecsés észak felől elkerülő új nyomvonal felé valósítható meg. [4]

⁴ Forrás: www.kti.hu (2009. 03.21.)



2. számú ábra: Budapest-Ferihegy repülőtér vasúti kapcsolati lehetőségei⁵



3. számú ábra: Budapest-Ferihegy repülőtér vasúti kapcsolata a Budapest-Szolnok vasúti fővonalról⁶

⁵ Forrás: <http://www.hungaryairport.hu/> /2009.03.26/

⁶ Forrás: Budapest-Ferihegy Airport

2.1.2. Debreceni repülőtér vasúti kapcsolat

A debreceni repülőtér az elmúlt időszakban komoly fejlődésen ment keresztül. 2001-ben a Debreceni Vagyonkezelő Rt. Komplex fejlesztési programot indított a repülőtéren, aminek eredményeként 2004. április 22.-től állandó vámúttal rendelkező nemzetközi repülőtérre vált és 2008-tól már a Schengeni elveknek megfelelő határátkelőhelyként működik. Fejlesztések sorozata zajlott az elmúlt években, melyek között a közlekedési kapcsolatok javítását szolgálta a parkoló bővítése, valamint a repülőtérhez vezető új bekötőút megépítése.

A repülőtér három területen látja a piaci lehetőségeket: utasforgalom növelése, cargo forgalom beindítása, valamint egy logisztikai központ létrehozása a repülőtér mellett. A repülőtér alapvető érdeke, hogy kihasználja frekvenciált helyzetét, hiszen Románia, Ukrajna, Szlovákia, valamint a magyar főváros vonzáskörzetéhez tartozik. Közlekedési kapcsolatai kedvezőek, mivel vasút, közút, autópálya és a TEN vonal is közvetlenül a reptér mellett halad. A repülőtér teherszállító gépek fogadására alkalmas, és keleti irányból a Schengeni övezet 2 órával korábban elérhető a nyugat-európai hub-okhoz képest, illetve a reptér a kelet-nyugat irányú forgalom középpontjában található.

A repülőtér elsősorban a high-tech iparágra számít, ahol a tudásalapú termékek szállítása nagy értékük miatt indokoltá teszik a légi áruszállítást. A reptér célja, hogy a kelet-magyarországi régiót is bevonja a nemzetközi áruforgalomba, és egy intermodális logisztikai központot hozzanak létre légi kapcsolattal. A beruházást két ütemben kívánják megvalósítani: első lépésben új gurulóút, cargo előtér, cargo terminál, közúti kapcsolat, parkoló és fejlesztési terület kiépítése, majd a második ütemben logisztikai csarnokok, parkoló és úthálózat létrehozása. A tervek között szerepel 2000 m² cargo csarnok létrehozása, 4-szer 10000 m² logisztikai csarnok építése, és 35 ha logisztikai fejlesztésre alkalmas ingatlanterület hasznosítása.⁷ Ezek a beruházások is hozzájárulnak ahhoz, hogy a nem állami repülések céljára szolgáló repülőterek közül védelmi szempontból az egyik legjelentősebbnek tekintsem.

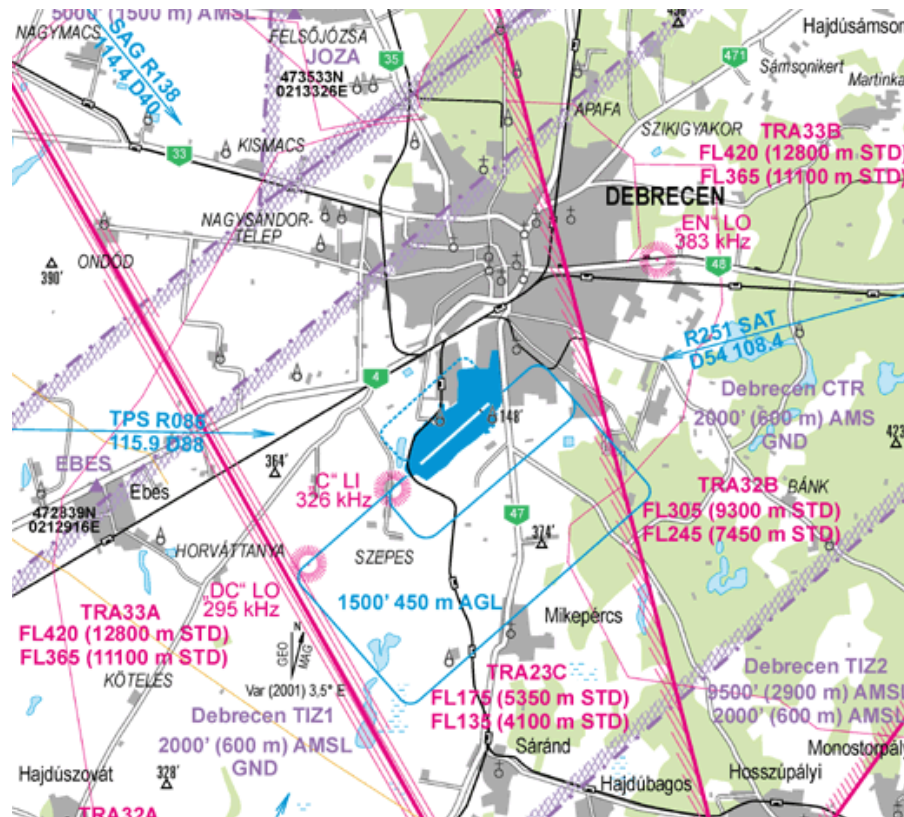
A vasúti közlekedést tekintve Debrecen kiváló helyzetben van, hiszen hazánk egyik villamosított vasúti fővonala köti össze a fővárossal. Ez a vasútvonal nemzetközi jelentőségű, hiszen közvetlen kapcsolatot biztosít Budapest és számos kelet-európai nagyváros (Kijev, Moszkva, Szentpétervár) között is. A városból több, kisebb vasútvonal is kiágazik (4. ábra), melyek jelentősége azonban nem éri el a budapesti fővonalét. Ezek nem villamosítottak, illetve általában csak egy vágánypáron zajlik a forgalom. Ezek a vonalak a várost az agglomerációjával kötik össze, és a napi ingázó-forgalmat bonyolítják le.

A repülőtér vasúti kapcsolata a Debrecen–Sáránd vasútvonalról leágaztatott iparvágányokkal elvileg biztosított. Az iparvágányok állapota azonban a rendszeres karbantartás és használat hiányából adódóan rossz, azok használata jelenlegi állapotukban nem lehetséges. Az iparvágányok karbantartását a MÁV végzi, ezért az esetleges újbóli forgalomba helyezésüket velük egyeztetve kell végrehajtani. Erre

⁷ Forrás: <http://www.airportdebrecen.hu/news/> /2009. 04. 13./

valószínűleg a közeljövőben sor kerülhet, mivel az Airport Debrecen, és a tulajdonos Vagyonkezelő, az iparvágányok felújítását tervezi azzal a céllal, hogy megteremtse egy cargo-bázis kiépítésekor óriási előnyt jelentő közvetlen vasúti kapcsolatot. A repülőtér további fejlesztése, a hosszú távú elképzelések szerint a környező vasútvonalakat is érinti, ezért az iparvágányok és a sárándi vasútvonal fejlesztésével kapcsolatos egyéb elképzelések ismertetésére is ki kell térni.

A közvetlen vasúti kapcsolat kiépítését a leegyszerűbben a régi iparvágányok újbóli megnyitásával, és a tervezett ipari park felé történő meghosszabbításával lehetne megoldani. Sajnos a szovjet csapatok kivonulása óta eltelt közel húsz év alatt ezeket az iparvágányokat elhanyagolták és a hozzá tartozó rakodóhelyek teljesen használhatatlanná váltak. Az iparvágányokat eredetileg szinte kizárólag a repülőtér üzemanyag ellátására használták a nyolcvanas években. Az iparvágányok újbóli kiépítésénél a legfőbb szempont a repülőtér területén majdan létesülő ipari park, és a repülőtér forgalmi előterének közvetlen kapcsolata lenne, hiszen ezáltal jelentősen leegyszerűsödnek azok az árukezelési tevékenységek, amik a rakodással, szállítással, és tárolással kapcsolatosak. A tervezett fejlesztéseket az 1. számú melléklet szemlélteti.



4. ábra Debrecen és a repülőtér vasúti kapcsolatai⁸

⁸ Forrás: <http://www.hungaryairport.hu/> /2009.03.26/

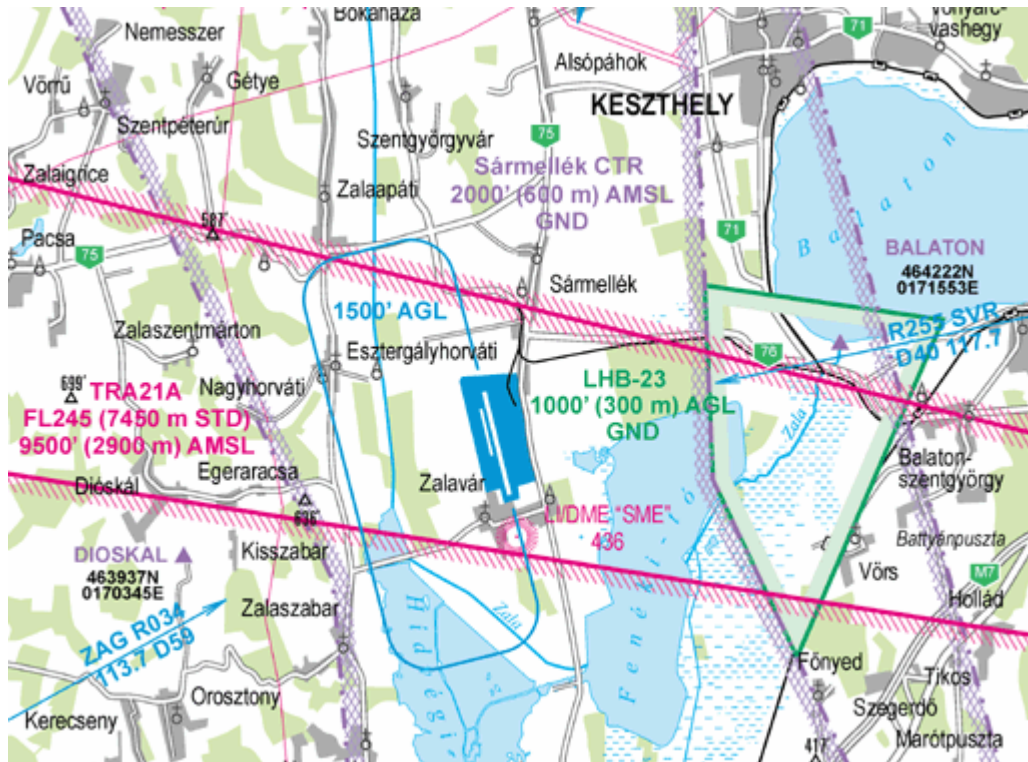
2.1.3. Sármellék repülőtér vasúti kapcsolat

A sármelléki repülőtér a Kormány ingyenesen 2002. július 30-án Sármellék és Zalavár önkormányzatainak tulajdonába adta. A tulajdonátadás során a két önkormányzat több milliárd forint értékű repülőtér tulajdonosa lett. A Balatonnal kapcsolatos intézkedésekről szóló 1075/2003. (VII. 30.) Kormányhatározat jól érzékelteti a kormányzati szándékot a repülőtér fejlesztésére. A repülőtér működésében az állami szerepvállalás tulajdonátadás előtt és jelenleg is jelentős és többoldalú.

Sármellék repülőtér vonatkozásában a legszükségesebb fejlesztések megvalósítására a 2004. évi költségvetésben – az államháztartás egyensúlyi helyzetének javítását szolgáló előirányzat zárolások keretében történt intézkedések után - 300 millió Ft támogatás biztosítottak. Ebből elsősorban a légitözlekedés biztonságát és a légitözlekedés védelmét szolgáló beruházásokat kellett megvalósítani (bevezető fénysor, műszeres leszállító rendszer, kerítés stb.) A fejlesztések eredményeként a repülőtér infrastruktúrája kiépült, gyakorlati tapasztalatokkal rendelkezik a polgári forgalom lebonyolításában, kiemelt repülőtérként szerepel mind az országos regionális repülőtér-hálózati tervekben, mind a Zala megyei fejlesztési programban. Mindezek együttes hatása teszi a repülőtérrel védelmi szempontból is jelentős szereppel bíró repülőtérre. A repülőtér vasúti kapcsolatát az 5. ábra szemlélteti. Az iparvágány még a szovjet csapatok Magyarországon állomásozásának eredményeként épült, ami jelenleg is jó állapotban van, így továbbra is képes a védelmi szempontból esetlegesen felmerülő vasúti szállítási igények kielégítésére.

A repülőtér folyamatos üzemeltetése azonban a gazdasági folyamatok hatása miatt nem garantálható. Jelenleg a több mint öthónapos kényszerszünet után, a Lufthansa Düsseldorfból érkező járatával ismét megnyílt a repülőtér. A repteret fejlesztő és üzemeltető Cape Clear Aviation Kft. szándékai szerint szeretnék nemcsak elérni, de meg is haladni a tavalyi, mintegy 110 ezres utasszámot. Ez a repülőtér továbbfejlesztésének is meghatározó eleme, ami a jó színvonalú vasúti kapcsolat megtartásának is alapja lehet. A térségi összefogásnak köszönhetően ismét megnyitott légibázis egyelőre heti három alkalommal a Lufthansa düsseldorfi, hamburgi és frankfurti gépeit fogadja és indítja, a korábban legnagyobb forgalmat hozó Ryanair-rel még zajlanak a tárgyalások. [5]

Az országos jelentőségű repülőterek ismertetésének lezárásaként megállapítható, hogy Ferihegy és Sármellék repülőterek rendelkeznek a vasúti kapcsolat azon szintjével, ami a védelmi követelmények teljesítéséhez nélkülözhetetlen. A debreceni repülőtér vasúti kapcsolatának további fejlesztése szükséges, azonban arra nem látok garanciát, hogy a gazdasági szereplők befektetéseinek elmaradása esetén milyen forrásból és milyen feltételek mellett valósulhat meg az iparvágányok felújítása.



5. ábra Sármellék repülőtér vasúti kapcsolata⁹

2.2. Kereskedelmi (nemzetközi) repülőtérre fejleszhető repülőterek

2.2.1. Kunmadaras vasúti kapcsolatai

A repülőtér fénykorát a 80-as évek közepén élte, ekkor körülbelül 16000 lakója volt. A légi bázist a németek kezdték el megépíteni 1944-ben, az építkezést azonban a háború végén a Magyar Honvédség fejezte be. A település déli határában 780 hektáron elterülő kis birodalmat a lehető legjobb helyre tervezték, legalábbis ami a domborzati viszonyokat illeti. [6]

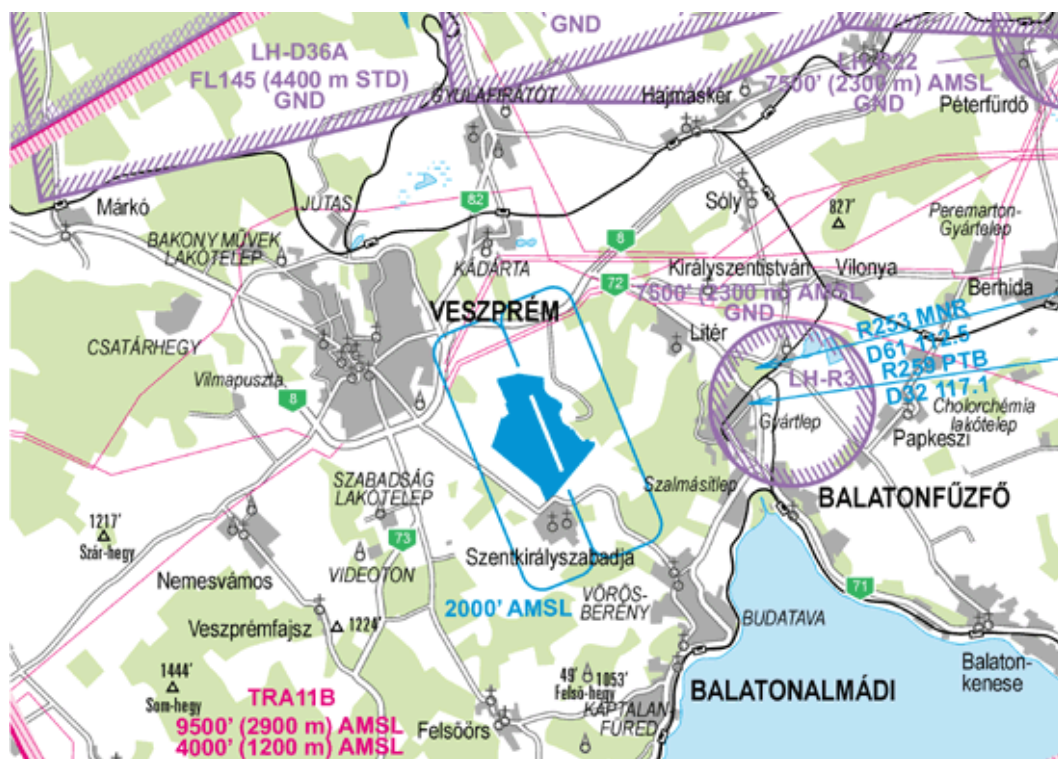
Az objektum zavartalan működése érdekében a Tiszafüred és Karcag közötti szárnyvonalról leágazva egy iparvágányon vasúttal is megközelíthető volt a bázis, megteremtve az üzemanyag és egyéb áruk szállításának egyszerű módját. A 21db hatalmas föld alatti üzemanyagtartályhoz 2,5 km hosszú iparvágány vezetett, itt tárolták nemcsak a kerozint, de a gázolajat, benzint is. A regionális repülőtér-hálózat kialakításának paradoxona, hogy a beton futópályával és irányító berendezéssel rendelkező, volt katonai repülőterek jó része nagyvárosoktól, gazdasági központoktól, földi közlekedési folyosóktól távol esik, ezért a hálózatba nem illeszthető be. Ilyen repülőtér Kunmadaras is, melynek infrastrukturális összeköttetése nem teszi lehetővé, hogy komolyan számolni lehessen vele. Közúton csupán a 34. számú másodrendű főút

⁹ Forrás: <http://www.hungaryairport.hu/> /2009.03.26/

(Fegyvernek-Tiszefüred), vasúton pedig a Karcag-Tiszapolgár mellékvonal segítségével lehet megközelíteni. A repülőtér közelében nincs nagyváros, pont Debrecen és Szolnok között fekszik. Ezek a körülmények erősen korlátozzák a fejlesztési lehetőségeket, ugyanúgy, mint a hasonló gondokkal küszködő kalocsai volt katonai repülőtér esetén, megkérdőjelezve az OTrT-ben való besorolásának jogosságát. Ennek ellenére az önkormányzat nem mondtak le a reptéri hasznosításról. Tovább nehezíti a helyzetet, hogy a kárelhárítás során hatósági engedéllyel a vasúti iparvágányt is felszedték. Az önkormányzat ez ügyben most tárgyal a vasúttársasággal az iparvágány visszaállításáról. Jelenleg autós és motoros drag Európa-bajnokság rendezését tervezik a reptéren. Ennek jelentős turisztikai hatása is. Természetesen, ha jelentkezne egy tőkeerős befektető, aki reptéri funkciót szeretne, vele azonnal tárgyalni kezdenének, ám erre a közeljövőben nem látnak esélyt az önkormányzat.

2.2.2. Veszprém – Szentkirályszabadja vasúti kapcsolatai

2004. december 15-én bezárták a 87. Bakony Harcihelikopter Ezred repülőtérét Veszprém-Szentkirályszabadján. Személyi állományának, technikai eszközeinek részei Szolnokra, a 86. Szolnok Helikopter Ezred bázisára, kisebb létszámmal Pápa Bázis repülőtérre kerültek áthelyezésre.[7]



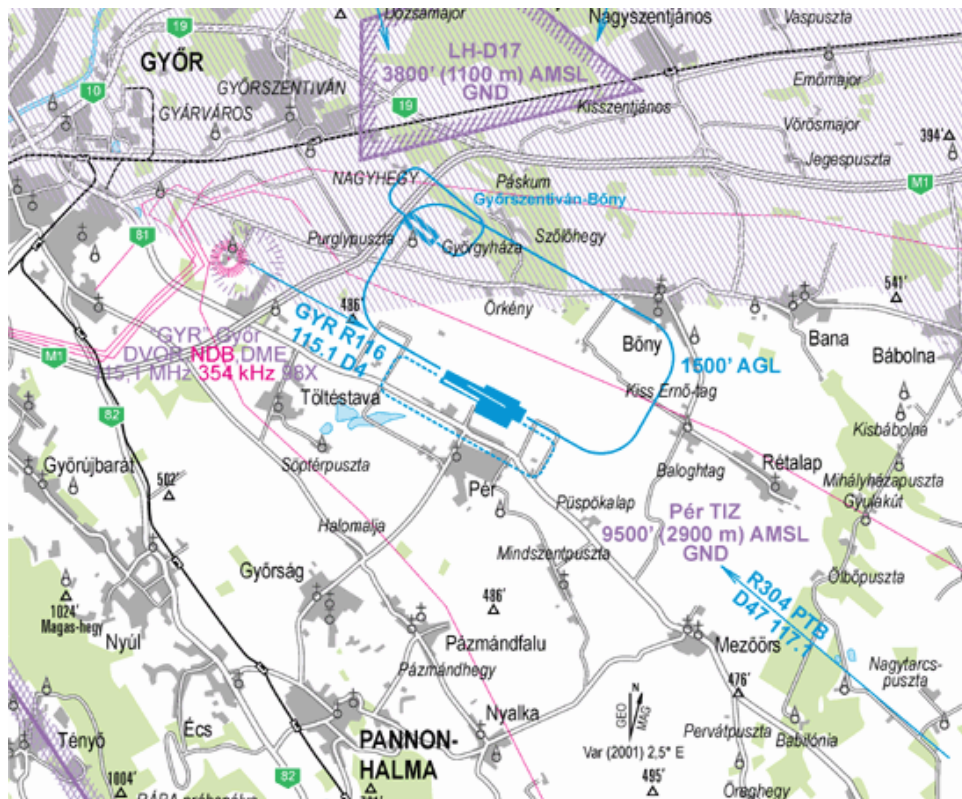
6. ábra Veszprém-Szentkirályszabadja repülőtér vasúti kapcsolata¹⁰

¹⁰ Forrás: <http://www.hungaryairport.hu/> /2009.03.26/

A Magyar Honvédség 2004-ben térítésmentesen adta a két önkormányzat tulajdonába, melyektől 2006. év novemberében egy offshore cég, a BudaWest Airport Holding Zrt. vásárolta meg. A részvénytársaság a tervek szerint nemzetközi kereskedelmi repteret épít. A beruházó tervei szerint 2020-ban évi 500 000 utas és 10 000 tonna áru fogja érinteni a repteret. A tervek szerint az eredeti kifutópályát meghosszabbítják és utasterminált építenek. A tervekben nem jelenik meg közvetlen vasúti kapcsolat kiépítése, de az esetlegesen felmerülő vasúti szállítási igényekre a 20. Székesfehérvár-Szombathely és a 27. Lepsény-Veszprém vasútvonalakon fekvő Kádárta állomás közelsége adhat megoldást(6. ábra).

2.2.3. Pér (Győr) repülőtér vasúti kapcsolatai

Győr-Pér nyilvános repülőtér fejlesztése, korszerűsítése példa értékű. A mintegy 4 millió euró (közel 10,3 milliárd forint) értékű beruházás a PHARE, az AUDI Motor Hungária Kft., valamint helyi és regionális források bevonásával valósult meg. A Gazdasági és Közlekedési Minisztérium Miniszteri Keret Bizottság 2003. december 18-ai ülésén úgy döntött, hogy 6 millió forinttal hozzájárul a péri repülőtérén 2003. július 1. és 2003. december 31. között történt ideiglenes határnyitások hatósági költségeihez.



7. ábra Veszprém-Szentkirályszabadja repülőtér vasúti kapcsolata¹¹

¹¹ Forrás: <http://www.hungaryairport.hu/> /2009.03.26/

A repülőtér jelenleg nem rendelkezik közvetlen vasúti kapcsolattal, de az itt esetlegesen felmerülő vasúti szállítási igényekre Györszentiván vasútállomás közelsége adhat megoldást(7. ábra).

2.2.4. Taszár repülőtér vasúti kapcsolatai

A taszári volt katonai-polgári státusú repülőtér regionális repülőtérre előléptetése/fejlesztése mellett szól a régió belüli centrális elhelyezkedés és a meglévő fejlett infrastruktúra (szilárd burkolatú futópályák, légiirányító berendezések), mely a nemzetközi forgalomban használatos nagy utasszállító gépek fogadását és indítását is lehetővé teszik. Vasúti kapcsolata kiváló, a valaha katonai célokat szolgáló közvetlen iparvágány biztosítja a felmerülő vasúti szállítási igények kielégítését. A kereskedelmi célú repülőterek közül megítélésem szerint a taszári repülőtér képes jelenleg a védelmi igényeknek leginkább megfelelni. Kérdés azonban, hogy a repülőtér körül jelenleg kialakuló tulajdonosi szerkezet továbbra is szükségesnek tartja-e a közvetlen vasúti kapcsolat megtartását.



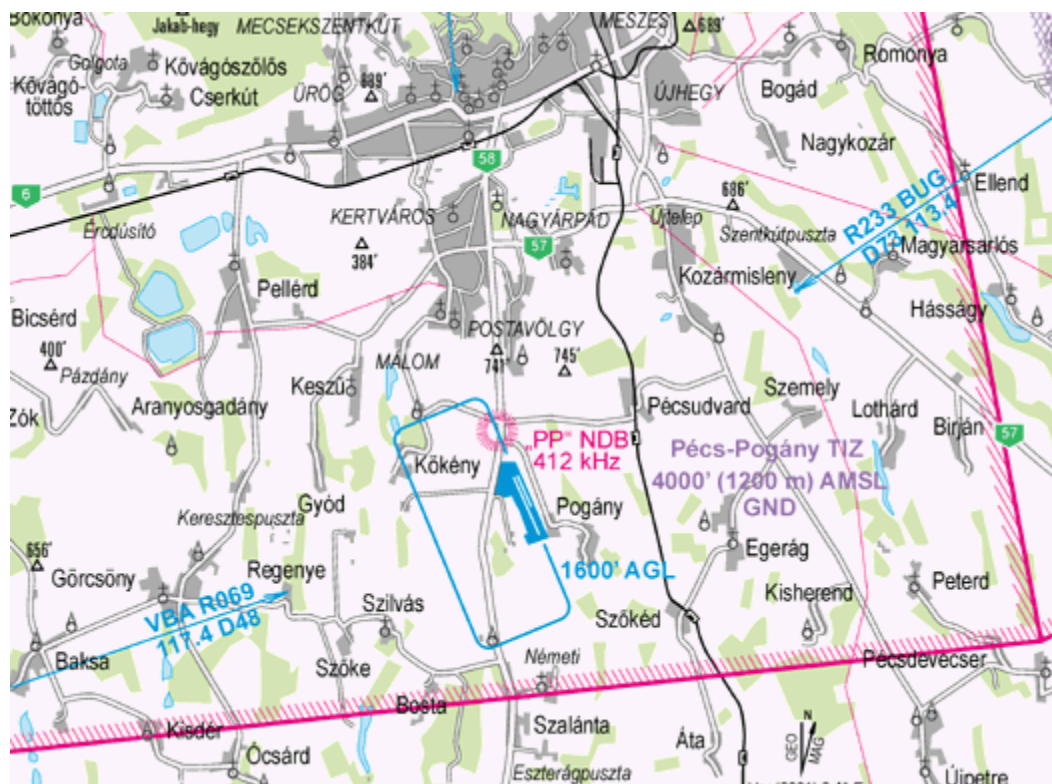
8. ábra Taszár repülőtér vasúti kapcsolata¹²

2.2.5. Pécs – Pogány repülőtér vasúti kapcsolatai

A pécs-pogányi repülőtér a régió legnagyobb városa mellett fekszik, így forgalma valamivel nagyobb lehet a taszárinál, szerepel mind az országos regionális repülőtér-hálózati tervben, mind a Baranya megyei fejlesztési tervben. Átadták már a szilárd burkolatú pályát és a forgalmi előteret, de továbbra is jelentős infrastruktúra-beruházást igényel. A régióban elhelyezkedő kiegészítő, illetve speciális funkciójú repülőterek (pl. mezőgazdasági és sportrepülést szolgálók) fejlesztése is indokolt regionális fejlesztési cél.

¹² Forrás: <http://www.hungaryairport.hu/> /2009.03.26/

A 65 Pécs-Mohács vasútvonal közelsége lehetőséget teremt az esetleges közvetlen vasúti kapcsolat kiépítésére, de ennek hiányában is megoldható az esetlegesen felmerülő vasúti szállítási igény kielégítése a közeli vasútállomásokon.(9. ábra)



9. ábra Pécs-Pogány repülőtér vasúti kapcsolata¹³

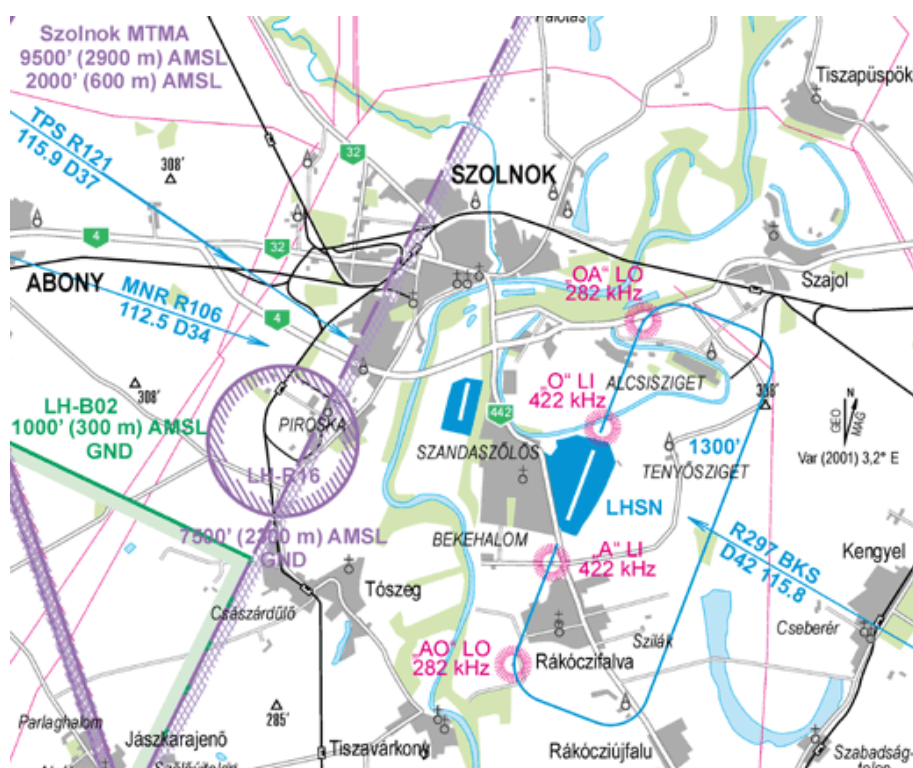
A kereskedelmi (nemzetközi) repülőtérre fejleszhető repülőtérrel szembe fordított megfontolásokból meghatározó vasúti kapcsolatainak elemzését követően levonható az a következtetés, hogy ezen a területen a mindenkori beruházó igényei határozzák meg a közlekedési kapcsolatokat, ezen belül a vasúti kapcsolatok fejlesztését is. Figyelembe véve ezen repülőtér várható forgalmát, akkor van érdemi esély a vasúti kapcsolat fenntartására, illetve a hiányzó kapcsolatok kialakítására, ha a repülőtérhez logisztikai szolgáltatási funkciók is települnek. Erre a jelenlegi helyzetben Taszáron van reális esély. A többi repülőtér forgalma nem indokolja a közvetlen vasúti kapcsolatot, de szinte mindegyik közelében található olyan vasúti hálózati elem, mely szükség esetén igénybe vehető. Kunmadaras vonatkozásában nem látok hosszabb távon sem reális esélyt arra, hogy a repülőtéri funkció ismét működjön, így az iparvágány ismételt üzemeltetése is irreális elvárás.

¹³ Forrás: <http://www.hungaryairport.hu/> /2009.03.26/

2.3. Közös felhasználású katonai és polgári repülőtér

A taszári repülőtér átminősítését követően ebbe a kategóriába már csak a szolnoki repülőtér maradt. A repülőtér ma is döntően a katonai érdekeket szolgálja, azonban a Logisztikai Szolgáltató Központ szolgáltatási palettájának fejlesztésekor már számoltak a repülőtér igénybevételével is.¹⁴

Szolnok vasúti kapcsolatai alapvetően jó színvonalúak. Az észak-déli és nyugat-keleti irányú, belföldi és nemzetközi vasútvonal, amelyhez egy korszerű, Közép-Európa egyik legnagyobb személy- és teherpályaudvara kapcsolódik. A Szolnoki Ipari Park területe mellett fut a Szolnok-Kiskunfélegyháza vasútvonal. Szolnok város jelentős kiépített iparvágányrendszerrel rendelkezik (10. ábra), amely a teherpályaudvart köti össze a Déli iparterületeken elhelyezkedő vállalatokkal és a Szolnoki Ipari Park területével. Szolnok Konténer pályaudvaron 7 db, Szolnok teherpályaudvaron 1 db közforgalmú rakodóvágány áll rendelkezésre, melyek kapacitása kocsitípustól függően kb. 150-200 vagon egyidejű ki- és berakodására nyújt lehetőséget. A közforgalmú rakodóvágányokon kívül rakodási lehetőség van, pl. üzemelő iparvágányokon is a vállalatokkal történő megegyezés alapján. Hiányzik azonban a közvetlen vasúti kapcsolat a repülőtérrel.



10. ábra: Szolnok Repülőtér vasúti kapcsolata¹⁵

¹⁴ Forrás: <http://www.logiszol.hu/> /2009.03.30/

¹⁵ Forrás: <http://www.hungaryairport.hu/airport.php> (2009. 03.30.)

2.4. Állami repülések céljára szolgáló repülőterek:

A védelmi követelményeknek leginkább érvényt szerezni az állami repülések céljára szolgáló repülőterek esetében lehet, hiszen ebben az esetben mind a fejlesztések, mind az üzemeltetés során a NATO és az ország együttes érdekeit kell figyelembe venni. Tovább erősíti ezt a folyamatot az a tény, hogy a képességcsomagok egyike a NATO reagáló erőinek fogadását biztosító repülőtéri fejlesztéseket tartalmazza, melynek keretében a ferihegyi, a kecskeméti és a pápai repülőteret teszik alkalmassá a NATO kiszolgálásra.

2.4.1. Kecskemét repülőtér vasúti kapcsolata

A kecskeméti repülőtér vasúti kapcsolata több évtizedes múltra nyúlik vissza. 1996-ban a Honvédelmi Minisztérium időszakos felülvizsgálata fényt derített arra, hogy a katonai iparvágányok nem felelnek meg a környezetvédelmi törvény, a víz- és talajvédelemre vonatkozó kormányrendeleteknek. A létesítmény korszerűsítési terveinek elkészítését azonnal elkezdték, majd elindult az engedélyeztetési eljárás. A konkrét beruházási munkák 1998-ban kezdődtek meg. Több szakaszban folyt a korszerűsítés. Először a kapcsoló létesítményeket cserélték elemenként. Kiepítették a zárt rendszerű üzemanyag lefejtőhelyeket, valamint a csapadék és a szennyvízelvezető, tisztító és szikkasztó rendszert. A munkák során korszerűsítették az iparvágányokat és növelték a rakodókapacitást. Az első próbaüzem 2003-ban indult meg. A NATO STANAG előírásoknak megfelelő korszerű rakodó és üzemanyagtöltő rendszer 140 millió forint költségráfordítással valósult meg. A korszerűsített iparvágányt ünnepélyes keretek között 2004. szeptember 30-án adták át az MH 59. Szentgyörgyi Dezső Repülőbázison.



10. ábra: Korszerű vasúti üzemanyag lefejtő rendszer a kecskeméti repülőtéren¹⁶

¹⁶ Forrás: MH Katonai Közlekedési Központ

Az MH Katonai Közlekedési Központ beruházása mellett a NATO NSIP program keretében is végeztek hasonló beruházást, ami tovább növelte a repülőtér vasúti közlekedési ellátottságának színvonalát. A beruházások eredményeként kialakult vasúti kapcsolatrendszert a 2. számú melléklet szemlélteti.

2.4.2. Pápa repülőtér vasúti kapcsolata [8]

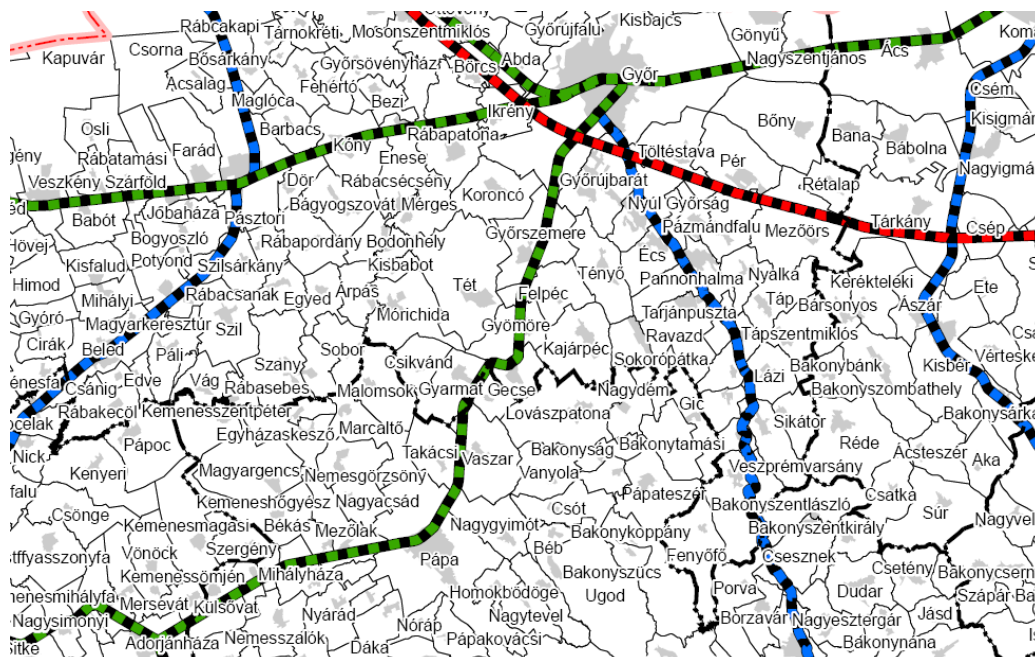
Az MH Pápa Bázisrepülőtérét még 2001-ben ajánlotta fel Magyarország NATO célokra. Azóta jelentős beruházások történtek annak érdekében, hogy megfelelhessünk tagországi kötelezettségeinknek. A pápai katonai repülőtér jelenleg a magyar légierő folyamatosan működő tartalék repülőtere, ahol kutató-mentő szolgálat is működik. A magyar felajánlás eredményeként jelenleg pedig a NATO által felállított, három-négy darab, Boeing C-17 Globemaster III. típusú repülőgépekből álló, stratégiai légi szállítású flotta bázisrepülőtereként is funkcionál.

Az MH Pápa bázisrepülőtér vasúti megközelítésében a Győr – Pápa – Celldömölk vasútvonal kulcsszerepet játszik, hiszen ez a vonal kapcsolódik a IV. számú Helsinki-folyosóhoz (Bécs – Budapest – Konstanca), valamint az említett vonal és 20. számú vasútvonal Celldömölk – Boba szakaszának érintésével az V. számú korridor (Velence – Budapest – Lvov) is elérhető. Ez a Szlovéniai Koper kikötő miatt - főként a honvédség számára - nagyon fontos.(11. ábra)

A 10. számú, Győr – Pápa – Celldömölk vonalról ágazik ki a 13. számú, Pápa –Veszprémvarsány – Kisbér – Környe – Tatabánya vonal. A repülőtérre vezető iparvágány megközelítéséhez, szűk keresztmetszetek meghatározásához ennek a vonalnak csak kis részét, mintegy 915 métert, valamint magát, a laktanya területére vezető, a Magyar Honvédség kezelésében levő saját célú vasúti pályahálózatot kell vizsgálni.

A repülőtér 2139 méter hosszú iparvágánya 21 tonna tengelyterhelésű, 6,4 tonna/méter folyómétersúlyú, 1 vágányú, valamint dízel vontatású. Az iparvágányon engedélyezett sebesség 5 km/óra, ami nem az iparvágány rossz állapota miatt, inkább biztonsági szempontok szerint lett meghatározva. A repülőtérre vasúton érkező anyagok kirakását az iparvágány mellé épített, jó minőségű, teherbírású és megfelelő nagyságú, 36 méter hosszú és 9,5 méter széles oldalrakodó könnyíti meg. Az oldalrakodóra 2 darab 5,3 méter széles rámpán lehet fel-, illetve lehajtani. A laktanya területére érkező hajtóanyag szállítmányok lefejtését pedig külön erre a célra épített üzemanyaglefejtő állomás könnyíti meg (12. ábra).

A közelmúltban elvégzett beruházások eredményeként mind a pápai, mind a kecskeméti repülőterek vasúti kapcsolata kiemelkedik az ország repülőterei közül, biztosítva mind a kifejezetten katonai, mind a védelmi igények



11. ábra: Pápa Repülőtér vasúti kapcsolata¹⁷



12. ábra: Korszerű vasúti üzemanyag lefejtő rendszer a kecskeméti repülőtéren¹⁸

¹⁷ Forrás: 2008. évi L. törvény az Országos Területrendezési Tervről szóló 2003. évi XXVI. törvény módosításáról

¹⁸ Forrás: MH Katonai Közlekedési Központ

Összefoglalás

A repülőtereket illetően két ellentétes tendencia figyelhető meg Magyarországon. Egyfelől a magas település-sűrűség, a zsúfolt légtér, a biztonságos forgalomirányítás követelménye a repülőterek ritkítását igényli, s ez a nagy Ferihegyi Repülőtér fejlesztését preferálja. Ugyanakkor a repülési igények differenciálódása, a kisépesség forgalom növekedése több kisebb repülőtér üzemben tartását, fejlesztését indokolja.

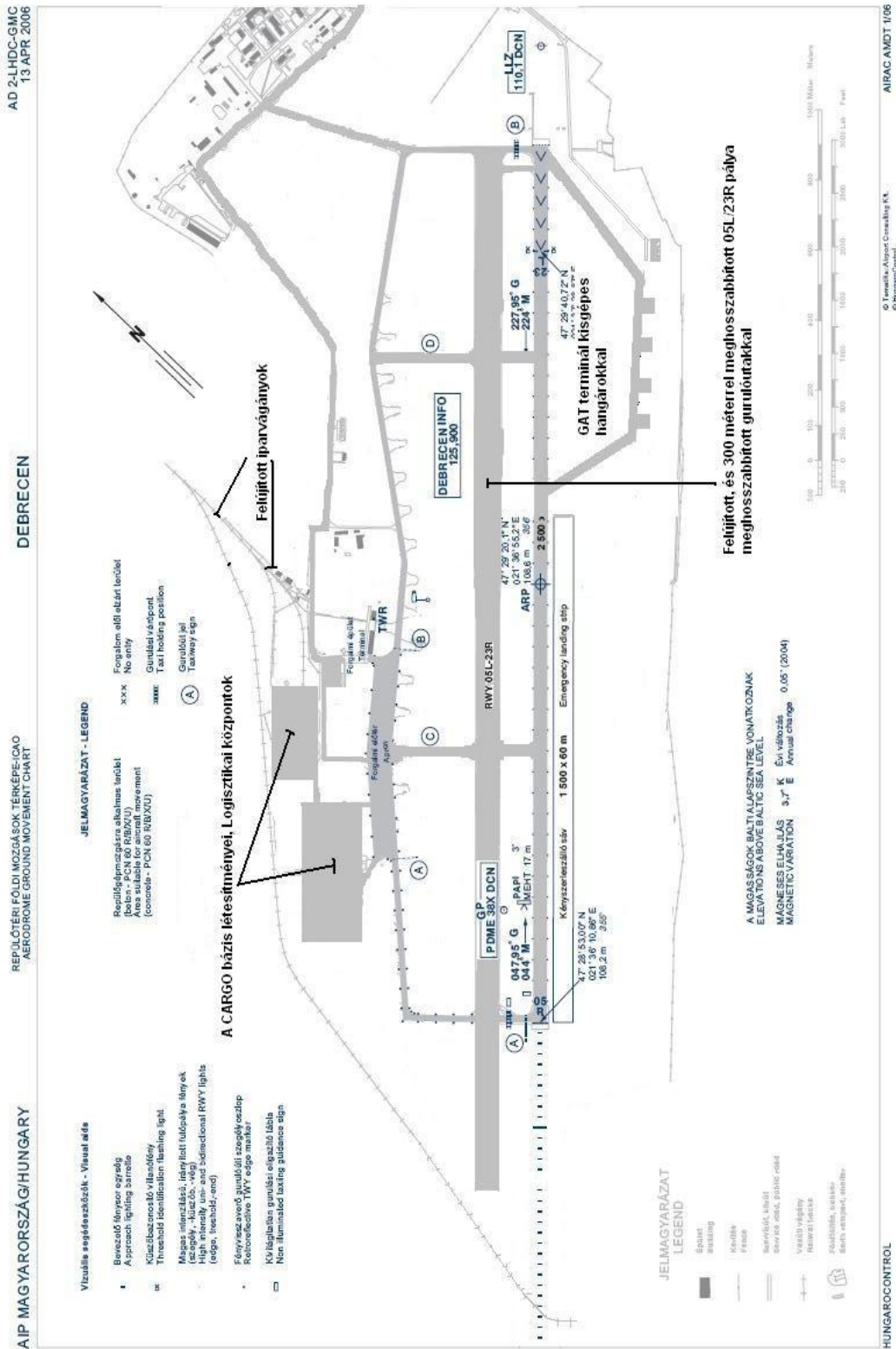
A Budapest-Ferihegyi Nemzetközi Repülőtéren az elmúlt évtizedben végrehajtott bővítés, a kiszolgálás korszerűsítése, a forgalomirányító berendezések modernizálása megteremtette az alapokat ahhoz, hogy Ferihegy ténylegesen nemzetközi méretekben gyűjtő-elosztó forgalmat bonyolítsa le. Ennek kiteljesedéséhez azonban további fejlesztések megvalósítására van szükség. Az állami fejlesztési forrásokat ezért célszerű Ferihegyre koncentrálni.

A regionális repülőtéri hálózat megteremtése egyre inkább sürgető feladat az önálló forgalom lebonyolítása mellett a ferihegyi forgalomhoz kapcsolódó gyűjtő-elosztó tevékenység megoldására is. Ezek között a védelmi követelményeket is figyelembe véve elsősorban Sármellék és Debrecen, majd Pécs-Pogány, Siófok-Kiliti és Győr-Pér, fejlesztése látszik indokoltnak, de ebben a sorban változás következhet helyi és befektetői források felbukkanása esetén. Az Országos Területrendezési Tervben megfogalmazott elveknek való megfelelés, üzleti és idegenforgalmi szolgáltatások indukálása esetén állami források bevonására is sor kerülhet. Ezen repülőterek vonatkozásában a védelmi érdekek érvényre juttatására csak akkor látok reális esélyt, ha az állam megfelelő fejlesztési forrásokat biztosít a befektetők részére a vasúti kapcsolatok kiépítésére, illetve a meglévők színvonalának javítására.

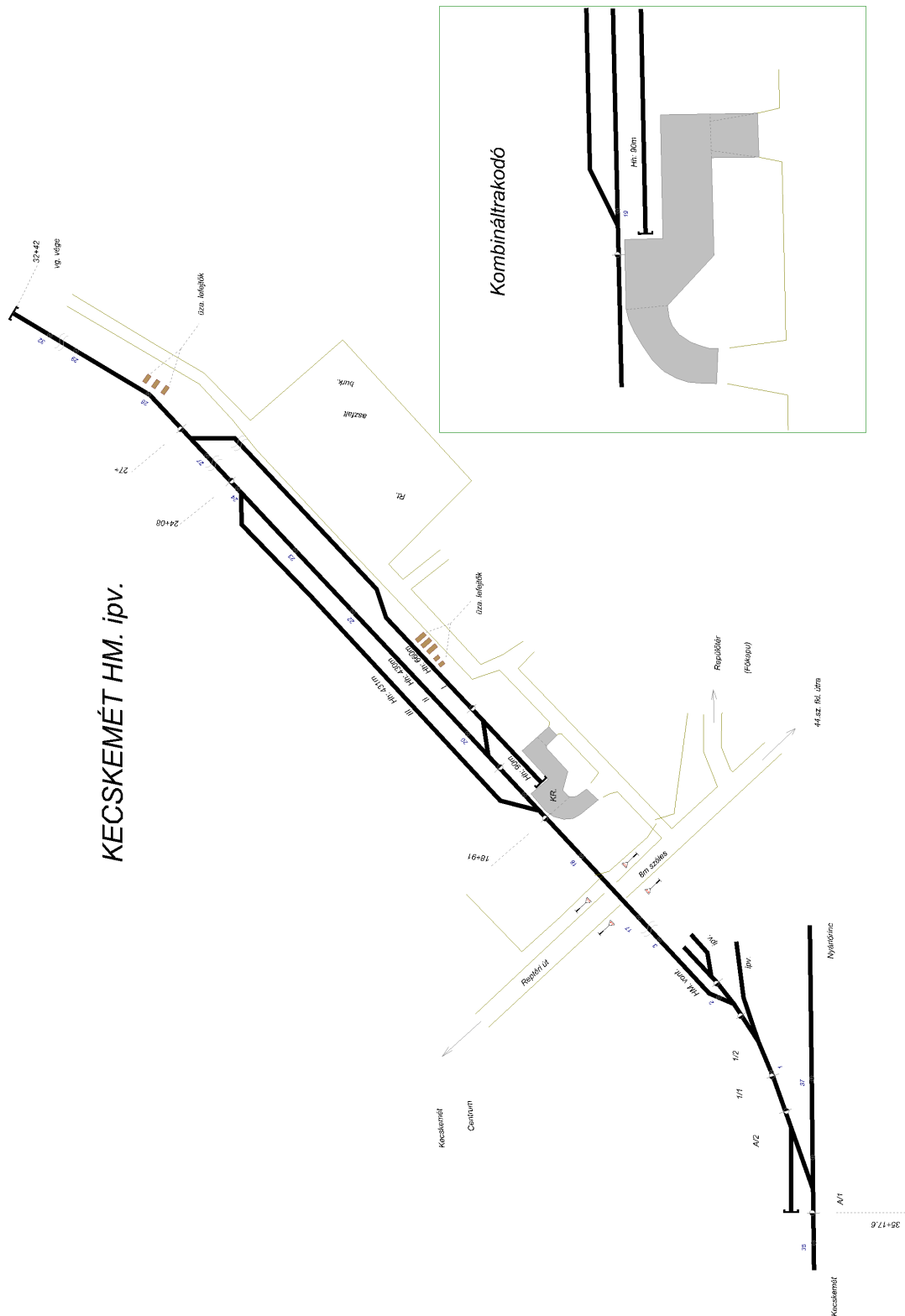
A kizárólag állami célú repülésekre szolgáló repülőterek vasúti kapcsolata jelenleg teljes körűen ki tudja elégíteni a vasúti szállítási igényeket.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 1001/2004. (I. 8.) Korm. határozat a MÁV Rt. európai színvonalú vasúttá alakításáról és az EU-csatlakozáshoz szükséges vasúti reform végrehajtásáról; Közlekedési Operatív Program (KözOP) 2007. július 12. (2007HU161PO007)
- [2] KOVÁCS FERENC: A NATO Biztonsági beruházási program jogi feltételrendszerének létrehozása Magyarországon, Hadtudomány, 2001. 03. 06.
- [3] DR. TÓTH BALINT – HELMECZI GUSZTÁV: Védelmi követelmények a Gazdasági és a Közlekedési Minisztérium Közlekedési szakterületén www.honvedelem.hu/files/9/5683/vedelmi_kovetelmenyek_a_gkm_kozlekedesi_szakteruleten_toth_b_iii_rszt.pdf /2009.03.18./
- [4] Budapest Ferihegy Nemzetközi Repülőtér Szabályozási Terve - Budapest Főváros XVII. kerület Önkormányzatának 1/2006. (I. 25.) rendelet 2. számú melléklete)
- [5] Újra megnyílt a sármelléki reptér <http://www.magyarkozlekedes.hu/content/view/1218/44/> /2009. 04. 04/
- [6] Vándor Károly: Az atombunker hallgatói örei... (Top Gun, 2001/2.)
- [7] BRANDT GYULA ÖRNAGY: A 87. Bakony Harcihelikopter Ezred és jogelődjeinek története (1958-2004)
- [8] ORBÁN ATTILA: Pápa bázisrepülőtér közlekedési infrastruktúrája, TDK dolgozat, ZMNE Budapest, 2008.



A debreceni repülőtérén tervezett vasúti fejlesztések. (forrás:AIP Hungary)



A kecskeméti repülőtér iparvágány kapcsolata. (forrás:MH Katonai Közlekedési Központ)

Dr. Szilvássy László¹

AZ A129 (T129) HARCIL HELIKOPTER

A doktori dolgozatomban részletesen foglalkoztam a harci helikopter modernizációjával. Kutatásom során számos harci helikopter fedélzeti fegyverrendszerét vizsgáltam meg. Ebben a cikkemben az olasz A129 (T129) harci helikopter mutatom be.

AZ A129 TÖRTÉNETE ÉS VÁLTOZATAI

Az A129-es „Mangusta” harci helikopter (1. ábra) az első nyugat-európai, specializált, páncélvadász helikopter, amely nem csak a tervezőasztalon, hanem a valóságban is elkészült és rendszerbe állt.

Először 1972-ben merült fel a gondolat az olasz hadseregben egy harci helikopter beszerzéséről. A terveket ki is dolgozták, de nagyon sokáig nem történt semmi, majd 1978-ban átdolgozták azokat és 1980-ban véglegesítették. A helikopter első kísérleti repülése 1983-ban volt és 1986-ban kezdődött a szériagyártása. A hadsereg 1990-ben kapta meg a helikoptereket.



1. ábra A129 „Mangusta”

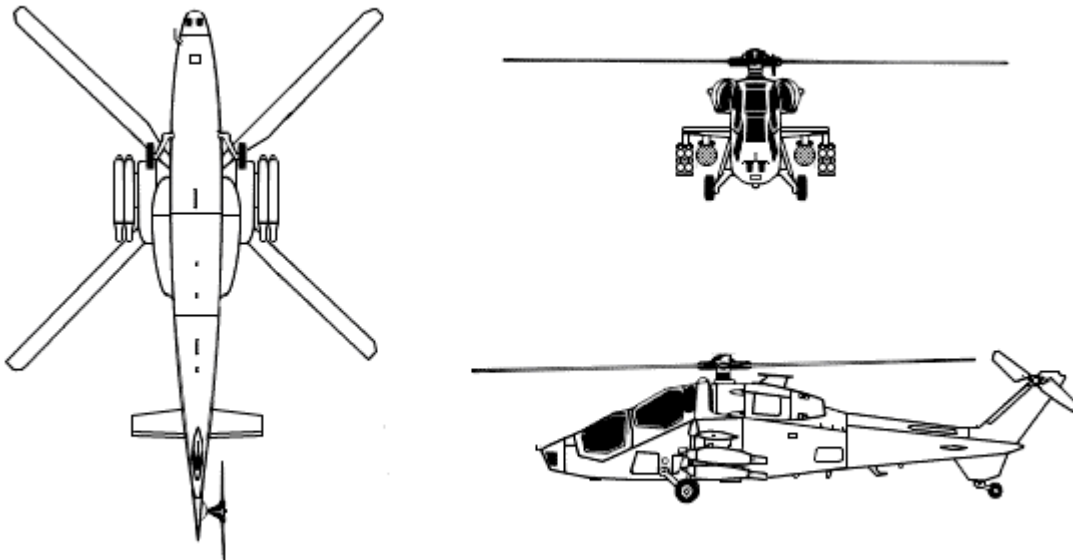
¹ okleveles mérnök alezredes ZMNE BJKMK Repülő és Légvédelmi Intézet Fedélzeti Rendszerek Tanszék főiskolai docens, e-mail: szilvassy.laszlo@zmne.hu

Az olasz hadsereg igényei szerint a helikoptert két feladatra kívánták alkalmazni:

- páncélozott célok megsemmisítésére, biztosítva az üzemeltetés lehetőségét rossz látási viszonyok között és éjszaka is;
- felderítő helikopterként, amely felderíti és megjelöli az ellenséges célokat a páncélvadász helikoptereknek, valamint a páncélvadász helikopterek kísérésére és védelmére.

A fenti feladatok végrehajtása érdekében a helikoptert fel kellett szerelni egy lőtoronyba épített gépágyúval, irányítható, páncéltörő rakétával, valamint légiharc rakétával. A következő modellek kerültek szériagyártásra:

- A129 „Mangusta” a helikopter eredeti terveknek megfelelő páncélvadász változata, gépágyú nélkül; (1. és 2. ábrák)
- A129 „International”, mind páncélvadász, mind felderítő-kísérő helikopterként is alkalmazható. Ennek megfelelően rendelkezik egy lőtoronyba beépített gépágyúval és alkalmassá tették „Hellfire” és „TOW” irányítható páncéltörő rakéták indítására is. Nagyobb teljesítményű hajtóművet kapott.² (Spanyol megrendelésre készült)
- A129 CBT³ az olasz hadsereg igényeinek megfelelően az A129 „International” átdolgozott változata. (3. ábra)
- T129 az A129 CBT alapjain a török hadsereg megrendelésére készült változat.⁴



2. ábra A129 „Mangusta” három nézeti rajza

² Az A129 első változatában az egyenként 615 kW teljesítményű Rolls–Roys Gem 2–1004D hajtóművet alkalmazták, majd az A129 „International” és A129 CBT változatokba, az LHTEC T800–LHT–800 946 kW teljesítményűt.

³ CBT – ComBaT angol szóból ered, jelentése harcoló, vadász.

⁴ 2007. március 30-án kihirdették a török hadsereg helikopter tenderének győztesét, az A129 harci helikoptert.

A helikopter személyzete két fő, elől az operátor, hátul kicsit magasabban a helikoptervezető ül. A sárkányszerkezet páncélozott és elviseli a 12,7 mm-es géppuskalövedékek közvetlen találatát. A helikopter kényszerleszállásának biztosítása érdekében a tervezés és gyártás során a MIL STD-1290 szerint jártak el és 11,2 m/s függőleges becsapódási sebességig biztosították a személyzet sérülésmentes túlélését. A helikopter szárnyai kompozit anyagból készültek és két-két függesztési ponttal rendelkeznek a fegyverek elhelyezésére.



3. ábra A129 CBT

A hajtóművek fűvocsöveit infravörös sugárzást csökkentő berendezéssel szerelték fel. A helikopter digitális, multiplex adatközlő IMS⁵ rendszerrel rendelkezik, amely biztosítja az elektronikus berendezések közötti adatcserét. Az IMS rendszert két egymástól független számítógép irányítja, két interfésszel, melyek az érzékelők jeleit alakítják át. A rendszer megfelel a MIL-1553B szabványnak. A feldolgozott információ a pilóta és az operátor többfunkciós kijelzőjén is megjelenik. Ahhoz, hogy rossz látási viszonyok között és éjszaka biztosítva legyen a megfelelő navigáció az IMS kapcsolatban van a Doppler rádiólokátorral és egy rádió magasságmérővel. Az éjjellátó készülék és a tűzvezető infravörös eszköz a FLIR közös, a helikopter orrában található, infravörös adót használnak.

A fedélzeti elektronikai rendszerek között találjuk mind a passzív, mind az aktív önvédelmi eszközöket, többek között rádió besugárzásjelzőt, infracsapda kivetőt és rádiózavaró berendezést.

⁵ IMS – Integrated Multiplex System – multiplex adatközlő rendszer

AZ A129 FEGYVERZETE

A helikopter fegyverzetét a négy külső függesztési pontra lehet rögzíteni. A belsők 300-300 kg, míg a külső 200-200 kg teher függesztésére alkalmasak és csuklós szerkezet segítségével 2° és 10° között változtatható a függőleges síkú beállítása. Az első A129-es páncélvadász változatban a helikoptert 8 db M-65 „TOW” irányítható, páncéltörő rakétával lehet felfegyverezni. A későbbi A129 „International”, az A129 CBT 8-8, a T129 12 db AGM-114 „Hellfire” páncéltörő rakéta különböző változatai alkalmazására is képes. Az „International” és a CBT változatok esetében lehetőség van a forgószárnyagra felszerelni a Martin-Marietta modul rendszerű célzókészüléket is. A T129 változat az Apache „Longbow” rendszer lokátorához hasonló az IAI/ELTA (Izrael)⁶ cég gyártotta milliméteres hullámhossz tartományban működő SAR⁷ és ISAR⁸ tulajdonságokkal is rendelkező lokátort kap a forgószárnyagra, melynek felderítési távolsága földi és tengeri célok esetén egyaránt 30 km. Ezzel a berendezéssel a helikopter a legkorszerűbb AGM-114 „Hellfire II” irányítható páncéltörő rakéták alkalmazására is képes lesz, amire a jelenleg gyártott harci helikopterek közül csak az AH-64D képes.

Támogató feladatokra a helikopter 4 db blokkban (4. ábra), összesen, maximum 76 db 70 mm-es, nemirányítható rakétát alkalmazhat. Ezenkívül lehetséges még gépágyú, illetve géppuskakonténer alkalmazása is 20 mm, 12,7 mm és 7,62 mm-es változatokban, valamint „Stinger”, „Mistral”, „Javelin” légiharc rakéták függesztése is.

Fedélzeti gépágyúja amerikai licence alapján gyártott, Otto Malera 197B (OM197B), típusú, 20 mm-es, 3 csövű beépített, Gatling rendszerű. A gépágyú elméleti tűzgyorsasága 400 és 3000 lövés/perc között van. Maximális lőtávolsága 2500 m, hatásos lőtávolsága 2200 m, a lövedék csőtorkolati sebessége 1036 m/s, lőszerjavadalmazása 500 lőszer.

1.1. Nemirányítható rakétafegyverzet

A harci helikopterek fedélzetén számos nemirányítható rakétatípus megtalálható. Ezeket a rakétákat különböző feladatok végrehajtására fejlesztették ki, mint például nem vagy gyengén páncélozott eszközök, csapatösszevonások támadása, páncélozott eszközök támadása, közepes vasbeton objektumok, harcálláspontok rombolása, álcázó füst létrehozása, valamint passzív rádiózavar létesítése.

A következő felsorolásban a rendszeresített típusok leggyakrabban előforduló harci részeit sorolom fel:

- ➔ **kumulatív**: kumulatív töltettel szerelt. Páncélozott objektumok, harcjárművek ellen alkalmazható;
- ➔ **kumulatív-repsz**: Kumulatív töltettel szerelt, amire kívülről repeszhatást növelő, kiegészítő burkolatot, vagy gyűrűket szerelnek;

⁶ IAI/ELTA Israel Aerospace Industries ELTA Systems Ltd. **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**

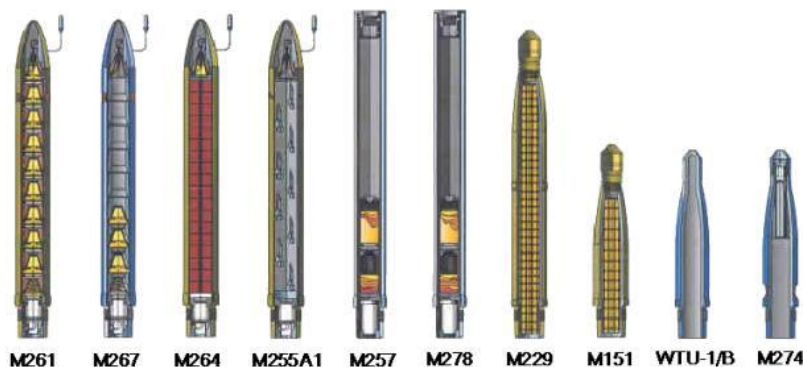
⁷ SAR – Synthetic Aperture Radar – szintetikus apertúrájú radar

⁸ ISAR – Inverse Synthetic Aperture Radar – inverz szintetikus apertúrájú radar

- **romboló**: romboló hatású töltettel szerelt, ami a robbanóanyag romboló vagy más néven fugász⁹ hatását alkalmazza a célok megsemmisítésére;
- **repsz-romboló**: romboló töltettel szerelt, amire kívülről repeszhatást növelő, kiegészítő burkolatot, vagy gyűrűket szerelnek, vagy a töltet köpenye olyan kialakítású, hogy elősegíti a repeszhatás kialakulását;
- **világító**: világító pirotechnikai eleggyel szerelt töltetet tartalmaz. Alkalmazható felderítéskor vagy célmegjelölésre;
- **füstképző**: füstképző pirotechnikai eleggyel szerelt töltetet tartalmaz. Alkalmazható az ellenséges csapatok pl. tüzéség vizuális felderítésének zavarására, saját csapatok tevékenységének álcázására, vagy színes változatban cél- vagy deszant területek, leszállóhelyek, repülési útvonalak megjelölésére;
- **infravörös**: nagy hőmérsékleten világító, általában alumínium-magnézium keveréket tartalmazó töltettel szerelt. Infratechnikai felderítő eszközök zavarására alkalmazható;
- **kazettás**: több kisméretű töltetet, vagy speciális kialakítású harcírész tartalmaz;
- **rádiólokátor zavaró**: speciális rádiólokátor zavaró töltettel szerelt, ami nagyon vékony fém csíkokat (hasonló, mint az alufólia) tartalmaz;
- **betonátütő**: megerősített acél vagy kemény fém orr résszel rendelkezik, hogy a vasbeton építményeket pl. hidakat, harcálláspontokat kellő hatékonysággal rombolja;
- **tandem kumulatív**: kettős kumulatív hatású harcírész, melyet a kiegészítő páncélzattal rendelkező harcjárművek megsemmisítésére hoztak létre.

A Hydra-70 típust több ország is gyártja licenc alapján különböző harci részekkel. Számos változata van és jelölésük is különböző, így valamennyi típus felsorolása helyett, csak a legelterjedtebbekre térek ki.

Az 4. ábrán a Hydra-70 változatai láthatók.



4. ábra A Hydra-70 rakéta néhány típusa [1]

A leggyakoribb típusok:

⁹ Fugász hatás – a robbanó anyagok romboló képessége a robbanás során kialakult lökéshullám segítségével. Szokás még a robbanóanyag munkavégző képességének is nevezni. [1]

- M261 kazettás, 9 db M73 repesz harcírésszel;
- M267 az M261 gyakorló változata, 3 db M75 gyakorló harcírésszel;
- M264 füstképző, vörös színű;
- M247 kumulatív-repezs;
- M255A1 repesz-romboló, 2500 db 1,8 g-os előre gyártott repeszelemmel;
- M257 világító, fékernyővel szerelt töltettel;
- M278 infravörös, fékernyővel szerelt töltettel;
- M229 nagy hatóerejű, repesz;
- M151 nagy hatóerejű, romboló;
- WTU-1/B gyakorló, súly makett;
- M274 az M151 gyakorló változata, füstjelző töltettel;



5. ábra HL-19-70 indító blokk

A nemirányítható rakéták a következő blokkokból indíthatók: HL-7-70, HL-12-70, HL-19-70. A blokkok típus jelölésében az első szám az indító csövek számát, a második pedig a Hydra-70 jelölésből származik.

1.2. Irányítható rakétafegyverzet

Irányítható páncéltörő rakéták

A következő irányítható páncéltörő rakéták alkalmazhatók a helikopteren:

„Hellfire” AGM-114

- *AGM-114A „Basic Hellfire”* volt az első változat, amely félaktív lézer irányítással, 425 m/s-os repülési sebességgel, 500-8000 m-es indítási távolsággal, kumulatív harci résszel rendelkezett. A hossza 1630 mm, tömege 45 kg.
- *B/C „Basic Hellfire”* egy kevésbé füstölő hajtóművet kapott és a B változat hajó fedélzetéről is indítható. Ára 25 000 USD.
- *D/E „Basic Hellfire”* digitális robotpilótát kapott, de a gyártására nem került sor.
- *F „Interim Hellfire”* tandem kumulatív¹⁰ harci résszel szerelt változata. A hossza 1800 mm, tömege 48,5 kg, indítási távolsága 500-7000 m.
- *G „Interim Hellfire”* hajó fedélzetéről is biztonsággal alkalmazható. Nem került gyártásra.
- *H „Interim Hellfire”* digitális robotpilótát kapott, de a gyártására nem került sor.
- *J „Hellfire II”* az F változat rövidebb, de nagyobb indítási távolságú változata. Nem került gyártásra.
- *K „Hellfire II”* a méltó utód. 500-9000 m-es indítási távolsággal, félaktív lézer irányítással, tandem kumulatív harci résszel, digitális robotpilótával, electro-optikai zavarvédelemmel, valamint a céljel elvesztése esetén újra kereső célkoordinátorral. Hossza 1630 mm, tömeg 45 kg, ára 65 000 USD.
- *L „Longbow Hellfire”* Kombinált irányítási rendszerrel, melybe inerciális irányítás és rádió önirányítás tartozik. A leglényegesebb tulajdonsága, hogy a „Tüzeld és felejtse el!” kategóriába tartozik, ami kiemeli a többi páncéltörő rakéta közül. Hossza 1760 mm, tömege 49 kg.
- *M „Hellfire II”* repesz-romboló-gyújtó harci résszel szerelt változat.
- *N „Hellfire II”* épületek, harcálláspontok, bunkerek és élőerő ellen alkalmazható változat.
- *P Hellfire II* alacsonyan repülő, pilótánélküli repülőeszközökre optimalizált változat. [1]

„HOT”¹¹

Franciaország és Németország közös fejlesztésű, harcjárművekről és helikopter fedélzetéről is indítható páncéltörő rakétája. Az első változata 1978-ban jelent meg, akkor még csak „HOT” néven, ma ezt a rakétát jelöljük „HOT1”-ként. A „HOT2” 1986-ban jelent meg, a „HOT3”-at pedig a Eurocopter „Tiger” harci helikopterhez fejlesztették és ez már a harcjárművek dinamikus páncélzatát is képes átütni, mivel tandem kumulatív harci résszel rendelkezik. [1]

BGM-71 „TOW”

Több variációban gyártott, csőből induló, optikai irányzású, vezetékes távirányítású páncéltörő rakéta. Alkalmazták szárazföldi eszközként is, vállról vagy harcjárműről indítható változatban, de alkalmazzák heli-

¹⁰ tandem kumulatív harcirész – kettős kumulatív hatású harcirész, melyet a kiegészítő páncélzattal rendelkező harcjárművek megsemmisítésére hoztak létre.

¹¹ HOT – Haut subsonique Optiquement Téléguidé – High Subsonic Optical Guided – hangsebesség alatti optikai irányítású

kopter fedélzetén is. A különböző modifikációkat az abc betűivel A-tól H-ig jelölik. A BGM–71E változata amelyik tandem kumulatív harci résszel rendelkezik. [1]

Önirányítású légiharc rakéták

Az utóbbi évtizedben megjelentek a harci helikopterek fedélzetén a légiharc rakéták, önvédelmi jelleggel, de helikopterek ellen akár megelőző harcra is alkalmasak. Ezek az eszközök főként a már bevált raj, szakasz önvédelmére használt vállról indítható légvédelmi rakéták – Stinger, Mistral, Javelin– helikopter fedélzetére átalakított változatai. Mindhárom rakéta hasonló harcászati-technikai jellemzőkkel rendelkezik és több változatban megjelent.

Néhány adat az összehasonlítás érdekében:

Jellemzők/Típus	AIM–92 Stinger (Block I/II)	Mistral	Javelin
Űrméret [mm]	70	90	76
Tömeg indítócsővel [kg]	16	18,7	24,3
Rakéta tömege [kg]	10,1		11,1
Hossz [mm]	1520	1860	1390
Min. indítási távolság [m]	200		300
Max. indítási távolság [m]	4500 (8000)	5000-6000	4500
Repülési sebesség [m/s]	750	800	400
Harcirész	BF*	BF*	BF*
Harcirész tömege [kg]	3 (0,45 HE**)	2,95 (~0,4 HE)	2,74 (0,3 HE)
Írányítás	PIR	PIR	SACLOS****
Célkoordinátor	Argon hűtésű Indium Antimonid (InSb)	na.	-
Ár [USD]	165 000	na.	na.
	*BF blast fragmentation – repesz-romboló		
	**HE High Explosive – nagy hatóerejű		
	***TNT tinitro-touolol – trotil		
	****SACLOS - Semi-Automatic Command to Line of Sight - fél-aktív parancsirányítású		

1. táblázat. Önirányítású légiharc rakéták adatai [1]

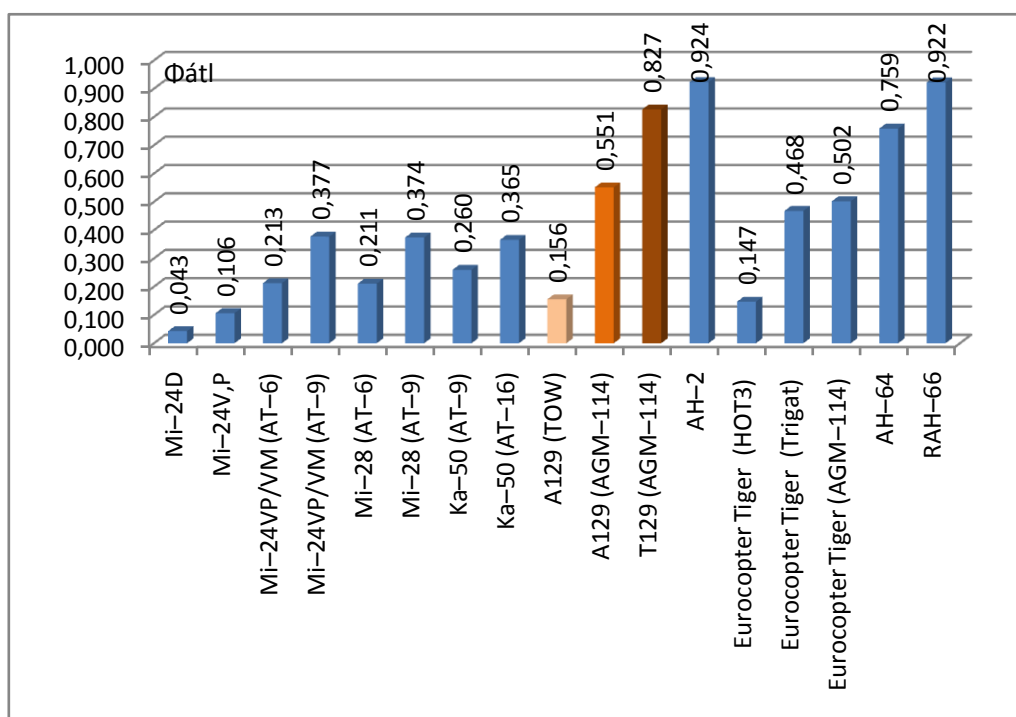
ZÁRSZÓ

A kutatásaim során rangsoroltam a helikoptereket egy paraméterezett összehasonlító eljárás segítségével (Φ) [1]. A kapott eredmények alapján a következőket állapítottam meg a helikopter fegyverrendszerével kapcsolatban:

- ➔ A kapott paraméterek alapján a 3. helyezés foglalja el a helikopter (6. ábra). Ha megvizsgáljuk az első és második helyre rangsorolt helikoptereket, nagyon hamar beláthatjuk, hogy igenis nagyon jó helyezés. Az első helyen lévő RAH-66 „csak” egy virtuális helikopter, a programot törölte az USA kongresszusa, sorozatgyártásra nem került. A második helyezett az AH-2 dél-afrikai harci helikopterből pedig csak 12 db-t gyártottak, ami az üzemeltetési

tapasztalatok kiértékeléséhez egyenlőre nagyon kevés, így a T129 harmadik helye nagyon komoly eredmény.

- Az A129 helikopter csak a AGM-114 irányítható rakétával mutatott jó eredményt, más rakétával már nem javaslom. Az eredménye gyengébb mint a T129-é, köszönhető a kevesebb (8 db) irányítható rakétának;
- T129 (A129) nagyon jó eredményt produkált az összehasonlításban. Egy beszerzés esetén lehetne vegyesen beszerezni az A129 helikopterrel, mivel ugyanazon típus különböző változatairól van szó. Az eredmények alapján fegyverzeti szempontból az egyik legjobb választás. Kellően nagy mennyiség üzemel már belőle, így üzemeltetési tapasztaltok is rendelkezésre állnak.



6. ábra Harci hatékonysági együttható Φ_{ait} [1]

A Magyar Honvédség számára egy harci helikopter beszerzés során mindenképpen számításba kell vennie az A129 (T129) helikoptert.

FELHASZNÁLT IRODALOM - IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] SZILVÁSSY László A harci helikopterek fegyverrendszerének modernizációs lehetőségei a Magyar Honvédségben, Doktori (PhD) értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2008



Tóth József - Dr. Békési László

A HUMÁN TÉNYEZŐK VIZSGÁLATA A KORSZERŰ REPÜLŐESZKÖZÖK ÜZEMELTETÉSI RENDSZEREIBEN

BEVEZETÉS

A Magyar Honvédség légierijének technikai korszerűsítése, a korszerű vadászpilóta gépek megjelenése új kihívásokat jelentett a repülőeszközök üzemeltetését végző szakemberek képzésében, ki- és átképzésében. A korszerű repülőeszközök megjelenése gondolkodásmód és szemléletváltást igényelt a repülőeszközök üzemeltetését végző repülőműszaki szakemberek részéről, úgy a menedzsment, mint az operatív tevékenységet végzők vonatkozásában.

A repülő műszakiak külföldi történet felkészítésének egyik lényeges, és sokak számára újszerű eleme volt az emberi tényezőkkel (Human Factors) kapcsolatos ismerethalmaz. Az ehhez kapcsolódó kurzus keretében olyan témaköröket dolgoztak fel, mint:

- az emberi tevékenység megbízhatósága,
- az üzemzavarok, és meghibásodások Reason- féle modellje,
- az emberi tényezőkkel kapcsolatos ICAO előírások,
- a repülő balesetek megelőzésének humán vonatkozásai, stb.

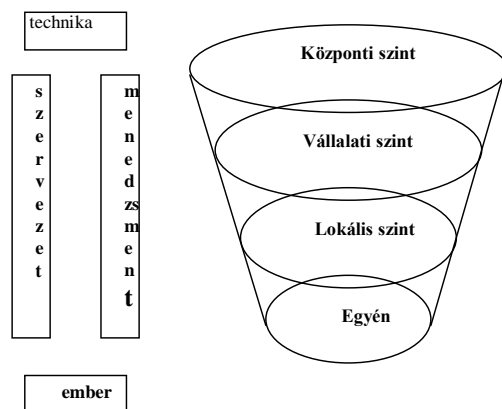
Mint ebből a rövid felsorolásból is kitűnik, meglehetősen sokrétű, széles tématerületet felölelő kérdéskörrel van szó. Ahhoz, hogy a problémakör egyes részleteit vizsgálhassuk szükségesszerű a rendszer-szemléletű megközelítés, vagyis a repülőeszközök üzemeltetésének rendszer-elemzése, mégpedig a meghatározott rendszerszinteknek megfelelően.

Jelen rövid tanulmány ezen elv mentén igyekszik a problémakör kérdéseit elemezni.

AZ EMBERI TÉNYEZŐK SZEREPÉNEK RENDSZERSZEMLÉLETŰ MEGKÖZELÍTÉSE

A repülőeszközök üzemeltetésének humán vonatkozásait leggyakrabban az „ember-gép-üzem (környezet)” együtteseként vizsgálják. Az általános rendszerelmélet tanítása szerint egy rendszert a szerint különíthetünk el környezetétől, hogy definiáljuk a rendszer alapvető céljait. Egy rendszer így abból a célból különül el, és szerveződik egységes egésszé, hogy működése eredményeként környezetének szükségleteit elégíti ki. Azonban figyelembe kell vennünk a rendszerek emergens tulajdonságát, vagyis azt a tényt, hogy a rendszer mindig több mint elemeinek összessége. Ennek figyelembevételével tudjuk bonyolultsági fokuk szerint hie-

rarchikus rendbe foglalni a repülőeszközök üzemeltetésének rendszerszintjeit. Az 1. számú ábra jól szemlélteti a fenti elveknek megfelelő elkülönítést.



1. ábra Az emberi tényezők vizsgálati szintjei

Az ábra baloldali részén a téglalapok elhelyezkedése reprezentálja a rendszerelemek kongruens kölcsönhatását. A jobboldali rész mutatja a rendszerszintek hierarchiáját. A hierarchia csúcán a szabályokat, rendelkezéseket, standardokat kidolgozó, és érvényre juttató rendszerszint áll, amely a nemzeti, illetve nemzetközi hatóságok szervezeteit jelenti. Ez a szint közvetlenül gyakorol hatást a légitársaságok szintjére, melyek működése céljaikban, szervezeti kultúrába, stratégiai és operatív tevékenységekben nyilvánul meg. A lokális rendszerszint alatt a repülőgépek üzemeltetését végző funkcionális csoportok szintjét értjük, ahol tulajdonképpen a magasabb rendszerszint céljai valósulnak meg az operatív menedzsment tevékenységének eredményeként. Az egyén, az egyes ember szintje, ahol az operatív tevékenységek realizálódnak.

Az eddigi elemzésből is látható, hogy az egyes szinteken jelentkező, a humán faktort érintő problémák egymástól jól elkülöníthető módon jelentkeznek, s a megoldásukhoz alkalmazható módszerek is ezek mentén jelölhetők ki.

Nyilvánvaló, hogy e kérdéskör részletes taglalása kívül esik jelen tanulmány terjedelmi keretein, ezért a továbbiakban csak az egyénszintjének elemzését végezzük el.

AZ EMBERI TEVÉKENYSÉG MEGBÍZHATÓSÁGA

Az elmúlt tíz évben közvetlenül vagy közvetve emberi tényezők okozták a repülő balesetek mintegy 80%-át. Ez a talán drámainak tűnő megállapítás arra enged következtetni, hogy az emberi tényezők vizsgálata, kutatása a korszerű repülőeszközök üzemeltetésének vonatkozásában, napjainkban kiemelkedő

fontossággal bír. Szükségszerű mindez nem csupán repülésbiztonsági okokból, hanem az üzemeltetési rendszerek gazdasági hatékonyságának fokozódó igénye miatt is.

A bonyolult rendszerek működtetésének biztonsága egyre pontosabb, naprakész gondolati, beavatkozási sémákat igényel a kezelőtől, a feladatot végző operátortól.

A balesetek, a majdnem balesetek elemzése döntő részben nem a gépi, hanem az emberi hibára vezethető vissza. (Csernobil, Paks, a szajoli vonatszerencsétlenség, stb.)

A rendszerek technikai megbízhatósága szinte tetszőlegesen fokozható, ez alapvetően tervezési feladat. A működés áttekinthető algoritmusa ember és gép kapcsolatának optimalizálása ergonómiai tervezési feladat. A megfelelő kognitív sémák, mentális modellek kialakítása, pedig oktatási feladat.

Mentális modell alatt a valóságról, a működtetett rendszerek elemeiről, szabályairól, kapcsolatairól a bennünk kialakult képzetek rendszerét értjük. Az operátorok hibáit Rasmussen a mentális modell hibáira (valamint fegyelmi és figyelmi hibákra) vezette vissza. Megbízható (valóság-hű) mentális modell felépítése csak tanulással, gyakorlással, szintentartó foglalkozásokkal lehetséges.

A rendszer jeleire adott lehetséges válaszreakciókat a Rasmussen modell alapján [1] minőségileg jól elkülöníthető három szintre osztható:

- tudáson alapuló
- szabályokon alapuló
- begyakorlottságon alapuló szintekre.

Az egyes szintek jellemzői vázlatosan:

1. Alacsony aktivitás, gyakorlottságon alapuló beavatkozás.

A figyelem gyenge, a percepció (információ-felvétel, érzékelés) nagyvonalakban vezérelt, differenciálatlan. A mentális kontroll kicsiny, szinte felesleges.

A beavatkozás a szokványos automatizált elemekből, mozdulatokból áll. A cselekvés célját, lépéseit nem elemzi, a mentális modell és a cél nem aktivizált.

A szint jellegzetes hibái:

A beavatkozás helyének és idejének helytelen megválasztása. Manuális tévedés. Hibás, pontatlan helyes funkcióismeret.

2. Közepes aktivitás, szabályon alapuló beavatkozás.

Valami szokatlan történt. Az automatikus cselekvésen alapuló megoldási kísérlet eredménytelen. A lehetséges és ismert beavatkozási útvonalak eljárások közül ki kell választani a helyzethez illő célravezető megoldást.

A cselekvésben és gondolkodásban új elem nem jelenik meg. A meglévő ajánlott sémák közül választ az operátor a helyzet függvényében.

A szint jellegzetes hibái: Az emlékezés pontatlansága. Egy műveleti elem kihagyása. Hibás, a helyzethez nem illő beavatkozási séma választása.

3. Magas aktivitás, tudáson alapuló beavatkozás.

Valamit váratlan történt. Az automatikus korrekciós kísérlet sikertelen. Az ismert beavatkozási sémák, útvonalak egyike sem bizonyult alkalmasnak a kívánt üzemállapot biztosítására.

Elemi szintre kell bontani a feladatot. Pontos elemezni, modellezni a helyzetet. Új, célravezető stratégiát kell kidolgozni, és azt lépésenként mérlegelve végrehajtani.

Ez a szint feltételezi a rendszer elemeinek és összefüggéseinek pontos ismeretét, a kockázati tényezőket is beleértve. A tevékenység kreatív elemeket is tartalmaz. Kognitív hálóterv készül. A mentális modell aktivizált. A cél meghatározott, a mellékhatások az áttervezés után elfogadhatóan alacsonyak. A rendszer újra üzemi állapotba kerül.

A szint jellegzetes hibái: Az egysíkú gondolkodás és következményei. Oksági viszonyok, összefüggések tisztázatlansága. Mellékhatások figyelmen kívül hagyása.

A magas aktivitás szintjén szellemi kapacitásunkat jelentősen igénybe veszi a megoldandó feladat. Ez már igazi kihívás.

Az aktív figyelem és a feszült figyelem tartományában mozgunk. A mentális modell és a kognitív apparátus aktív. Személyiség típustól, stressztűrő képességtől aktuális érzelmi helyzettől és a felkészültségünkbe vetett hitünktől függően

A kritikus helyzetekben történő viselkedés tréninggel jelentősen javítható.

Megállapíthatjuk tehát, hogy a legtöbb munkakör információs szükséglete alábecsült. Az átfogó szimulációs vizsgálatok eredményeit feldolgozva, néhány tényező feltűnő mértékben növelte a hibák számát.

- Stressz,
- fáradtság, kimerültség,
- zavaró tényezők, kétértelmű információk,
- tudatlanság a beavatkozás következményeit illetően.

Más tényezők, pedig jelentősen segítik az operátort a hibák elkerülésében, vagy idejében ráébresztik a hibás elképzelés tarthatatlanságára.

- Személyi kvalitások,
- képzettség,
- pontos információk,
- a munkát támogató biztonsági rendszer,

amely lehetséges helyzetben világos és egyértelmű kapcsolatot teremt a valóság és az operátor mentális modellje között.

KOMPETENCIÁK SZEREPE A KÉPZÉS, OKTATÁS RENDSZERÉBEN

Mielőtt a kompetencia értelmezésére térnénk, szükségeszerű a tanúlással kapcsolatos fogalom ismertetése. Gondolatilag szorosan kapcsolódik az előző fejezetben vázlatosan ismertetett Rasmussen modellhez.

A tanulás folyamatának szervezettsége, a tanulás tudatossága alapján három tanulási módot különíthetünk el:

1. Formális tanulás (formai learning) alatt azt a tevékenységet értjük, amelyben az életkor szerinti hierarchiába rendezett tanulócsoportok, erre feljogosított és kiképzett oktatók irányítása alatt tanulnak, a képzés célja, tartalma, időpontja, helyszíne és módja részletesen szabályozott. A formális tanulás általában valamilyen igazolás (diploma, záróvizsga, bizonyítvány) megszerzésével zárul.
2. A nem formális tanulás (non-formal learning) körébe sorolhatók azok a foglalkozásszerűen képzést folytatók által irányított, az iskolarendszerű képzésen kívül szervezett különféle tanfolyamok, szemináriumok, vagy hasonló keretek között szerveződő tevékenységek, amelyeknek célja ismeretek átadása, a képességek ill. a személyiség fejlesztése. A formális és nem-formális képzésre egyaránt jellemző a szervezettség és irányítottság. Általában „rejtettebb” mint a formális tanulás, már csak azért is, mivel rendszerint nem kíséri írásos elismerés (diploma, záróvizsga, bizonyítvány).
3. Az informális tanulásra (informál learning) az jellemző, hogy nem rendszerszerű, strukturálatlan, az egyének kulturális szolgáltatások igénybevétele, társadalmi intézményekben való tevékenység, politikai aktivitás illetve a média hatásai következtében jutnak új ismeretekhez, illetve sajátítanak el új, a munkavégzés szempontjából is releváns viselkedési elemeket - sokszor nem is tudatosítva a tanulási folyamat eredményeit. Az informális tanulás a tanulás leginkább rejtőzködő, ám ennek ellenére nagyon fontos módoszata.

A kompetencia fogalmát úgy határozhatjuk meg, mint egy személy alapvető, meghatározó jellemzői, melyek okozati kapcsolatban állnak a kritériumszintnek megfelelő hatékony és/vagy kiváló teljesítménnyel.[2]

Ebben a meghatározásban az alapvető azt jelenti, hogy a kompetencia eléggé tartós része a személyiségnek, hogy valószínűsítse a viselkedést a helyzetek és feladatok (szerepek) széles skáláján. Az okozati kapcsolat azt jelenti, hogy az adott kompetencia okozza, vagy legalábbis előrevetíti a viselkedést és a teljesítményt. A kritériumnak való megfelelés értelmében a létező kompetenciák alapján megjósolható, ki fog valamit jól vagy rosszul csinálni egy specifikus kritériumnak megfelelően. A kiváló teljesítményszint a sztenderd eltérés az átlagostól fölfelé, a hatékony teljesítés pedig a végzés minimálisan elfogadható szintjét jelenti.

A kompetenciák tartalmilag egzakt definiálása mindenekelőtt azért nehéz, mivel a vizsgált rendszerek (bármely szintet vizsgálva) csak bizonyos absztrakciós szinten fogható fel statikus rendszerként: valójában inkább változási folyamatok összességéként - eredőiként - írható le. A szüntelen változási folyamatok - melyek a rendszerek organikus voltából következnek - természetszerűen hatással vannak a tanulási/tanítási célokra és ezzel a kompetenciák kialakulására is. A kompetenciák tehát tartalmilag nem definiálhatóak teljes pontossággal, mivel azok a társadalomtól mint változó rendszertől - és ezen belül az oktatási valamint a gazdasági alrendszerétől - függő fogalmak.

Az egyén szintjén maradván a kompetenciáknak öt összetevőjét határozhatjuk meg: [3]

1. Ismeretek, a tudás (knowledge): információk, amivel a személy rendelkezik;

2. Készségek, jártasságok (skills), melyek bizonyos fizikai és szellemi feladatok teljesülésének képességét adják;
3. Önértékelés, szociális szerepek, melyek személyes értékek (value) mentén szerveződnek, tehát olyan attitűdök, értékek, melyeket a személy fontosnak ítél, hogy legyenek vagy megtegye őket pl. siker, karrier;
4. Személyiségvonások (character), vagyis pszichikai-fizikai jellemzők és a helyzetekre, információkra adott válaszok;
5. Motivációk (motivation), irányítják, befolyásolják, szelektálják a viselkedést bizonyos magatartások, célok felé.

A fentebb felsorolt jellemzők (kompetencia-összetevők) a tudatosság különböző szintjein vannak. Úgy képzelhetjük el őket, mint egy jéghegyet. A legtudatosabbak a vízszint fölött vannak és láthatóak, a kevésbé tudatos vagy tudattalan jellemzők a víz alatt vannak és a jéghegy láthatatlan részei.

A kihívást az jelenti, hogy a kevésbé látható kompetenciákat nyilvánvalóvá tegyük, és ez által fel tudjuk használni az emberi erőforrások területén.

Az általános képzés (közoktatás) az általános kompetenciák kialakítására törekszik, amely részben azokat a jellemzőket tartalmazza, amelyek gyakran előfordulnak, amelyeket általánosan alkalmaznak, és amelyek megteremtik az alapot ahhoz, hogy a funkcionális kompetenciák kialakíthatók legyenek, amelyek a kimagasló teljesítményt szolgáló szakmai tudást foglalják magukba. A funkcionális kompetenciák kialakítása alapvetően a szakközépiskolákban és a felsőoktatásban (annak állami és nem állami finanszírozású, ún. piaci intézményeiben), valamint a nem iskolarendszerű képzések keretei között zajlik. A kompetenciák harmadik csoportja, az ún. kulcskompetenciák, amelyek a szervezet, intézmény stratégiai céljait támogatják; ezek termelése részben a munkaszervezeten kívül, részben azon belül folyik.

A kompetencia kutatások eredményeinek egyik következménye, hogy a téma iránt elsősorban érdeklődő, az eredményeket a gyakorlatban közvetlenül felhasználó humán menedzsment gerjeszti e terület további kutatását. A másik következmény, hogy az oktatás, képzés fejlesztésének is irányt szab, melynek jeleit már a jelenben is tapasztalhatjuk.

Meggyőződésünk, hogy a típusváltás, illetve a légielő repülőtechnikai eszközeinek jövőbeni korszerűsítése további kihívásokat jelent az emberi erőforrások vonatkozásában, tovább növeli a tanulmányban taglalt humán tényező szerepét. Az üzemeltetési rendszerben tevékenykedő szakemberek felkészítése, át- és kiképzése pedig a kompetenciákra épülő oktatási rendszerben képzelhető el hatékonyan, melynek tudományos igényű elemzése, és az eredmények gyakorlati megvalósítása a közeljövő feladata.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Dr. Antalovits – Dr. Izsó: Pszichológia, oktatási segédanyag, BME MBA program, 1999.

[2] www.erak.hu/szemelvenyek/kompetenciafogalom.pdf

[3] www.mimi.hu/pszichologia/kompetencia.html



Dr. Tóth Rudolf (PhD)

AZ „ENERKIAMEGTAKARÍTÁS” ÉS A „MEGÚJULÓ ENERGIÁK” ALKALMAZÁSÁNAK LEHETSÉGES FORMÁI A REPÜLŐTÉRI LÉTE- SÍTMÉNYEK ÜZEMELTETÉSE TERÜLETÉN

A Föld élővilágát egy rendkívüli hőegyensúly hozta létre, amely a Nap sugárzásából, valamint a Föld belső hőjéből és a világűr dermesztő hidegének kölcsönhatásából alakult ki. Az ehhez tartozó globális energiaszintet helyileg befolyásolja a Föld forgástengelye, az óceánok meleget tároló és a sarkok, gleccserek hideget tároló hatása. A viszonylag állandó éghajlat tette lehetővé a magasabb rendű élet kialakulását. A földi energia mai szintje évmilliárdok alatt alakult ki. Óriási anyag- és energiaforgalom mellett került dinamikus kiegyensúlyozott állapotba. Azonban ez az egyensúly igen kényes. A geológia és a biológia tanúsítja, hogy egy-egy helyi katasztrófa, vulkánkitörés vagy meteor becsapódás hosszú időre felborította ezt az egyensúlyt, fajok, kultúrák pusztultak el és évezredek kellettek hozzá, hogy az egyensúly újra helyreálljon.

A fosszilis energiák nagymértékű felhasználásának hatása a globális felmelegedésre, az energiagazdálkodás fontossága napjainkban

Az ipari forradalommal az emberi társadalom arra a veszélyes útra lépett, amely a Föld légkörének dinamikus energiaegyensúlyának megsérüléséhez vezet. A veszélyt a fosszilis energiahordozók, a szén, az olaj, a földgáz egyre növekvő elégetése okozza. Ezek elégetésével, sok olyan káros anyag kerül a légkörbe, melyek annak sérülését, károsodását okozza. A Föld hőegyensúlyára ezek közül épp a széndioxid az egyik legveszélyesebb. A megsokszorozódott széndioxid kibocsátás miatt a *"hővédő takaró"* megvastagszik és a szükségesnél jobban visszatartja a Nap hőjét, az üvegházakhoz hasonlóan. Sok mérési adat bizonyítja, hogy a légkör és ennek folytán a földfelszín és az óceánok felmelegedése megindult. A fosszilis energiahordozók felhasználásának határai:

- *a kimeríthetőségük, amire sokszor gondoltunk,*
- *valamint a légkör CO₂-terhelhetősége, amit eddig nemigen vettünk figyelembe.*

Az emberiség pazarló energia felhasználásával szorosan összefügg a hagyományos energiaforrások kimerülésének veszélye és a globális klímaváltozás, amely lassan a biztonságos földi élet létét fenyegeti. Korábban a szakemberek azt hitték, hogy az energiaforrások kimerülése a nagyobb veszélyt, de mindig fedeznek fel új olaj- és gázlelőhelyeket, a szénmezőket.

Be kell látnunk, hogy a légkör CO₂-terhelhetősége a veszélyesebb, a közelebbi. *Kétségtelen, hogy az emberi civilizációt pusztulással fenyegető felmelegedés megindult, üteme gyorsul.* Ha a tovább nö-

vekvő energiaéhséget, a növekvő fűtési és hűtési igényeket, a szaporodó gépkocsikat a jövőben is a mai ütemű fosszilis energia- felhasználással elégítjük ki, akkor történelmileg rövid időszak alatt (valószínűleg még ebben az évszázadban), katasztrófa elé kell néznünk. Al Gore, az USA volt alelnöke a következőket írta 1990-ben a fosszilis anyagok növekvő felhasználásáról:

„Ma már tudjuk, hogy a halmozódó globális környezeti hatások halálos veszélyt jelentenek minden nemzet biztonságára, halálosabbat, mint amelyet bármilyen hadászati ellenfél jelenthet, amellyel valaha is találkoztunk. ”

Van-e egyáltalán megoldás, milyen kiutat találunk ennek az ellentmondásnak a feloldására? A megoldás kétségtelenül a CO₂-kibocsátás csökkentése, a fosszilis energiák ellenében az alternatív energiák használatának növelése, valamint a hatékonyabb energia felhasználás segítése. De erre az útra rá kell térnünk, még hozzá minél előbb, mielőtt a változások öngerjesztővé, visszafordíthatatlanná válnak. Biztos, hogy ez a megoldás még több akadállyal fog találkozni, mint az ózonréteget veszélyeztető freonok használatának korlátozása, ami a nemzetközi szerződéseknek hála, már látszanak az eredménye. A CO₂ kibocsátás nagyságát az 1 sz. táblázat, valamint az üvegházhatás kialakulását és a CO₂ kapcsolatát a 1 sz. ábra mutatja.

A fűtőberendezés	CO ₂ -kibocsátás kg CO ₂ /kW · h
Kazán, olaj, 1995 (gázégő)	0,357
Kazán, gáz, 1995 (ventilátoros égő)	0,272
Kazán, kondenzációs	0,233
Villamos fűtés, éjszakai áram	0,648
Villamos hőszivattyú, levegő/víz	0,227
Villamos hőszivattyú, talajkollektorral vagy mélyszondával	0,166
Villamos hőszivattyú, víz/víz	0,149
Gázmotoros hőszivattyú, levegő/víz	0,170
Gázmotoros hőszivattyú, víz/víz	0,100
Gáz-abszorpciós hőszivattyú	0,182
A CO ₂ -kibocsátás szempontjából minden hőszivattyú jobb, mint a fűtőkazán	



1 sz. táblázat:Fűtőberendezések CO₂-kibocsátása **1 sz. ábra:**Az üvegházhatás és a CO₂ kapcsolata

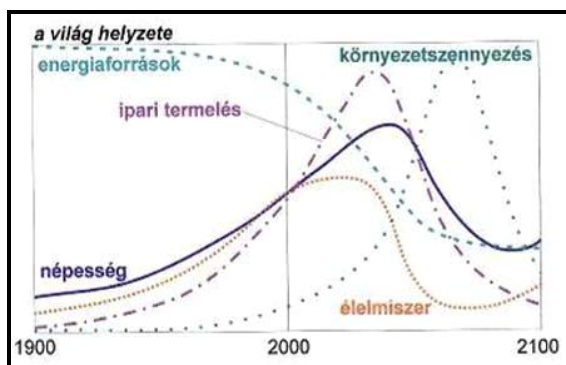
Amikor napjainkban, egy energetikai rendszer hasznosságát értékeljük, kiemelt figyelmet kell fordítani a környezetvédelmi hatásokra.

Napjainkban a vizsgálatok során, elsősorban a klímavédelemhez való kapcsolódás került a figyelem középpontjába, de hasonlóan fontos a lokális környezetvédelem, valamint a helyi levegőszennyeződés csökkentése. További fontos szempont, az energiainport-függőség csökkentése, a különböző fosz-

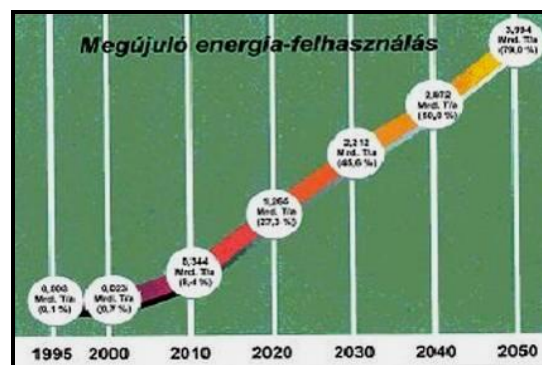
¹Dr. U. Schreier, K-H. Stawiarski – W. Kirchensteirner, F. Antony: A hőszivattyú CSER kiadó, Budapest, 2007. 26. oldal

²Dr. U. Schreier, K-H. Stawiarski – W. Kirchensteirner, F. Antony: A hőszivattyú CSER kiadó, Budapest, 2007. 26. oldal

szilis energiák szükséges biztonsági készletezési szintjeinek csökkentése, valamint a kiegyensúlyozottabb, hatékonyabb hasznosítással kombinált, villamosenergia-fogyasztási igény megteremtése. Városaink levegőszennyezettségének káros hatását pénzben nem lehet kifejezni, de abban a szakemberek egyetértenek, hogy környezetünk légszennyezése alapvetően *energiatakarékossággal, a CO₂ kibocsátás csökkentésével*, (korszerű berendezések, technológiák alkalmazásával) valamint a *megújuló energiák széleskörű felhasználásával* érhető el. A változás várható irányát a 2 sz. és a 3 sz. ábrák mutatják.



2. sz. ábra: A világ helyzetét meghatározó jellemzők alakulása 1900-tól 2100-ig.³



3sz. ábra: A megújuló energia-felhasználás várható alakulása 2050-ig.⁴

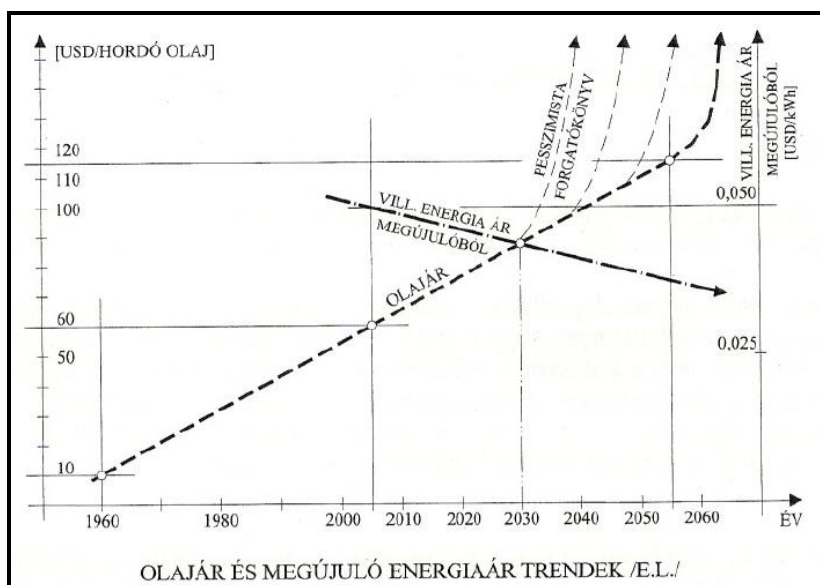
Az elmúlt évszázadban az energiaárak mérsékeltek voltak és nem tükrözték az energia valós értékét, így az energia hatékony felhasználására nem ösztönözték a felhasználókat, a tulajdonosokat, a beruházókat. Az utóbbi évtizedben a helyzet megváltozott. Az energiaárak robbanásszerű növekedése, valamint a hatékony energiagazdálkodás és az alternatív energiák felhasználásának növekvő társadalmi igénye, kényszerítő erővel hatott a nagy energia fogyasztókra, hogy létesítményeiket és rendszereiket korszerűsítsék, azok energia felhasználását, károsanyag kibocsátását, továbbá üzemeltetési költségeiket csökkentsék. Az olaj és az alternatív energia árak várható változását a 4 sz. ábra szemlélteti.

Az utóbbi években, az EU-ban is kiemelt figyelmet kapott az **energiagazdálkodás** területe, melynek során különböző irányelvek, cselekvési programok és tervek készültek a felmerült problémák hatékonyabb kezelésére. Ezek, a tagországokra vonatkozóan, részben ajánlott, részben kötelező jelleggel kerültek bevezetésre. A 2008. évi „irányelv – csomagban” célként határozták meg, az üvegházhatásért felelős gázok kibocsátásának 20%-os csökkentését, az energia hatékonyság 20%-os növelését, valamint 20%-ra kell növelni a megújuló energiák primer energiaként való használatát.

A célok elérése érdekében, minden tagország köteles javítani, (lakóépületek 27%-ánál, ipari és egyéb épületek 30%-ánál) az épületek energiafelhasználását, továbbá széles körben kell alkalmazniuk az energia-megtakarítás és az alternatív energiák felhasználásának módszereit, formáit.

³Homonnay Györgyné Dr.: Épületgépészet a gyakorlatban, kézikönyv épületgépészeti tervezéshez, kivitelezéshez, Kiadó: Verlag Dashöfer Kft, 2007, (12.2/2 ábra)

⁴Homonnay Györgyné Dr.: Épületgépészet a gyakorlatban, kézikönyv épületgépészeti tervezéshez, kivitelezéshez, Kiadó: Verlag Dashöfer Kft, 2007, (12.2.1/2 ábra)



4 sz. ábra: Az olajár és megújuló energiaár trendek.⁵

Az elvárt megtakarítások és a káros anyag kibocsátás csökkentése az alábbiakkal elérhető el:

- korszerű és szigorú tervezési követelmények bevezetésével,
- az üzemmódok energiatakarékosabb megválasztásával,
- az elavult technológiák felújításával, korszerű berendezések alkalmazásával, valamint
- a hagyományos fosszilis energiák helyett, megújuló energiaforrások használatával.

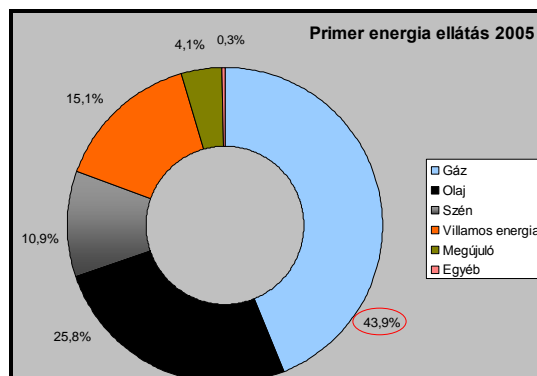
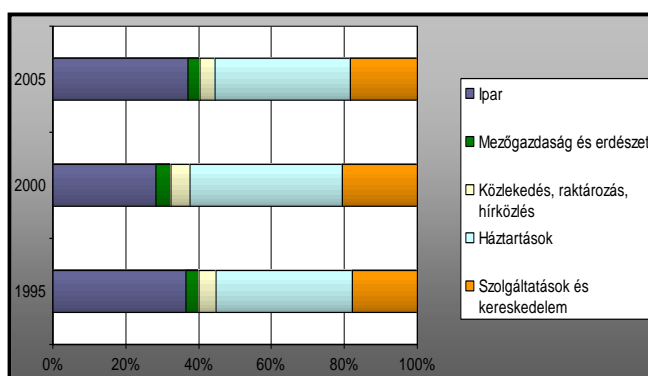
A fejlesztés (korszerűsítés) során, elsősorban azok a területek kerülnek a figyelem középpontjába, ahol viszonylag kis anyagi ráfordítással már számottevő energia-megtakarítás érhető el. Ide sorolhatók az új üzemeltetési módszerek bevezetése, megfelelő hőszigetelési megoldások kialakítása, korszerű nyílászárók, energiatakarékos fűtő, hűtő és szellőző berendezések alkalmazása, a túlfűtések elkerülése, az épületek megfelelő tájolása stb. A megújuló energiaforrások alkalmazásának növelését hátrányosan befolyásolja a viszonylag magas megvalósítási költség, és a beruházások hosszú megtérülési ideje, továbbá a kivitelezők kevés gyakorlati tapasztalata, esetenként a nem megfelelő ipari háttér.

Hazán energia gazdálkodásának helyzete, jogszabályi alapja

Magyarország energetikai helyzete az utóbbi tíz évben jelentősen megváltozott. Az 1989-es politikai fordulatot követően az ipari termelés visszaesett, ezért az ország energiafelhasználása jelentősen csökkent. Hazánk jelenlegi éves energia igénye 1100-1200 PJ, melynek közel 60%-át (650-700 PJ) importból kell beszerezni. Mivel energiaforrásokban szegény ország vagyunk és energetikai rendszerünk túlnyomóan olyan energiahordozókra épül, amelyekből behozatalra szorulunk. Rendszerváltás után az Uránérc-kitermelésünk leállt, így a Paksi Atomerőmű üzemelése - amely az ország villamosenergia-ellátásának 40 százalékát adja - teljes mértékben importfüggő. A fosszilis üzemanyagok terén sem jobb a helyzetünk. Ha a jelenlegi felhasználás mellett a hazai igényeket teljes mér-

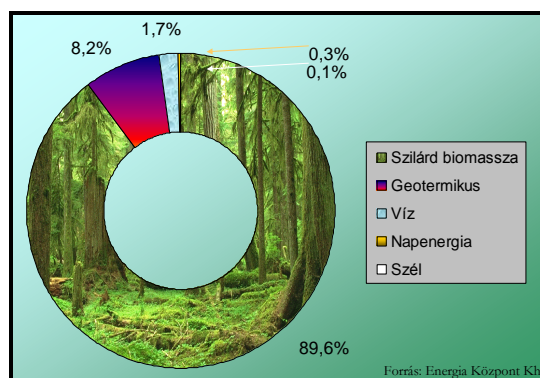
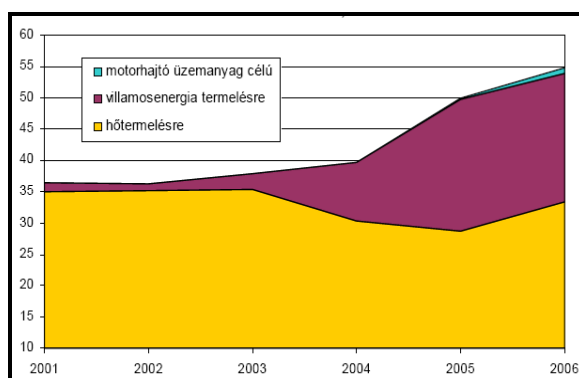
⁵Dr. Emhő László: Budapesti Műszaki és gazdaságtudományi Egyetem, EU- Rendszerű Energia Auditor Képzés, Tanfolyam kód:12.01, Budapest, 2008. 03. 19. előadás anyag.

tékben a hazai forrásokból kívánnánk kielégíteni, akkor földgáz-készleteink kilenc év alatt, míg kőolaj-készleteink három év alatt kimerülnének. Magyarország energiafelhasználásának, valamint a primerenergia ellátásának szerkezete az 5 sz. és a 6 sz. ábrán látható.



5 sz. ábra: Hazánk energiafelhasználásának szerkezete⁶ **6 sz. ábra:** Hazánk primer energia szerkezete⁷

Az Európai Unióban és szerte a világon megfigyelhető a megújuló energiaforrások térhódítása. Köszönhető ez a technikai fejlődésnek, a környezetvédelmi elvárások szigorodásának, a hagyományos energiahordozók mennyiségi csökkenésének és a megújuló energiaforrások számos egyéb kedvező tulajdonságának. Az Európai Unió energiapolitikájának fő célkitűzése, hogy a megújuló energiaforrások részarányát az energiatermelésből 2010-re, 12 százalékra növelje. Ez azt jelenti, hogy a tagállamokban összességében kell ennek az aránynak kialakulnia. Magyarországon jelenleg 3,2-3,8 százalékos körüli a megújuló energiaforrások részaránya, azonban a magyar energiapolitikai tervek alapján ennek az aránynak 6-7 százalékra kell módosulnia az EU által meghatározott időpontig. Hazánk megújuló energiaforrásainak százalékos összetételét a 8 sz. ábra, a felhasználás területeinek alakulását pedig a 7 sz. ábra mutatja.



7 sz. ábra: A megújuló energiafelhasználás (PJ) alakulása felhasználási területek szerint⁸

8 sz. ábra: A megújuló energiafelhasználás százalékos összetétele⁹

⁶Dr. Németh Imre: A megújuló energiatermelés magyarországi kilátásai, előadás, (20. dia) Budapest, 2009. 03. 19. Forrás: <http://www.startlap.hu/web/?q=Magyarország%20energia%20felhasználása&start=110>

⁷Dr. Németh Imre: A megújuló energiatermelés magyarországi kilátásai, előadás, (22. dia) Budapest, 2009. 03. 19. Forrás: <http://www.startlap.hu/web/?q=Magyarország%20energia%20felhasználása&start=110>

⁸Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére 2008-2020 Budapest, 2008. július, Budapest, 2009. 03. 19. Forrás: <http://www.startlap.hu/web/?q=A+meg%3BAjul%3BB3+energia-elhaszn%3BA11%C3%A1s+v%C3%A1rhat%C3%B3+alakul%C3%A1s+2050-ig&x=34&y=10>

Az Európai Unió energetikai célkitűzései előtérbe helyeztek olyan környezetvédelem kérdéseket is, amelyek az energiaipart, mint jelentős szennyező ágazatot, technikai és szemléletbeli megújulásra készítette. Így hazánkban is szükség van az erőművek szennyezőanyag-kibocsátásának és a hálózati veszteségek drasztikus csökkentésére, valamint az energiafelhasználás hatékonyságának növelésére. Tovább rontja a helyzetet az a tény, hogy a jelenlegi erőműparkban felhasznált üzemanyagok energiatartalmának csupán közel 1/3-a hasznosul, a többi pedig nem hasznosított hőként a légkört, illetve a vizeket melegíti. A fentiek alapján kijelenthető, hogy a megújuló energiaforrások egyre nagyobb szerephez jutnak a magyarországi energiaellátási rendszerekben is, melyek megvalósítása komoly költségvonzattal jár. A megközelítő számítások szerint mintegy 400-450 Mrd Ft összeruházás szükséges ahhoz, hogy a jelenlegi megújuló energiahordozó részarány a duplájára emelkedjen. Ahhoz, hogy egy ilyen komoly program megvalósuljon, az érintett tárcák – GKM, PM, FVM és KVM – együttes munkájára, közösen elfogadott stratégiára, valamint jelentős, 100 Mrd Ft körüli összegre becsülhető állami támogatásra van szükség.

Az EU, a 2002/91/EK Parlamenti és Tanácsi irányelvekben, 2006. január 01.-től, kötelezően előírta a tagországok részére az épületek energia auditálását és tanúsítását. Az auditálás gyakorlatilag egy új épületfizikai számítási módszer, melynek kötelező alkalmazását hazánkban, a **7/2006.(V. 24.) TNM rendelet** írja elő, és 2006. május 01-én lépett hatályba. Az épületek tanúsítása alatt egy adott épület épületenergetikai minőségének jellemzőit, különböző osztályba sorolhatóságát kell érteni. Hazánkban az épületek energia auditálását 2007. szeptember 01.-től kormányrendelet tette kötelezővé, de a tanúsításra vonatkozó **176/2008. (VI. 30.) Kormányrendelet** csak 2008. június 30-án jelent meg és 2009. január 01-én lépett hatályba. A hőtermelő berendezések és légkondicionáló rendszerek energetikai felülvizsgálatáról szóló kormányrendelet is elkészült és **246/2008. (XI. 6.)** számon a Magyar közlönyben megjelent.

A fenti jogszabályok,- melyek összhangba vannak az EU elvárásaival és irányelveivel – teljes mértékben lefedik az épületek létesítésével összefüggő energetikai tervezési követelményeket, a létesítmények energetikai jellemzőinek tanúsításával kapcsolatos szakmai elvárásokat, valamint a hőtermelő berendezések és légkondicionáló rendszerek energetikai felülvizsgálatának szabályait. A jogszabályok egyértelműen rögzítik, hogy az előírásokat hogyan, mikor és milyen épületekre, épületrészekre kell alkalmazni. Nem ad felmentést a védelmi célokat szolgáló létesítményekre, így a Magyar Honvédség kezelésében (használatában) lévő épületekre, objektumokra sem.

A repülőterek energiatakarékos üzemeltetését befolyásoló tényezők, a megoldások lehetséges területei és módszerei

Az energiaárak növekedése kényszerítő erővel hat a nagy energia fogyasztókra, így a repülőterekre is, hogy hatékonyabb energiafelhasználással, vagy alternatív energiák alkalmazásával csökkentsék

⁹Dr. Németh Imre: A megújuló energiatermelés magyarországi kilátásai, előadás, (26. dia) Budapest, 2009. 03. 19.
Forrás: <http://www.startlap.hu/web/?q=Magyarország%20energia%20felhasznalasa&start=110>

üzemeltetési költségeiket. A polgári repülőtereknél ez a folyamat elkezdődött, de a hazai katonai repülőterek esetében ezek a fejlesztések lassan haladnak. A racionális energiagazdálkodás eredményességét jól példázzák a *Ferihegyi repülőtéren sikeresen végrehajtott fejlesztések*, melyek az alábbiak szerint valósultak meg.¹⁰

A repülőtér összesen 14 négyzetkilométeres területén mintegy 200 épület található. Az épületek között egyaránt találhatók korszerű létesítmények (például utasforgalmi terminálok, irodák), valamint elavult épületek.

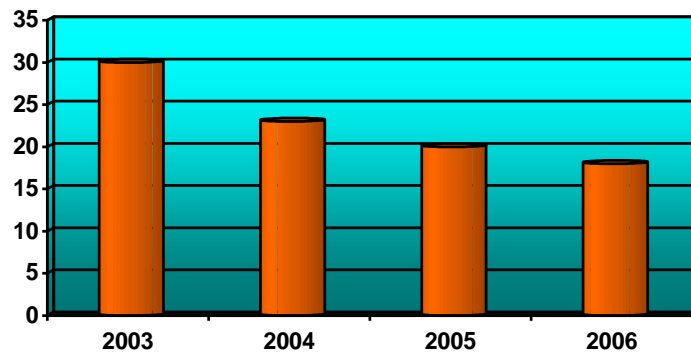
- *Hőellátás:* A telephelyen található legjelentősebb levegőszennyezési technológiát a központi hőenergia előállítás jelenti. A körülbelül 2250 négyzetméter alapterületű kazánházi létesítmény szolgáltat forró vizet a repülőtéri épületek, létesítmények fűtésére, valamint biztosít használati meleg vizet. Alapvetően a földgáztüzelés a jellemző. A beépített teljesítmény **65 megawatt**, ami meghaladja a repülőtér összes hőigényét.
- *Villamosenergia-ellátás:* A repülőtér két, egymástól független, közép feszültségű betáplálást kap a Budapesti Elektromos Művektől. A betáplálások a repülőtér villamosenergia-rendszerének központjába, az erőműházba érkeznek, ahol az erőforrások elosztása történik. A repülőtér villamosenergia pillanatnyi terhelése az évszaktól, napszaktól és más tényezőktől függően **4-9 megawatt**. Az éves fogyasztás mintegy **56 000 megawatt óra**.
- *Energiaracionalizálási program:* Az energiatakarékosság érdekében csökkentették a hővezetékek hőmérsékletét. Az épületekben természetesen biztosítjuk a jogszabályoknak megfelelő hőmérsékletet, azonban a túlfűtés megakadályozására új üzemmódokat határoztak meg. Nagy üvegfelületekkel rendelkező épületekben a tájolástól, illetve a napfény mennyiségétől függően sokszor eltérő hőmérsékletek tapasztalhatók. Ezért ezeknek az épületeknek a déli szárnyában szabályozók felszerelésére került sor, hogy napsütés esetén a fűtés csökkenthető legyen. A fogyasztási volumen, illetve jellemzők alapján fogyasztáscsökkentési lépéseket dolgoztak ki. A megtakarításokat egyfelől az üzemmódok energiatakarékosabb megválasztásával, másfelől az elavult technológiák felújításával valósítható meg. Példaként említhető a repülőgép-állóhelyek, illetve a karbantartó állóhelyek világítástechnikájának módosítása oly módon, hogy ezeket csak repülőgép érkezésekor világítsák meg. Emellett energia hatékony légkondicionáló berendezéseket alkalmaztak, amelyek, amikor csak lehetséges, a környezeti levegőt használják a berendezések hűtésére.

A végrehajtott energia racionalizálási program hatására a repülőtér energia felhasználása hatékonyabbá vált, az egy utasra eső teljes energiafelhasználás 4 év alatt 30-ról 18 kWh/ utas értékre csökkent. Ez közel 40%-os megtakarítást jelentett, melyet a 9 sz. ábra szemléltet.¹¹

¹⁰Budapest Airport, környezetvédelmi jelentés, 2006 (6. oldal) Budapest, 2009. 03. 26.

Forrás: http://www.bud.hu/sajtoszoba/kiadvanyok/?article_hid=1813

¹¹Az ábrát szerkesztette: Dr. Tóth Rudolf, Forrás: Budapest Airport, környezetvédelmi jelentés, 2006 (6. oldal) Budapest, 2009. 03. 26. http://www.bud.hu/sajtoszoba/kiadvanyok/?article_hid=1813



9 sz. ábra: Egy utasra jutó teljes energia felhasználás. (kWh/utas)

A fenti példából is jól látható, hogy a repülőterek energiatakarékos üzemeltetését nagyon sok tényező befolyásolja és több olyan területe van ahol komoly megtakarítások érhetők el, egyszerű megoldásokkal is. A költséghatékony üzemeltetést befolyásoló tényezőket többféle szempontból lehet csoportosítani attól függően, hogy *pénzügyi* (nyereség) oldalról, a *munkaszervezés* humán (létszám) szempontjából, vagy az *energiafelhasználás hatékonysága* oldaláról vizsgáljuk. Ha az elemzést ez utóbbira végezzük el, akkor megállapítható, hogy az energiafelhasználás hatékonyságát több tényező is befolyásolja, melyek különböző képen csoportosíthatók. A tényezők csoportosításának egy lehetséges változata a következő.

A repülőterek energiatakarékos üzemeltetést befolyásoló tényezők.

- *A repülőtéri létesítmények (épületek) fajtái, funkciói és műszaki jellemzői.*

Különbséget kell tenni az épületek, rendeltetése (funkciói) között, mivel más energia igénye és üzemeltetési követelménye van a raktárépületeknek, a szerelő műhelyeknek, a hangáraknak, mint az irodaépületeknek, a szociális helységeknek, az váróknak, vagy a szállás jellegű épületeknek. Komoly hatással van az energia felhasználás hatékonyságára az épületek szerkezeti kialakítása, (építési technológia, az építőanyag, a hőszigetelés, stb.), azok műszaki állapota, (új, korszerűsített, régi, rossz műszaki állapot, stb.) valamint az, hogy megfelel e, az új tervezési előírásoknak, műszaki követelményeknek.

- *A repülőtéri létesítmények (épületek) épületgépészeti rendszereinek kialakítása, működésük hatékonysága, sajátosságai, jellemzői.*

Az épületszerkezetek mellett, az energia megtakarítás másik nagy területe az épületgépészeti rendszerek, mert azok célszerű kialakításával, a korszerű, energiatakarékos berendezések alkalmazásával, valamint a létesítmények és az energia rendszerek összehangolt és hatékony üzemeltetési formáinak kialakításával, üzemeltetési költségcsökkenés érhető el. A legnagyobb energia veszteségeket a korszerűtlen fűtési, szellőzési és klímatisztálási rendszerek, alacsony hatásfokkal működő berendezések, (kazánok, hőcseré-

lők, klímák, stb.) a pazarló világítási formák, valamint a régi, esetleg rosszul hőszigetelt (kivitelezett) csővezetékek, közműhálózatok okozzák.

- *Költséghatékony üzemeltetési formák módszerek alkalmazása.*

A repülőterek különböző rendeltetésű létesítményeinek, épületeinek, a funkciójuk betöltéséhez legjobban illeszkedő üzemeltetési formát kell alkalmazni és ennek megfelelően kell kialakítani az épületgépészeti rendszereket is. Az energia rendszerek üzemeltetési formáinak kiválasztásánál (folyamatos, időszakos, program szerinti) figyelembe kell venni az épületek rendeltetését, (raktár, műhely, iroda, szálló, stb.), kihasználtságát, (a napszaknak megfelelően a használat időtartamát), valamint a szükséges paraméterek (hőmérséklet, nedvesség, fényviszonyok, stb.), biztosításának előírt követelményeit. A különböző épületgépészeti és energiaellátó rendszerek célszerű kialakításával, hővisszanyerő berendezések alkalmazásával, megfelelő szabályozási módokkal, (kézi, automatikus, szakaszos, épületrészenkénti, stb.) elérhető a hőveszteségek csökkentése, valamint a hőnyereségek, (napsütés, gépek, világítás technológiai folyamatok, stb.) jobban kihasználása.

- *A repülőterek földrajzi helyzete, adottságai és meteorológiai viszonyai.*

A repülőterek, legyen az katonai, vagy polgári, különböző földrajzi adottságokkal és meteorológiai jellemzőkkel rendelkeznek, melyek befolyásolják a létesítmények, energia-takarékos működését. A gazdaságos üzemeltetés kialakítása során nem hagyható figyelmen kívül a repülőtér tengerszint feletti magassága, a természetes környezete általi védettsége, az uralkodó szélirány és annak erőssége, az évi átlagos hőmérséklet, valamint az adott területre jellemző időjárási viszonyok, mivel ezek egyrészt pozitívan, mások esetleg negatívan befolyásolják az épületek energia felhasználását, veszteségét.

- *A repülés kiszolgálásához szükséges rendszerek, berendezések működőképessége, energiafelhasználási hatékonysága, korszerűsége.*

Figyelembe véve, hogy a repülés biztonsága mindig elsődleges cél, ezért a berendezések részére mindig biztosítani kell a szükséges energia mennyiséget. Így, a megtakarítás csak a rendszerek és berendezések korszerűsítésével lehetséges. A korszerűtlen, alacsony hatásfokú berendezések nagymértékben rontják az a költséghatékony üzemeltetés kialakításának esélyeit.

- *A különböző energia fajták és azok felhasználásának gazdaságossága.*

Napjainkban a figyelem, egyre inkább az alternatív energiák irányába fordul és jövőbeni szerepének növekedését az állam is támogatja. Jelenleg, a hagyományos (fosszilis) energiák a beruházási költségei a megújuló energiákkal szemben kedvezőbbek, de hosszabb távon az utóbbiak gazdaságosabbak és környezetkímélőbbek. Az új technológiák megjelenésével és elterjedésével – melynek folyamata az utóbbi években felgyorsult – a beruházási költségek megtérülési ideje egyre rövidebb lesz. Ez viszont lehetővé teszi, hogy

a jövőben meghatározó szerepe legyen, nem csak a lakossági felhasználás, vagy a nagy energiafogyasztók, hanem az ipari felhasználás területén is.

A fentiekből látható, hogy a repülőterek energiatakarékos üzemeltetését számtalan tényező befolyásolja. Ha az energia megtakarítás területén eredményeket akarunk elérni, akkor első lépésként meg kell határozni azokat a területeket ahol ez műszakilag kivitelezhető. Ezt követően, számba kell venni azokat a módszereket, amellyel a kívánt cél elérhető és gazdaságosan megvalósítható. A megtakarítás nagyobb része elsősorban a létesítmények gazdaságos üzemeltetésével érhető el, mivel a repülés biztonságos kiszolgálását megvalósító rendszerek, berendezések energia igénye kötött, csökkentése csak költséges beruházásokkal valósítható meg. Ezért, a továbbiakba csak a létesítmények (épületek) energiatakarékos üzemeltetésének területeit, módszereit vizsgálom.

A repülőtéri létesítmények energiatakarékos üzemeltetésének területei, módszerei, az alkalmazható alternatív energiák fajtái, a felhasználás lehetséges formái.

A repülőtéri létesítmények energia felhasználásának legnagyobb részét a fűtési, a klímatisztálási, a szellőztési és a világítási energia teszi ki. Az energia megtakarítás elérhető az energia rendszerek gazdaságos kialakításával, megfelelő üzemeltetési forma kiválasztásával, a működési idő minimalizálásával, valamint olcsóbb energiára források (megújuló energiák) felhasználásával. A fentiek alapján, a repülőtéri létesítmények energiatakarékos üzemeltetés területei és módszerei az alábbiak szerint csoportosíthatók.

A repülőtéri létesítmények energiatakarékos és költség-hatékony üzemeltetésének lehetséges területei

- *Meglévő vagy új épületek épületszerkezeteinek hő-technikailag megfelelő kialakítása*
- *Gazdaságos energiaellátó rendszerek kialakítása és berendezések alkalmazása*
- *Az energiaellátó rendszerek célszerű és költséghatékony üzemeltetése, működtetése*
- *Gazdaságosan létesíthető alternatív, vagy kapcsolt hő-és villamos energiák felhasználása*

A területek egymással szorosan összefüggnek és a gazdaságos üzemeltetést biztosító műszaki megoldások, alkalmazhatók egyszerre és kombináltan, de időben és térben elkülönítetten is. Például, nem elég csak az épületszerkezetek hőszigetelését végrehajtani, javasolt a hő-technikailag nem megfelelő nyílászárók cseréje is. Nem elég az energiaellátó rendszerek hatékony és korszerű kivitelezése, szükség van azok megfelelő üzemeltetési formák kialakítására is. A fenti területeken az energiatakarékos üzemeltetést és így, a működési költségek csökkentését is elősegítő, legfontosabb műszaki megoldások, módszerek az alábbiak szerint foglalhatók össze.

A repülőtéri létesítmények energiatakarékos üzemeltetésének lehetséges műszaki megoldásai, módszerei

Az *épületszerkezetek hő-technikai megfelelőségének* biztosítása alapvető cél, amit a korszerűsítés során, a meglévő épületeknél is meg kell valósítani. Az erre alkalmas legfontosabb megoldásokat és módszereket az 2 sz. táblázatban foglaltam össze.

TERÜLET	A MŰSZAKI MEGOLDÁSOK FORMÁI, MÓDSZEREI	ÉPÜLET TÍPUS
Az épületszerkezetek hő-technikai jellemzőinek biztosítása	Az épületek tervezése és megvalósítása során az előírt szilárdsági, benapozási és hő-technikai követelmények betartása, megvalósítása.	Új épületek
	Olyan építési technológiák és építőanyagok alkalmazása, melyek biztosítják az épületszerkezet hő-technológiai megfelelőségét.	
	Az épületek megfelelő tájolása, amely biztosítja a környezet adta hőnyereség (napsütés) optimális kihasználását.	
	Az épületszerkezetek hő-technikai jellemzőinek tervezése és kivitelezése során figyelembe kell venni a földrajzi és meteorológiai viszonyokat is.	
	Szükség esetén, a külső épületszerkezeteket, (fal, födém, padozat, lábazat) megfelelő hőszigeteléssel kell ellátni.	Meglévő épületek
	A külső épületszerkezeteken, födémeken és padozatokon található (meglévő) hő-hidak hőszigeteléssel történő megszüntetése, a hővesztés csökkentése.	
	A külső épületszerkezeteken található, hő-technikailag nem megfelelő nyílászárók cseréje, vagy el kell érni, hogy javítással, (korszerűsítéssel) a funkcióra alkalmassá váljon.	
	Az épületeket különböző árnyékolási technikákkal, szerkezetekkel védeni kell a túlmelegedés ellen. (klimatizálási, hűtési energia csökkentése)	

2 sz. táblázat: Az épületszerkezetek megfelelő hő-technikai jellemzőinek kialakítási módszerei

Az épületszerkezetek kívül, további jelentős energia megtakarítás érhető el, az *energiaellátó rendszerek kialakítása* területén. Figyelembe véve, hogy a létesítmények üzemeltetése során, a felhasznált teljes energiának több mint 60%-át fűtésre, melegvíz-ellátásra, szellőztetésre, klimatizálásra, valamint világításra fordítjuk, így a megtakarítások is alapvetően ezekhez a rendszerekhez kötődnek. Korszerű műszaki megoldásokkal, jó hatásfokkal rendelkező épületgépészeti berendezésekkel, hővisszanyerő készülékekkel (kazánok, klímák, hőcserélők, rekuperátorok stb.), célszerűen kialakított szabályzási körökkel, vagy ezek együttes alkalmazásával, 25-30% energia megtakarítás is elérhető. A teljesség igénye nélkül, a legfontosabb műszaki megoldások formáit, módszereit a 3 sz. táblázatban foglaltam össze.

TERÜLET	A MŰSZAKI MEGOLDÁSOK FORMÁI, MÓDSZEREI	ENERGIA RENDSZER
Gazdaságos energia ellátó rendszerek kialakítása és berendezések alkalmazása	A tervezés és a kivitelezés során olyan energia rendszereket kell megvalósítani, ami gazdaságosan biztosítja létesítmény energia igényeit.	Új energiaellátó rendszerek
	A veszteségek csökkentése miatt, a távvezetékek és gerinchálózatok hossza minimális legyen, és rendelkezzenek megfelelő hőszigeteléssel.	
	Az új energiaellátó rendszerek rendelkezzenek energia visszanyerő berendezésekkel és a változásokat folyamatosan követő szabályzási lehetőséggel	

	Már a tervezés kezdetén el kell dönteni, hogy milyen energiaforrást alkalmazunk és az ellátó rendszert ennek megfelelően kell kialakítani, megvalósítani, amely legyen összhangban a létesítmény alaprendeltetésével.	
	A meglévő energiarendszerek (fűtés, szellőzés, klíma, stb.) csővezetékeinek beszabályozása, hőszigetelése, a szerelvények kicserélése (javítása), az energia és más paraméterek mérési feltételeinek kialakítása.	Meglévő energiaellátó rendszerek
	Korszerűtlen, rossz hatásfokú berendezések (kazánok, radiátorok, hőcserélők, szivattyúk, ventilátorok, stb.) cseréje, a rendszer automatikus vezérlésének, szabályozásának kialakítása.	
	A korszerűsítés során, energia visszanyerő berendezések (rekuperátorok) beépítése, a rendszeren belül szabályozási körök kialakítása, különböző energiatakarékos megoldások alkalmazása (pl.: A fűtési és szellőző rendszereknél a visszakeverés lehetőségének kialakítása, vagy termosztatikus szelepek alkalmazása, stb.)	

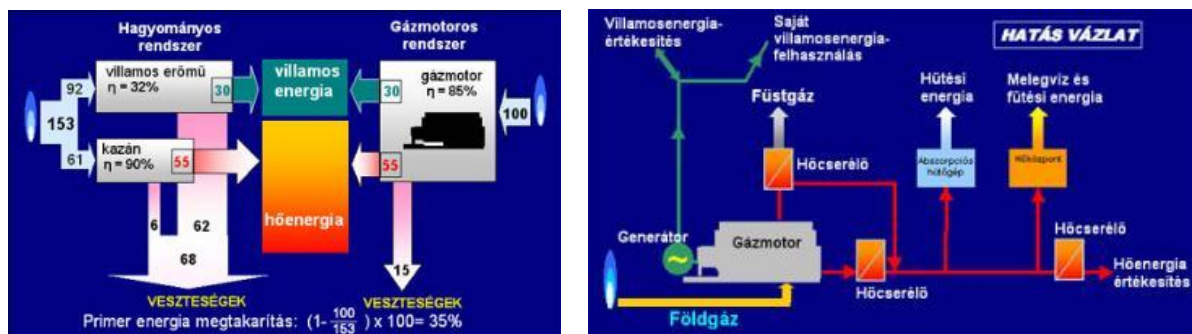
3 sz. táblázat: Az energiaellátó rendszerek hatékonyságát befolyásoló megoldások, módszerek.

További megtakarítás érhető el a létesítmények rendeltetésének megfelelően, **az energia rendszerek célszerű üzemeltetési és működtetési formáinak (fajtáinak)** kialakításával és alkalmazásával. A különböző repülőtéri létesítmények eltérő funkcióval rendelkeznek, mindegyiknek megvan a saját alaprendeltetése, így eltérő lehet azok napi működési időtartama is. Ennek megfelelően, úgy kell az energia ellátó rendszerek üzemeltetésének formáit (fajtáit) megválasztani, hogy azok, a szükséges működési paramétereket (hőmérséklet, páratartalom, stb.) biztosítása mellett, legyenek költséghatékonyak és energiatakarékosak. Például, megtakarítás érhető el az irodák fűtése és a világítása területén, ha munkaidő után azokban alacsonyabb hőmérsékletet biztosítunk, a szellőző rendszert és a világítást központilag lekapcsoljuk. Energia megtakarítás érhető el akkor is, ha a létesítmények különböző részeiben, - figyelembe véve a külső és belső hőnyereséget, a használat időtartamát, valamint a biztosítandó paramétereket - eltérő energia felhasználást engedélyezünk. A legfontosabb üzemeltetési formákat és azok lehetséges megoldásait a 4 sz. táblázatban foglaltam össze.

TERÜLET	AZ ENERGIA RENDSZEREK KÖLTSÉGHATÉKONY ÜZEMELTETÉSÉNEK LEHETSÉGES MEGOLDÁSAI.	A MŰKÖDÉS (ÜZEMELTETÉS) FAJTÁI
Az energiaellátó rendszerek költséghatékony működtetése.	A létesítmények alaprendeltetésétől függően, különböző üzemeltetési fajták alkalmazhatók és ezeken belül, a fűtés, a szellőzés, a klímatiszálás, valamint a világítás területén az energia felhasználást különböző szabályozási módszerekkel csökkentik. Típusát tekintve beszélünk kézi, vagy automatikus szabályzásról, a szabályzás folyamata oldaláról megkülönböztetünk szakaszos, folyamatos és program szerinti szabályozást.	Folyamatos működés Időszakos működés Programozott működés
	Az épületrészek energia igénye az épület tájolásától és az üvegezett felületek nagyságától függően eltérő, ezért energia felhasználásukat is ennek megfelelően kell szabályozni.	Épületrészek önálló energia ellátása, szabályozása
	Az üzemeltetési költségek tovább csökkenthetők, az olcsóbb alternatív és a gázmotorokkal előállított, kapcsolt hő- és villamos energia használatával. Az így kialakított energia rendszerek szintén lehetnek <i>folyamatos, időszakos és programozott</i> működésűek, <i>egy épületen belül az épületrészek rendelkezhetnek külön energiaellátó rendszerrel</i> , de az üzemeltetés során megfelelő szabályozási formákat, módszereket kell alkalmazni.	

4 sz. táblázat: Az energiaellátó rendszerek üzemeltetésének fajtái, lehetséges megoldásai.

Az előzőekben megvizsgáltam az üzemeltetési költségek csökkentésének azon lehetséges megoldásait, melyek az épületek szerkezeteihez, az energiaellátó rendszerek kialakításához és üzemeltetési formáihoz kötődnek. Az energiatakarékos és költséghatékony üzemeltetés negyedik területe, *az alternatív, vagy a gázmotorokkal előállított, kapcsolt hő- és villamos energiák felhasználása* lehet. A gázmotorokkal előállított, kapcsolt hő- és villamos energiák termelése alatt, a mechanikai-villamosenergia, és a hőenergia együttes termelése értendő. A gázmotoros kapcsolt energiatermelést elsősorban azokon a felhasználási területeken célszerű alkalmazni, ahol egyidejűleg jelentkezik villamos energia, fűtési, illetve hűtési igény, és a berendezés legalább 6-7000 óra/év-t üzemel. Jól alkalmazható azokon a területeken, ahol követelmény a hő és a villamosenergia-ellátás biztonsága, pl. kórházak, számítógépközpontok, élelmiszeripar távhővel ellátott épületek, lakóparkok, stb. esetén. Így, alkalmazása a repülőtereken is lehetséges és gazdaságosan üzemeltethető. A gázmotorokkal elérhető primer energia megtakarítást és a kapcsolt energiatermelés elvi megoldását a 10 sz. ábra szemlélteti.



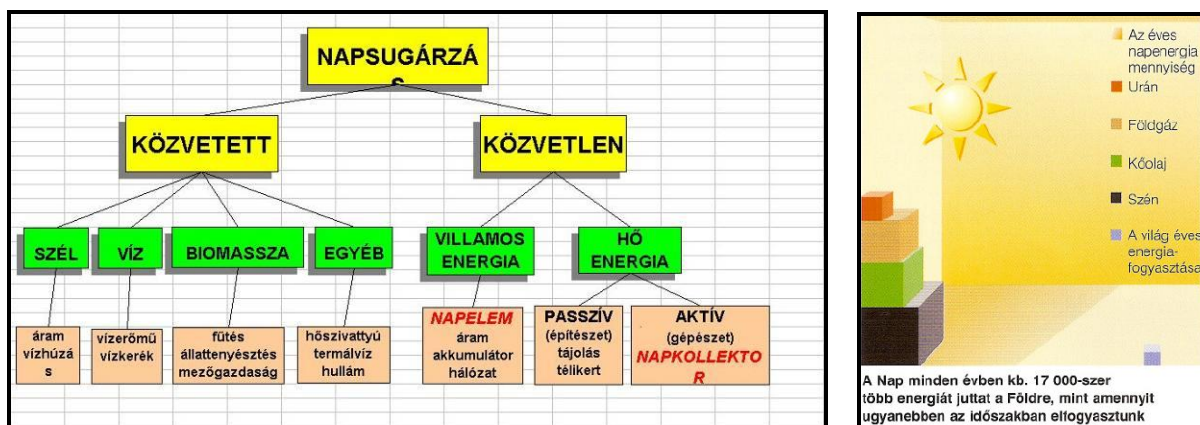
10 sz. ábra: A gázmotorok energiatermelésének és energia megtakarításának elvi vázlata.¹²

¹²Gázmotorok. Forrás: <http://fogaz.hu/engine.aspx?page=Gazmotor> Budapest, 2009. 04. 04.

Napjaink energiapiacának alakulása, illetve a vonatkozó törvényi előírások egyre inkább előtérbe helyezik az **alternatív (megújuló) energiák hasznosíthatóságának** vizsgálatát, illetve olyan telepek létrehozását, amelyek ezen energiákat a leghatékonyabban hasznosítják a környezet minimális terhelése mellett. A következő alfejezetben bemutatom, hogy a repülőtéri létesítmények üzemeltetése során milyen alternatív energiákat célszerű alkalmazni, vázolom azok felhasználásának lehetséges formáit.

A repülőtéri létesítmények üzemeltetése területén alkalmazható alternatív energiák fajtái, a felhasználás lehetséges formái

Egy energiaforrást akkor nevezünk megújulónak, ha a hasznosítás során nem csökken a forrás, és a későbbiekben ugyanolyan módon termelhető belőle energia. Alapvetően a Naptól származó energia napról-napra megújítható, ezért ezeket az energiaforrásokat *megújuló energiaforrásoknak* nevezzük. **Ezek lokális energiaforrások és ezért az alkalmazásukkal kapcsolatos döntések mindig a helyi adottságok függvénye.** A megújuló energiaforrások alternatívát kínálnak az energiakészletek (fosszilis energiahordozók) felhasználásának mérséklésére, ezért ezeket *alternatív energiaforrásoknak* is nevezük. A Napenergia mennyiségét, annak felhasználási lehetőségét és formáit a 11 sz. ábra mutatja.



11 sz. ábra: A Nap energiájának mennyisége és hasznosításának lehetséges formái.¹³

A repülőterek méretei és beépítési sajátosságai miatt, jó lehetőség kínálkozik a megújuló, vagy a gázmotorok által előállított kapcsolt hő-és villamos energiák felhasználására, de a hazai katonai repülőterek esetében, a fejlesztésekre negatívan hatnak az eltérő funkciójú, műszaki állapotú és energiaigényű épületek, kiszolgáló létesítmények és üzemeltetési rendszerek. A repülőterek esetében csak olyan alternatív energiaforrások jöhetnek számításba, amelyek folyamatosan rendelkezésre állnak, képesek a változó energia igényeket mindenkor kielégíteni, működésük megbízható, rugalmas, üzemeltetésük egyszerű, jól automatizálható és szabályozható, valamint nem zavarják a repülés biztonságát. A repülőterek létesítményeinek üzemeltetése területén alkalmazható alternatív energiaforrások:

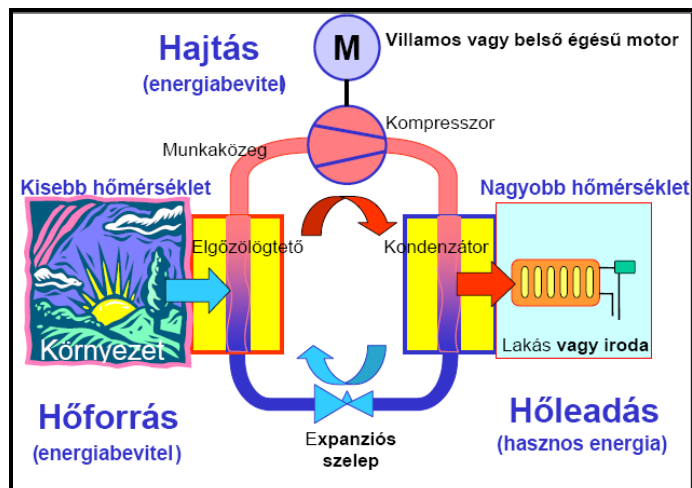
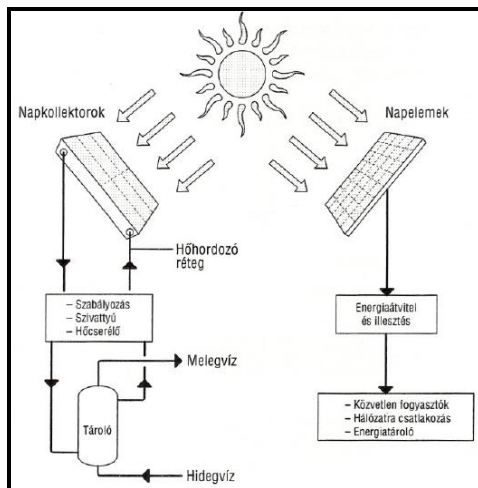
- villamos és hőenergia termelésre, *napelem és napkollektor*
- hőtermelésre és klímatiszálásra: *hőszivattyúk*

¹³Dr. U. Schreier, K-H. Stawiarski – W. Kirchensteimer, F. Antony: A hőszivattyú CSER kiadó, Budapest, 2007. 24. oldal
Homonnay Györgyné Dr.: Épületgépészet a gyakorlatban, kézikönyv épületgépészeti tervezéshez, kivitelezéshez, Kiadó: Verlag Dashöfer Kft, 2007, (12.5. 1/7 ábra)

- villamos energiatermelésre: *szélenergia (szélerőművek)*
- hőtermelésre: *erdő-és mezőgazdasági hulladékok, biomassza tüzelés*
- Hő-és villamos energiatermelésre: *geotermikus energia felhasználása.*

A közvetlen napenergia-hasznosítás legelterjedtebb módjai, amikor **napelemek** segítségével villamos energiát, valamint **napkollektorok** használatával meleg vizet állítunk elő és az így nyert energiát tovább hasznosítjuk. Ezt a folyamatot a 12 sz. ábra szemlélteti.

A **hőszivattyúk** a napenergiát *közvetett formában hasznosítják*. A hőszivattyú olyan berendezés, amely bizonyos hőmérsékleten hőt vesz fel és megnövelve azt egy nagyobb hőmérsékleten adja le. Az energiaforrás sokféle lehet, viszont az alapelv minden hőszivattyúnál ugyanaz: *a környezet tömegében tárolt hőmennyiséget kiszivattyúzva felhasználjuk fűtéshez, vagy hűtéshez*. A hőszivattyúk energiaforrása lehet talaj, levegő, vagy éppenséggel víz. Amikor hőt termel (pl. helyiségfűtésre vagy vízmelegítésre) fűtő üzemmódban, amikor hőt von el (pl. helyiségűtésre), akkor pedig hűtő üzemmódban üzemel. A megújuló energiaforrások közül ez az egyetlen csoport, mely önállóan is képes házuk fűtéséről/hűtéséről gondoskodni. Elvi működését a 13 sz. ábra szemlélteti.



12 sz.ábra: A napenergia hasznosítása¹⁴ **13 sz. ábra:** Kompresszoros sűrítésű hőszivattyús rendszer elvi vázlat¹⁵

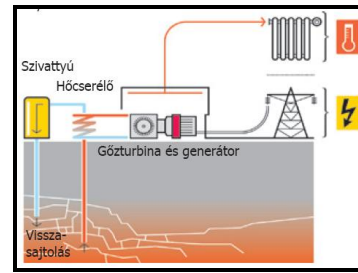
A felsorolt alternatív energiák közül az utolsó három csak korlátozottan alkalmazható a repülőterek esetében, mivel ezek egy része egyáltalán nem, vagy csak korlátozottan áll rendelkezésre, (geotermikus energia, erdő-és mezőgazdasági hulladékok, biomassza, biogáz, stb.). A szélenergia kihasználásának lehetőségét mindig a helyi adottságok döntenek el, mivel a szélgenerátorok méreteik miatt, veszélyeztethetik a repülés biztonságát.

A **szélenergia**, a nap energiájából származó megújuló energiaforrás, ingyen áll a rendelkezésünkre, folyamatosan megújul és környezetkímélő. A szélgenerátor működése nagyban függ a magasságától, az uralkodó szél irányától és a szélerősségtől, de hosszú időn át, automatikusan és gazdaságosan üzemelnek. Minimális elhelyezési magassága legalább 15 méter, ez alatt, a szélgenerátortól ritkán várható

¹⁴Homonnay Györgyné Dr.: Épületgépészet a gyakorlatban, kézikönyv épületgépészeti tervezéshez, kivitelezéshez, Kiadó: Verlag Dashöfer Kft, 2007, (12.5. 1/8 ábra)

¹⁵Komlós Ferenc: NÉS szakvélemény, a hőszivattyú technológia szerepe a klímapolitikában 2007–2025. Forrás: <http://klima.kvvm.hu/documents/48/hoszivlt1007.pdf> Budapest, 2009. 04. 04.

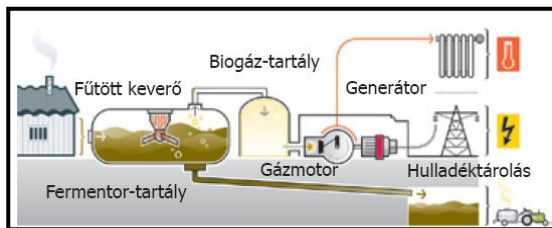
ideális áramtermelés, mert ott sok turbulens fékező hatás lassítja a működést. Amennyiben a helyi adottságok lehetővé teszik a szélgenerátorok alkalmazását, előnyös a generátorok és a napelemek kombinált használata, így tovább nő a hatékonyságuk. A megoldást a 14 sz. ábra szemlélteti.



14 sz. ábra: szélgenerátor napelemekkel.¹⁶ 15 sz. ábra: A geotermikus energia hasznosítása.¹⁷

A **geotermikus energiát** használó erőművek (berendezések) nem a felső földrétegben tárolt napenergiát, hanem a Föld belsejének a hőjét használják fel. Föld belső hőjével a vizet gőzzé alakítják, és azt áramtermelésre használják. A geotermikus fűtés számára az áramtermelésnél alacsonyabb hőmérséklet is elegendő. Alkalmazása még költséges, több különböző rendszer fejlesztése van folyamatban. A hasznosítás elvét a 15 sz. ábra szemlélteti. Jelenleg, repülőtereknél energiaforrásként, a feltárás és a

magas beruházási költség miatt, nem alkalmazzuk.



Nem tekinthető repülőterek esetében gazdaságosan alkalmazható energiaforrásoknak, **az erdő-és mezőgazdasági hulladékok, a biomassza, a biogáz,** stb. mert korlátozottan áll rendelkezésre és az előállítási feltételek kialakítása költséges. Az előállítás és a

16 sz. ábra: A bioenergia hasznosításának elve.¹⁸ hasznosítás elvi ábráját a 16. sz. ábra szemlélteti.

Összességében megállapítható, hogy az energia piac alakulása, rövidesen előtérbe helyezi a megújuló energiák hasznosítását a repülőterek esetében is, amelyre a honvédelemnek fel kell készülni.

FELHASZNÁLT IRODALOM:

- [1] Homonnay Györgyné Dr.: Épületgépészet a gyakorlatban, kézikönyv épületgépészeti tervezéshez, kivitelezéshez, Kiadó: Verlag Dashöfer Kft, 2007,
- [2] Dr. U. Schreier, K-H. Stawiarski – W. Kirchensteimer, F. Antony: A hőszivattyú CSER kiadó, Budapest, 2007.
- [3] Komlós Ferenc: NÉS szakvélemény, a hőszivattyú technológia szerepe a klímapolitikában 2007–2025.
- [4] Gázmotorok. Forrás: <http://fogaz.hu/engine.aspx?page=Gazmotor> Budapest, 2009. 04. 04. Forrás: <http://klima.kvvm.hu/documents/48/hoszivlt1007.pdf> Budapest, 2009. 04. 04.
- [5] Budapest Airport, környezetvédelmi jelentés, 2006. http://www.bud.hu/sajtoszoba/kiadvanyok/?article_hid=1813 Budapest, 2009. 03. 26.
- [6] Dr. Emhő László: Budapesti Műszaki és gazdaságtudományi Egyetem, EU- Rendszerű Energia Auditor Képzés, t Tanfolyam kód:12.01, Budapest, 2008. 03. 19. előadás anyag
- [7] Dr. Németh Imre: A megújuló energiatermelés magyarországi kilátásai, előadás, (20. dia) Budapest, 2009. 03. 19. Forrás: <http://www.startlap.hu/web/?q=Magyarország%20energia%20felhasznalasa&start=110>
- [8] Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére 2008-2020 Budapest, 2008. július, Budapest, 2009. 03. 19. Forrás: <http://www.startlap.hu/web/?q=A+meg%3BAjul%3BB3+energia-elhaszn%3BA11%3BA1s+v%3BA1rhat%3BB3+alakul%3BA1sa+2050-ig&x=34&y=10>

¹⁶Forrás: <http://www.hu.excondo.com/excondo/?q=node/356> Időpont: 2009. 04. 05.

¹⁷Energia (forradalom) Greenpeace kiadvány 2005.-2007. (42. oldal)
Forrás: <http://www.greenpeace.hu/energia.pdf>, Időpont: 2009. 04. 05.

¹⁸Energia (forradalom) Greenpeace kiadvány 2005.-2007. (41. oldal)
Forrás: <http://www.greenpeace.hu/energia.pdf>, Időpont: 2009. 04. 05.



Tuba Zoltán¹

EGY ESEMÉNYTELEN NAP MARGÓJÁRA AVAGY EGY KÖDADVEKCIÓ TANULSÁGAI

2008. december 9. repülési szempontból egy átlagos, eseménytelen nap volt. 13 és 21 UTC között gyakorló repülés terveztek a Szolnok Helikopter Bázison. A repülési feladatok nagy része a repülőtér saját légtereiben zajlott, de a tervtáblán szerepeltek a külső leszállóhelyre tervezett repülések is. Az egyes kiszolgáló alegységek tették a dolgukat, legtöbbjüknek – a jó értelemben véve – ez a nap egy unalmas repülési napként telt el. Talán az egyetlen kivételt a meteorológiai szolgálat jelentette, ahol a repülési időszak egy része alatt feszült figyelemmel követték az időjárás alakulását és talán kicsit a szerencsének is köszönhetően szintén eseménytelenül biztosították a repülési feladatok végrehajtását. Itt akár véget is érhetne ez a történet, azonban a rendelkezésünkre álló adatok, információk alapján úgy vélem, hogy érdemes egy kicsit részletesebben is foglalkoznunk a történetekkel. Ismerve azt a tényt, hogy a repülési események bekövetkeztében milyen nagy arányban játszik szerepet az időjárás, nem tehetjük meg, hogy nem tanulunk az ilyen esetekből. A helyes következtetések levonásával és a szükséges javaslatok, lépések megtételével ugyanis az előbb említett arányon tudunk javítani.

A REPÜLÉSI FELADATOK

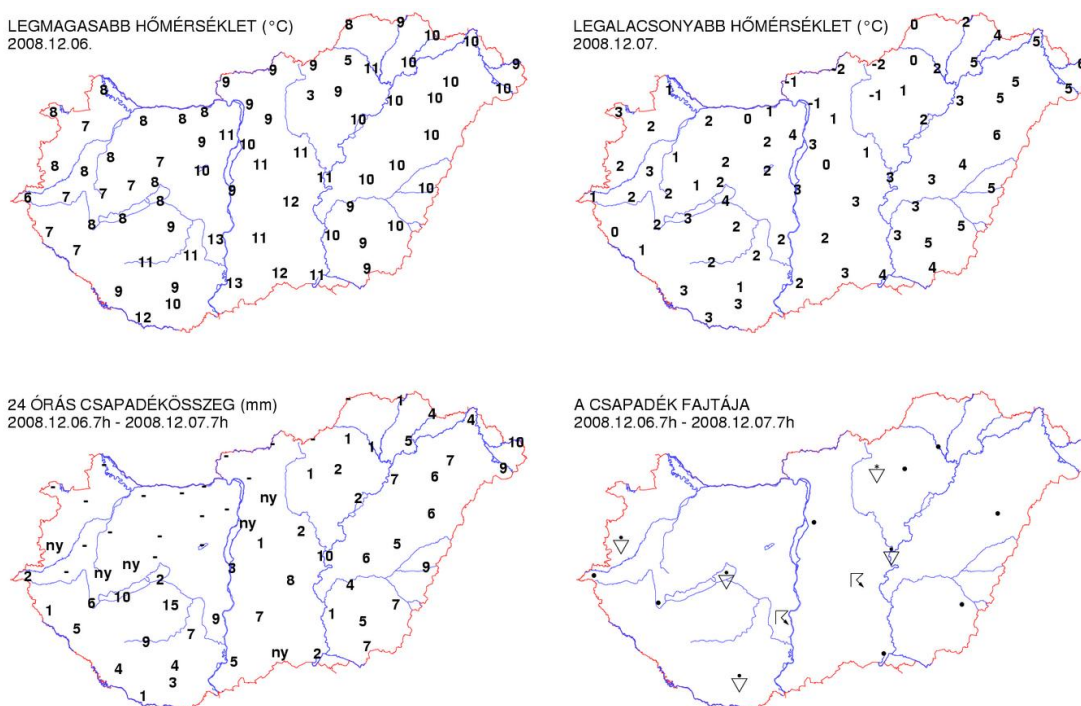
December 9. keddi napra, azaz kiképzési napra esett, ezért a repülőtér délutáni forgalma viszonylag nagy volt. 13 és 19 UTC között mindhárom helikopter típusra (Mi-8, Mi-17, Mi-24) gyakorló repülést terveztek. Ezen kívül a légi kutató-mentő szolgálat készült gyakorló repülést végrehajtani 16 és 17 UTC valamint 18:20 és 19:20 UTC között. A helyi repülések mellett tartalék repülőtérként funkcionáltunk 17:20 és 20:30 UTC között a pápai valamint 14 és 20 UTC között a kecskeméti alakulat gyakorló repülései számára.

A helyi gyakorló repüléseket összesen 6 db helikopterrel hajtotta végre az alakulat. A repülési tervtáblán rögzített feladatok között iskolakörök, légtér feladatok, fotolövészet és a külső leszállóhelyen végrehajtott feladatok szerepeltek.

¹ főhadnagy, MH 86. Szolnok Helikopter Bázis Meteorológiai Csoport csoportparancsnok

AZ IDŐJÁRÁSI HELYZET

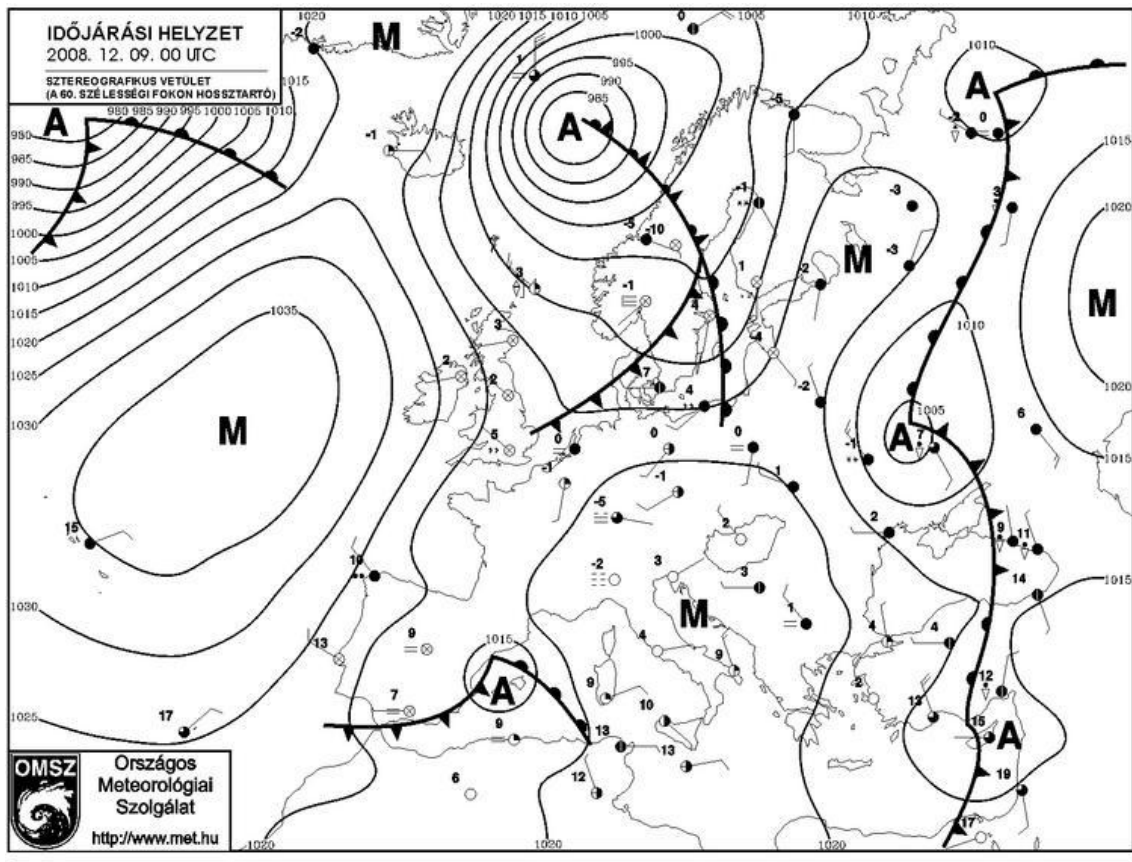
Először ejtsünk szót az ominózus nap időjárásának előzményeiről, hiszen tisztában vagyunk azzal, hogy a meteorológiában milyen fontos a kiindulási feltételek pontos ismerete. Ahhoz, hogy az előzményeket teljesen megismerjük, egészen december 6-ig kell visszamennünk az időben. Ekkor ugyanis ciklonképződés zajlott térségünk felett. A fejlődő ciklon csapadékkendzere DNY-ÉK irányban keresztezte a Kárpát-medence keleti felét. Ennek megfelelően december 7-re virradóra az ország keleti és déli területein kiadós, 5-15 mm-es csapadékmennyiségeket regisztráltak, a legnagyobb mért értékek azonban az országhatár másik oldalára estek. A szokatlanul enyhe időjárásnak köszönhetően a csapadékot helyenként zivatartermékenység is kísérte.



1. ábra. A december 7-én kiadott napi jelentés részlete

A ciklon hátoldalán, országunktól dél-nyugatra anticiklon kezdett felépülni, amely aztán a következő napokban meghatározta hazánk időjárását. December 7-én az erősen felhős ég mellett az ország észak-keleti részében még elvétve előfordult csapadék, de erős szél kíséretében már észak-nyugat felől – a ciklon és az anticiklon köztes áramlási mezéjében – hidegebb, szárazabb levegő áramlott a Kárpát-medencébe. Az erős szelet a nyomási rendszerek középpontjainak viszonylagos közelségéből eredő nagyobb nyomási gradiens eredményezte. Ezzel egyidőben a ciklonközéppont észak-kelet felé folyamatosan távolodott hazánktól és a felépülő anticiklon nyomási mezeje helyeződött térségünk fölé.

Ennek köszönhetően a következő nap délutánjára a szél jelentősen mérséklődött és a felhőzet is országsszerte feloszlóban volt.

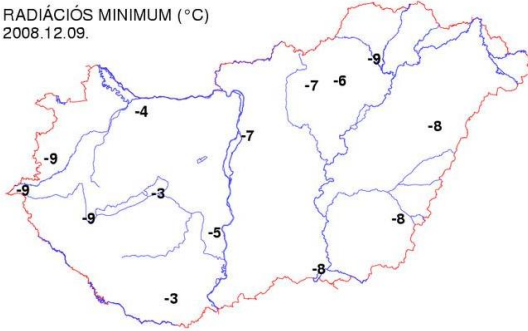


2. ábra. Az Országos Meteorológiai Szolgálat által december 9-én kiadott frontanalízis térkép

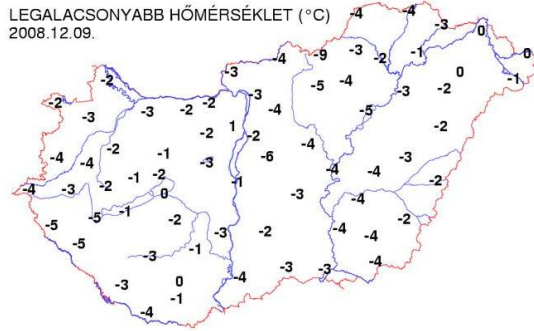
Foglaljuk most össze, hogy hova jutottunk az időjárás szempontjából 2008. december 8. éjjelére:

- A korábbi csapadéknak köszönhetően a még nedves felszín, párautánpótlást biztosított az alsóbb légrétegeknek;
- Az anticiklon felhősztató légmozgásai miatt sok helyütt volt felhőtlen az égbolt, ami szabad teret engedett a kisugárzásnak;
- A folyamatosan csökkenő nyomási gradiens miatt gyengülő szél elősegítette a kisugárzási inverzió létrejöttét.

RADIÁCIÓS MINIMUM (°C)
2008.12.09.



LEGALACSONYABB HŐMÉRSÉKLET (°C)
2008.12.09.



3. ábra. A kisugárzás miatt kialakult minimumhőmérsékletek (OMSZ napi jelentés részlet)

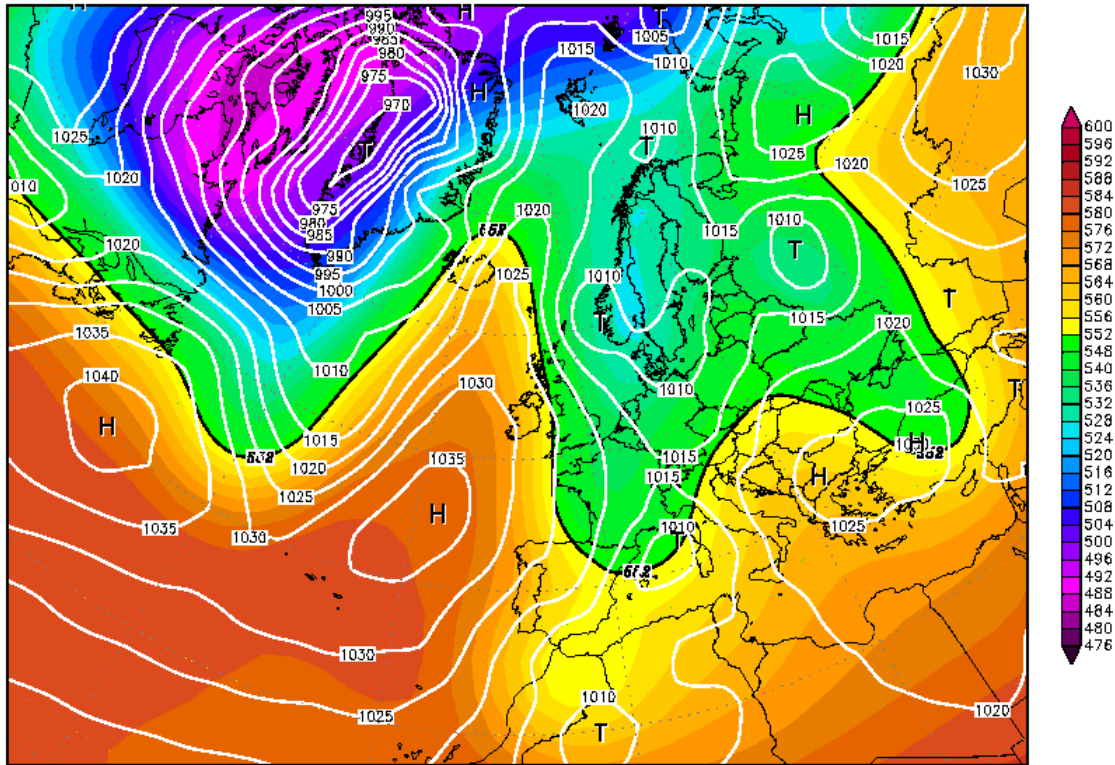
A fent vázolt feltételek szinte törvényszerűvé tették a kisugárzási köd kialakulását az ország keleti felében. Ez a köd a repülőtér területén nem hízott túlságosan vastagra, így napkelte után a zavartalan napsütés hatására gyorsan feloszlott és a hőmérséklet gyorsan emelkedett. Mindez jól nyomon követhető a 02 és 12 UTC közötti METAR táviratokon, ahol tíz óra alatt a CAVOK időjárástól a ködön át újra CAVOK-ig jutunk:

METAR LHSN 090215Z 27003MPS CAVOK M01/M02 Q1022 TEMPO 6000 BR RMK BLU=
 METAR LHSN 090245Z 27002MPS 7000 SKC M02/M02 Q1022 TEMPO 3000 BR RMK WHT=
 METAR LHSN 090315Z 26002MPS 5000 BR SKC M01/M02 Q1022 NOSIG RMK WHT=
 METAR LHSN 090345Z 27002MPS 4000 BR SKC M01/M02 Q1022 TEMPO 2000 BR RMK GRN=
 METAR LHSN 090415Z 00000MPS 4000 BR SKC M02/M03 Q1022 TEMPO 2000 BR RMK GRN=
 METAR LHSN 090445Z 00000MPS 3000 BR SKC M03/M04 Q1022 NOSIG RMK YLO=
 METAR LHSN 090515Z 22002MPS 3000 BR SKC M03/M04 Q1022 TEMPO 1500 BR RMK YLO=
 METAR LHSN 090545Z 23002MPS 0800 FG FEW200 M03/M03 Q1022 NOSIG RMK AMB=
 METAR LHSN 090615Z 26002MPS 1200 BR SCT200 M02/M03 Q1022 REFG BECMG 3000 BR=
 METAR LHSN 090645Z 25001MPS 1500 BR SCT200 M02/M03 Q1023 BECMG 3000 BR RMK AMB=
 METAR LHSN 090715Z 24002MPS 2000 BR SCT200 M02/M03 Q1022 BECMG 3000 BR RMK YLO=
 METAR LHSN 090745Z 23002MPS 2000 BR FEW083 SCT200 M01/M02 Q1022 BECMG 3000 BR=
 METAR LHSN 090815Z 26002MPS 3000 BR FEW083 SCT200 M00/M02 Q1022 BECMG 5000 BR=
 METAR LHSN 090845Z 24002MPS 3000 BR FEW083 SCT200 00/M01 Q1023 BECMG 5000 BR=
 METAR LHSN 090915Z 23003MPS 4000 BR FEW083 01/M01 Q1023 BECMG 5000 BR RMK GRN=
 METAR LHSN 090945Z 22002MPS 4000 BR SCT200 03/00 Q1022 BECMG 5000 BR RMK GRN=
 METAR LHSN 091015Z 21003MPS 5000 BR FEW200 04/01 Q1022 BECMG 8000 RMK WHT=
 METAR LHSN 091045Z 22003MPS 8000 NSC 04/01 Q1022 BECMG CAVOK RMK BLU=
 METAR LHSN 091115Z 21003MPS 8000 NSC 05/01 Q1022 BECMG CAVOK RMK BLU=
 METAR LHSN 091145Z 21003MPS CAVOK 06/01 Q1021 NOSIG RMK BLU=

Ezalatt az anticiklon középpontja hazánktól dél-keletre helyeződött át, ami a térségünk felé közeledő nyomási teknő előoldali áramlási mezejével együttesen a szél déliesre való fordulását eredményezte.

10DEC2008 00Z

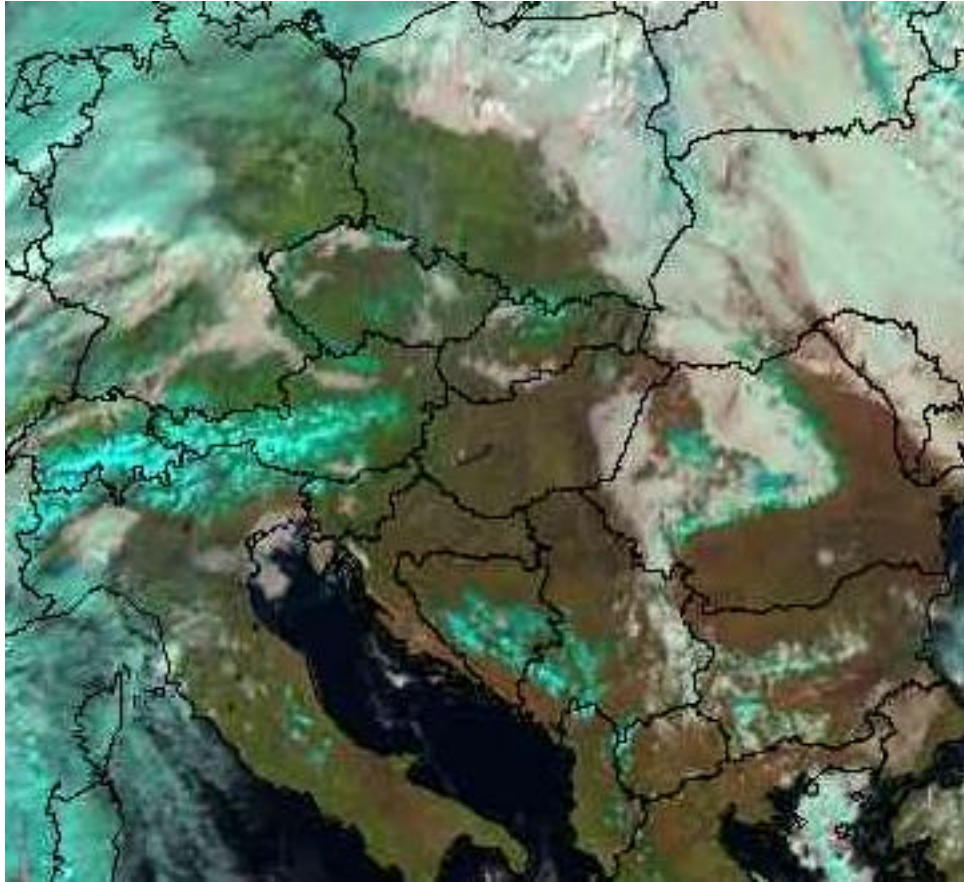
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

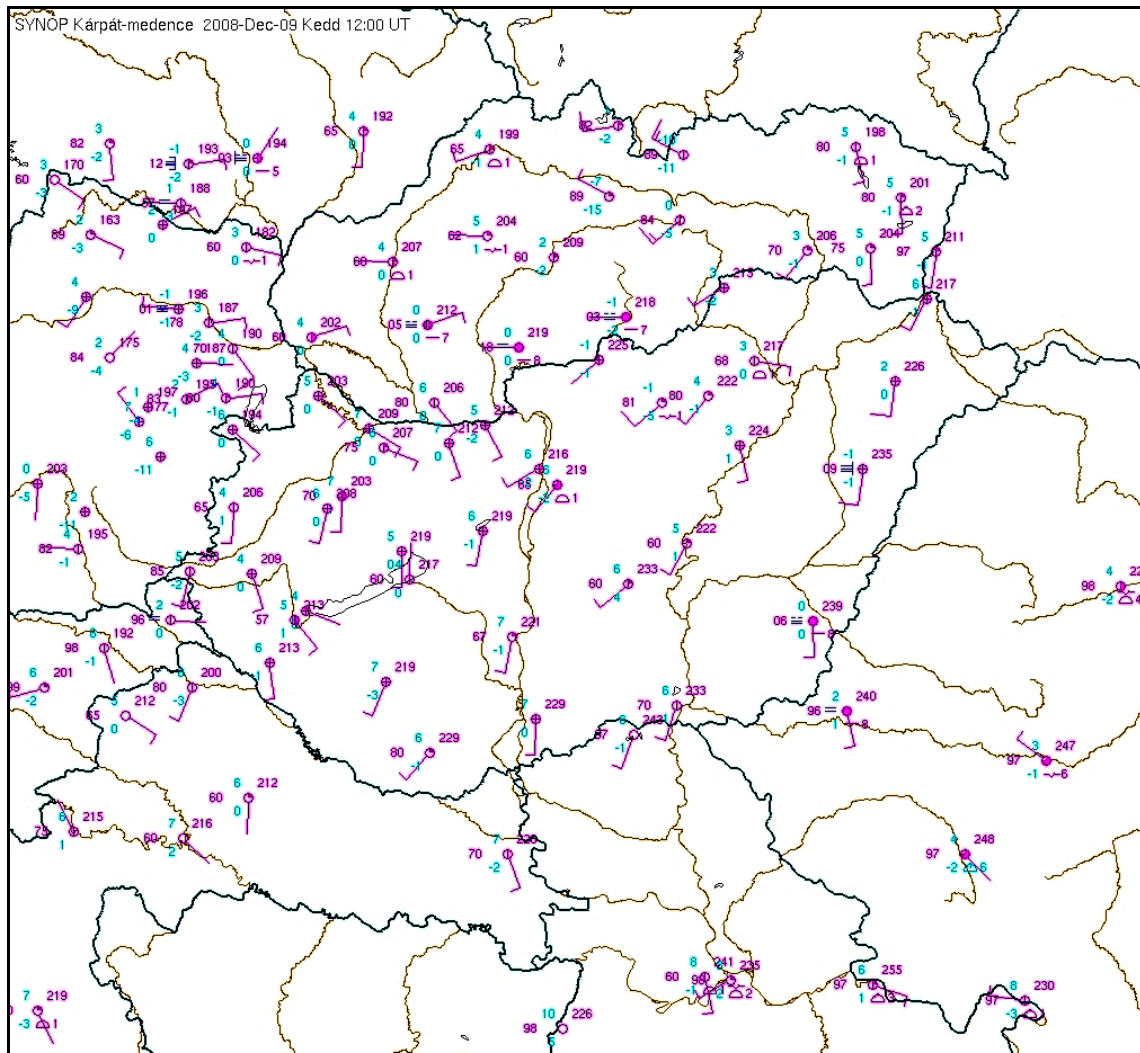
4. ábra. NCEP reanalízis mezők az 500 hPa-os geopotenciál magasságra és a tengerszinti légnyomásra

Az ország dél-keleti csücskében és az Erdélyi-medencében viszont nem volt ilyen rózsás a helyzet. Ebben a térségben ugyanis a korábban vázolt indokok fokozott fennállása miatt tartós, alaposan megvastagodott kisugárzási köd alakult ki, amely napközben is permanensen megmaradt.



5. ábra. Kompozit műholdkép a kelet-európai térségről 09:55 UTC (A kékes árnyalatú objektumok térségünkben középmagas és magas szintű felhőzetet jelentenek, ugyanez az árnyalat a dendrikus formával az Alpok térségében hó- illetve jégfelszínt jelent.)

Ebben az időszakban a környező területek időjárásának felderítésére, tanulmányozására mindössze a synop állomások órás adatai valamint a látható és az infravörös tartományban illetve a kompozit MSG műholdképek álltak rendelkezésünkre. A műholdképek óránként 4 alkalommal, kb. 10-20 perc késéssel érkeztek. Itt és most nem említem azokat az egyéb szinoptikus eszközeinket, amelyek a tárgyalt időjárási helyzetben nem hordoztak releváns információt. Sajnos azonban megvan minden eszköznek, eljárásnak a maga problematikája és ez tovább korlátozza lehetőségeinket. Hogy miért is? A válaszhoz nézzük először a synop állomások aznapi adatait egy tetszőleges időpontra:

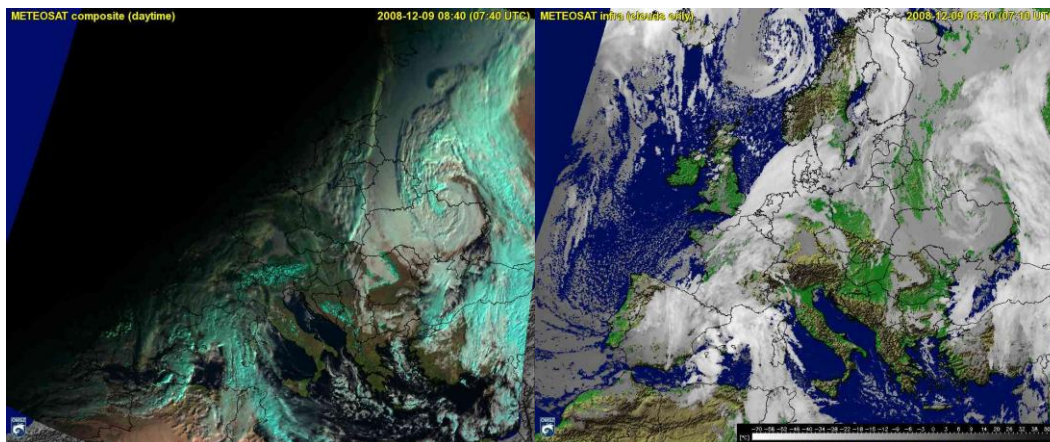


6. ábra. Synop állomások mérési adatai

A 6. ábrán azt kell meglátnunk, ami nincs. Ugyanis a szolnoki meteorológiai állomás körülbelül 80 km-es körzetében mindössze egyetlen egy(!) synop állomás, a kecskeméti repülőtér katonai állomása található. Sajnos ez az állomássűrűség csak korlátozottan alkalmas az adott területen lejátszódó mezoléptékű folyamatok detektálására és nyomon követésére. Az ilyen léptékű folyamatok megfogását tovább nehezítheti, hogy karakterisztikus élettartamuk gyakran összevethető a synop észlelések gyakoriságával. Ugyanakkor hozzá kell tennem – és ez talán javít kicsit a helyzeten – hogy a környező állomások közül többről is félóránként érkeztek METAR táviratok.

A műholdképekkel kapcsolatban másfajta korlátozó tényezők lépnek fel. A látható tartományú műholdképek legnagyobb ellensége a terminátor, azaz a nappalt az éjszakától elválasztó vonal. Mint ahogyan mi sem látunk sötétben, a látható tartományban a műhold sem lát éjszaka. Sajnos a téli időszakban rövidek a nappalok és a köd kialakulásának ideje jó egybeesést mutat a napkelte és a

napnyugta körüli időszakkal. A műholdak másik fő problémája már az infra képeket is érinti. Ha a vizsgált jelenség fölött összefüggő felhőzet található, akkor egyszerűen nem látunk rá, nem tudjuk detektálni a felszín közelében lejátszódó folyamatokat. A hőmérsékleti tartományban további problémaként jelenhet meg, hogy a felhőzet/köd tetejének hőmérséklete megegyezik a felszín hőmérsékletével. Ekkor az objektum nem jelenik meg a műholdképen, az infra tartományban láthatatlan marad. Ez a korlátozó tényező az inverziós felhőzet és a kisugárzási ködök esetében elsősorban napkelte és napnyugta környékén fordul elő.



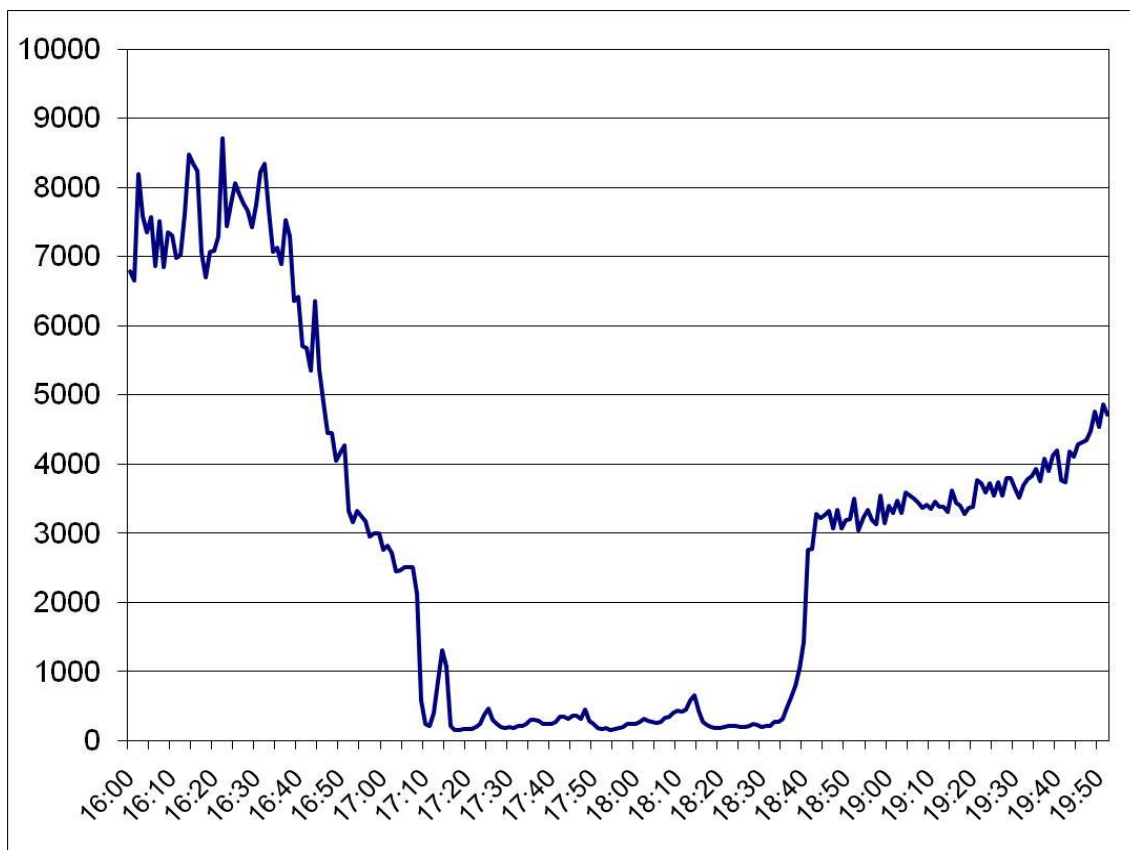
7. ábra. A terminátor és az eltűnő köd 2008. december 9-én

Csak a szerencsének köszönhető, hogy a vizsgált napon a fent említett akadályozó tényezők a repülést is érintően nem befolyásolták a kialakult köd távérzékelését. Napnyugta környékén előfordult, hogy nem állt érdemi információ a rendelkezésünkre a köd fejlődésével, helyzetével, mozgásával kapcsolatban.

A REPÜLÉSI FELADAT ÉS AZ IDŐJÁRÁS TALÁLKOZIK

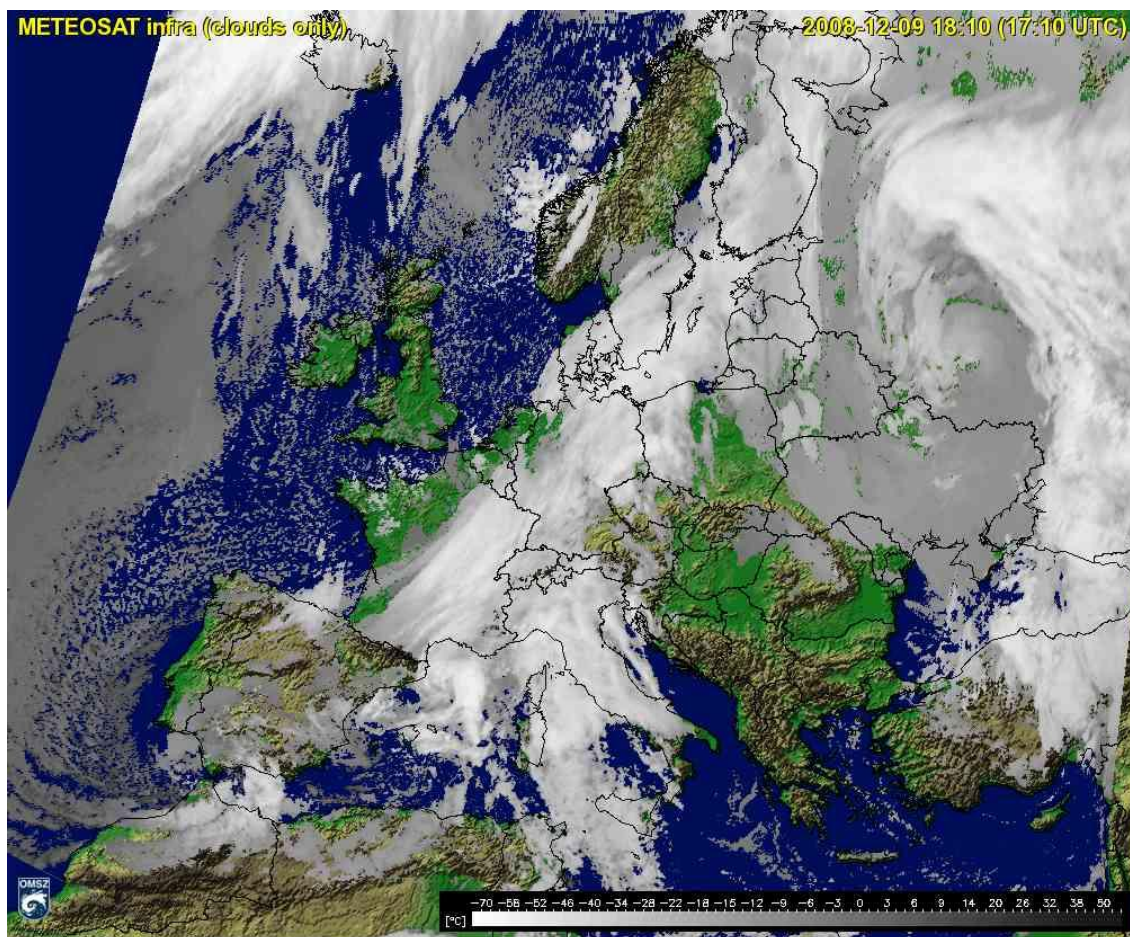
A délutáni órákra az MM5 modell a felszínen és az alacsonyabb magasságokban, azaz a köd advekcója szempontjából releváns szinteken, délnyugati szelet jelzett előre. Ez alapján arra lehetett következtetni, hogy a köd zóna nem fogja a repülőtér körzetét megközelíteni. Emellett az MM5 legfrissebb futtatásai a köd gyors megszűnését jelezték előre, ami azonban a rendelkezésre álló aktuális adatok és a tapasztalatok alapján nem tűnt valószínűnek. Mivel a célterületen rádiószondás méréseket nem végeztek, ezért feltételezhető, hogy a kiindulási adatok elégtelenek voltak a modell számára. Csak a felszíni adatokat figyelembe véve, az adatasszimiláció során a köd sokkal sekélyebbnek lett felvázolva a valóságnál. Az előrejelzések ellenére az addig déli, délnyugati szél délkeletire fordult és a köd feloszlása sem kezdődött meg.

Be kell látnunk, hogy a szinoptikus nem igazán volt ekkor irigylésre méltó helyzetben. Az előrejelzési modellnek nem sikerült megfognia az időjárási helyzetet, a műholdképeknél a korábban ismertetett korlátozó tényezők léptek fel és a szél is olyan irányúra fordult, ami veszélyes szituációhoz vezethetett. A szélfordulás realizálását követően a meteorológus főtiszt azonnal felvette a kapcsolatot a szervezőparancsnokkal és tájékoztatta arról, hogy a következő órákban köd lehet a reptéren illetve, hogy ha a Táborfalván végrehajtandó feladatokra elrepülnek, akkor előfordulhat, hogy csak a kijelölt tartalék repterre tudnak visszatérni. A szervezőparancsnok ennek fényében úgy döntött, hogy csak a repülőtér közvetlen körzetében tervezett feladatok kerülnek végrehajtásra. Ezután a meteorológiai szolgálat munkatársai kiemelt figyelmet fordítottak a látástávolság változásaira. Nem sokkal 17 UTC előtt a repülésirányító jelezte, hogy a távoli fények délkeleti irányban kezdenek eltűnni. 16:59 UTC-kor az észlelő 5 km-es látástávolságra adott ki SPECI táviratot. A szinoptikus innentől az irányítótornyból követte az eseményeket a jobb rálátás és a közvetlen kapcsolattartás érdekében. Ekkor már egyértelmű volt a köd érkezése és erről a meteorológus főtiszt a szervezőparancsnokot is tájékoztatta. A látástávolság ezek után olyan gyorsan és drasztikusan romlott (17:07 UTC – 3 km, 17:08 UTC – 1,5 km), hogy két helikopternek, amelyek éppen a töltőkapukban voltak ekkor, még az állóhelyekre sem volt ideje visszatérni.



8. ábra. Az északi látástávolság mérőn mért látástávolságok alakulása

A pálya északi felén mért látástávolságokat bemutató 8. ábrán érdemes alaposan szemügyre vennünk a változásokat. Az köd közvetlen megérkezése előtt mintegy 20-30 perccel, a látástávolság rohamosan romlani kezdett a köd sűrű részéből kikeveredett páráságnak köszönhetően. Ez a romlás aztán 17 UTC körül a diagram alapján megtorpanni látszott, majd hirtelen az erős páráság tejszerű, sűrű köddé változott. Ekkor mindössze a 9. ábrán látható IR műholdkép (szerencsére az ábrán láthatónál jobb felbontásban) állt a szinoptikus rendelkezésére, mint a ködre vonatkozó objektív információ.



9. ábra. Infravörös tartományban készült műholdkép 17:10 UTC-kor

Tehát a köd feloszlásának idejére és a zóna eltávolodására nem sok érdemi információja volt a szinoptikusnak. Ennek ellenére a műhold adatokra és korábbi tapasztalataira támaszkodva a szervezőparancsnokot tájékoztatta becsléséről, hogy a köd várhatóan a tervezett repülés záró időpontja után hagyja el a repteret. A szervezőparancsnok ezek után a repülések aznapi befejezéséről döntött, a repülésirányító váltásparancsnok pedig a Hadműveleti Központ ügyeletes váltásán keresztül gondoskodott a töltőkapukban rekedt gépek megfelelő őrzéséről. A 8. ábrán látható, hogy a köd talán még az érkezésénél is

gyorsabban hagyta el a repteret, éppen a tervezett repülések előzetes befejezési időpontjában. Nézzük meg, hogy a kiadott METAR és SPECI táviratok tükrében hogyan zajlott le a teljes folyamat:

METAR LHSN 091645Z 14005MPS 8000 SKC 01/M01 Q1021 TEMPO 5000 BR RMK BLU=

SPECI LHSN 091659Z 13004MPS 5000 BR SKC 01/M01 Q1021 RMK WHT=

SPECI LHSN 091707Z 13004MPS 3000 BR SKC 01/M01 Q1021 RMK YLO=

SPECI LHSN 091708Z 13004MPS 1500 BR SKC 01/M01 Q1021 RMK AMB=

METAR LHSN 091715Z 13004MPS 1500 BR SKC 00/M01 Q1021 TEMPO 0800 FG RMK AMB=

SPECI LHSN 091719Z 14004MPS 0500 FG SKC 00/M01 Q1021 RMK RED=

METAR LHSN 091745Z 13004MPS 0300 FG SKC M00/M01 Q1021 NOSIG RMK RED=

METAR LHSN 091815Z 14003MPS 0300 FG SKC M01/M01 Q1021 NOSIG RMK RED=

SPECI LHSN 091844Z 14003MPS 1500 BR SKC M01/M02 Q1021 REFG RMK AMB=

METAR LHSN 091845Z 14003MPS 1500 BR SKC M01/M02 Q1021 REFG TEMPO 5000 BR RMK AMB=

SPECI LHSN 091911Z 14003MPS 5000 BR SKC M01/M02 Q1021 RMK WHT=

METAR LHSN 091915Z 14003MPS 5000 BR SKC M01/M02 Q1021 NOSIG RMK WHT=

METAR LHSN 091945Z 14003MPS 8000 SKC M01/M02 Q1021 NOSIG RMK BLU=

A 8. ábra időpontjai és a különböző táviratok időpontjai között két ok miatt van csúszás: az egyik egyszerűen annyi, hogy a táviratkészítő számítógép és a látástávolságmérő rendszerideje nincsen tökéletes szinkronban, a másik pedig, hogy a mérőeszköz és a vizuális megfigyelések helyszínei között körülbelül 1 km-es távolság van. A táviratok alapján is jól látható, hogy a köd megszűnése a beálltánál is gyorsabban történt, ami az akkor uralkodó szélirányra vezethető vissza. Mivel a köd ennek a délkeleties vezetésnek a hatására helyeződött át, a szél miatt a délkeleti fele sokkal élesebb, az északnyugati rész pedig határozottan diffúzabb karakterisztikát mutatott.

MIÉRT NINCS ITT VÉGE A TÖRTÉNETNEK?

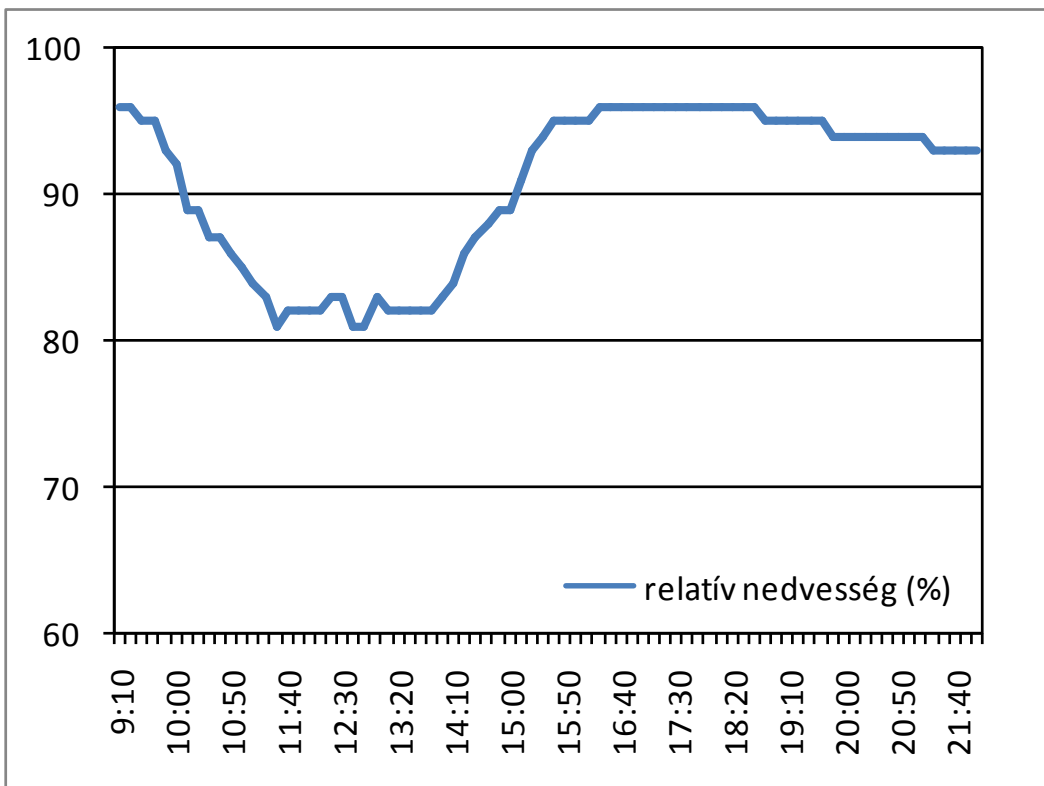
A fejezetcímben feltett kérdésre a válasz egyszerű: azért, mert az Országos Meteorológiai Szolgálat klímaállomás adatainak birtokában a szinoptikus valószínűleg egészen más helyzetben lett volna. A válasz részletes megértéséhez tekintsünk először a 10. ábrát.



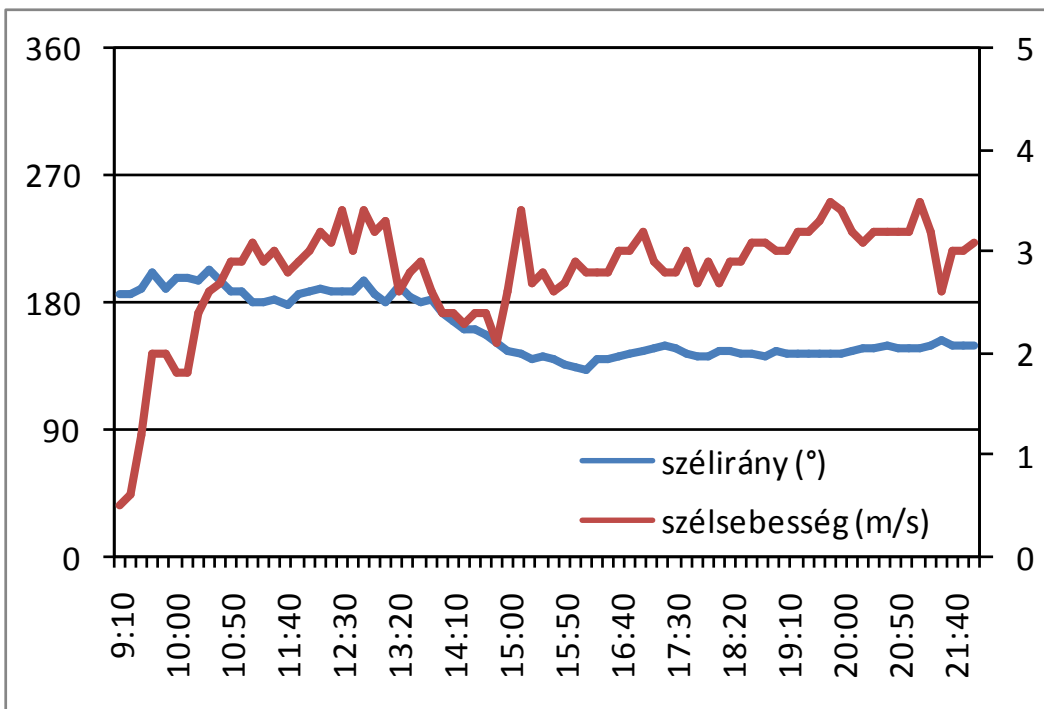
10. ábra. Az OMSZ állomáshálózata az ország DK-i részében (2008. márciusi állapot)

A klímaállomásokkal bővített állomáshálózat lényegesen jobb térbeli lefedettséget biztosít a szinoptikus állomáshálózattal szemben. A felbontást tovább javítja, hogy a klímaállomások a szinoptikus állomásokkal ellentétben nem óránként, hanem 10 percenként küldenek mérési adatokat. Ezen adatok ismeretében egy sokkal pontosabb, részletesebb leírást kaphatunk az adott meteorológiai helyzetről, még akkor is, amikor a távérzékelést a különböző korlátozó tényezők negatívan befolyásolják.

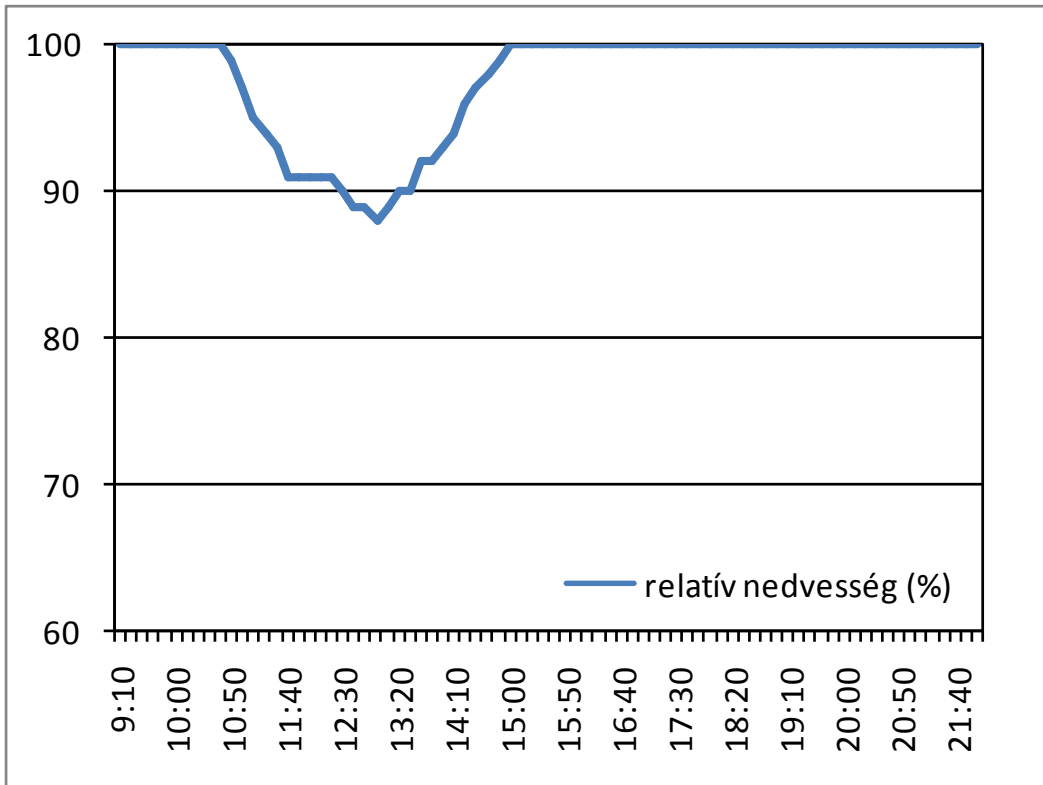
Nézzük most meg, hogy ebben a helyzetben milyen többletinformációt, segítséget kaphattunk volna a klímaállomások tízpercenkénti adataiból. A terjedelmi korlátok miatt csak kettő állomás (Szarvas és Törökszentmiklós) adatai kerülnek bemutatásra. A 11-14. ábrákon világosan látszik, hogy Törökszentmiklóson és Szarvason is határozott szélfordulás következett be a 13:20 és 15:00 UTC közötti időszakban és ezzel párhuzamosan a relatív nedvesség is markánsan emelkedni kezdett. Mivel automata állomásokról van szó, ezért a köd pontos megérkezési időpontját csak valószínűsíteni lehet. Feltételezésem szerint Törökszentmiklósról kevéssel 15:00 UTC előtt, míg Szarvasra 15:30 UTC körül érkeztetett meg a sűrű ködzóna.



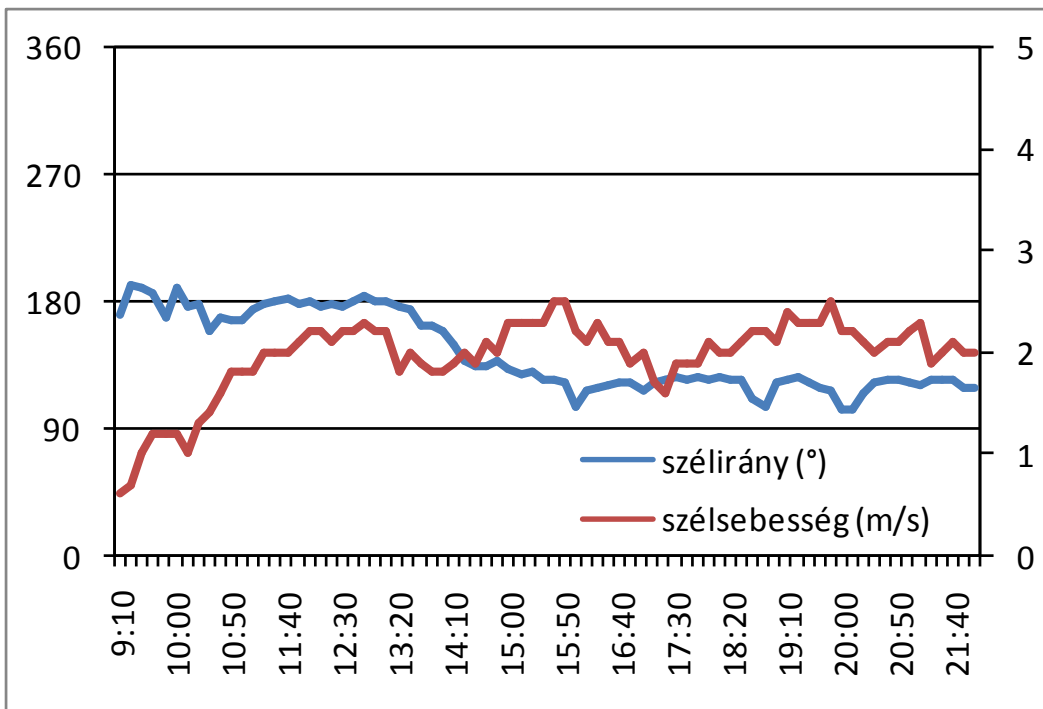
11. ábra. A relatív nedvesség alakulása a szarvasi állomáson



12. ábra. A szélirány és a szélsébség alakulása a szarvasi állomáson



13. ábra. A relatív nedvesség alakulása a törökszentmiklói állomáson



14. ábra. A szélirány és a szélesség alakulása a törökszentmiklói állomáson

Egyértelműen kijelenthető a fenti adatok alapján, hogy 16 UTC tájékán köd nyugati határa már jócskán a Szolnok-Törökszentmiklós-Szarvas háromszögön belül helyezkedett el. A kiterjedt ködzóna széle ekkor – a klímaállomások méréseiből következtetve, – kb. 15-25 km-es távolság között volt a szolnoki reptértől. A mért széladatokat figyelembe véve, és ismerve azt a ténytet, hogy a köd advekcója akár a felszíni szélesebesség 1,5-2-szeresével is végbemehet, a köd áthelyeződési sebességét 3-5 m/s-ra becsülhetjük. A feltételezett adatokat összevetve arra a következtetésre juthatunk, hogy a köd megérkezése 50-140 perc között várható. Az átlagos 20 km-es távolsággal és 4 m/s-os advekción sebességgel számolva 83 percet kapunk eredményül, melyet első becslésként alkalmazhatunk. A tényleges szolnoki adatokat és a becslésünket összehasonlítva láthatjuk, hogy becslés viszonylag jól jelezte volna előre a köd megérkezését.

A vizsgált adatok alapján határozottan deklarállható, hogy még a távérzékelési produktumok teljes rendelkezésre állása esetén is előfordulhatnak olyan esetek, amikor a klímaállomások adatai jelentős segítséget nyújthatnak az előrejelzői munkában. Ez a kijelentés fokozottan igaz azokban a helyzetekben, amikor a távérzékelést valamilyen külső vagy eredendő ok gátolja.

ÖSSZEGRZÉS

Az esettanulmány megírásával elsősorban nem magának az időjárás helyzetnek a felvázolása volt a célom, hanem annak bemutatása, hogy egy határozott, jól körülhatárolható meteorológiai jelenség lekövetése, előrejelzése során milyen problémákkal szembesülhet az előrejelző. Mindent összevetve a teljes esettanulmány talán leghatározottabb és egyben legközhelyesebb tanulsága a következő: az előrejelző legnagyobb ellensége nem az időjárás, hanem az információhiány. A fentiek tükrében kijelenthető, hogy a klímaállomások adatainak rendelkezésre állása egyértelműen csökkenthetné az ilyen információhiányos helyzeteket. Nem lehet ugyanis minden esetben pótolni a hiányzó adatokat a meteorológus előrejelző szakértelmével, tapasztalatával. Törvényszerűen előfordulhatnak olyan helyzetek, amikor egyetlen figyelmetlenség, hiba elkövetése nélkül sem válik be az előrejelzés. A feladatunk az, hogy az összes lehetséges információt begyűjtve, azon dolgozzunk, hogy ez a lehető legkevesebbszer történjen meg és esemény nélkül biztosíthassuk a repüléseket.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Révész Beátának az Országos Meteorológiai Szolgálat Éghajlati Osztály vezetőjének a klímahálózat adataiért, Péliné Németh Csilla századosnak az adatgyűjtésben nyújtott segítségéért és Dr. Bottyán Zsolt főhadnagynak építő kritikájáért, segítségéért.



Turcsányi Olivér

A REPÜLÉSBIZTONSÁG IRÁNYÍTÁSI RENDSZEREK BEVEZETÉSÉVEL KAPCSOLATOS GONDOLATOK

1. ELŐZMÉNYEK ÉS BEVEZETÉS

Az 1990-es évek végén és a 2000-es évek elejére több országban is komoly eredményeket értek el a légiközlekedési hatóságok és a légitársaságok a repülésbiztonság irányítási rendszerek (Safety Management System, SMS), vagy azok egyes elemeinek kifejlesztése és bevezetése terén.

A legjelentősebb előrelépést az angol-szász országok mutatták fel. A kedvező tapasztalatok hatására mind széleskörűbbé vált az a felfogás, hogy a repülésbiztonság irányítási rendszerek bevezetését fokozatosan kötelezővé kell tenni a légitársaságok, majd más, repülési iparágak esetében is.

Ez a felfogás vezetett ahhoz, hogy az ICAO és az EASA is formálisan kötelezővé teszi a repülésbiztonság növelésének ezen módszerének bevezetését az légiközlekedési iparágban. Ezt a döntést fejezi ki az ICAO Annex 6. Part I. chapter 3.2. és chapter 8.7.3, valamint a Part III. section II. chapter 1.2. 2009. január 1-i módosításában megjelentek.

Mivel a repülésbiztonság irányítási rendszer alapelveire és működtetésére vonatkozó információk természetesen az ICAO és az EASA, valamint a Nemzeti Közlekedési Hatóság Légiközlekedési Igazgatóságának honlapján is megtalálhatóak, így azokra itt nem kívánok kitérni. Az alapelvek tisztázásában szintén segítséget nyújthat az 1999-2002 között már publikált tanulmányaim és más kollégák időközben megjelent szakmai anyagai.

Jelen tanulmányban a teljesség igénye nélkül, de a repülésbiztonság irányítási rendszerhez kapcsolódó néhány fontosabbnak ítélt elemet, összefüggéseket és gyakorlati tapasztalatra alapuló gondolatot kívánok megosztani. Figyelembe kell venni azt is, hogy a légiközlekedési igen szerteágazó iparág. Magába foglalja a légitársaságokat, légi jármű gyártókat, karbantartó szervezeteket, oktatási intézményeket, légiirányító szolgálatokat, résztvevőinek nem csak a kereskedelmi, de sport, magán vagy munkarepülés céljai is lehetnek. Nem feledkezhetünk meg a polgári és állami célú kategorizálásról sem.

Most az SMS-sel kapcsolatos kérdéseket csak egy igen szűk, légitársasági nézőpontból vesszük górcső alá.

2. MÉLYEBB ÉRTELEMBEN VETT REPÜLÉSBIZTONSÁG IRÁNYÍTÁSI RENDSZER

Az ICAO és az EASA szabályozás hatalmas jogi lépést jelent a korábbi időszak állapotához képest. Míg korábban a rendszerszemléletű megközelítés még egyes szervezetek – gyakorlatilag kizárólag a légitársaságok - önkéntes vállalásaként jelent meg a légiközlekedésben, addig napjainkban már a kötelező bevezetés ütemtervét határozza meg. Lényeges elem, hogy a légiüzemeltetés mellett felmerül a karbantartó szervezetek és a repülőtér üzemeltetők tevékenységének biztonságosabbá tételére irányuló igény is. A szakirodalom és a követelmény rendszer jelenleg még „csak” a repülésbiztonság területét kívánja szabályozni. A meghatározás és az igény bizonyos szemszögből leszűkítve értelmezi a biztonság fogalmát és határait. Természetesen az ilyen jellegű (ön)korlátozások érthetőek: egy bonyolult, minden összefüggésében nehezen átlátható és igen költségigényes rendszer bevezetését csak lépésről lépésre, megfontoltan, a realitások talaján mozogva lehet megvalósítani. Mint minden új rendszer esetében várható is, egy szervezet – kiterjedtségétől, bonyolultságától, munkakultúrájától, stb. függően - csak mintegy 2-4 év alatt tud adoptálni teljes mértékben egy új szemléletmódot és módszert.

Ennek ellenére már a kezdetekkor érdemes tisztázni néhány elméleti kérdést.

A légiközlekedési iparágban a „biztonság” kifejezést hosszú ideig és természetesen a „repülésbiztonság” szinonimájaként értelmezték. A 2001. szeptember 11-i események mindenki számára világossá tették, hogy a „biztonság” két különböző alcsoportra bontható: a repülésbiztonsági témakörre és a repülésvédelmi témakörre.

Egy másik aspektusból megközelítve és sajnos hazai tapasztalatok alapján (az 1990-es évek közepén a négy halálos áldozatot követelő, HA-LBK lajstromjelű Tu-134 típusú repülőgép kigyulladására egy karbantartás során) jelenthetjük ki, hogy a „biztonság” kifejezés ugyanúgy magába foglalja a munka- és tűzbiztonságot is, mint az előbbi kettő fogalomkört.

Továbbá ki kell térnünk a természeti katasztrófák (lásd a csendes-óceáni cunami okozta csapás következményeit, mely kihatottak a légitársaságok működésére is – repülőterek víz alá kerülése, illetve nagy tömegek evakuálása), vagy a különböző természetes eredetű, vagy mesterségesen gerjesztett járvány fenyegetettségekre is.

Érdemes figyelmet fordítani az informatikai- és adatvédelmet (biztonságot) és a repülésvédelmet összekapcsoló kérdésekre is.

A fentiekben felsoroltakból egyenesen következik az összefüggés az esemény bekövetkezte utáni kárelhárítás és felszámolás témaköre, mely mindenképpen követi a már megtörtént katasztrófát vagy fenyegetettséget. A katasztrófa védelemmel és a vészhelyzetekre való felkészüléssel tehát bezárul a kör.

Amikor a „biztonság” kérdését és határait feszegetjük, érdemes szélesre tárnunk a kapukat és elménket, nyitottaknak lennünk minden olyan témakör iránt, mely összefüggésben lehet vizsgálatunk tárgyával.

Az ICAO és az EASA most a repülésbiztonsági vonatkozásokban ad ki rendszerszemléletű iránymutatásokat, de viszonylag hamar eljőhet az idő, amikor a ma még különállónak kezelt területeket egy „biztonsági rendszerbe” olvasztva fogja kezelni.

3. RENDSZERSZEMLELET A VÁLLALATIRÁNYÍTÁS TERÜLETÉN

A minőségügy területén már hamar kifejlődött a rendszerszerű szemléletmód. Ennek lényege mindenki számára ismert, így nem kell részletesen kitérnünk rá.

Érdemes azonban szót ejteni az egyik hazai légitársaság érdekes (sajnos félbeszakított) programjáról, melyet a vállalat szintű folyamatmenedzsment szerinti működés bevezetését és a minőségügyi terület magújítását tűzte zászlajára. Kétségtelen, hogy egy ilyen komplex rendszer meghonosítása a minőségügyi alapelvek és kritériumok széleskörű felhasználásán alapul. A projekt kidolgozása során tehát fel lettek használva a minőségügyi, repülésbiztonság irányítása és vállalatirányítási elvek, módszerek és a már megszerzett gyakorlati tapasztalat.

A projekt megvalósulásától a következő eredményeket várták a résztvevők:

- Az értéktermelő folyamatok meghatározása,
- A racionális munkafolyamatok kialakítása és az ebből fakadó előnyök: optimális létszám és a tevékenység végrehajtásához szükséges idő meghatározása,
- Hatékony mérési rendszer alapján történő fejlesztések lehetőségének megteremtése,
- Vevői elégedettség mérés fejlesztése,
- A minőségügyi és biztonság irányítási alapelvek (szemléletmód) integrálása a vállalatirányításba.

A fenti célok elérése érdekében a következő elveket kellett elfogadnia a vállalatvezetésnek (és természetesen a projekt megvalósításán dolgozó szakembereknek):

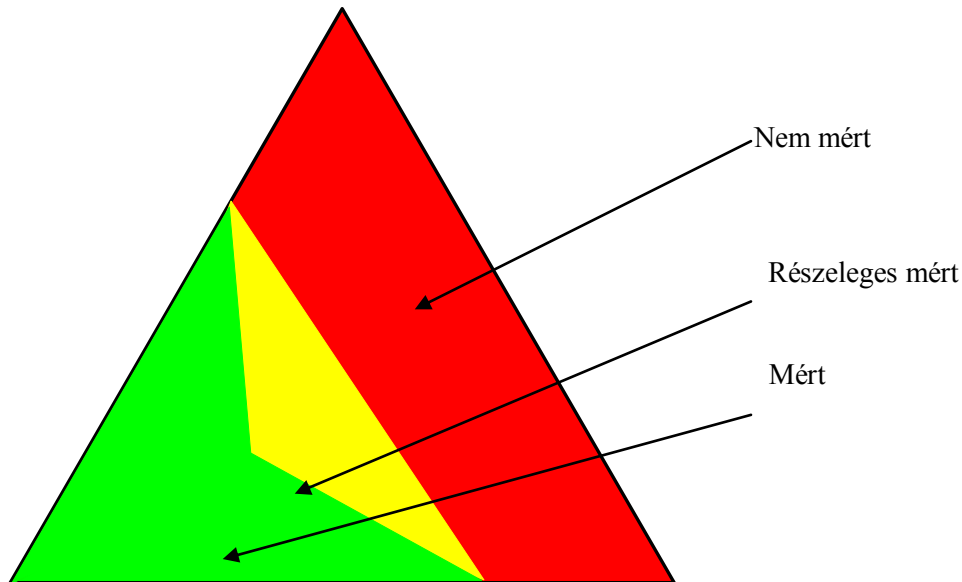
- Vállalati célként el kell fogadni a folyamat alapú működés és minőségügyi mérési rendszer megteremtését,
- Az aktualizált folyamattérképet (értékteremtő folyamatokkal) a felsővezetésnek el kell fogadni,
- Alapelvként kell elfogadni, hogy a munkautasítások szerepét a munkalépcs szintű folyamatleírások fogják betölteni.

A program indításakor számolni kellett az alábbi objektív körülményekkel:

- Pontosításra szorultak a vállalat fő, támogató és irányító folyamataiba tartozó al-folyamatokat, mert a létező folyamatok többsége nem volt mérhető, így a főfolyamat mérése is hiányos volt,
- A mérési rendszer egyes irányokban túlbonyolított, más irányokban hiányos volt,

- c) ISO folyamat dokumentáció csak magas szinten volt meg (csak néhány folyamat volt kidolgozva), illetve a munkautasítások (eljárásrendek) készültsége, naprakészége változó volt,
- d) A folyamatgazdák pozicionálása nem volt megfelelő (területi vezetők),
- e) A vállalaton belül a folyamatalapú minőségügyi rendszer kiépítettsége hiányos volt.

Az adott időszakban a mérési rendszer helyzetét az alábbi ábra szemléltette (a háromszög az összes mérésre kijelölt vagy kijelölendő paramétert jeleníti meg):



Egy felülvizsgálat szerint a folyamatokhoz rendelt paraméterek 45%-ának a mérése volt csak rendszeres. Az értékteremtő folyamatok nem voltak meghatározva, így nem lehetett összesített mérőszámokat mutatni a vállalat vezetése felé, vagy a bemutatható kép torzított volt.

Első lépésként a munkacsoport elkészítette a vállalat folyamatábráját (lásd a mellékletet. Az ábrán különböző színnel lettek megjelenítve a folyamat leírások készenléti fokai, a szimbólumokba írt számok a folyamat azonosító számát tartalmazta).

A folyamatok leírására, a folyamatok közti kapcsolatok automatikus megjelenítésére, a hozzájuk csatolt egyéb dokumentumok (pl. nyomtatványok, technológiai utasítások, de akár telefonszámok vagy külső szervezetek koordinátái) a QPR nevű folyamatszabályozó eszköz (szoftver) lett kiválasztva. A szoftver egyik érdekessége a kapacitás tervezést lehetővé tevő program-rész. Megfelelő adatbázis feltöltöttség esetén már a folyamattervezés időszakában lehetővé vált volna annak megítélése, hogy egy vizsgált feladat végrehatásához rendelkezésre áll-e szükséges munkaerő. A QPR rendszer egyben a mérőszámok automatikus generálását is biztosította.

A munkacsoport számára az egyik legnehezebben megoldható feladatot a piramis szemléletű (felülről lefelé haladó, utasításos jellegű módszerek) vállalat irányítási gyakorlat folyamat szemléletűvé alakítása jelentette.

A projekt egyik lényeges eleme lett volna az integrált minőségügyi-biztonság irányítási rendszer beépítése a folyamat alapú vállalatirányítási rendszerbe. De miért is vetődött fel egy integrált minőségügyi-biztonsági rendszer meghonosításának lehetősége?

A biztonság különböző válfajai közötti összefüggéseket és hasonlóságokat a 2. részben már ismerttettem. A munkatapasztalatok, az elméleti alapok és a nemzetközi gyakorlat is azt mutatta (mutatja), hogy a minőségügyi és a biztonsági feladatok kezelése a hasonló módszerek és célok miatt összevonható. Jó példa erre az ICAO repülésvédelmi minőségügyi programjának meghatározásai is. Ezek szerint a kívánt repülésvédelmi szint meglétéről a következő módszerekkel kaphatunk tájékoztatást: átfogó auditálás, rész-audit vagy ellenőrzés, vizsgálat és teszt (próba). Mindezek a minőségügyi tevékenység alapeszközei is.

Az utóbbi évek gyakorlata alakította ki például a 123/2005 Korm. rendeleten alapuló rendszeres (negyedéves és éves) repülésbiztonsági jelentések összeállítását és a Közlekedésbiztonsági Szervezet részére való megküldésének szükségességét. A periodikusan ismétlődő jelentések akár az ISO 9001:2000 szabvány követelményeit kielégítő éves vezetői átvizsgálásként is felfoghatóak –

repülésbiztonsági szempontból. Úgy az ICAO, mint az ISO megköveteli a feltárt eltérések és rendellenességek kategorizálást, a javító intézkedések kidolgozásának és bevezetésének követelményét és a visszaellenőrzések szükségességét. Nagy hasonlóságot tapasztalhatunk a személyi feltételek (szakemberek képzettsége és tapasztalata, stb.) vonatkozó követelmények vizsgálatakor is. Senki sem tagadhatja, hogy ugyanezek a módszerek köszönnek vissza a tűzvédelem, vagy a munkabiztonság kezelésekor is.

Összegezve tehát, hol is léteznek átfedések:

- a) Auditálási, ellenőrzési módszerek fajtáiban,
- b) Visszaellenőrzés követelménye terén,
- c) Jelentési és okmányolási rendben,
- d) A rendszert működtetők képzettsége területén,
- e) Az egész szervezetre vonatkozó hatáskör területén.

Kijelenthető, hogy a vállalatirányítási módszerek egyik korszerű eszköze a folyamat alapú irányítási rendszer. A folyamat irányítási rendszerek és a minőségirányítási rendszerek kölcsönhatásban vannak, összefonódásuk egyre nyilvánvalóbb. A biztonság irányítási rendszerek meghonosításának igénye az utóbbi évtizedben jelentősen megnőtt. A biztonság irányítási rendszer ráépíthető a minőségirányítási rendszerekre és ezzel közvetlenül integrálhatóvá válnak a folyamat alapú vállalatirányítási rendszerekbe. Ennek az összefonódásnak az előnye, hogy a biztonsági szempontok már a folyamatok lefektetésekor automatikusan beépülnek a rendszerbe, a végrehajtás során pedig megkerülhetlenné válnak.

4. A SZEMÉLYI ÁLLOMÁNY KÉPZÉSE ÉS AZ SMS MŰKÖDTETÉSI KÖZÖTTI KAPCSOLAT

A légitársasági iparágban végrehajtandó képzéseket több szempontból kategorizálhatjuk.

Érintettség szempontjából:

- Mindenkire kiterjedő (pl. munkabiztonsági)
- Csak egyes csoportokra kiterjedő (pl. veszélyes anyag kezelési)

Kötelezettség alapján:

- Jogszabályra alapuló és hatóságilag igazolt (pl. szakszolgálati engedély)
- Jogszabályon alapuló és szervezet által igazolt (pl. repülésvédelmi)
- Szervezeti követelményre alapuló (pl. hajtómű indítási engedély)

Részletesség és mélység szempontjából:

- Általános (pl. repülőgépszerelői repülésvédelmi)
- Közepes (pl. hajózó személyzeti repülésvédelmi)
- Részletes (pl. repülésvédelmi tiszti)

Végrehajtó szervezet szempontjából:

- Hatósági (egyre kevesebb, korábban a szakszolgálati engedély köteles munkakörök)
- Szakoktatási szervezet által (pl. jelenlegi szakszolgálati engedély köteles munkakörök)
- Saját hatáskörben végrehajtott (pl. szervezeti eljárás ismeretek)

Számos más, fel nem sorolt szempont: alap és ismétlődő, állami iskola rendszerű vagy egyéb, stb.

A besorolási szempontok igen változatosak, egy bizonyos képzés egyszerre több csoportba is besorolható.

Úgy gondolhatnánk, hogy a légi jármű üzemeltetési és karbantartási tevékenységben részt vevő személyek biztonsági képzését a jogszabályi követelményekre alapuló képzések teszik ki. Ezzel szemben a helyzet változó:

Biztonsági terület	Mindenkire kiterjedő megkövetelő jogszabály megléte	képzést
Munka- és tűzbiztonság	igen	
Környezetvédelem (bizonyos szempontból ide sorolható a veszélyes anyag kezelés)	nem	
Repülésbiztonság	nem	
Repülésvédelem	igen	
Informatikai- és adatvédelem, (egyre elterjedtebb mértékben)	nem	
Vészhelyzet kezelés és katasztrófa felszámolás.	nem	

A helyzet ellentmondásosságára jó példa, hogy hazánkban a repülésvédelmi képzések fajtáit, ismétlődésüknek periodikusságát, az érintettek körét (az üzemi folyamatokban résztvevő teljes állományra kiterjedő hatállyal) stb. igen részletesen szabályozza a 104/2004 Korm rendelet. Ezzel ellentétben a repülésbiztonsági tevékenységet szabályozó 123/2005 Korm rendelet csak a repülésbiztonsági tevékenységben közvetlenül részt vevő irányító személyek képzési követelményeit határozza meg. Az üzemi folyamatokban részt vevő állomány képzési követelményei nincsenek kidolgozva (a repülésvédelmi képzéssel szemben gyakorlatilag nincs kötelezővé téve)

A különböző biztonsági területek között átfedések vannak. Egy veszélyes áru veszélyeztetheti a környezetet, alkalmas lehet jogellenes cselekedet végrehajtására, tüzet okozhat, de egyszerűen a helytelen felhasználásból eredően repülőeseményt is okozhat. Ezeket az átfedéseket a képzési követelmények meghatározásakor érdemes tekintetbe venni. Komplex és átfogó biztonsági képzési rendszer és tematika még viszonylag rövid képzési idő mellett is elősegítheti a biztonsági képzések hatékonyságának növekedését.

Elgondolkodtató a kereskedelmi célú légitársaságokban résztvevő szervezetek szakmai képzését szabályozó helyzet is.

Az EU-OPS 1 követelmény rendszer alapján egy légitársaság köteles kinevezni egy képzési vezetőt, aki felelős a hajózó állomány (repülőgépvezetők és utaskísérők) képzéséért. Felelőssége azonban nem terjed ki a földi kiszolgáló személyzetre, vagy a menedzsmentre.

A karbantartó szervezet működését szabályozó Part-145 semmilyen képzési vezető kinevezését nem követeli meg.

Szakszerű és minőségi munka csak szakképzett és hozzáértő személyektől várható. Minden szervezet alapvető érdeke, hogy meghatározza a működéséhez szükséges személyi állomány képzettségi szintjét és gondoskodik a képzések végrehajtásáról. Ebből kiindulva a következő megállapításokat tehetjük:

1. Minden szervezetnek ki kell neveznie egy megfelelő hozzáértéssel, hatáskörrel és anyagi forrásokkal rendelkező képzési vezetőt,
2. A szaktevékenység végrehajtásához szükséges képzéseket maradéktalanul végre kell hajtani,
3. A biztonsági képzéseknek szerves részévé kell válnia a szakmai képzési rendszernek.

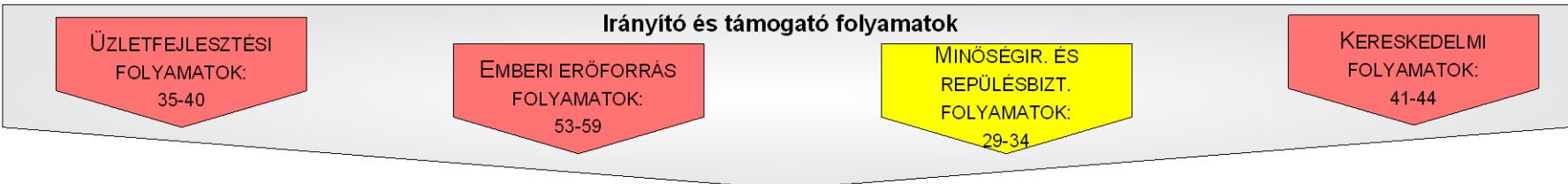
5. ÖSSZEFOGLALÓ ÉS ÉRTÉKELÉS

Ahogy a tanulmány címe is jelezte, nem törekedtem arra, hogy a Repülésbiztonsági Irányítási Rendszer bevezetésével kapcsolatos minden kérdést megfelelő mélységben elemezzek és feltárjak.

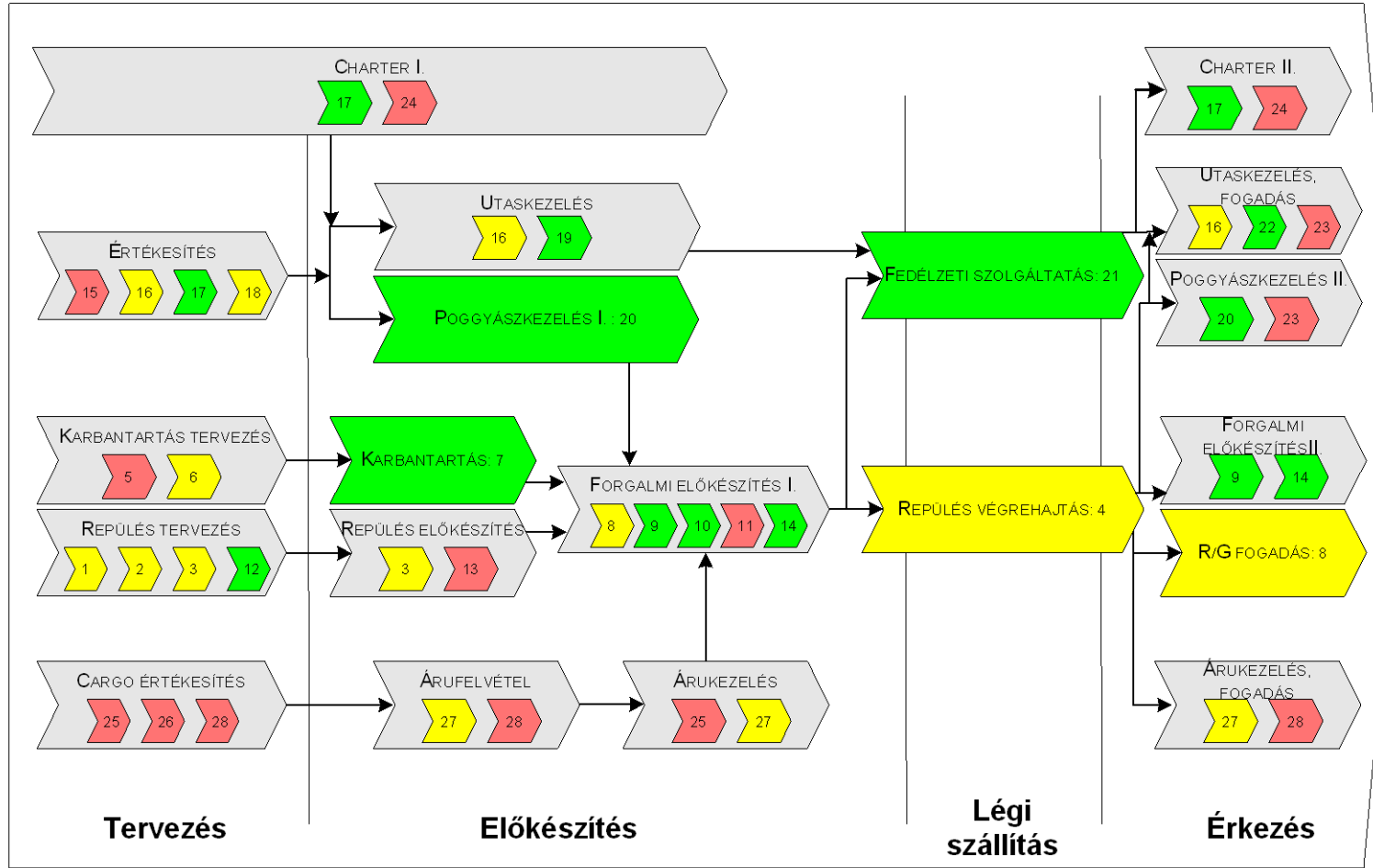
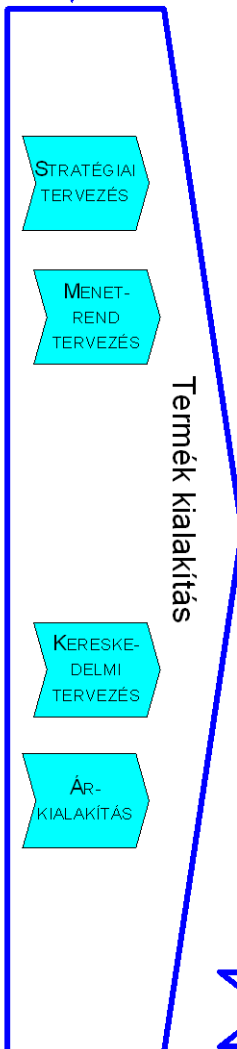
Alapvetően a következő problémákra kívántam ráirányítani a figyelmet:

1. „Önhordó”, biztonsági és minőségügyi elveket is magába foglaló vállalatirányítási módszerek bevezetésének szükségességére,
2. A biztonsági kérdések eltérő jogszabályi követelmény háttérére és részletezettségére,
3. Központosított és a szervezet minden területét lefedő képzési rendszere kialakításának szükségességére.

Jelen cikk, mint vitaalap, néhány adalékkal és további gondolkodásra irányuló ösztönzéssel kívánja ellátni olvasóját.



Vevői követelmények és elvárások



MÁSODLAGOS ÉRTÉKTEREMTŐ FOLYAMATOK: FÖLDI KISZOLGÁLÁS; REP.GÉP KARBANTARTÁS; ÜZEMANYAG ELADÁS; OKTATÁS, KÉPZÉS; REP.GÉP BÉRBEADÁS



Teljesített vevői követelmények és elvárások





Dr. Turóczi Antal

PILÓTANÉLKÜLI REPÜLŐGÉPEK: NEMLINEÁRIS SZABÁLYOZÁSI RENDSZEREK

BEVEZETÉS

A pilótanélküli légi és szárazföldi járművek a mai modern hadseregekben egyre fontosabb szerepet kapnak főként információszerző, támogató és – ma már egyre gyakrabban – harci feladatok ellátásában is. Ennek legfőbb oka az emberi élet védelme. A hatékonyság növelése érdekében a robottechnikai eszközök alkalmazásának igénye és lehetősége mára a polgári életben is egyre több helyen jelentkezik. Ezeknek a nagymértékben automatizált berendezéseknek az elterjedéséhez azonban szembe kell nézni számos – főként a biztonságos üzemeltetést érintő – műszaki és technikai problémával.

A civil légtérben üzemelő pilótanélküli repülőgépek (UAV¹-k) szükségszerűen hatást gyakorolnak a légi közlekedés biztonságára. Az UAV-nak érzékelnie kell a közelében lévő többi légi járművet és egyéb akadályt, így a fedélzeti automatika önállóan, vagy az UAV-t irányító személyzet közreműködésével elkerülheti a veszélyes forgalmi szituációkat. Hasonlóan fontos az is, hogy az UAV környezetében lévő pilótanélküli és pilóta vezette repülőgépek – még rossz látási körülmények esetén is – időben észleljék annak jelenlétét. Az észleléshez megfelelő térinformatikai, távérzékelő és helyzet-meghatározó eszközökre, a veszélyhelyzetek felismeréséhez, elkerüléséhez és az esetleges vészleszállás automatikus végrehajtásához pedig intelligens fedélzeti repülésszabályozó berendezésekre van szükség [2].

A pilótanélküli repülőgépek repülésszabályozó rendszerei a konstrukció és a fedélzeti szenzorok fizikai modelljének, a szenzorok által a környezetről és az UAV saját állapotáról szolgáltatott információk, valamint a repülési feladat ismeretében irányítja a repülőgép mozgását. A fizikai modelleket általában matematikai egyenletek formájában adják meg, melyek az ismeretlen paraméterek valamint a rendszert érő külső és belső zavarok hatásai miatt csak közelítőleg írják le a valóságban lejátszódó folyamatokat. A modellek minden határon túl történő pontosítása azonban nem is cél, a zavarok és bizonytalanságok kompenzálása a szabályzó-tervezési módszer megfelelő kiválasztásával biztosítható [2][3].

¹ UAV: Unmanned Aerial Vehicles

NEMLINEÁRIS RENDSZEREK

Tágabb értelemben véve szabályozási rendszernek tekinthetünk minden olyan folyamatot, amelyben egy rendszer egy másik rendszert valamilyen irányítási cél elérése érdekében befolyásol. Ezért a tudományágak szinte mindegyikében találkozhatunk irányítási mechanizmusokkal. Gondoljunk csak az élőlényekben lezajló bonyolult biokémiai, a közgazdaság területén végbemenő pénzügyi vagy egy autógyárban lejátszódó műszaki folyamatok sokaságára. E rendszerek egy része önszervező másik része mesterséges, az ember által előre megtervezett módon valósul meg.

A mesterséges irányítási folyamatok tervezésével az irányítástechnika tudománya foglalkozik, melynek az utóbbi évtizedekben számos, a klasszikus irányításelmélettől merőben eltérő irányzata alakult ki. A digitális számítógépek rohamos fejlődésének köszönhetően a gyakorlatban is alkalmazhatóvá váltak az optimális, adaptív, robosztus irányítások, a különböző soft-computing technikák és nemlineáris szabályzó-tervezési módszerek.

A lineáris rendszerek szabályozás elmélete több mint fél évszázados múltra tekint vissza. Az ezen a területen kidolgozott tervezési módszerek létjogosultságát számtalan sikeres gyakorlati alkalmazás bizonyítja. Az automatizálás, a robotika térhódítása, a szigorodó minőségi követelmények azonban egyre bonyolultabb matematikai modelleket igényelnek, amelyeknél a lineáris közelítés gyakran nem fed le megfelelően a valós rendszer teljes működési tartományát. Ez fokozottan igaz az olyan mechatronikai rendszerekben – mint például a robotok – amelyek nem csak egy nominális munkapont környezetében üzemelnek. Az utóbbi években ezért egyre hangsúlyosabbá vált a nemlineáris szabályzó tervezési eljárások, módszerek kutatása és gyakorlati alkalmazása [2][3][4][5][6][7].

A dinamikus rendszerek matematikai modelljét differenciál egyenletek formájában szokták megadni, melyek az állapotváltozók – a rendszerre jellemző, megfelelően kiválasztott tulajdonságok – időfüggését határozzák meg. Az állapotváltozós és kimeneti egyenlet általános alakja:

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \\ \mathbf{y} &= \mathbf{h}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t)\end{aligned}\quad (1)$$

ahol \mathbf{x} az állapotváltozók, \mathbf{u} a bemenetek, \mathbf{y} a kimenetek vektorai, t az idő, \mathbf{f} és \mathbf{h} pedig általános esetben nemlineáris vektor-vektor függvények (vektorterek)[2][3][4][5]:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{u} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_p \end{bmatrix} \quad \mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix} \quad \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) = \begin{bmatrix} f_1(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \\ f_2(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \\ \vdots \\ f_n(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \end{bmatrix} \quad \mathbf{h}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) = \begin{bmatrix} g_1(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \\ g_2(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \\ \vdots \\ g_m(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \end{bmatrix} \quad (2)$$

A szabályzótervezésnek az a feladata, hogy az (1) egyenlettel jellemzett nyitott rendszerből olyan zárt, visszacsatolt rendszert kapjunk, amely:

- stabil;

- az alapjelet megfelelően követi;
- a külső zavaró jelek hatásait minimalizálja;
- a belső zajokat megfelelő minőséggel szűri;
- a paraméterváltozásokra kellően érzéketlen;
- megfelel az egyéb követelmények.

Dinamikus rendszerek vizsgálatok az (1) egyenletben sokszor nem tüntetjük fel explicit módon az \mathbf{u} bemenetet, mert az visszacsatoláson keresztül az állapotváltozók és az idő függvényében adott: $\mathbf{u} = \mathbf{u}(\mathbf{x}, t)$. Ez az eset egy zárt szabályzási kör vizsgálatok is. Így egy gerjesztés nélküli rendszert kapunk:

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{f}(\mathbf{x}, t) \\ \mathbf{y} &= \mathbf{h}(\mathbf{x}, t)\end{aligned}\tag{3}$$

Egyszerűbb esetben a (1) egyenlet \mathbf{f} és \mathbf{h} függvényei nem függenek az időtől, ilyenkor autonóm rendszerről beszélünk:

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u}) \\ \mathbf{y} &= \mathbf{h}(\mathbf{x}, \mathbf{u})\end{aligned}\tag{4}$$

Ha \mathbf{f} és \mathbf{h} függvények lineárisak, az (1) egyenlet az alábbi speciális formában írható fel [4][5]:

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{A}(t)\mathbf{x} + \mathbf{B}(t)\mathbf{u} \\ \mathbf{y} &= \mathbf{C}(t)\mathbf{x} + \mathbf{D}(t)\mathbf{u}\end{aligned}\tag{5}$$

A repülőgépek – mint dinamikus rendszerek – mozgásegyenleteit is fel lehet írni az (1) egyenletrendszerhez hasonló alakban a Lagrange egyenletek vagy a Newton törvények felhasználásával. A merev testek általános mozgása például az alábbi egyenletrendszerrel adható meg²:

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{r}}(t) &= \mathbf{v}(t) \\ \dot{\mathbf{\Phi}}(t) &= \boldsymbol{\omega}(t) \times \mathbf{\Phi}(t) \\ \dot{\mathbf{P}}(t) &= \mathbf{F}(t) \\ \dot{\mathbf{L}}(t) &= \mathbf{M}(t)\end{aligned}\tag{6}$$

ahol:

- $\mathbf{r}(t)$: a tömegközéppont helyvektora, pozíciója;
- $\mathbf{v}(t)$: a tömegközéppont sebességvektora;
- $\mathbf{\Phi}(t)$: a forgatási vagy rotáció mátrix;
- $\boldsymbol{\omega}(t)$: a szögsebesség-vektor;

² Mivel a repülőgépek rugalmas alkotóelemekből épülnek fel, a (6) egyenletrendszer mellett sok esetben szükséges lehet további, az elasztikus viselkedést leíró egyenletekre is.

- $\mathbf{P}(t)$: a test impulzus- vagy lendületvektora;
- $\mathbf{F}(t)$: a testre ható erők eredőjének vektora;
- $\mathbf{L}(t)$: a test impulzusmomentum- vagy perdületvektora;
- $\mathbf{M}(t)$: a nyomatékok eredőjének vektora.

Hagyományos merevszárnyú repülőgépnél a pilóta a rendszer bemeneti jeleit a gázkar, a botkormány és a pedálok kitérésével határozza meg, melyek a hajtóműveken és a kormányfelületeken keresztül befolyásolják a gépre ható erőket és nyomatékokat. A pilóta szerepét UAV-knál a fedélzeti automatika veszi át [9].

Ha egy kísérletet képesek vagyunk teljesen azonos körülmények között többször megismételni, determinisztikus rendszereknél az állapotváltozók mozgására mindig ugyan azt az eredményt kapjuk. Ezért, ha az $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, t)$ differenciálegyenlet megfelelően reprezentálja az adott fizikai rendszer valós működését, akkor $\mathbf{x}(t_0) = \mathbf{x}_0$ kezdeti feltétel esetén egyetlen megoldása létezik. Ehhez $\mathbf{f}(\mathbf{x}, t)$ -nek teljesítenie kell a Lipschitz feltételt [4]:

1. Definíció: Ha a t -ben folytonos $\mathbf{f}(\mathbf{x}, t)$ függvény bármely két pontja között húzott egyenes szakasz meredeksége véges, vagyis

$$\text{minden } \mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2\text{-re} \quad \|\mathbf{x}(t) - \mathbf{x}(0)\| \leq r \text{ és a } 0 \leq t \leq T \text{ tartományban}$$

$$\|\mathbf{f}(\mathbf{x}_1, t) - \mathbf{f}(\mathbf{x}_2, t)\| \leq L\|\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2\|$$

\mathbf{f} teljesíti a Lipschitz feltételt. A Lipschitz tulajdonság adott \mathbf{x} pont meghatározott környezetében lokálisan is értelmezhető.

Egy matematikai modell használhatóságának másik fontos feltétele, hogy az \mathbf{x}_0, t_0 kezdeti feltételek és \mathbf{f} paramétereinek kis megváltozása a megoldásban is csak kis változást eredményezzen.

Stabilitás

2. Definíció: Egy

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, t) \tag{7}$$

rendszer egyensúlyi állapotának nevezzük azt az \mathbf{x}_e pontot, melyből t_0 pillanatban indítva, majd magára, az minden további $t \geq t_0$ időpillanatban \mathbf{x}_e állapotban marad. Ilyenkor az állapotváltozók változási sebessége zérus:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, t) = 0; \quad t \geq t_0; \quad \mathbf{x}(t_0) = \mathbf{x}_0 = \mathbf{x}_e; \tag{8}$$

3. Definíció: Az \mathbf{x}_e egyensúlyi állapot

- *stabilis, ha minden $t_0 \geq 0$, $t \geq t_0$ és $\varepsilon \geq 0$ esetén létezik $\delta(\varepsilon, t_0)$ úgy, hogy*

$$\|\mathbf{x}(t_0) - \mathbf{x}_e\| < \delta(\varepsilon, t_0) \Rightarrow \|\mathbf{x}(t) - \mathbf{x}_e\| < \varepsilon \quad (9)$$

ahol $\mathbf{x}(t)$ a (7) egyenlet megoldása³ $\mathbf{x}(t_0) = \mathbf{x}_0$ kezdeti feltétel esetén. Vagyis ha létezik olyan kitérítés, ahonnan a magára hagyott rendszer az egyensúlyi helyzetének környezetébe tér vissza, az egyensúlyi pontot Ljapunov értelemben stabilisnak nevezzük;

- *instabil vagy labilis, ha nem stabil.*
- *aszimptotikusan stabilis, ha minden $t_0 \geq 0$ létezik $\delta(t_0)$ úgy, hogy*

$$\|\mathbf{x}(t_0) - \mathbf{x}_e\| < \delta(t_0) \Rightarrow \lim_{t \rightarrow \infty} \|\mathbf{x}(t)\| = \mathbf{x}_e \quad (10)$$

Vagyis, ha a kitérített rendszer egyensúlyi helyzetébe – nem csupán annak környezetébe – tér vissza, az egyensúlyi pontot aszimptotikusan stabilisnak nevezzük;

- *uniform stabilis, ha δ választása független t_0 -tól, vagyis ha az egyensúlyi pont stabilitási jellemzői függetlenek t_0 -tól;*
- *globális uniform aszimptotikusan stabilis, ha minden $\mathbf{x}(t_0) = \mathbf{x}_0$ kezdeti értékre aszimptotikusan stabilis, vagyis ha (7) egyenlet minden $\mathbf{x}(t)$ megoldása, kezdeti értéktől függetlenül az \mathbf{x}_e egyensúlyi ponthoz konvergál. Ez utolsó a szabályozási rendszerektől ideálisan elvárt tulajdonság.*

A nemlineáris rendszereknek – lineáris társaiktól eltérően – egynél több egyensúlyi helyzete is lehet, melyek stabilitását külön-külön meg kell vizsgálni. Ezért általában az adott egyensúlyi helyzet környezetében értendő lokális stabilitásról vagy instabilitásról beszélünk. Az állapotváltozók $\mathbf{z} = \mathbf{x} - \mathbf{x}_e$ újradefiniálásával a vizsgált egyensúlyi pont áthelyezhető az origóba, így általánosságban mindig a rendszer $\mathbf{z}_e = 0$ pontját vizsgáljuk. Ekkor

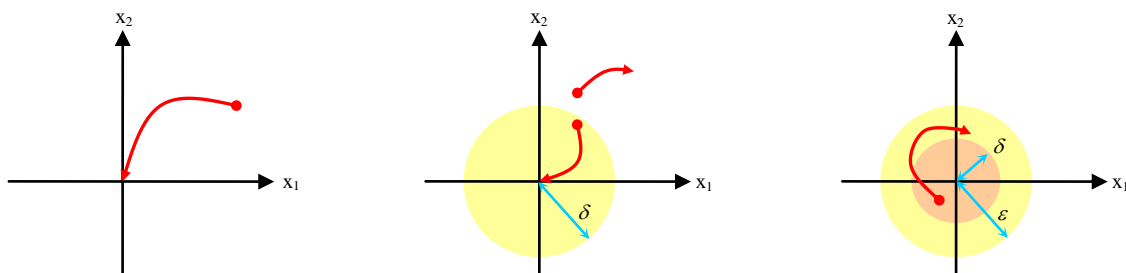
$$f(\mathbf{x}, t) \rightarrow f^*(\mathbf{z}, t) \text{ és } f^*(0, t) = 0 \quad (11)$$

A stabilitás különböző fajtáit másodrendű rendszer esetén az 1/a-c. ábrák szemléltetik az állapotváltozók által kifizített állapotúkon [4][5][6].

Ljapunov-féle stabilitás vizsgálati módszerek

Egy egyensúlyi pont stabilitási tulajdonságait a (7) egyenlet $\mathbf{x}(\mathbf{x}_0, t)$ megoldásából meg lehet határozni, az analitikus megoldás azonban nemlineáris rendszerek esetén általában nem lehetséges.

³ Az $\mathbf{x}(t)$ megoldást más néven állapottrajektóriának nevezzük



1. ábra. a, globálisan aszimptotikusan; b, lokálisan instabilan; c, lokálisan stabilan
másodrendű rendszerek trajektóriái

Ljapunov első stabilitás vizsgálati módszere szerint:

1. Tétel: A nemlineáris rendszert az egyensúlyi pontjában

$$\Delta \mathbf{f}(\mathbf{x}) \approx \mathbf{A} \Delta \mathbf{x} \quad \text{ahol} \quad \mathbf{A} = \left. \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}} \right|_{\mathbf{x}=\mathbf{x}_e}$$

lineáris rendszerrel közelítve, az egyensúlyi pont

- stabil, ha az \mathbf{A} mátrix λ_i sajátértékeire $\text{Re}(\lambda_i) < 0$;
- instabil, ha az \mathbf{A} mátrix λ_i sajátértékeinek valamelyikére $\text{Re}(\lambda_i) > 0$.

A fenti közvetett módszer hátránya, hogy $\text{Re}(\lambda_i) \leq 0$ esetén nem alkalmazható, és csak a munkapont körüli kis értékekre igaz.

Ljapunov második, közvetlen módszerével a stabilitási tulajdonságokat a (7) differenciál-egyenlet megoldása nélkül, az $\mathbf{f}(\mathbf{x})$ és a $V(\mathbf{x})$ skalár Ljapunov függvény közötti viszony alapján határozhatjuk meg. $V(\mathbf{x})$ egyfajta energia függvényként fogható fel, melynek értéke az egyensúlyi ponttól távolodva növekszik. A stabilitási tételek megfogalmazása előtt azonban szükség van a következő definíciókra:

4. Definíció: A $V(\mathbf{x})$ függvény:

- pozitív definit (határozottan pozitív értékészletű) ha, $V(0) = 0$ és $V(\mathbf{x}) > 0$, $\mathbf{x} \neq 0$;
- pozitív szemidefinit (félig határozott pozitív értékészletű) ha, $V(0) = 0$ és $V(\mathbf{x}) \geq 0$, $\mathbf{x} \neq 0$;
- negatív (szemi-)definit ha, $-V(\mathbf{x})$ pozitív (szemi-)definit;
- radiálisan korlátlan, ha $V(\mathbf{x}) \rightarrow \infty$ ha $\mathbf{x} \rightarrow \infty$.

Ezek alapján Ljapunov autonóm rendszerekre érvényes stabilitási és instabilitási tétele a következő:

2. Tétel: Legyen az $\mathbf{x} = 0$ pont az

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}) \quad (12)$$

rendszer egyensúlyi pontja, ahol $\mathbf{f} : U \rightarrow \mathfrak{R}^n$ lokálisan kielégíti a Lipschitz feltételt és $U \subset \mathfrak{R}^n$ tartomány tartalmazza az origót. Ha létezik $V : U \rightarrow \mathfrak{R}$ folytonosan differenciálható pozitív definit függvény az U tartományon, melyre

1. $\dot{V}(\mathbf{x}) = \frac{\partial V}{\partial \mathbf{x}^T} \mathbf{f}(\mathbf{x})$ negatív szemidefinit, akkor az $\mathbf{x} = 0$ egyensúlyi pont stabil.
2. Ha $\dot{V}(\mathbf{x})$ negatív definit, akkor az $\mathbf{x} = 0$ egyensúlyi pont aszimptotikusan stabilis.

$$\dot{V}(\mathbf{x}) = \frac{\partial V}{\partial \mathbf{x}^T} \mathbf{f}(\mathbf{x}) = \left[\frac{\partial V}{\partial x_1}, \frac{\partial V}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial V}{\partial x_n} \right] \begin{bmatrix} f_1(\mathbf{x}) \\ f_2(\mathbf{x}) \\ \vdots \\ f_n(\mathbf{x}) \end{bmatrix} \quad (13)$$

Ha a $V(\mathbf{x})$ Ljapunov függvény radiálisan korlátlan, az egyensúlyi pont 1. esetben globálisan, 2. esetben globálisan aszimptotikusan stabilis.

3. Tétel: Legyen az $\mathbf{x} = 0$ pont a (12) rendszer egyensúlyi pontja, valamint $V : \mathfrak{R}^n \rightarrow \mathfrak{R}$ folytonosan differenciálható valós függvény, melynek $\dot{V}(\mathbf{x})$ idő szerinti deriváltja negatív (pozitív) definit. Az egyensúlyi pont instabil abban a tartományban, ahol $V(\mathbf{x})$ nem pozitív (negatív) definit vagy szemidefinit.

A kritériumok elégséges, de nem szükséges feltételei a rendszer stabilitásának vagy instabilitásának. Ha egy adott függvényre a feltétel nem teljesül, létezhet másik, amelyikre igen. A megfelelő Ljapunov függvény megtalálására – néhány egyszerűbb rendszertípustól eltekintve – nincsen általános recept.

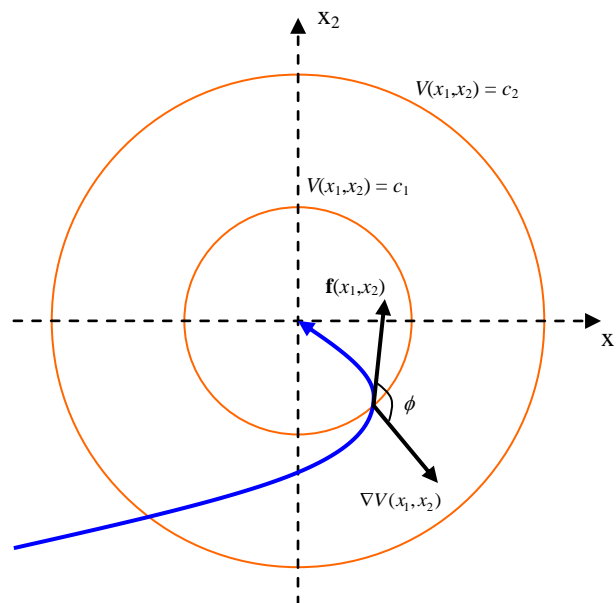
A 2. Tétel szerint, a (12) rendszer akkor stabilis az adott U tartományban, ha bármely U -beli \mathbf{x}_0 kezdeti állapotból indítva azt, a megfelelően választott $V(\mathbf{x})$ Ljapunov függvény az $\mathbf{x}(t)$ megoldás mentén csökkenő. Egy mechanikai rendszer esetén ez azt jelenti, hogy teljes energiája – mozgási és az egyensúlyi ponthoz viszonyított potenciális energiájának összege – az idő előrehaladtával csökken, disszipálódik, vagyis az $\mathbf{x}(t)$ állapotváltozók, a nulla energiaszintű stabil egyensúlyi ponthoz közelítenek[4][5][6].

Ljapunov közvetlen módszerének geometriai értelmezése

A 2. Tételnek geometriai jelentést is adhatunk, ha egy másodrendű nemlineáris dinamikus rendszer $\mathbf{x}(t)$ trajektóriáját és a $V(x_1, x_2)$ függvényt szintvonalai segítségével az x_1 - x_2 állapot síkon együtt ábrázoljuk. Tekintsük az $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(x_1, x_2)$ rendszert. Ekkor (13) szerint

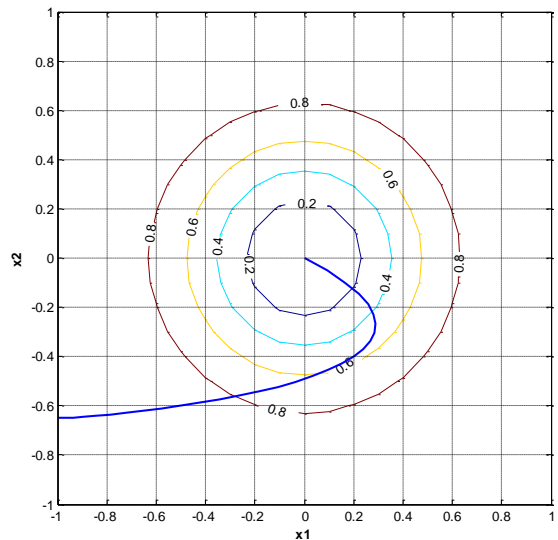
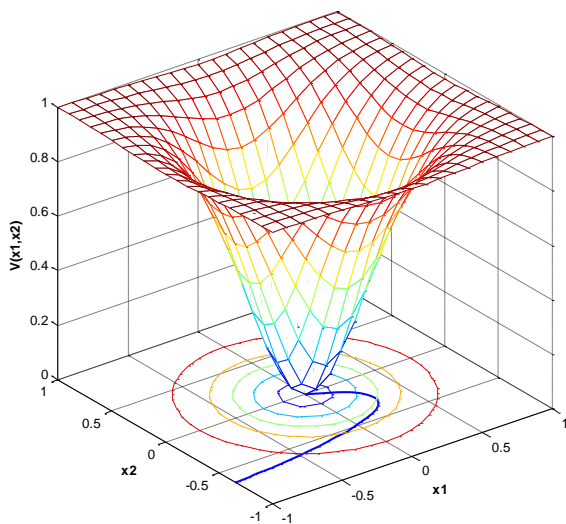
$$\dot{V}(x_1, x_2) = \frac{\partial V}{\partial \mathbf{x}^T} \mathbf{f}(x_1, x_2) \quad (14)$$

ahol $\partial V / \partial \mathbf{x} = \nabla V(x_1, x_2)$ a $V(x_1, x_2)$ Ljapunov függvény gradiens-vektora, $\mathbf{f}(x_1, x_2)$ pedig az $\mathbf{x}(t)$ trajektória tangenciális-vektora. A 2. ábra a választott Ljapunov függvény $V(x_1, x_2) = c_1$ és $V(x_1, x_2) = c_2$ szintvonalát valamint a $\nabla V(x_1, x_2)$, $\mathbf{f}(x_1, x_2)$ vektorokat és az általuk bezárt ϕ szöget mutatja. A 3. ábra a szintvonalak származtatását szemlélteti. Az egyensúlyi pont az origóban van.



2. ábra. Ljapunov közvetlen módszerének grafikus értelmezése

Ahhoz, hogy a két vektor (14) szerinti skaláris szorzatára $\dot{V}(x_1, x_2) \leq 0$ teljesüljön, a ϕ szögnek a $[\pi/2, 3\pi/2]$ intervallumban kell maradnia. Egy jól megválasztott Ljapunov függvény gradiense tehát az origóval ellentétes irányba ($0 < c_1 < c_2$), a trajektória tangenciálisa pedig az adott szintvonalról befelé, vagy legrosszabb esetben a szintvonal érintőjének irányába mutat. Ha a trajektória tangenciálisa mindig a szintvonalról befelé mutat, $\mathbf{x}(t)$ eléri az origót, vagyis az egyensúlyi pont aszimptotikusan stabilis[6].



3. ábra. A Ljapunov függvény szintvonalainak származtatása

Vonzódási környezet

5. Definíció: Az állapottér $M_d = \{\mathbf{x} : V(\mathbf{x}) < d\}$ tartománya az $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x})$ rendszer $\mathbf{x} = 0$ egyensúlyi pontjának vonzódási környezete⁴, ha létezik $V(\mathbf{x})$ és d úgy, hogy az egyensúlyi pont a 2. Tétel értelmében stabilis.

Egy egyensúlyi ponttal kapcsolatban gyakran felmerül a kérdés, hogy mekkora az a környezete, ahonnan a rendszert indítva, annak minden trajektóriája az origóhoz tart. Ez főleg olyan esetekben lehet fontos, ahol nem cél, vagy az adott eljárással nem biztosítható az egyensúlyi pont globális stabilitása. Ha például egy rendszerről tudjuk, hogy az állapotváltozók az állapottér csak egy korlátozott részében vehetnek fel értéket, a zárt rendszer stabilitáshoz elegendő, ha az egyensúlyi pont vonzódási környezete csak ezt a régiót tartalmazza. Így a szabályozóval szemben támasztott követelmények enyhíthetők. Például a munkaponti linearizálással tervezett szabályzó működési tartományáról, alkalmazhatóságának korlátairól is a vonzódási környezet segítségével kaphatunk információt [4][5][6].

NEMLINEÁRIS SZABÁLYOZÁSI RENDSZEREK

Az előző fejezetben ismertetett elvek alkalmasak adott zárt rendszer stabilitási tulajdonságainak vizsgálatára. A szabályozáselméletben azonban legtöbbször az a kérdés, hogyan alakítsuk ki a visszacsatolt szabályozási rendszert, hogy az megfeleljen az előzetesen megfogalmazott elvárásoknak. A feladat tehát, autonóm esetben megtalálni az

⁴ Az angol nyelvű szakirodalomban „basin of attraction” vagy „region of attraction” kifejezésekkel találkozhatunk

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u}) \quad (15)$$

rendszerhez azt az $\mathbf{u} = \boldsymbol{\alpha}(\mathbf{x})$ statikus, vagy $\mathbf{u} = \boldsymbol{\alpha}(\mathbf{z}, \mathbf{x})$ dinamikus visszacsatolást, amellyel az

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \boldsymbol{\alpha}) \quad (16)$$

zárt rendszer $\dot{\mathbf{x}} = 0$ egyensúlyi pontja globálisan aszimptotikusan stabilis. A dinamikus visszacsatolásra példa az integráló szabályozás vagy az állapotbecslő alkalmazása. Ilyenkor \mathbf{z} , az \mathbf{x} -el gerjesztett szabályzó

$$\dot{\mathbf{z}} = \mathbf{g}(\mathbf{z}, \mathbf{x}) \quad (17)$$

állapotegyenletének a megoldása.

Felmerülhet a kérdés, hogy létezik-e egyáltalán olyan $\boldsymbol{\alpha}$ visszacsatolást, amellyel (15) stabilis. Egy nemlineáris rendszer globális asszimptotikus stabilizálhatóságának szükséges és elégséges feltételét, Ljapunov közvetlen stabilitásvizsgálati módszerének felhasználásával fogalmazhatjuk meg:

4. Tétel: Ha (15)-höz létezik sima⁵, pozitív definit, radiálisan korlátlan $V : \mathfrak{R}^n \rightarrow \mathfrak{R}$ függvény amelyre

$$\inf_{\mathbf{u} \in \mathfrak{R}} \left\{ \frac{\partial V}{\partial \mathbf{x}^T} \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u}) \right\} < 0 \quad \forall \mathbf{x} \neq 0 \quad (18)$$

akkor $\mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u})$ globálisan, aszimptotikusan stabilizálható, $V(\mathbf{x})$ -et pedig (15) kontrol Ljapunov függvényének (CLF⁶) nevezzük. Ekkor létezik olyan $\mathbf{u} = \boldsymbol{\alpha}(\mathbf{x})$ visszacsatolás, mellyel a visszacsatolt rendszerre

$$\frac{\partial V}{\partial \mathbf{x}^T} \mathbf{f}(\mathbf{x}, \boldsymbol{\alpha}(\mathbf{x})) \leq -W(\mathbf{x}) \quad \mathbf{x} \in \mathfrak{R}^n \quad (19)$$

ahol $W(\mathbf{x})$ pozitív definit.

A megfelelő visszacsatolás megtervezése, és a 4. Tételt kielégítő $V(\mathbf{x})$, $W(\mathbf{x})$ függvények megtalálása nemlineáris rendszerek esetén általában nehéz feladat. Szerencsére skaláris rendszereknél a $V(x) = \frac{1}{2}x^2$ választással a (19) feltétel viszonylag könnyen teljesíthető.

A következőekben a cikk – a teljesség igénye nélkül – röviden bemutat néhány ismertebb, linearizáláson alapuló tervezési módszert, majd két olyan nemlineáris szabályzó-tervezési eljárást, melyekkel az utóbbi időben egyre gyakrabban találkozhatunk a pilóta nélküli légi járművek automatizálásával foglalkozó szakirodalmakban és kutatásokban [5].

⁵ Az f sima függvény, ha tetszőleges rendű parciális deriváltjai folytonosak.

⁶ CLF: Control Lyapunov Function

Linearizálás

Kézenfekvő és egyben gyakori megoldás, a Ljapunov első stabilitási kritériumában (1. Tétel) is alkalmazott munkaponti linearizálás, melynél az egyensúlyi pont környezetében lineárisan közelített rendszerre valamilyen hagyományos lineáris szabályzó-tervezési eljárást alkalmazunk. A módszer hátránya, hogy globális stabilitást általánosságban nem biztosít és az egyensúlyi pont vonzódási környezetéről sem ad információt.

Ezt a módszert továbbfejleszthetjük és egyben a szabályzó működési tartományát kiterjeszthetjük, ha a linearizálást és lineáris szabályzótervezést a rendszer több működési pontjában is elvégezzük, majd üzem közben tartományról-tartományra haladva a különböző szabályzó paraméterek között folyamatosan interpolálunk vagy egyszerűen kapcsolgatunk. Ezt a módszert „gain-scheduling” technikának nevezzük.

A nemlineáris rendszerek bizonyos típusainál, egy másik, visszacsatoláson alapuló linearizálási módszert is alkalmazhatunk. A rendszert ebben az esetben koordináta transzformációval és algebrai átalakításokkal a visszacsatoláson keresztül, a bemenet-állapotváltozók vagy a bemenet-kimenet viszonylatában részlegesen vagy teljesen lineárisá alakítjuk, a további kompenzációt pedig már valamilyen lineáris szabályzó-tervezési eljárással (pólus áthelyezés, LQR, stb...) folytatjuk. A visszacsatolás történhet az állapotváltozókról közvetlenül vagy a rendszer kimenetéről. Az első esetben a teljes állapotegyenletet lineárisá válik, a másodikban viszont csak a bemenet és a kimenet közötti lineáris kapcsolat biztosított, így előfordulhat, hogy az állapotegyenlet részlegesen nemlineáris marad. Ez stabilitási problémákat okozhat. A módszer további hátránya, hogy érzékeny a paraméterbizonytalanságokra, mivel feltételezi az állapotegyenlet pontos ismeretét [4][5][7][8][10].

Backstepping

A visszalépéses (Backstepping) szabályzó-tervezési eljárás alapötlete, hogy az adott kiindulási rendszert kisebb alrendszerekre bontva, majd az egyes alrendszerekhez virtuális szabályzó bemeneteket és kontrol Ljapunov függvényeket definiálva, rekurzív módszerrel megtalálható az a vezérlési törvény, amely biztosítja a teljes rendszer stabilitását. A technika egy egyszerű példával szemléltethető. Tekintsük az

$$\dot{x}_1 = \cos x_1 - x_1^3 + x_2 \quad (20a)$$

$$\dot{x}_2 = u \quad (20b)$$

másodrendű rendszert, melynek blokkvázlata a 4a. ábrán látható. Ha a (20a) alrendszerben x_2 lenne a bemenet, és találnánk egy olyan $x_2 = \phi(x_1)$ visszacsatolást valamint $V(x_1)$ és $W(x_1)$ függvényeket, amelyekkel teljesül a (19) feltétel, az

$$\dot{x}_1 = \cos x_1 - x_1^3 + \phi(x_1) \quad (21)$$

alrendszer egyensúlyi pontja aszimptotikusan stabilis lesz. Például a $\phi(x_1) = -\cos x_1 - c_1 x_1$ vezérlési törvénnyel, ahol c_1 konstans, és a $V(x) = \frac{1}{2}x^2$ CLF választással a visszacsatolt (20a) rendszer állapotegyenlete

$$\dot{x}_1 = f(x_1) = \cos x_1 - x_1^3 - \cos x_1 - c_1 x_1 = -x_1^3 - c_1 x_1 \quad (22)$$

lenne, amivel

$$\dot{V}(x_1) = \frac{\partial V}{\partial x_1} f(x_1) = x_1(-x_1^3 - c_1 x_1) = -x_1^4 - c_1 x_1^2. \quad (23)$$

$W(x_1) = x_1^4 + c_1 x_1^2$ választással a $\dot{V}(x_1) \leq -W(x_1)$ feltétel teljesül, így az $x_1 = 0$ stabil egyensúlyi pont. Természetesen x_2 nem valódi bemenet, hanem a (20) rendszer egy állapotváltozója, azonban az x_1 stabilizálásához szükséges értékét már ismerjük. $\alpha(x_1)$ -et hozzáadva és kivonva a (20a) alrendszer állapotegyenletéből, az eredetivel ekvivalens rendszert kapunk (4b. ábra), melyet a

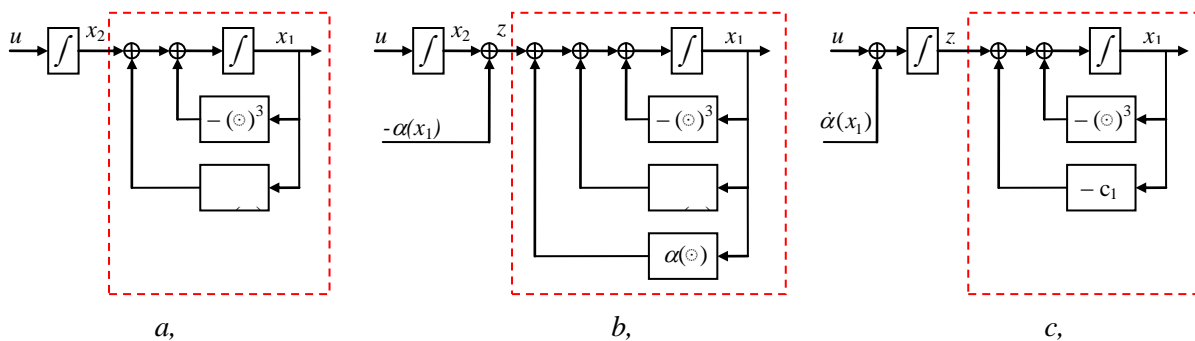
$$z = x_2 - \hat{x}_2 = x_2 - \alpha(x_1) = x_2 - c_1 x_1 + \cos x_1 \quad (24)$$

hibajel bevezetésével felírunk az (x_1, z) koordináta rendszerben:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= f_{x_1}(x_1, z, u) = \cos x_1 - x_1^3 + [x_2 + \cos x_1 + c_1 x_1] - \cos x_1 - c_1 x_1 = -x_1^3 - c_1 x_1 + z \\ \dot{z} &= f_z(x_1, z, u) = \dot{x}_2 - \dot{\alpha}(x_1) = u + (c_1 - \sin x_1)(-c_1 x_1 - x_1^3 + z) \end{aligned} \quad (25)$$

Itt felhasználtuk, hogy $\dot{\alpha}(x_1)$ könnyen számolható, mivel $\alpha(x_1)$ ismert függvény:

$$\dot{\alpha}(x_1) = \frac{\partial \alpha}{\partial x_1} \dot{x}_1 = -(c_1 - \sin x_1)(c_1 x_1 - x_1^3 + z) \quad (26)$$



4. ábra. a., A (17) rendszer blokkvázlata; b., az $\alpha(x_1)$ visszacsatolás és a z hibajel bevezetésével; c., visszalépés az integrátor elé, $\dot{\alpha}(x_1)$ bevezetése

$\dot{\alpha}(x_1)$ bevezetésével tulajdonképpen a 4b. ábra $-\alpha(x_1)$ jelét fejezzük ki az integrátoron „visszalépve” (4c. ábra), ami a backstepping technika egyik fő mozzanata. A következő lépés, megkonstruálni azt a

$V(x_1, x_2)$ függvényt és $u = \alpha(x_1, x_2)$ vezérlési törvényt, amelyre teljesül a (19) feltétel. $V(x_1)$ -et kiegészítve a z hibajel négyzetével

$$V(x_1, x_2) = V(x_1) + \frac{1}{2}z^2 = \frac{1}{2}x_1^2 + \frac{1}{2}(x_2 + c_1x_1 + \cos x_1)^2 \quad (27)$$

lesz, melynek idő szerinti deriváltja a (25) rendszer megoldásai mentén a következőképpen adódik:

$$\begin{aligned} \dot{V}(x_1, z, u) &= \frac{\partial V}{\partial x_1} f_{x_1}(x_1, z, u) + \frac{\partial V}{\partial x_2} f_{x_2}(x_1, z, u) = \\ &= x[-x_1^3 - c_1x_1 + z] + z[u + (c_1 - \sin x_1)(-c_1x_1 - x_1^3 + z)] \end{aligned} \quad (28)$$

Ezek után már csak az u bemenetet kell úgy megválasztani, hogy a $\dot{V}(x_1, z)$ függvény negatív definit legyen. Ennek egy lehetséges módja, ha

$$u = -x_1 - c_2z - (c_1 - \sin x_1)(-c_1x_1 - x_1^3) \quad c_2 > c_1 + 1 \quad (29)$$

amivel

$$\dot{V}(x_1, z) = -x_1^4 - c_1x_1^2 - (c_2 - c_1 - \sin x_1)z^2 \quad (30)$$

A (30) kifejezés alapján az (x_1, z) koordináta rendszerben a $(0, 0)$, valamint ennek megfelelően az (x_1, x_2) koordináta rendszerben a $(0, -1)$ egyensúlyi pont globálisan aszimptotikusan stabilis.

A visszalépéses tervezés megfelelő szabadsági fokot biztosít a szabályozás minőségi jellemzőinek hangolásához valamint a paraméterbizonytalanságokkal szembeni robosztus viselkedés is biztosítható. A fenti példában bemutatott iteratív módszer magasabb fokszámú rendszerekre is hasonlóan alkalmazható, bár a visszalépések számával együtt a visszacsatolásban szereplő tagok száma rohamosan nő. További hátránya, hogy csak adott struktúrával rendelkező, ún. szigorú visszacsatolásos (strict-feedback) alakban felírható rendszerekre alkalmazható [3][10][12][13].

Állapotfüggő Riccati egyenlet (SDRE⁷)

Az állapotfüggő Riccati egyenlet megoldásán alapuló szabályzó tervezési eljárás az LQR⁸ módszer nemlineáris rendszerekre történő kiterjesztéseként fogható fel. A

$$J = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{\infty} (\mathbf{x}^T \mathbf{Q}(\mathbf{x}) \mathbf{x} + \mathbf{u}^T \mathbf{R}(\mathbf{x}) \mathbf{u}) dt \quad (31)$$

célfüggvény minimalizálását ebben az esetben az

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{a}(\mathbf{x}) + \mathbf{b}(\mathbf{x})\mathbf{u} \quad (32)$$

⁷ SDRE: State Dependent Riccati Equation

⁸ LQR: Linear Quadratic Regulator

nemlineáris rendszert tekintve kell megoldani. Ehhez (32)-at lineáris, állapotfüggő együtthatós (SDC⁹) formában adjuk meg

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}(\mathbf{x})\mathbf{x} + \mathbf{B}(\mathbf{x})\mathbf{u} \quad (33)$$

majd minden egyes mintavételi pillanatban a kapott \mathbf{A} és \mathbf{B} , valamint a szabályozási kritériumoknak megfelelően megválasztott \mathbf{Q} és \mathbf{R} súlyozó mátrixokkal megoldjuk az így szintén állapotfüggő

$$\mathbf{A}^T(\mathbf{x})\mathbf{P}(\mathbf{x}) + \mathbf{P}(\mathbf{x})\mathbf{A}(\mathbf{x}) - \mathbf{P}(\mathbf{x})\mathbf{B}(\mathbf{x})\mathbf{R}^{-1}(\mathbf{x})\mathbf{B}^T(\mathbf{x})\mathbf{P}(\mathbf{x}) + \mathbf{Q}(\mathbf{x}) = 0 \quad (34)$$

Riccati egyenletet. A kapott $\mathbf{P}(\mathbf{x})$ megoldásból már felírható a (31) (32) tekintetében általában szuboptimális vezérlési törvény:

$$\mathbf{u} = -\mathbf{K}(\mathbf{x})\mathbf{x} = -\mathbf{R}^{-1}(\mathbf{x})\mathbf{B}^T(\mathbf{x})\mathbf{P}(\mathbf{x})\mathbf{x} \quad (35)$$

A (32) nemlineáris rendszernek számos (33) szerinti formája létezhet, a megfelelő SDC alak kiválasztása azonban az optimalitás és szabályzó minőségi jellemzőinek szempontjából kulcsfontosságú. Tekintsük a következő másodrendű rendszert:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= -x_1 + x_1x_2^2 \\ \dot{x}_2 &= -x_2 + x_1u \end{aligned} \quad (36)$$

A költségfüggvény legyen $\mathbf{R} = 2\mathbf{I}$ és $\mathbf{Q} = 0,2$ súlyozó mátrixokkal (31) szerint definiálva (\mathbf{I} 2x2-es egységmátrix). A (36) rendszer egy lehetséges SDC faktorizációja az

$$\mathbf{A}(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} -1 + x_2^2 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{B}(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (37)$$

mátrixokkal adott. Az SDRE módszer ezzel a felbontással nem vezet eredményre, a (33) egyenletet nem lehet megoldani, mivel az $[\mathbf{A}(\mathbf{x}), \mathbf{B}(\mathbf{x})]$ páros nem irányítható semmilyen \mathbf{x} értékre sem. Egy másik lehetséges SDC alak az

$$\mathbf{A}(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} -1 & x_1x_2 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{B}(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (38)$$

Az ezzel a felbontással kapott $\mathbf{K}(\mathbf{x})$ visszacsatolás bár stabil zárt rendszert eredményez, a vezérlés nem optimális. A valóban optimális megoldás a kevésbé kézenfekvő

⁹ SDC: State-Dependent Coefficient

$$\mathbf{A}(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} -1 & x_1 x_2 \\ -x_1 x_2 & -1 + x_1^2 \end{bmatrix} \quad \mathbf{B}(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (39)$$

felbontással adódik. Általánosságban is elmondható, hogy az optimális visszacsatolást eredményező SDC faktorizáció megtalálása az egyszerűbb esetek kivételével nehéz feladat.

Az SDRE szabályzó-tervezési módszer előnye, hogy a nemlineáris rendszerek tekintetében széleskörűen alkalmazható, szisztematikus eljárás. A számos lehetséges SDC felbontás a tervező számára elegendő szabadságfokot biztosít, az optimális megoldás azonban általában nem kézenfekvő. Bár számos kérdés még nyitott a módszer globális stabilitásvizsgálatának és robosztus viselkedésének elméletével kapcsolatban, a gyakorlati alkalmazások, kísérletek és szimulációk az LQR szabályzókra jellemző kedvező viselkedést mutatnak. További előnyös tulajdonság a súlyozó mátrixok állapotfüggő hangolásának lehetősége, amivel az állapottér különböző tartományaiban lehetőség van eltérő szabályzójellemzők kialakítására [7][8][10].

ÖSSZEFOGLALÁS

A pilótánélküli légi járművek egyre nagyobb teret hódítanak maguknak mindennapi életünkben. Ezekről a bonyolult, nemlineáris mechanikai rendszerektől elvárjuk a biztonságos üzemelést valamint a számos automatikus repülési és egyéb funkció pontos és hatékony végrehajtását. Az UAV-k fedélzeti szabályzó rendszereinek tehát egyre szigorodó minőségi követelményeknek kell megfelelniük, amit gyakran csak nemlineáris rendszeranalízis és nemlineáris szabályzó-tervezési eljárások alkalmazásával lehet teljesíteni. Bár e terület a több évtizedes gyakorlati tapasztalattal rendelkező lineáris szabályzóelmélethez képest kevesebb alkalmazással és kiforrottabb elméleti háttérrel rendelkezik, a szakirodalom az utóbbi időben egyre több kutatási eredményről számol be.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **PALIK M.:** *Pilóta nélküli repülés - Légi közlekedésbiztonság*, Repüléstudományi közlemények különszám, 2008.
- [2] **SZABOLCSI R.:** *Modern szabályozástechnika*, Egyetemi Jegyzet, Budapest 2004.
- [3] **LANTOS B.:** *Irányítási rendszerek elmélete és tervezése II.*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2001.
- [4] **H. K. KHALIL:** *Nonlinear Systems*, Prentice Hall, New Jersey, 2002.
- [5] **M. KRISTIC, I. KANELLAKOPOULIS, P. KOKOTOVIC:** *Nonlinear and Adaptive Control Design*, Wiley & Sons, New York, 1995.
- [6] **J. DAHLGREN:** *Robust nonlinear control design for a missile using backstepping*, Thesis, Institutionen för Systemteknik Linköping, 27th January 2003.
- [7] **E. B ERDEM:** *Analysis and Real-time Implementation of State-dependent Riccati Equation Controlled Systems*, Thesis, University of Illinois, 2001.
- [8] **S. KATSEV:** *Streamlining of the State Dependent Riccati Equation Controller Algorithm for an Embedded Implementation*, Thesis, Rochester Institute of Technology, 2006.
- [9] **TURÓCZI A.:** *Négyszögletes pilóta nélküli helikopter fedélzeti automatikus repülésszabályzó rendszerének tervezése*, Hadmérnök, Különszám: Robothadviselés 6, <http://zrinyi.zmne.hu/hadmernok/>
- [10] **K. D. HAMMET:** *Control of Nonlinear Systems via State Feedback State-Dependent Riccati Equation Techniques*, Dissertation, Air Force Institute of Technology, 1997.
- [11] **C. KRAVARIS:** *Input /Output Linearization: A Nonlinear Analog of Placing Poles at Process Zeros*, AIChE Journal November 1988 Vol. 34, No. 11.
- [12] **Y. ZHANG, S. LI:** *Backstepping-based Decentralized PID Controller Design for MIMO Processes*, Acta Automatica Sinica Vol. 31, No. 5, September 2005.
- [13] **A. JADBABAIE:** *Receding Horizon Control of Nonlinear Systems: A Control Lyapunov Function Approach*, Thesis, California Institute of Technology Pasadena, California 2000.



Ujpál Sándor

LÉGI NAVIGÁCIÓ ALAPJAIT OKTATÓ PROGRAM

Előadásomnak nem célja a légi navigáció alapismereteinek teljes kifejtése, ez megtörténik az általam elkészített oktató programban, ezért csak nagyvonalakban foglalkozom a légi navigáció fejezeteinek tartalmával és az egyes fogalmak magyarázatával.

Ezzel párhuzamosan bemutatom az oktató program módszertani és tartalmi felépítését, az elérhető célt, a felhasználás módját, és végül mellékelem a futtatható programot. A program kódjából csak a bemutató előadásomban villantok fel részleteket.

AZ OKTATÓ PROGRAM

Az oktató program lehetővé teszi a légi navigáció alapismereteinek és az útvonalrepüléssel kapcsolatos előkészületi és légi tájékoztató ismeretek elsajátítását, ismétlését és ellenőrzését.

A programot Turbo Pascal 7.0 nyelven írtam DOS OS alatt valós módban, - a 80286-os típusú, illetve a későbbi processzorok a műveletek két módját támogatják: a valós (real) és a védett (protected) módokat - . A valós mód csak a hagyományos 1 Mbyte-os memória kezelést teszi lehetővé, vagyis 1MB operatív memória címezhető, tehát meghatározza az írható programkód nagyságát.

A címzésre egy 32 bites értéket használunk, amely két – egyenként 16 bites – részből áll: alapcímből és az offsetből. Ezt a 32 bites mezőt logikai címnek nevezzük; ebből képezi a processzor a tényleges fizikai címet. Az offset egy 64 Kbyte-os szegmens címzését teszi lehetővé, ezzel korlátozva az írható programkód nagyságát. A programom felhasználja ezt a teljes területet, ezért az almenüben a Help részt már csak jelezni tudtam, mivel a KódMax nem tette lehetővé annak teljes kifejtését.

1. A program felépítése - Főmenü

Figyelembe véve didaktikai szempontból az oktatás folyamatának mozzanatait, a program **Főmenüje** lényegében három pontból áll:

1. ISMERETSZERZÉS

2. ISMÉTLÉS

3. Rövid ELLENŐRZÉS

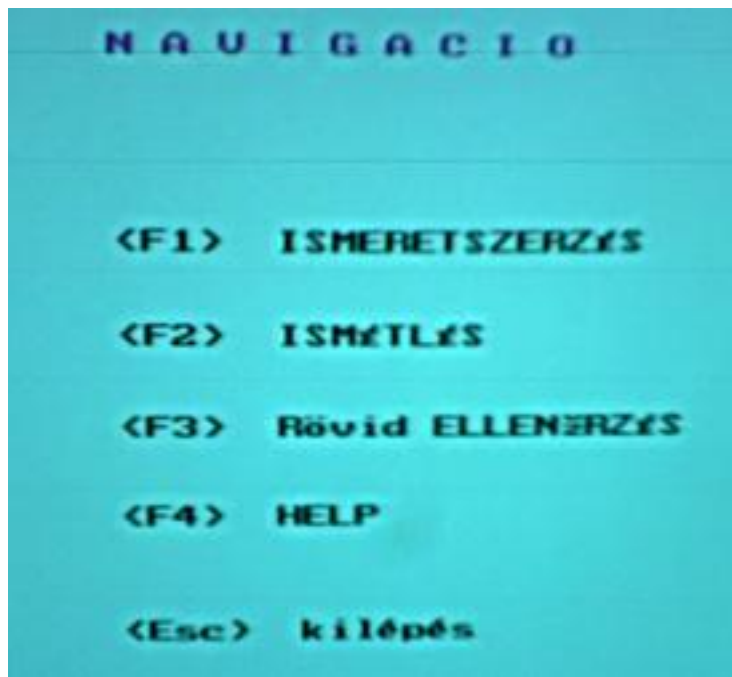
4. HELP (helyhiány miatt nem lett kidolgozva)

Az első pont, az ismeretszerzés választásakor a hallgatónak végig kell menni a légi navigációt öt fejezetben tárgyaló teljes tananyagot. A fejezetek végén kérdésekre kell válaszolni és csak helyes

```
Ismeret ellenőrzés !
-----
Hány fok a MII értéke, ha a TI = 152°, dM = -4° ? [°] : 156
Helyes ! MII = TI - dM = 152 - (-4) = 156°, tovább Enter!
Mihez viszonyítjuk az irányszögeket : 1. utvonálhoz, 2. rg.hossztengelyéhez ?
[ 1, 2 ]      1
Helyes a válasz : 1, tovább Enter!_
```

válasz esetén léphet a következő fejezetre.

1. ábra. Példa a programból



2. ábra. Főmenü.

A főmenü 2. pontjának választása biztosítja a tananyag fejezetenkénti ismétlését. Az egyes fejezetekben az ismeretszerzés tananyaga ismétlődik és a program által feltett kérdésekre kell a hallgatónak válaszolnia.

A egyes fejezetek végén visszakerülünk az almenübe, ahol választhatunk másik témát, vagy visszaléphetünk a főmenühöz.

A főmenü 3. pontja egy rövid (30 kérdéses) ellenőrző – értékelő rész. A program tíz helytelen válasz esetén visszaküld a főmenühöz, és ekkor már csak az 1. és a 2. pont között választhatunk. Amennyiben 30 kérdésre válaszoltunk és a helytelen kérdések száma kevesebb mint 10, akkor értékelést kapunk és a program befejeződik.

3. A program fejezetei - Almenü

A program öt fejezetre osztva – **Almenü** - tárgyalja a légi navigáció alapismereteit:

1. *Földrajzi alapfogalmak*

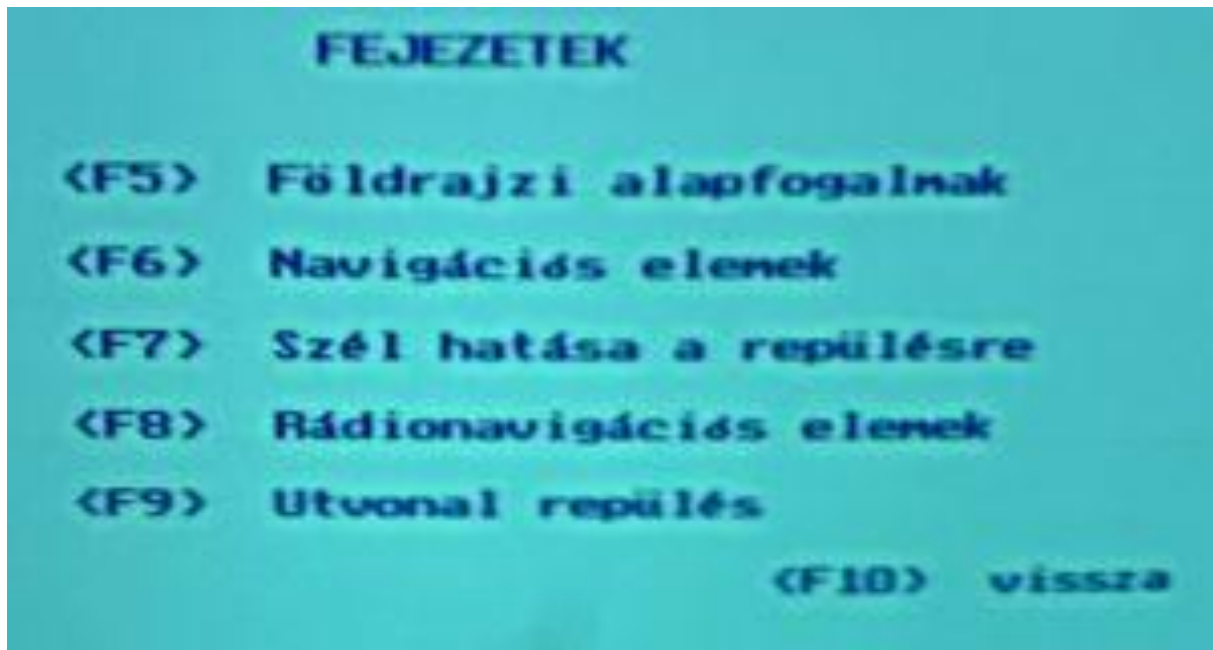
2. *Navigációs elemek*

3. *Szél hatása a repülésre*

4. *Rádió navigációs elemek*

5. *Útvonalrepülés*

Az **Almenüben** található a fejezetek:



Amint látjuk a fejezetek előhívása a funkcióbillentyűkkel történik.

3. ábra. Fejezetek

A teljesség igénye nélkül nézzük meg fejezetek tananyagát:

1. *Földrajzi alapfogalmak*

a. A Föld alakja és méretei:

Csillagászati megfigyelések és földmérési munkák alapján megállapították, hogy a Föld alakja nem szabályos gömb, hanem forgási ellipszoid. A feldolgozott adatok alapján az ellipszoid méretei a következők: - a Föld egyenlítőjének sugara (a nagyfőtengetely hossza) **a = 6378,245 km;**

- a Föld tengelysugarának hossza (a kisfőtengetely hossza) **b = 6356,863 km.**

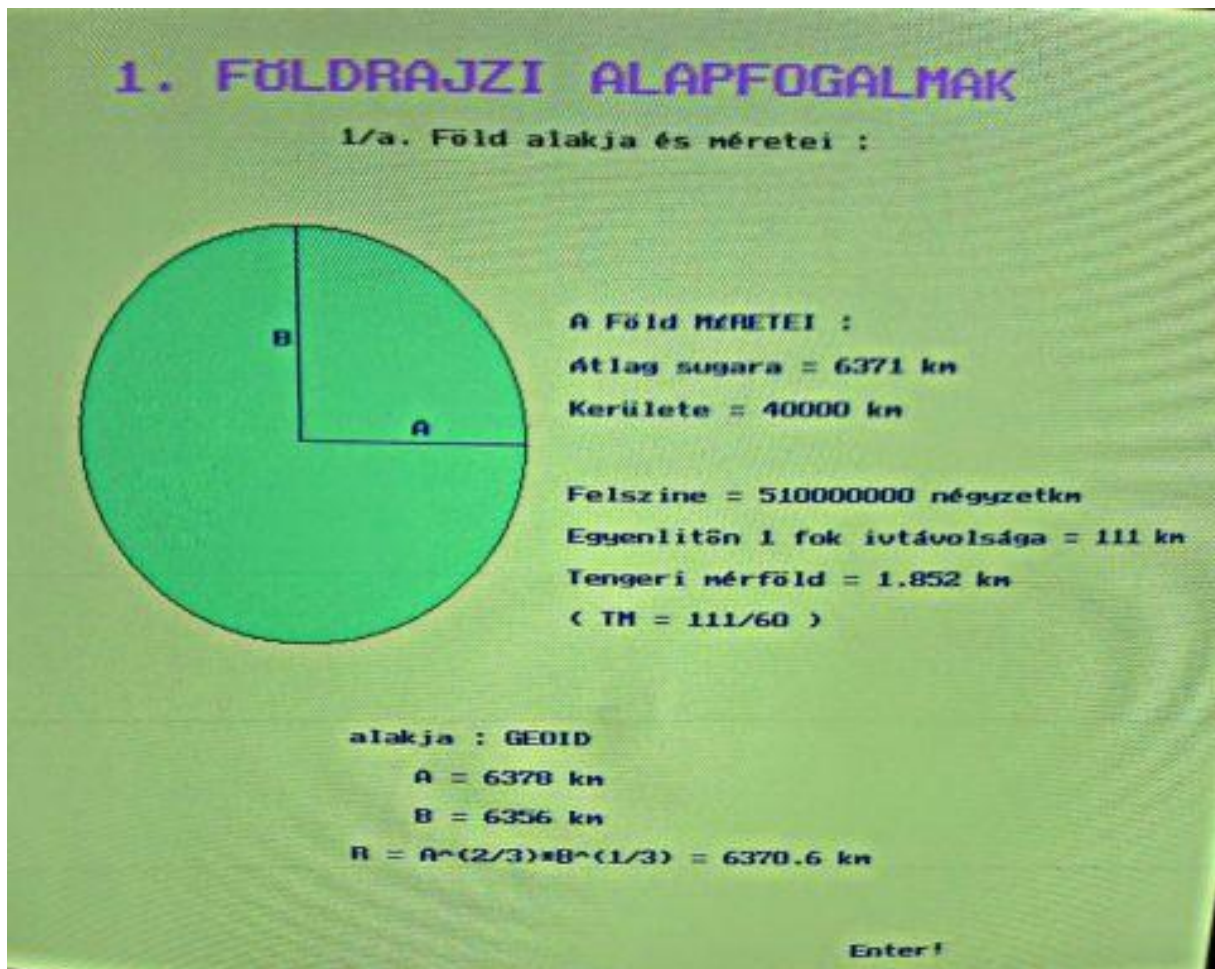
Ebből következik, hogy a Föld forgási tengelye a sarkok lapultsága miatt nem egészen 43 kilométerrel rövidebb az Egyenlítő átmérőjénél, ezért a Földet gyakorlatilag gömbnek tekinthetjük.

A gömb, valamint az ellipszoid térfogatképleteiből ki lehet számítani a földsugarat, amelyet a légi tájékozódási számítások során nemzetközileg is elfogadtak.

A két térfogat összehasonlításából ($V_g = V_e$) kapjuk:

$$R = \sqrt[3]{a^2 b} = 6370.6 \text{ km}$$

Ezek szerint a Föld sugara: **R = 6370,6 km**, gyakorlatilag R = 6371 km –nek tekinthetjük.



4. ábra. Földrajzi alapfogalmak¹

2. Navigációs elemek

A repülés navigációs elemei:

A légi tájékozódáshoz a repülőgép személyzetének a repülés minden pillanatában ismernie kell a gép tartózkodási helyét (földrajzi koordináták, magasság), a repülés irányát, a célhoz vezető pontos útvonalat, a repülés sebességét és még sok más nélkülözhetetlen adatot. Ezek együttesen a navigációs

¹ Az ábrák a futóprogramból lettek kivéve.

elemek, más szóval azok az értékmennyiségek, amelyek meghatározzák a repülőgép tartózkodási helyét. **Felsorolása:** - a repülés irányszöge;

- a repülés iránya;
- a repülés sebessége, idő, út;
- a repülés magassága;
- a repülési útvonal.

Navigáláson általában a légi vagy a vízi járművek mindenkori helyzetének meghatározását és a kívánt irányba való vezetését értjük.

Navigáció fogalma: a gépszemélyzet azon összetett tevékenysége, amely arra irányul, hogy a repülő szerkezetet a megadott időben, a megadott útvonalon egyik pontból a másikba vezesse.

2. NAVIGÁCIÓS ELEMÉK

2/a. Fogalma :
Azok az értékmennyiségek, amelyek meghatározzák a repülőgép tartózkodási helyét.

2/b. Felsorolása :

- 2/b/1. A repülés irányszöge
- 2/b/2. A repülés iránya
- 2/b/3. A repülési sebesség, idő és út
- 2/b/4. A repülés magassága

2/b/1. A repülés irányszöge :

FOGALMA :
Azok az irányszögek, amelyeket az útvonalhoz viszonyítunk.

TI: Térképírányszög

MTI: Mágneses térképírányszög

Összefüggések :

$$MTI = TI - dM = 78 - (-15) = 93^\circ$$
$$TI = MTI + dM = 93 + (-15) = 78^\circ$$

Enter!

5. ábra. Navigációs elemek, irányszögek

A repülés irányszögeit valamely Északi (FÉ, MÉ) irányvonal és az útvonal között mérjük, ezek a Térképírányszög és a Mágneses térképírányszög. A közöttük levő különbség a dM, vagyis a mágneses elhajlás, vagyis a deklináció. Megjegyzés: továbbiakban „d” a görög deltát helyettesíti.

A deklináció előjele +, ha a MÉ jobbra van a FÉ -től és negatív az előjel, ha a MÉ balra van a FÉ -től.

A mágneses irányszöget megkapjuk, ha térképírányszögből levonjuk a deklinációt: $MTI = TI - dM$.

A repülés irányait a repülőgép hossz tengelyéhez viszonyítjuk és valamelyik Északtól mérjük.

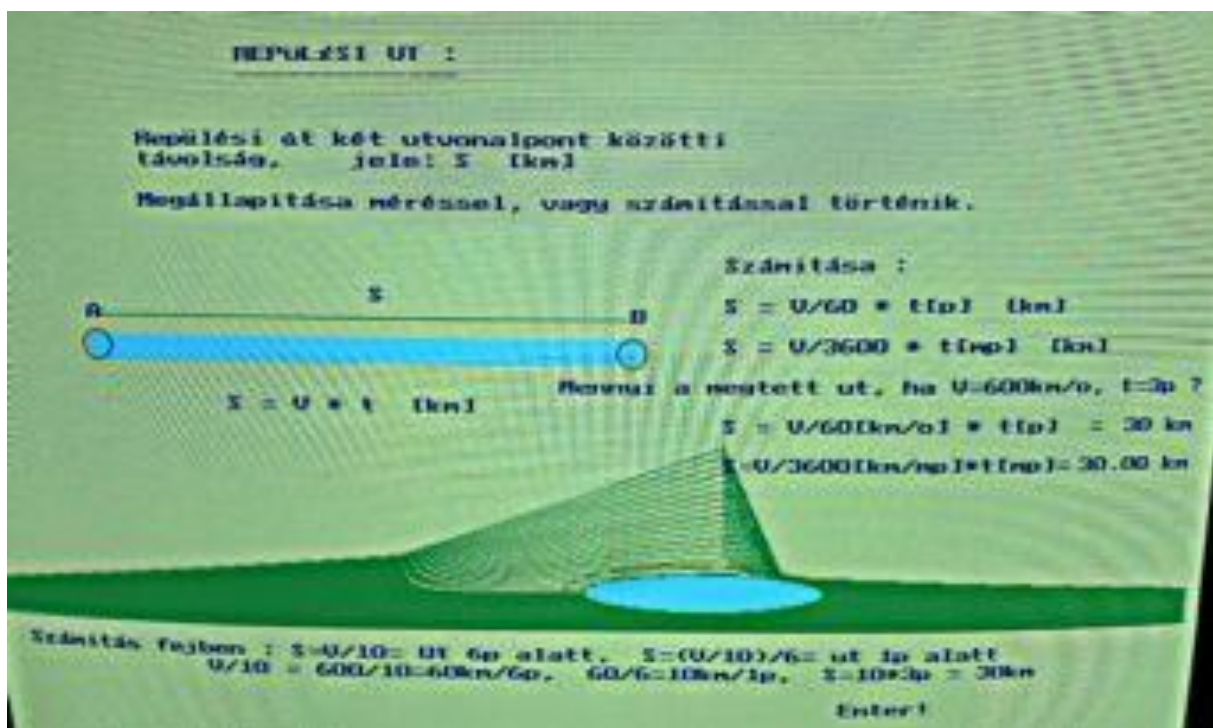


A harmadik irány az Iránytűirány (II), ekkor a deviációt (dD) is figyelembe vesszük.

6. ábra. Repülés irányjai

A deviáció az iránytű hibájából származik, létrejön az IránytűÉszak (IÉ). $II = GTI - dM - dD$.

Következő téma a repülési sebesség jele: V, a repülési idő jele: t, és a repülési út jele: S. $S = V * t$.



7. ábra. Repülési út

A repülési út számítása történhet: papíron, fejben, vagy navigációs számológéppel.

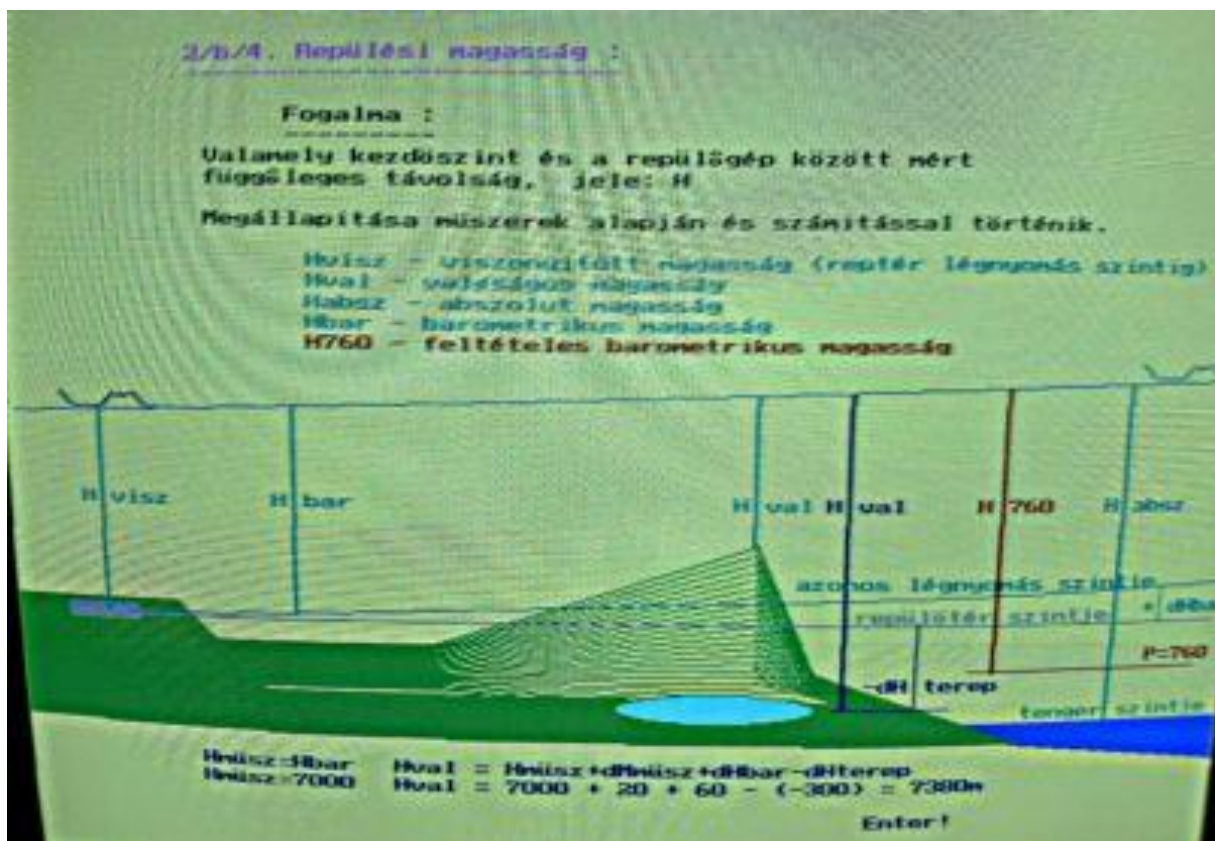
Repülés magassága:

A repülési magasság az a függőleges távolság, amely meghatározott számítási alapszinttől a repülőgépig terjed.

A légi navigáció során használt repülési magasságok a következők:

- *Abszolút magasság (Habsz).* A tengerszint és a repülőgép között mért függőleges távolság.
- *Barometrikus magasság (Hbar).* Az azonos légköri nyomásszint és a repülőgép közötti függőleges távolság.
- *Feltételes barometrikus magasság (H760).* A 760 Hgmm-es feltételes légköri nyomáshoz viszonyított magasság. Az útvonalrepülés során a magassági elkülönítésnél van külön jelentősége.
- *Viszonyított magasság (Hvisz).* A repülőtér szintje és a repülőgép között mért függőleges távolság.
- *Valóságos magasság (Hval).* A repülőgép és a földfelszín repülőgép alatt levő pontja közötti függőleges távolság.

Most nézzük meg egy ábrán a fenti magasságokat:



8. ábra. Repülési magasságok

Áttérünk a harmadik fejezet tárgyalására:

3. A szél hatása a repülésre

A szél fogalma: A levegő közel vízszintes mozgását szélnek nevezzük.

A szél hatására a repülési sebesség, a repülési idő és a repülési útvonal megváltozik, ennek mértéke és iránya függ a szél sebességétől (u) és irányától.

Kétféle szélirányt különböztetünk meg: a meteorológiai szélirányt (ahonnan a szél fúj, $dmet$) és a navigációs szélirányt (ahová a szél fúj, $dnav$).

3/a. Szél :
A levegő közel vízszintes irányú mozgását szélnek nevezzük.
A szélssebesség jele: u , a szélirány jele: $dmet$ és $dnav$.

3/b. A szélirány értelmezése :
Meteorológiai szélirány: ahonnan a szél fúj.
Navigációs szélirány: ahová a szél fúj.

3/c. ábrázolása :

Ff Mz
 dM
 u $dnav$ $dmet$ Szél

$dmet$: a földrajzi észak és a szélvektora által bezárt szög
 $dnav$: mágneses észak és a szélvektora által bezárt szög

Összefüggések :
 $dnav = dmet - 180 - dM$
 $dnav = 300 - 180 - (+15) = 105^\circ$

Enter!

9. ábra. A szél hatása a repülésre

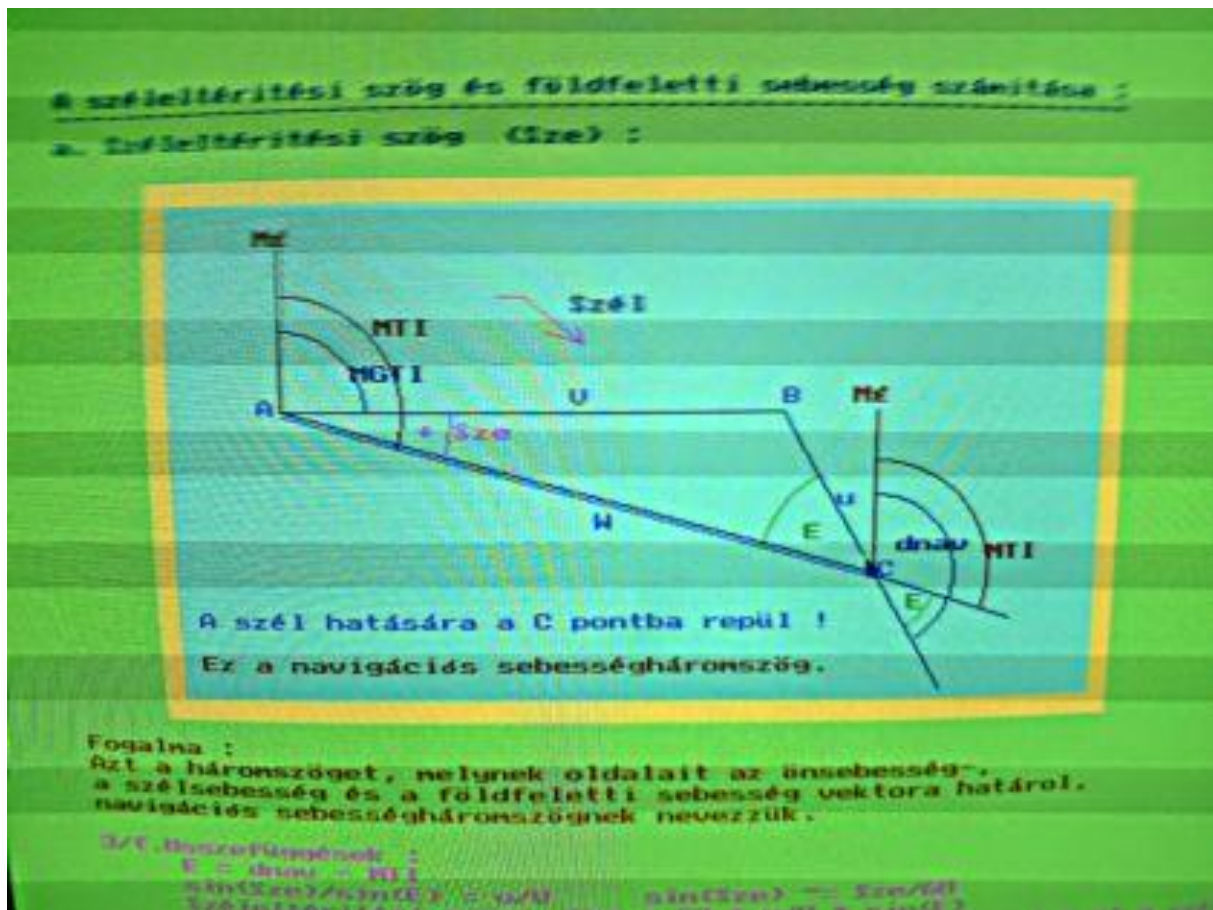
A szél iránya és nagysága hatással van a földfeletti sebességre (W). A földfeletti sebesség lehet nagyobb, vagy kisebb az önsebességnél, így megváltozhat a repülési idő és a repülési út.

A szélssebesség jele: u , melynek vektora hozzáadódik az önsebesség vektorához.

Képlete: $W = V + - u$.

Amennyiben oldalról fúj a szél és nem tartunk ellene, a repülőgépet eltéríti a tervezett útvonaltól.

Az eltérés nagysága függ az önsebességtől is, ezért azt gondolhatnánk, hogy nagy sebességű repülőgépeknél ez elhanyagolható. Ez nem így van, mivel ezek a gépek általában nagy magasságban repülnek, itt pedig jelentős nagyságú szelek vannak, akár 100, 150 km/ó is lehet a szélssebesség.



10. ábra. Navigációs sebesség háromszög

A fenti ábrán a V az önsebesség és az u a szélesebesség adott, az Sze szélleltérítési szöget, a W földfeletti sebességet és az E (epsilon) szöget ki kell számolni.

$$E = dnaw - MTI, \quad V/u = \sin E / \sin Sze, \quad \sin Sze = u \cdot \sin E / V, \quad \mathbf{Sze} = u / V \cdot \sin E$$

Az Sze előjele $+$, ha a szél jobbra visz el a tervezett útvonaltól, ha balra visz el az Sze előjele negatív.

$$W = V \cdot \cos Sze + u \cdot \cos E, \quad \mathbf{W} = \mathbf{V} + \mathbf{u} \cdot \cos E$$

Felszállás előtt az aktuális széladatok alapján ezeket kiszámítjuk és ennek megfelelően számoljuk ki az iránytűirányt és a repülési időt.

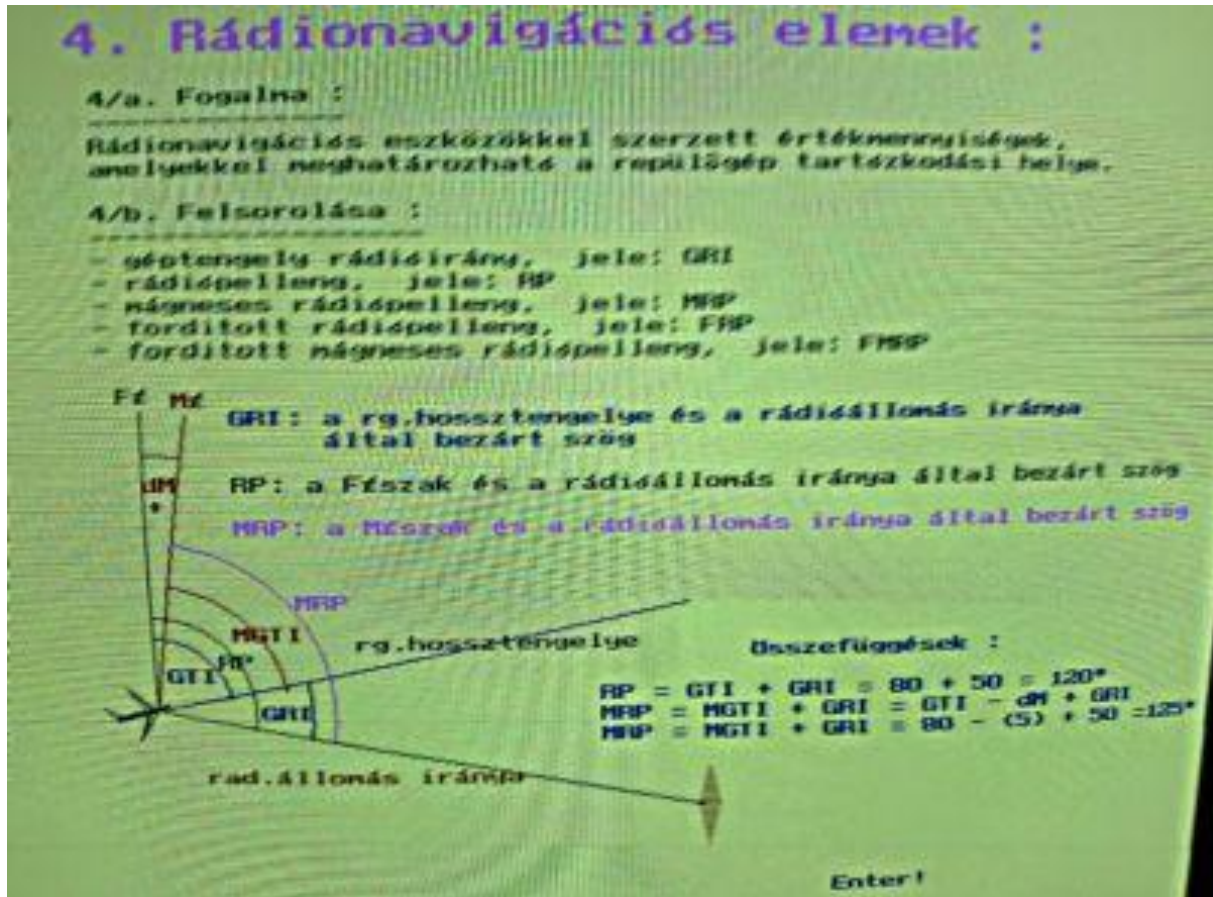
4. Rádió navigációs elemek

A légi tájékozódás során a repülőgép tartózkodási helyének megállapításánál jelentős szerepe van a földön levő rádió navigációs eszközöknek és a fedélzeten levő rádió navigációs műszereknek. Ezek segítségével állapítjuk meg a rádió navigációs elemeket.

A rádió navigáció elemei:

- Géptengely rádióirány (GRI). A repülőgép hossz tengelye és a rádióállomás iránya által bezárt szög, az automatikus rádióiránytű jelzőműszer külső gyűrűjén olvasható le.
- Rádiópeleng és mágneses rádiópeleng (RP, MRP). A repülőgép helyén átmenő földrajzi, (mágneses) Észak iránya és a rádióállomás iránya által bezárt szög. $MRP = GTI + GRI + dM$.

- Fordított rádiópeleng és fordított mágneses rádiópeleng (FRP, FMRP). A rádióállomás helyén átmenő földrajzi, (mágneses) Észak iránya és a repülőgép iránya által bezárt szög.
FMRP=MGTI+GRI+, -180 fok.



11. ábra. Rádionavigációs elemek

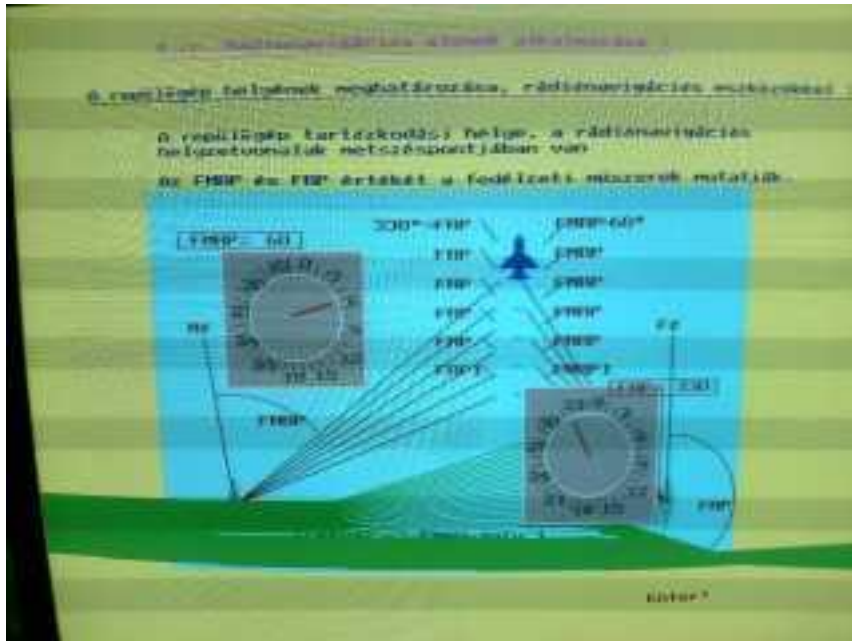
A programban van egy másik ábra is ami bemutatja a fordított rádiópelengeket és azok értelmezését. Ezt az ábrát hely hiányában nem mutatom be.

Néhány szót még a már említett automatikus rádióiránytűről:

A repülőgépen az egyik legfontosabb rádiótechnikai navigációs eszköz az automatikus iránymérő készülék, a rádióiránytű, vagy más néven a rádiókompassz. A pilótafülke műszerfalán elhelyezett fokbeosztásos műszerről minden pillanatban leolvashatjuk az irányadó rádióállomásnak a repülőgéphez viszonyított elhelyezkedését. Ezzel meghatározhatjuk a géptengely rádióirányát (GRI), amiből tudjuk hogy távolodunk, vagy közeledünk a rádióállomáshoz, illetve balra vagy jobbra vagyunk-e tőle.

Ez a műszer bonyolult időjárési viszonyok között segíti a végrehajtandó leszállást is, a műszeres leszállító rendszer (ILS), mint fő eszköz mellett.

Ez utóbbi berendezés fontos eszköze a fedélzetén, az úgynevezett VOR1 és VOR2 műszer, amelyek leszállás közben folyamatosan mutatják a repülőgép helyzetét a sikló pályához viszonyítva.



12. ábra. Rádiónavigációs elemek alkalmazása

A két helyzetvonal (FMRP) metszéspontja a repülőgép pillanatnyi tartózkodási helye.

5. Útvonal repülés

Az előző négy fejezet ismeretanyagával mintegy előkészítettük az útvonalrepülést, de e-mellett újabb ismeretek is szükségesek. Ilyenek például a repülési térkép előkészítése és az útvonal felfektetésének módja a térképre.

Meg kell ismernünk a fedélzeti naplót is, amely a legfontosabb útvonaladatokat tartalmazza. A program ezek kiszámításának és kitöltésének módját is bemutatja.

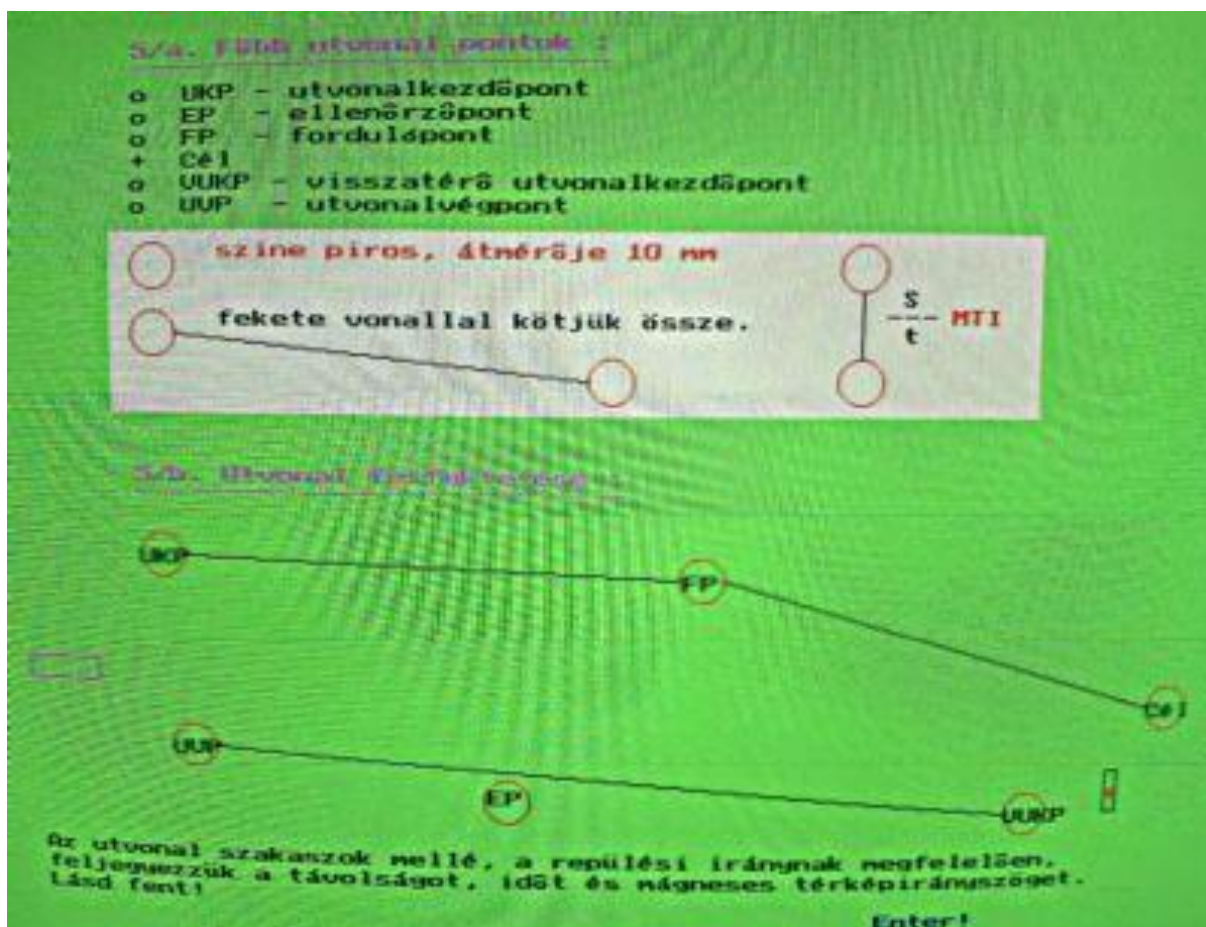
A program ismerteti a navigációs elemek és a rádiónavigációs elemek kiszámítását a konkrét útvonal szakaszokra, ezek felvitelét a széladatok figyelembevételével.

Az útvonal végrehajtása során ellenőrizni kell a repülőgép útvonalon történő helyzetét, a tervezett útvonaltól való eltérést és ezeket helyesbíteni kell. Az ellenőrzés és az eltérés helyesbítése történhetnek látás utáni tájékozódással és rádiónavigációs eszközök felhasználásával.

Az útvonal felfektetése és az útvonal végrehajtás során ennek módszereit is figyelembe kell venni:

- Irány szerinti útvonal ellenőrzés és helyesbítés látás után, ennek megfelelően a térkép előkészítése.
- Távolság szerinti ellenőrzés és helyesbítés látás után.
- Az útvonal irány szerinti ellenőrzése rádiónavigációs eszközökkel.
- Az útvonal távolság szerinti ellenőrzése oldalt fekvő rádióállomás alapján.
- Távolság szerinti ellenőrzés a rádióállomástól való távolság meghatározásával.
- Útvonal helyesbítése a sebesség, illetve az útvonal hosszának megváltoztatásával.

Ezek után nézzük meg az útvonal főbb pontjait és azok felfektetését a repülőterképre:

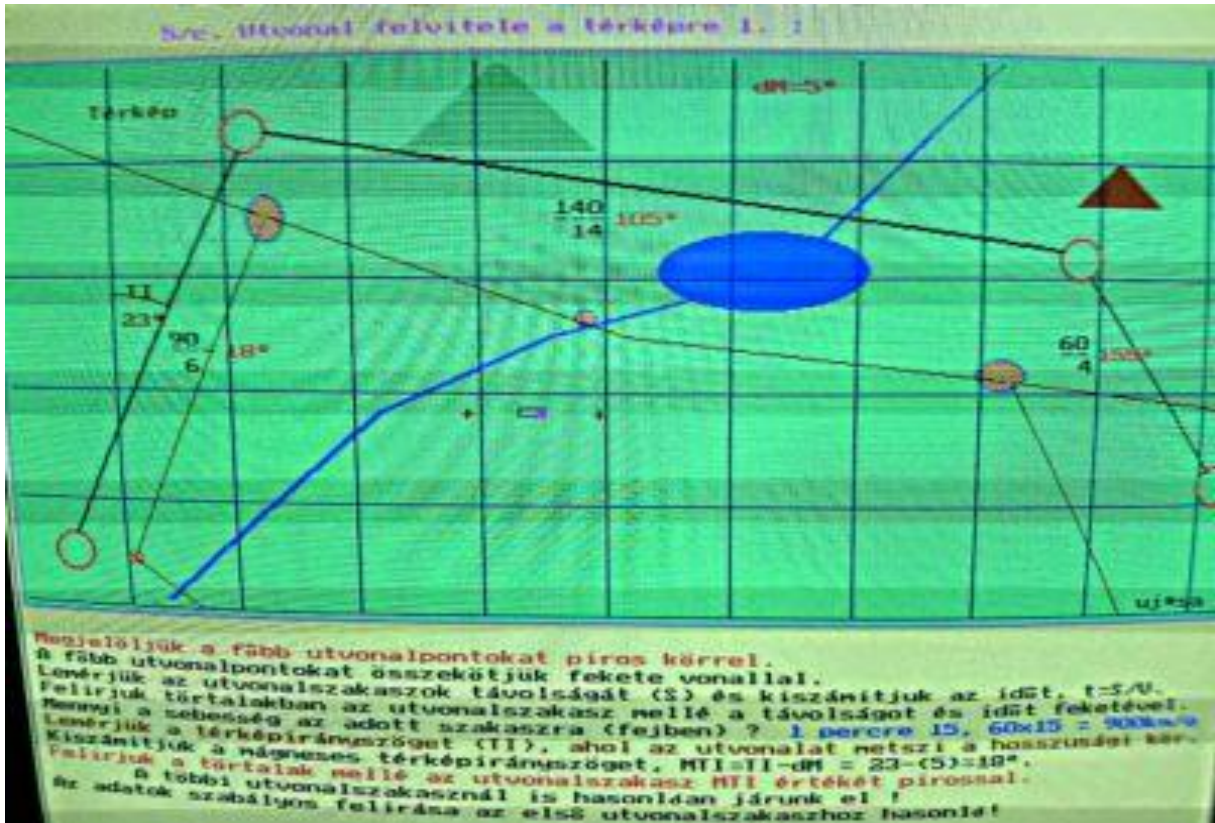


13. ábra. Az útvonal főbb pontjai

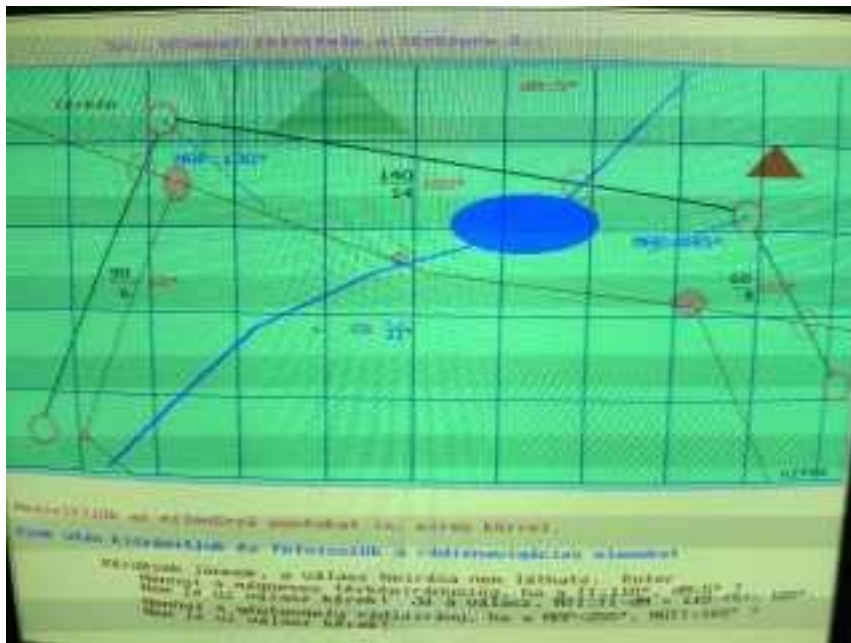
Amint látjuk, hatféle főbb útvonalpontot különböztetünk meg, amelyeket 10 mm átmérőjű piros színű körrel kell a repülőtérképen megjelölni. A fordulópontokat (FP) fekete vonallal kell összekötni. Az útvonal szakaszok jobb oldalára fekete színnel fel kell tüntetni számlálóban a szakasz távolságát (S), nevezőben a repülési idejét (t) az önsebesség (V) figyelembevételével. A törtvonaltól jobbra piros színnel a mágneses térképírányszöget (MTI) kell írni. Ezeket 10 mm nagyságú számokkal kell felvinni a térképre.

Néhány szó a térképekről: A négy színben (fekete, kék, barna, zöld) nyomtatott céltérképek, amelyek 1: 100 000 és 1: 200 000 méretarányúak, valamennyi település és út megtalálható rajtuk.

A repülőtérkép 1: 500 000 és 1: 1 000 000 méretarányú, az összes települési pont és valamennyi fontosabb út fel van tüntetve rajta. Megemlítjük még az 1: 1 000 000 méretarányban készülő útvonalterképet, amelyek az állandó légi útvonalakat tartalmazzák.



14. ábra. Az útvonal felvétele a térképre

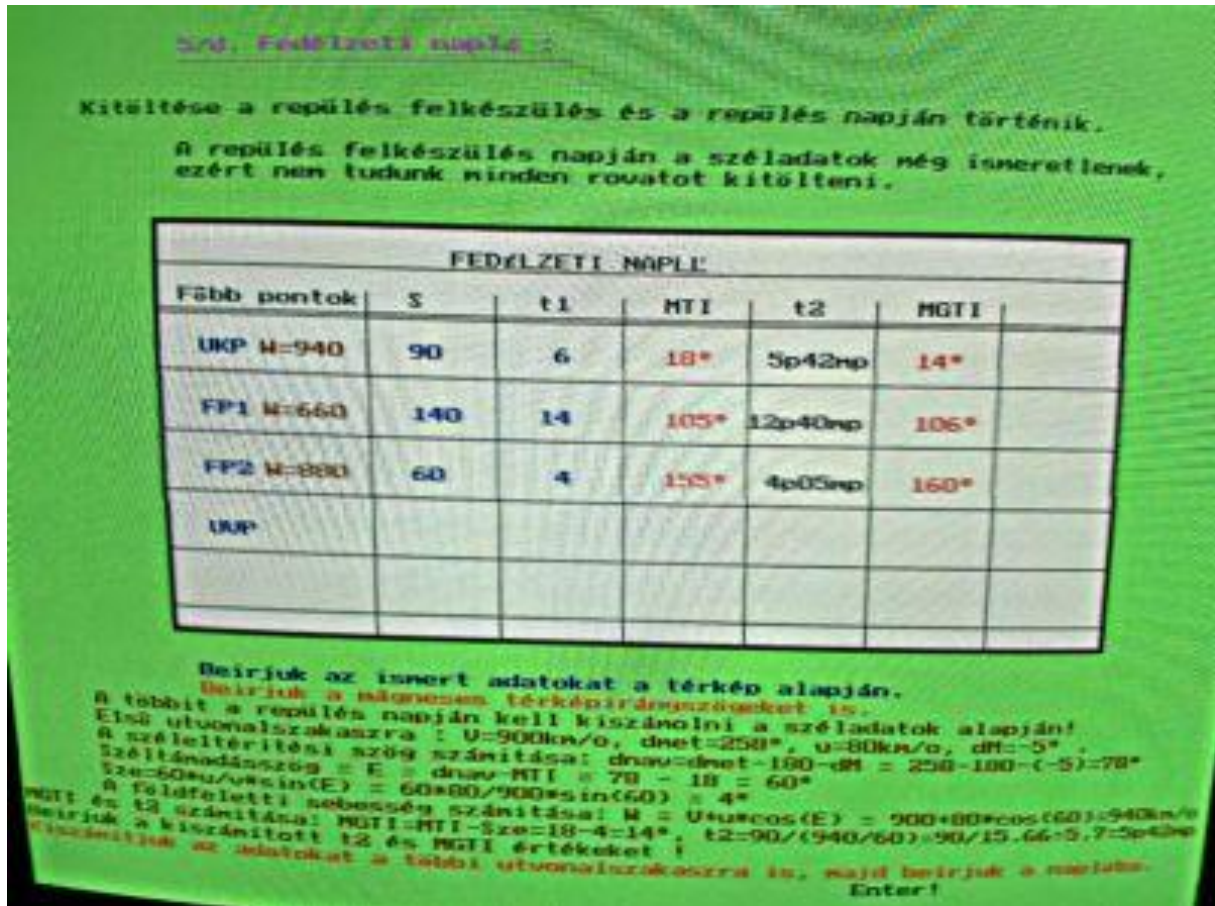


A mágneses rádiópelenget (MRP) kék színnel felvisszük a térképre, a fordulópontoknál (FP).

15. ábra. Az MRP felvétele az útvonalra

Ezek után a fedélzeti naplót kell kitölteni az útvonal szakaszonként kiszámított adatokkal: út, idő és mágneses térképírányzög (S, t, MTI).

Felszállás előtt a konkrét széladatok birtokában kiszámítjuk a tényleges repülési időt (t_2) és az Sze értékét, ez utóbbival helyesbítjük az **MTI**-t, és az így kapott mágneses géptengelyirányt (**MGTI**) és t_2 értékét beírjuk a fedélzeti napló utolsó két rovatába, útvonal szakaszonként.



16. ábra. A fedélzeti napló kitöltve

Az előadásban szereplő ábrák a navigáció alapjait oktató futtatott programból lettek kivéve!

A programról még: A navigáció alapjait oktató program formailag és tartalmilag a fokozatosság elvére épül. Az első négy fejezet az ötödiket, az útvonal repülés fejezetét készíti elő, amely az új ismeretek mellett integrálja az előző fejezetek lényegét.

A program interaktív, amely a fejezetek végén párbeszédés formában röviden visszakérdez és a témával kapcsolatos főbb ismeretek bevésésére törekszik.

A program néhány elmélyült tanulmányozása biztosítja az útvonalrepüléssel kapcsolatos légi navigációs ismeretek elsajátítását kezdők számára, illetve az anyag átismétlését az ebben jártasoknak.

A program kódja megközelítően 1300 utasítás sorból áll. A futtatható programot teszteltem: DOS 6.22, Windows 98, Windows2000, és Windows XP operációsrendszer alatt. Ez utóbbi három operációs rendszerben a program DOS ablakban fut.

A légi navigáció alapjait oktató program állományai a „NAVIGOKT” könyvtárban vannak elhelyezve, ezt kinyitva a run.bat fájlra klikkelve indul. A bejelentkező animációs képből az Escape –val lehet tovább lépni, majd a Nyitóképből az Enterrel.

A főmenüben és az almenü fejezeteiben a funkcióbillentyűkkel lehet közlekedni (F1 – F9).

A programból kilépni csak a teljes program végén lehet, illetve a fejezetek végén az F10 billentyűvel visszakerülünk a főmenübe. A főmenüből véglegesen az Esc billentyűvel lehet kilépni, ekkor egy Záró képet látunk, itt a program az Enter billentyű lenyomására fejeződik be.

Az oktató programot a bemutató előadásomat követően, floppy lemezen átadom az illetékes tanszéknek felhasználásra.

Az oktató program véleményem szerint felhasználható a HM oktatási intézeteiben a repülőgép vezetők és repülésirányítók képzésében tanórákon, illetve az önképzések során.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Légitájékoztató szakutasítás Re/16. HM, Budapest 1963.
- [2] PÁLFFY ISTVÁN: Tájékoztató a vízen, a levegőben és a kozmoszban. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1979.
- [3] Dr. Nagy Sándor: DIDAKTIKA. Tankönyvkiadó, Budapest, 1967.
- [4] Dr. Nánási Miklós: Pedagógia. Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [5] BENKŐ TIBORNÉ: Programozzunk Turbo Pascal nyelven! ComputerBooks, Budapest, 1993.
- [6] BENKŐ TIBORNÉ – HEGEDŰS ANDRÁS: IBM PC Programozása Turbo Pascal Nyelven. BME Mérnöktovábbképző Intézet, Budapest, 1992.
- [7] PIRKÓ JÓZSEF: TURBO PASCAL 7.0 . LSI Oktatóközpont, Budapest, 1993.



Varga Attila alezredes

A KÖZVETLEN LÉGI TÁMOGATÁS ÚJ KONCEPCIÓJA (ÖSSZEFÜGGÉSEK)

Az 1991-es esztendő forradalmi változásokat hozott a globális és az európai biztonság területén. Megszűnt a Varsói Szerződés, felbomlott a Szovjetunió, s ezzel együtt véget ért a hidegháború több mint négy évtizedes korszaka. Új, reményteljes korszak kezdődött az európai népek életében, amelyet leginkább a közép- és kelet-európai államokban végbemenő társadalmi és gazdasági változások; a demokratikus társadalmi rend és törvénykezés kiépítésére, valamint az emberi jogok tiszteletben tartására és a piacgazdaság kialakítására irányuló törekvés jellemez. Teljesen megváltoztak az Európa biztonságát veszélyeztető kihívások. Erről így nyilatkoztak a NATO-vezetők Rómában, az 1991 novemberében elfogadott stratégiai koncepcióban¹: „...A NATO biztonságát érintő kihívások és kockázatok napjainkban természetüket illetően eltérőek a múltban meglévőktől. Az egyidejű általános méretű támadás veszélye a NATO valamennyi európai frontján valóban megszűnt és így az nem is képezi többé a szövetséges stratégia kiindulópontját...” Megkezdődött a biztonságot érintő kihívások és kockázatok feltárása és tanulmányozása mind a NATO, mind az egyes tagállamok és tagságra törekvő államok szakértői részéről. Megállapították, hogy ezek a kihívások és kockázatok a korábbiaktól jellegükben eltérőek és többirányúak, ami nehezíti felismerésüket és kezelésüket.

KIHÍVÁSOK, KOCKÁZATOK, FENYEGETÉSEK

A fegyveres erők felkészítése ezeknek a kihívásoknak és kockázatoknak az elhárítására és kivédésére új elveket, új módszereket és eszközöket követel. A XXI. századba lépő emberiség jelentős, esetenként forradalminak nevezhető változások tanúja és alanya úgy a politika és a gazdaság, mint a társadalmi élet más fontos területein, ideértve a biztonság egyént és társadalmat érintő kihívásait is, különösen a világ különböző térségeiben dúló háborúkat és fegyveres konfliktusokat. A bipoláris – és könnyen ellenőrizhető – veszélyeket felváltották a hirtelen felszínre törő, nehezen prognosztizálható és nehezen kezelhető regionális és helyi konfliktusok. Gondoljunk csak a délszláv és az északír válságra, a baltikumi, a grúziai és a csecsenföldi fegyveres összecsapásokra. Ezek mellett nem hagyhatók figyelmen kívül azok az Európán kívül zajló vagy lappangó konfliktusok sem, amelyek a Közel-Kelet, a Távol-Kelet, Latin-Amerika és Afrika számos országát és nemzetét, nemzetiségét érintik. Az új évezred első századában várható biztonsági kihívások, fegyveres konfliktusok és háborúk prognosztizálása már az 1990-es években megkezdődött mind az egyes államok, mind a katonapolitikai szövetségek szakértői,

¹ Az Észak-atlanti Szerződés Szervezetének stratégiai koncepciója, 8. cikk, Róma, 1991. november 7-8.

valamint a biztonsággal foglalkozó nemzetközi tekintélyek részéről. Ezek a prognózisok hosszas viták és elemzések után az államok és szövetségek hivatalos dokumentumaiban úgy jelentek meg, mint amelyek kezelésére, elhárítására vagy kivédésére az adott államnak vagy szövetségnek fel kell készülnie. Az államok és szövetségek felelős vezetői nem elégedtek meg az egyszeri ténymegállapítással és annak hivatalos okmányban való közzétételével, hanem következetesen figyelemmel kísérték az egyes kihívások és konfliktusok, valamint háborúk folyamatát, alakulását, és abból következtetéseket vontak le, s ezekből eredően pedig újabb feladatokat határoztak meg a polgári és a katonai szféra számára.

HADVISELÉS A 21. SZÁZADBAN – A MODERN HADERŐ²

Ma a világban egymás mellett léteznek premodern, modern és posztmodern társadalmak, amelyek viszonya a konfliktusok megoldásához és a hadviseléshez gyökeresen eltér. A premodern társadalmakban a konfliktusok megoldásának alapvető legitím eszköze az erő alkalmazása, míg ezekben a társadalmakban a kompromisszum csak a gyengeség jeleként értékelődik és minden megállapodás csupán időleges, amely a konfliktust nem az egyik fél teljes megalégedésére és a másik fél vereségével zárja le. Ugyanakkor a modern és még inkább a posztmodern társadalmakban – a társadalmakon belül és társadalmak között egyaránt – a konfliktusok megoldásának alapvető eszköze a kompromisszum- és konszenzus-keresés, a tárgyalás, és a megállapodások rendszerint egyik felet sem elégitik ki teljes mértékben, de mindkét fél többnyire elégedett azzal, hogy megállapodtak, megoldották a konfliktust és nem csak erőgyűjtésre használja fel a tárgyalásos megoldás kínálta szünetet. Ebből következik, hogy ezek az eltérő minőségű társadalmak nem igazán képesek kommunikálni egymással, ugyanazokat a tényeket eltérően értelmezik és a létrejövő megállapodások legjobb esetben is csak ideiglenesek. Maga a hadviselés is tükrözi ezeket a különbségeket. A XXI. században a szemben álló felek között óriási különbségek lehetnek nemcsak civilizációs tekintetben és a társadalmi fejlettség szintjét tekintve, hanem a hadviselésben alkalmazott elvek, eljárások, fegyverzetek, a háború alapvető szabályainak tekintetében is. Ráadásul ezek az eltérések nem is mindig szimmetrikusak, azaz a premodern társadalmak elveit alkalmazó erők rendelkezhetnek a posztmodern társadalmak fegyvereivel is. Ez hihetetlen veszélyeket hordoz magában. A történelem korábbi időszakaiban ugyanis azok a társadalmak és hadseregek, amelyek a premodern viszonyoknak megfelelően viszonyultak az emberi élet értékéhez, és ennek megfelelően teljesen gátlástalanul alkalmazták a rendelkezésükre álló haditechnikát, a technika akkori fejlettségéből adódóan csak igen korlátozott pusztítást voltak képesek elérni. Ma ez nem így van: az emberi életet semmibe vevő kultúrákhoz tartozó erők is rendelkezhetnek az emberiség megsemmisítésére alkalmas fegyverekkel, és saját eljárásaik és elveik alapján semmi ok nincs annak feltételezésére, hogy azokat ne alkalmazzák, ha rendelkezésükre állna és azt érdekeik úgy kívánják. Ennek megfelelően *a posztmodern országok hadseregeinek minden lehetséges háborúfajta megvívására készen kell állniuk*, hiszen sose tudhatjuk,

² Dr. DEÁK, János: Napjaink és a jövő háborúja, HADTUDOMÁNY-HADÜGY, 2005/1.

hogyan az ellenség milyen harcmodort fog alkalmazni. Ez, természetesen, nem azt jelenti, hogy nekünk mindig pontosan ugyanolyan erők és eljárások alkalmazásával kell válaszolnunk, mint amit az ellenség alkalmaz, de azt igen, hogy *rendelkeznünk kell mindenfajta kihívásra adandó válasszal, beleértve a háború megvívásához szükséges erőket, fegyverzeteket, felszerelést, kiképzést és eljárásokat is*. Ez hihetetlen rugalmasságot követel mind a politikusoktól, mind pedig a katonáktól. A politikai vezetésnek tudomásul kell vennie, hogy számos – korábban axiómának tekintett – elvet felül kell vizsgálni és eközben fokozott figyelmet kell fordítani arra, hogy a védekezés jegyében ne sérüljenek súlyosan alapvető szabadságjogaink.

A MAGYAR KÖZTÁRSASÁG NEMZETI KATONAI STRATÉGIÁJA³

A világ és a nemzetközi erőviszonyrendszer alapvető változáson megy keresztül. A globalizáció hat a társadalom minden területére, a biztonság fogalma átfogóbb értelmezést kap. Egyre inkább elválaszthatatlan egymástól közvetlen környezetünk, a régió, a kontinens és a távolabbi térségek biztonsága és stabilitása. A kollektív védelemlapja, a transzatlanti biztonság elsődleges szervezete az Észak-atlanti Szerződés Szervezete (NATO). Kulcsfontosságú gazdasági és politikai szereplő az Európai Unió (EU) is, amely katonai és polgári válságkezelő képességével ugyancsak hozzájárul a nemzetközi biztonsági környezet alakításához. Az EU külpolitikájának és biztonságpolitikájának fontos eleme a szilárd transzatlanti kapcsolat. A Magyar Köztársaság biztonsági helyzete stabil, hazánk tagja a NATO-nak és az EU-nak is. A Magyar Köztársaságot belátható időn belül hagyományos jellegű fegyveres támadás veszélye nem fenyegeti, annak bekövetkezése hosszabb távon is alacsony valószínűségű. A NATO és az EU bővítésével a szomszéd országok többsége vagy az egyik, vagy mindkét szervezet tagállamává vált. A bővítésből még kimaradt szomszéd államok többsége is kifejezte csatlakozási szándékát az euro-atlanti szervezetekhez, ami tovább erősíti a régió biztonságát. A Magyar Köztársaság biztonságát azonban globális, regionális és a közvetlen környezetből származó fenyegetések, kockázatok és kihívások befolyásolhatják, amelyek akár egymást erősítve, egyidejűleg is megjelenhetnek. A hazánkhoz közeli térségek biztonsági helyzete viszonylag stabil. Ugyanakkor közvetlen közelünkben a Nyugat-Balkánon továbbra is jelen vannak az országokon belüli feszültségek, az országok közötti területi viták, nemzeti, etnikai, kisebbségi, vallási és gazdasági ellentétek, és növekszik a nem állami szervezetek biztonságra gyakorolt befolyása. Közvetlen környezetünkben kialakulhatnak olyan előre jelezhető válságok, konfliktusok, amelyeknek nem célja a magyar állam szuverenitásának, területi integritásának fenyegetése, azonban a határokhöz közeli cselekmények hazánk biztonságát is érinthetik. A Nyugat-Balkán egyes országainak stabilizációja továbbra is igényli a nemzetközi válságkezelő erők jelenlétét és támogatását. A Magyar Köztársaság biztonságát a földrajzilag távolabb eső válságok közvetlenül is befolyásolják. A globalizáció hatásaként növekszik az országok kölcsönös függősége, biztonságukat és stabilitásukat is

³ 1009/2009. (I. 30.) Korm. határozat

egyre erősebben befolyásolja a világ más részeinek stabilitása, vagy annak hiánya. A válságokkal terhelt régiókban igen rövid előrejelzési idővel törhetnek ki az országokon belüli és országok közötti fegyveres konfliktusok. A konfliktusok megoldása a nemzetközi közösség közreműködését igényelheti, ezért a katonai erő várható alkalmazásának mind kevésbé szab korlátot a földrajzi távolság. A globális biztonságot befolyásoló tényezők közül a Magyar Köztársaság biztonságára potenciális fenyegetést jelent a nemzetközi terrorizmus. Terrortámadások végrehajtása elsősorban a Magyar Honvédség válságkörzetekben szolgálatot teljesítő erői ellen valószínű. A nemzetközi terrorizmus figyelemfelkeltő és létezését demonstráló törekvése következtében ugyanakkor növekedhet egyes hazai objektumok, valamint az országba települt NATO- és EU-létesítmények, szervezetek potenciális fenyegetettsége is. A Magyar Köztársaság biztonságára potenciális fenyegetést jelent a tömegpusztító fegyverek, valamint a célba juttatásukhoz szükséges eszközök és technológiák ellenőrizetlen terjedése is, különösen azoknak a terrorista szervezetek általi megszerzése és lehetséges alkalmazása. Katonai eszközöket is igényelhet azoknak a válságoknak a kezelése, amelyek alapja az energiához és a stratégiai nyersanyagokhoz történő akadálytalan hozzáférés biztosítása, a kábítószerterjedése, a klímaváltozás, a világ egyes régióinak túlnépesedése, a politikai és a vallási szélsőségek terjedése.

MŰVELETI TAPASZTALATOK

Irak

Az iraki hadműveletek során a szövetséges légierőt rendkívül sikeresen alkalmazták vezetés-irányítás megbénításában, a csapatok manőverező képességének megakadályozásában, a Köztársasági Gárda erőinek megsemmisítésében és a városi harcokhoz nyújtott tűztámogatásban⁴.

1. A koalíciós légierő 36 275 bevetést, 14 050 légi csapást hajtott végre, 270 kutatási-mentési feladatban vett részt, 7 525 légi utántöltésre került sor.
2. Jelentősen javították levegő-föld fegyverek képességét (a homokvihár nem jelentett zavaró tényezőt), a precíziós csapásmérés eszközeiként kiválóan vizsgáztak a B-1, B-2, B-52, F-15 repülőgéptípusok.
3. Súlyos problémák merültek fel a Patriot rakéták ellenség-barát felismerő rendszerével – előfordult, hogy az amerikai pilóta észlelte a bemérést és tüzet nyitott a Patriot ütegre. Ennek megfelelően a jövőben kiemelt feladatot képez a barát-ellenség felismerő rendszer fejlesztése.
4. Az iraki légvédelem semlegesítését nagymértékben segítette az Öböl-háborút követő repülés tilalmi zónák kijelölése. A feladatot 45 repülőgép és 1 400 fő oldotta meg. Az iraki légvédelem hatékonyságát nagymértékben rontotta, hogy a tilalmi zónában a szövetséges erők szinte naponta

⁴ KIS-BENEDEK, József: Az iraki háború tanulságai, Bólyai Szemle, 2003. XII. évfolyam 3. szám

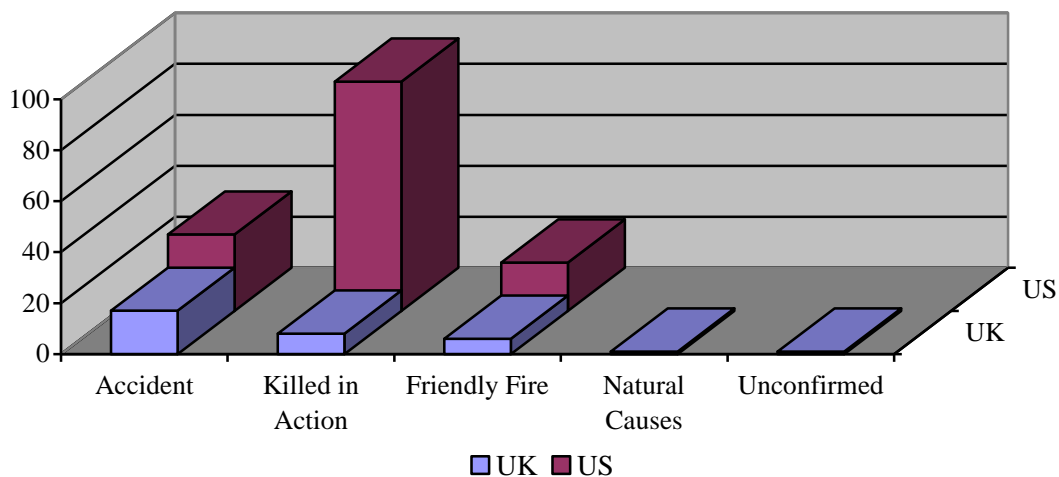
légicsapásokat hajtottak végre, a katonai műveletek beindulása előtt ez a tevékenység különösen intenzívvé vált.

5. Az AH-64 (Apache) helikopterek a harci tapasztalatok szerint további fejlesztést igényelnek a páncélvédettség terén, mert egyet kézifegyverrel lőttek le az irakiak és további 30-at kézifegyverekből kilőtt lövedék találta el.

6. A manőverező robotrepülőgépek, valamint a precíziós bombák a sokkolás és a megfélemlítés eszközei voltak. Az Öböl-háborúban hat hét alatt 9 250 db precíziós bombát vetettek be, míg az iraki háborúban négy hét alatt 18 ezer precíziós bomba került alkalmazásra. A manőverező robotrepülőgépek közül az Öböl-háborúban 300 db-ot, míg az iraki műveletekben 800 db-ot alkalmaztak.

7. Első alkalommal került sor a hadászati támadó repülőgépek és a manőverező robotrepülőgépek egyidejű alkalmazására. A manőverező robotrepülőgépeket a GPS képesség kifejlesztésével korszerűsítették, ennek eredményeképpen 2%-os hibával üzemeltek. A fejlesztés további iránya a repülés közbeni irányváltás (pályamódosítás) megvalósítása, az olcsóbb lőszer előállítás és az önmegsemmisítő képesség kifejlesztése.

8. A pilóta nélküli felderítő repülőgépek tíz típusát jó eredménnyel használták fel. 15 Predator állandóan a levegőben tartózkodott (ez az Egyesült Államok rendelkezésre álló készletének egyharmada) 7 500 méter magasságban – a felhasznált egyéb típusok: Global Hawk, Pointer, Hunter and Shadow, Dragon Eye.



1. ábra UK/US veszteségek az Operations TELIC iraki hadműveletben⁵

9. A pilóta nélküli eszközök felhasználásával és a légi támadó repülőgépeinek földi célokra történő kombinált rávezetésével valósult meg a légi városi harcban való alkalmazása. A hadműveletek tapasztalataként megállapítható, hogy a városi hadviselés légi támogatása

⁵ 23rd International Symposium on Military Operational Research, 29 August – 1 September 2006

megvalósítható, de csak erre a célra kifejlesztett fegyverrendszerekkel. Feltétlenül szükség van azonban a célok szárazföldi erők által történő megjelölésére. A csapások kiváltásához "rugalmasabb" löszerekre és a robotfelderítés megvalósítására van szükség, hogy a célmegjelöléskor a saját erők ne keveredjenek harcba.

10. A légi erők és a szárazföldi erők közötti tevékenységek koordinálására és az összeköttetésre Katarban az USCENTCOM⁶ bázisán egy 18 fős Légi Koordinációs Részleg került felállításra.

Afganisztán

Az Afganisztánban folyó katonai műveletek előkészítése és végrehajtása számos problémát vetett fel, amelyek közül a jelentősebbeket az alábbiakban lehet összefoglalni.⁷

1. Az afganisztáni műveletek során minden tekintetben a szélsőségek jellemzőek, extrém forróság és hideg, magashegyi és sivatagi körülmények, hirtelen változó klimatikus viszonyok stb., amelyek rendkívül megterhelik a műveletekben résztvevőket.

2. A közlekedési infrastruktúra hiányából adódóan a támogatás és utánpótlás nehézkes, az ellenséges erők/csoportok folyamatos akciói, rajtaütései miatt pedig egyre kockázatosabb. Az erők különböző helyszíneken, adott esetben igen kis létszámú csoportokban (különleges műveleti erők) változó intenzitású harci cselekményekben tevékenykednek, az erők azonnali áthelyezésének szükségessége, a légi mobilitás iránti igény jelentősen megnövekedett.

3. A nagy távolság és a valóságos helyzet pontos ismeretének hiánya gondot okoz a célok felderítése, a légicsapások és tüzérségi tűz kiváltása, a közvetlen légi támogatás valamint más harcászati szintű feladatok megoldása terén.

4. A szárazföldi erők nem összefüggő arcvonalon és harcrendben, sávhatárok között hajtják végre a harcadataikat, a harcérintkezés terepszakaszainak kijelölése, a műveletek folyamatosan változó intenzitása, a pontatlan helymeghatározás nehezíti a közvetlen légi támogatás feladatainak tervszerű és hatékony végrehajtását.

5. Az al-Kaida és a tálib erők rugalmasságát biztosítja, hogy nincs szükségük nagy, bonyolult infrastrukturális bázisokra, csupán olyan kisméretű épületekre és rejtékhelyekre, ahol a fegyvereiket tárolják és a robbanóanyaggal és más eszközökkel végrehajtandó akciókat előkészítik, ezért a precíziós csapásmérés képessége a hadszíntéri műveletek során nélkülözhetetlen.

6. Az „Operation ENDURING FREEDOM”⁸ művelet során bekövetkezett baráti tűz okozta veszteség miatt a USJFCOM⁹ a szárazföldi erők közvetlen légi támogatását hatástalannak és összehangolatlannak minősítette – ugyanakkor hangsúlyozta, hogy a műveletek végrehajtása a szárazföldi erők közvetlen légi támogatása nélkül lehetetlen.

⁶ United States Central Command – Az Egyesült Államok Központi Parancsnoksága

⁷ SOF on the Contemporary Battlefield, Military Review, Maj-Jun 2006

⁸ Tartós Szabadság Hadművelet

⁹ United States Joint Forces Command – Az Egyesült Államok Egyesített Parancsnoksága

7. Afganisztánban hosszan elhúzódó tevékenységgel kell számolni, ezért a nemzetek összefogása elengedhetetlenül szükséges a további műveletek végrehajtása, az ország helyzetének stabilizálása érdekében.

JTAC¹⁰ MoA¹¹

Az „Operation ENDURING FREEDOM” végrehajtása során a 2006. szeptember 4-én bekövetkezett baráti tűzben Pte. Mark Anthony Graham életét vesztette, több katona súlyosan megsérült. A USAF¹² A-10 Thunderbolt köteléke feltételezhetően tévedésből ellenséges csoportként azonosította, majd tüzet nyitott a tálib felkelők feltartóztatására kirendelt erőkre, melynek során a kanadai olimpikon belehalt sérüléseibe. Az eset széles sajtónyilvánossága, az iraki és afganisztáni műveletek tanulságai, a különböző szabványok nemzetenkénti eltérő értelmezése és alkalmazása arra készítette a Pentagon¹³ illetékeseit, hogy vizsgálják felül az előretolt repülésirányítók minősítésének minimum követelményeit, a vonatkozó szabványokat. Az USA haderőnemei előretolt repülésirányítói minősítésének egységesítésére kiadott JTAC MoA alapján megkezdődött a vonatkozó STANAG-3797 felülvizsgálata, melynek főbb változásai (követelményei) a következők:

- megszűnt a korábbi hármas minősítés (UT-LCR-CR¹⁴), helyébe a Certified¹⁵ és Qualified¹⁶ lép;
- minimum 12 rávezetés a kezdeti kiképzéshez, melyből:
 - minimum 8 rávezetés CAS¹⁷ repülőeszközzel;
 - minimum 2 rávezetés éles vagy gyakorló fegyverzettel;
 - minimum 2 rávezetés éjszaka;
- minimum 12 rávezetés évente a jártasság fenntartásához, melyből:
 - minimum 6 CAS repülőeszközzel;
 - minimum 1 rávezetés éles vagy gyakorló fegyverzettel;
 - minimum 2 rávezetés éjszaka.

A MAGYAR HONVÉDSÉG AMBÍCIÓ SZINTJE¹⁸

A Magyar Honvédségnek képesnek kell lennie a feladatok teljes spektrumában – a magas intenzitású harci műveletektől az alacsony intenzitású béketámogató és válságkezelő műveletekig bezárólag – tevékenykedni. A honvédelemről és a Magyar Honvédségről szóló 2004. évi CV. törvény 70. § (1)

¹⁰ Joint Terminal Attack Controller – a FAC (Forward Air Controller – Előretolt Repülésirányító) új definíciója

¹¹ Memorandum of Agreement – Egyetértési Megállapodás

¹² United States Air Force – Az Egyesült Államok légierője

¹³ Az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma

¹⁴ Under Training-Limited Combat Ready-Combat Ready

¹⁵ Képzett – a korábbi LCR-nek felel meg

¹⁶ Minősített – nappal és éjszaka hadrafogható

¹⁷ Close Air Support – közvetlen légi támogató

¹⁸ Miniszteri irányelvek a védelmi tervezéshez 2009-2018 85/2007. (HK 16.) HM utasítás

bekezdésben foglalt feladatai végrehajtására is figyelemmel, képesnek kell lennie – a magyar külpolitikai törekvésekhez igazodva – az ország határain kívül folytatott műveletekben egyidejűleg:

- egy dandár méretű erő hat havi harci, és egy zászlóalj méretű erő tartós (hat hónapon túli) nem harci körülmények közötti alkalmazására;

vagy

- egy zászlóalj méretű erő tartós (hat hónapon túli) harci, és egy zászlóalj méretű erő tartós (hat hónapon túli) nem harci jellegű tevékenységére.

A tervezés során az alábbiakat kell figyelembe venni:

- A Magyar Honvédség, illetve alegységei, egységei katonai feladatokat önállóan nem, hanem minden esetben valamilyen együttműködésben (szövetségi, EU-s, koalíciós) hajt végre;
- A Magyar Honvédségnek képesnek kell lennie a műveletek teljes spektrumában – a magas intenzitásútól az alacsony intenzitásúig, a harci műveletektől a válságkezelő és béketámogató műveletekig bezárólag – feladatot végrehajtani;
- Dandár szintű műveleti részvétellel maximum hat hónap időtartamban a NATO földrajzi területén vagy annak szomszédságában kell számolni;
- Zászlóalj és alacsonyabb szintű műveleti részvétellel – rotációval, maximum 6 ezer km távolságban – egy időben legfeljebb négy földrajzi helyszínen lehet számolni.

A műveletekben részt vevő alegységek logisztikai ellátásához szükséges képességek meghatározásánál figyelembe kell venni a többnemzeti megoldásokat.

A FELKÉSZÍTÉS HELYZETE

A haderő átalakítás eredményeként Előretolt Repülésirányító Csoportja (ERICS) került megalakításra az MH 86. Szolnok Helikopter Bázis alárendeltségében. A felajánlásoknak megfelelően a csoport külön terv szerint folytatja felkészülését és kiképzését az alaprendeltetésből adódó feladatai végrehajtására. A felkészítés az alábbi követelmények alapján történik:

- Harctéri irányító tisztek:
 - fizikai felkészítés;
 - általános lökiképzés;
 - tereptan;
 - harcászati;
 - idegen hadsereg ismeret;
 - harctéri irányítás szakképzés;
 - túlélő kiképzés;
 - Force Protection¹⁹ ismeretek;

¹⁹ Erők megóvása

- nyelvi felkészítés;
 - ejtőernyős felkészítés;
 - összekovácsolás.
- Híradó kezelő és harcjármű vezetők:
- fizikai felkészítés
 - általános lökiképzés;
 - tereptan;
 - harcászat;
 - idegen hadsereg ismeret;
 - harcjármű vezető szakkiképzés;
 - híradó szakkiképzés;
 - túlélő kiképzés;
 - Force Protection ismeretek;
 - nyelvi felkészítés;
 - ejtőernyős felkészítés;
 - összekovácsolás.

A csoport felkészítése a jóváhagyott terveknek megfelelően folytatódik, az L-39 és Mi-24 repülőeszközök alkalmazásával végrehajtott rávezetések megkezdése jelentős előrelépést jelentett a gyakorlati felkészítésben. Továbbra is megoldásra vár a csoport harcászati felkészítése, mely az új STANAG alapján csak minősített oktatókkal, akkreditált kiképző központtal rendelkező tagállamban lehetséges.

A NATO SZAKÉRTŐI CSOPORT LÁTOGATÁSÁNAK TAPASZTALATAI

A NATO ACT²⁰ MH Nemzeti Összekötő Képviselőlet kezdeményezésére az ACT és a USJFCOM vizsgálja a JTAC/FAC képesség kialakításának rövid és hosszú távú lehetőségeit. A magyarországi lehetőségek és körülmények feltérképezésére 2008. augusztus 17-23. között az ACT és a USJFCOM közös szakértői tanácsadó csoportja látogatást tett Magyarországon. A program folyamán a szakértői csoport tájékozódott a Magyar Honvédség feladatrendszeréről és ambíció szintjéről, a NATO felajánlások helyzetéről valamint az ERICS felkészítéséről. A szakértői csoport tagjai előadást hallgattak a következő témákban:

- az MH 86. Szolnok Helikopterbázis szervezeti felépítése, az ERICS helyzete, az eddig végrehajtott kiképzési feladatok, tanfolyamok;
- a Mi-24 harci helikopterek lehetőségei, felhasználásuk az ERICS felkészítés területén (elméleti és gyakorlati);

²⁰ Allied Command of Transformation – Szövetséges Transzformációs Parancsnokság

- az MH 34. Különleges Műveleti Zászlóalj szervezeti felépítése, a JTAC/FAC képesség jelenlegi helyzete a zászlóaljnál;
- a tüzérség felépítése az MH Összhaderőnemi Parancsnokság (MH ÖHP) alárendelt katonai szervezeteinél, a JTAC/FAC képesség jelenlegi helyzete;
- az MH Központi Gyakorló- és Lőtér felépítése, feladata és lehetőségei a kiképzés kiszolgálásában;
- az MH PBRT felépítése, fő feladatai, lehetőségei a kiképzés kiszolgálásában;
- az MH 59. Szentgyörgyi Dezső Repülőbázis szervezeti felépítése, az L-39 gyakorló és a JAS-39 Gripen harcászati repülőgép lehetőségei, CAS felkészítés jelenlegi helyzete.

A szakértői csoport előadásokat tartott a JTAC/FAC műveleti alkalmazása, az alapvető eszközök és felszerelések, illetve a kiképzés, a felkészítés és a vonatkozó dokumentumok témakörében Szolnokon, Székesfehérváron és Kecskeméten. Az egyhetes látogatás befejezéséeként a szakértői csoport a szerzett tapasztalatok alapján összefoglaló előadást tartott 2008. augusztus 22-én Budapesten a HM Hadműveleti és Kiképzési Főosztály (HM HKF) által szervezett szakértői megbeszélésen. A megbeszélésen részt vettek a HM Fejlesztési és Logisztikai Ügynökség (HM FLÜ), a HM Védelmi Tervezési Főosztály (HM VTF) és a HM Haderőtervezési Főosztály (HM HTF) valamint az MH ÖHP szakemberei is. A tapasztalatok az alábbiak szerint összegezhetők:

- a felkészítés tematikája megfelelő, összhangban van a JTAC MoA/STANAG-3797 követelményeivel;
- a gyakorlati felkészítésben folytatni kell az L-39 gyakorló repülőgépekkel és Mi-24 harci helikopterekkel történő rávezetéseket;
- az állomány kiképzéséhez, a megszerzett jártasság fenntartásához meg kell kezdeni és folytatni kell a JAS-39 Gripen állomány levegő-föld kiképzését;
- az ERICS állomány kiképzéséhez soron kívül be kell szerezni a hiányzó felszereléseket és technikai eszközöket;
- ki kell alakítani egy JTAC kiképző központot, amely közép- és hosszútávon regionális kiképző központtá fejlődhet.

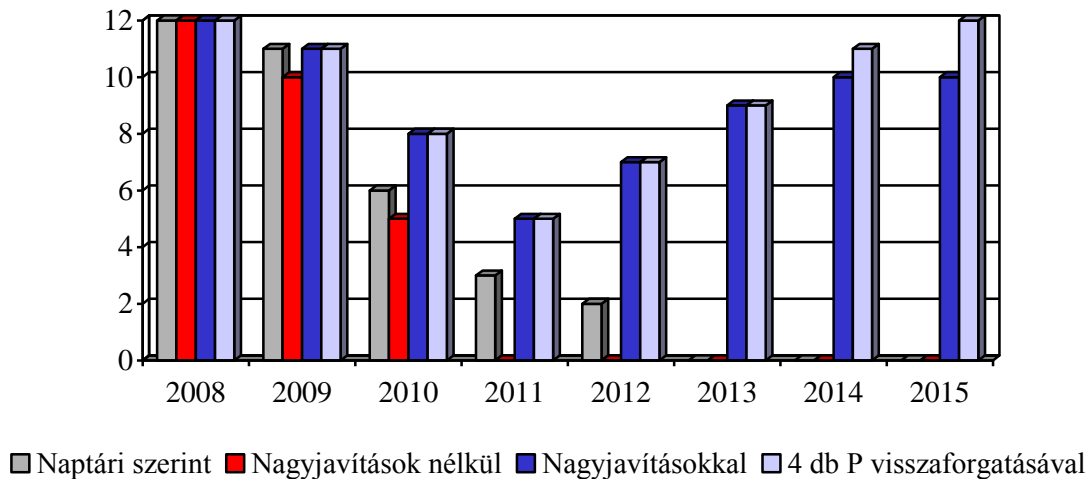
TÉNYEK – ÖSSZEFÜGGÉSEK

A hadszíntéri műveletek tapasztalatai egyértelműen azt mutatják, hogy a szárazföldi műveletek végrehajtása közvetlen légi támogatás nélkül lehetetlen. A JTAC szükségessége egyre alacsonyabb szinten, század, szakasz, sőt egyes esetekben (SOF²¹ műveletek, OMLT²²) raj (különleges műveleti csoport) szinten jelentkezik. Figyelemmel a Magyar Honvédség előtt álló feladatokra, a Magyar Honvédség ambíció szintjére, a NATO szakértői csoport rövidtávon 37, hosszútávon 46 JTAC (a

²¹ Special Operation Forces – különleges műveleti erők

²² Operational Mentor Liaison Team

jelenleg meglévő többszöröse) rendszeresítését tartja szükségesnek. A felkészítéshez és kiképzéshez, a megszerzett jártasság fenntartásához szükség van gyakorló és harci repülőgépekre és harci helikopterekre, a levegő-föld képesség megléte elengedhetetlen. A MiG-29 harcászati és L-39 gyakorló repülőgépek ez év végén kivonásra kerülnek a Magyar Honvédség hadrendjéből. Más összefüggésben: a Gripen Bérleti Szerződés korlátai miatt a kieső repülőeszközöket/repülési időt pótolni kell.



2. ábra A Mi-24 harci helikopterek helyzete

A Mi-24 harci helikopterek (a szükséges nagyjavítások és korszerűsítések tervszerű végrehajtásával) 2021-2024-ig rendszerben tarthatók – 2009-ben nagyjavítás és korszerűsítés forráshiány miatt nem tervezett, a további nagyjavítások és korszerűsítések költségfedezete kérdéses. A Magyar Honvédség válaszára előtt áll. Meggyőződésem, hogy nincsenek egyszeri történések, csak ok-okozati összefüggések léteznek, melyek jól leírható folyamatokat eredményeznek. A koncepció valahol ott jelenik meg, ahol felismerik az összefüggéseket, s irányítják a folyamatokat. A Magyar Honvédség nemzeti és vállalt szövetségi feladatai teljesíthetősége érdekében dönteni, cselekedni kell.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] DEÁK JÁNOS: Napjaink és a jövő háborúja, HADTUDOMÁNY-HADÜGY, XV. évfolyam 1. szám, 2005. március
- [2] RESPERGER ISTVÁN: Az „IRAKI SZABADSÁG HADMŰVELET” 2003., Tanulmány, Budapest-Hamburg, 2003
- [3] KISS-BENEDEK JÓZSEF: Az iraki háború tanulságai, Bólyai Szemle, 2003. XII. évfolyam 3. szám
- [4] Miniszteri irányelvek a védelmi tervezéshez 2009-2018 85/2007. (HK 16.) HM utasítás
- [5] A Magyar Köztársaság nemzeti biztonsági stratégiája 2073/2004. kormányhatározat
- [6] Az Észak-atlanti Szerződés Szervezetének stratégiai koncepciója, 1991
- [7] A Magyar Honvédség légierő doktrínája, MH LEP, 2004
- [8] <http://www.mod.uk/DefenceInternet/FactSheets/OperationsInIraqBritishFatalities.htm>.



Varga Béla

HELIKOPTER HAJTÓMŰVEK A KEZDETEKTŐL NAPJAINKIG

KORAI IDŐSZAK

Jól ismert tény, hogy a repülés területén a legkisebb súlynak is jelentősége van. Ennek megfelelően a leadott teljesítményen felül a repülőszervezetek erőforrásainak súlya is alapvető fontosságú. Ezt teljesítmény-súly viszonytal szoktuk jellemezni. A XIX. század második felében már elemi erővel jelentkezett a motoros repülés igénye, beleértve ebbe a forgószárnyas repülést is. Az aerodinamikailag már többé, kevésbé megfelelő szerkezetekhez megfelelő erőforrást kellett találni. Kezdetben ehhez a gőzgépek álltak rendelkezésre, amelyek földi változatai szóba sem jöhettek súlyuk és bonyolultságuk miatt. A XIX. század közepén több tervező próbálkozott repülőszervezetekbe beépíthető gőzgépek kifejlesztésével is. A britek közül Stringfellow és Hensen, valamint az amerikai Charles Manly. Hensen gőzgépe 7,26 kg volt és 0,75kW teljesítményt adott le. Ez 0,06 kW/kg értékű teljesítmény-tömeg arányt biztosított. Ezt a gőzgépet használta Enrico Forlani is koaxiális elrendezésű helikopter modelljéhez. Charles Manly egy korában nagyon korszerű gőzgépet épített, amelynél a hengereket radiálisan helyezte el hasonlóan a ma használatos csillag motorokhoz. Manly gőzgépe 36,76 kW teljesítményt biztosított 0,56 kW/kg teljesítmény-tömeg arány mellett. A gőzgépek szerkezeti modernizációja ellenére is hamar kiderült, hogy mint repülőgép erőforrás, zsákutcát jelentenek.

A múlt század elején a motoros repülés is annak következtében jöhetett létre, hogy olyan, viszonylag könnyű és többé-kevésbé megbízható belsőégésű motorokat sikerült kifejleszteni, amelyeknek a fent említett mutatója már lehetővé tette a gyakorlati repülés megvalósítását. Helikopterek esetében, sajátos üzemi viszonyaik miatt, még nagyobb jelentőséggel bírt, hogy a beépítendő erőforrás minél jobb teljesítmény-súly mutatóval rendelkezzen. Az 1900-as évek elején gyártott motorok repülőgép motorok léghűtéses forgó hengeres kialakításúak voltak. A népszerű francia Gnome és Le Rhone típusok is ezt a megoldást képviselték. Ezeknek a teljesítmény-tömegaránya 0,576 kW/kg volt. A korai helikopter tervezők, többek között Igor Sikorsky is ezeket a motorokat használta első kísérleteik során.

Tehát a belsőégésű motor, bár számos gyermekbetegséggel, de már rendelkezésre állt, mint potenciális helikopter erőforrás. Az első világháborúban, illetve utána ezek a motorok robbanásszerű fejlődésnek indultak. A két világháború között már nem az erőforrás hiánya okozta, hogy a helikopterek nehezen jutottak el a gyakorlati alkalmazhatóság stádiumába. A sikertelenség alapvető oka az volt, hogy a tervezők még mindig nem rendelkeztek elegendő információval a helikoptereket jellemző aszimmetrikus áramlási viszonyokról. A második világháború idejére aerodinamikailag és

szerkezetileg is beérték a helikopterek, a korabeli erőforrások pedig elérték, sőt meghaladták 800-1000 kW teljesítményt.

Az első gyakorlatban alkalmazott helikopter, a Sikorsky R-4-es 200 Le-s R-550-3 dugattyús motorral volt szerelve. De hamarosan megjelentek a Sikorsky S-58 helikopterek 1,525 Le-s Wright R-1820-84 motorokkal, illetve a H-21 helikopterek 1250 Le-s Wright R-1820-102 motorokkal. Ezzel azonban főleg a közepes és nehéz kategóriában be is fejeződött a dugattyús motorok szerepe és átadta helyét a merevszárnyú repülőgépekben már elterjedt gázturbináknak. Először a már rendelkezésre álló légszavas gázturbinás hajtóműveket próbálták átalakítani helikopterekbe történő beépítésre, azonban hamar rájöttek, hogy a helikopterek egy új kategóriájú tengelyteljesítményt szolgáltató gázturbinákat igényelnek.



1. ábra. Sikorsky R-4 helikopter.

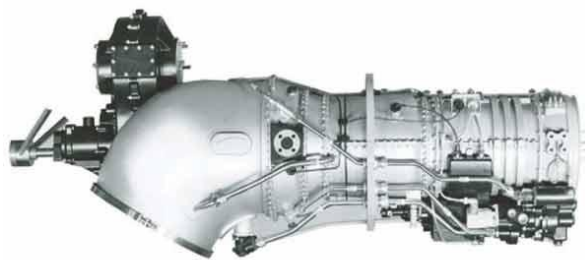
GÁZTURBINÁK MEGJELENÉSE A HELIKOPTEREKBE

Az 50-es évek elején a General Electric egy 3 millió dolláros szerződést kapott az Egyesült Államok kormányától egy új, könnyű és megbízható helikoptereken alkalmazható tengelyteljesítményt szolgáltató gázturbinára kifejlesztésére. A titkos program XT-58 elnevezéssel indult és a végeredmény egy 800 Le (596 kW) tengelyteljesítményű gázturbina lett, amely mindössze 181 kg-ot nyomott.

Továbbfejlesztve ezt a hajtóművet 1957-re a teljesítménye 1050 Le-re (783 kW) növekedett, súlya pedig 114 kg-ra csökkent. Ebben az évben két T58 hajtóművel helyettesítették egy Sikorsky HSS-1F helikopter dugattyús erőforrását és ezzel először emelkedett levegőbe az USA-ban gázturbinás helikopter. Felismerve az új fejlesztés gyakorlati jelentőségét egy sor helikopter gyártó (Sikorsky, Kaman) kezdte el alkalmazni az újonnan kifejlesztett T58 gázturbinát a helikoptereikben.

Az első szovjet második generációs helikopter 1957-ben jelent meg. Ez a MI-6 nehéz szállító és csapatszállító helikopter volt. Az 50-es évek második felében Mikhail Leontyevich Mil, a Mil tervezőiroda vezetője elhatározta egy forradalmian új helikopter tervezését a közepes szállító kategóriában is leváltandó az akkorra már elavuló MI-4-es helikoptereket.

1958. február 20-án a Szovjetunió Minisztertanácsa magáévá tette ezt a gondolatot és elrendelte egy 1,5-2 tonna hasznos teher szállítására alkalmas helikopter kifejlesztését V-8 típusjelzéssel, amelynek az erőforrását egy darab Ivchenko AI-24V helikopteres alkalmazáshoz igazított turbólégcsavaros hajtómű biztosította. Az egy-hajtóműves V-8 helikopter először 1961. június 24-én emelkedett levegőbe.



2. ábra. Az XT-58-as, mely kialakításában a mai hajtóműveket idézi.



3. ábra. Az Izotov TV2-117A hajtómű volt az első orosz helikopterbe tervezett hajtómű

Felismerve a hátrányait az AI-24V hajtóműnek, az Izotov Hajtómű-tervező Iroda utasítást kapott, egy, valóban helikopteres alkalmazásra optimalizált hajtómű kifejlesztésére (a TV-2VM és a D-25V hajtóművek, amelyeket a MI-6-os esetében alkalmaztak, eredetileg merevszárnyú repülőgépek számára tervezték). Az Izotov Iroda által tervezett új TV2-117 hajtómű és a VR-8 reduktor 1962 nyarán került leszállításra. A hajtómű felszálló üzemmódon 1500 Le (1118 kW) teljesítményt produkált, viszonylag jó fajlagos mutatók mellett.



4. ábra. Az RTM-322 hajtómű, amely a helikopter hajtóművek új generációjának képviselője

A helikopter hajtóművek azóta jelentős fejlődésen mentek keresztül. Kompaktabbá váltak, súlyuk csökkent, teljesítmény és hatásfok mutatóik pedig javultak. Az új generációs helikopter hajtóművek képviselője az RTM-322 hajtóműcsalád is, amely a Turbomeca Ltd., a Rolls-Royce és a Turbomeca

közös vállalkozásának terméke. A hajtóműcsalád tagjai széles körben kerültek beépítésre különböző katonai és polgári helikopterekbe, így az EH101, NH90, Apache, H-92/S-92, H-60, S-70-es helikopterekbe.

Mivel a 60-as évektől ezek a hajtóművek egyeduralkodóvá váltak és alapvető szerkezeti struktúrájukban nem is változtak meg jelentősen, elemzésük tanulságos lehet. Figyelembe véve, hogy a két korai helikopter hajtómű az amerikai és a szovjet oldalról nagyjából egy időből származik, teljesítménymutatóik is hasonlóak, ami érdekessé teheti a két hajtómű összehasonlítását. Ugyanakkor a harmadik már egy gyökeresen új technológiai színvonalat testesít meg. Összehasonlítva az első kettővel az elemzés rávilágíthat az utóbbi 30-40 év eredményeire.

A TERMIKUS VIZSGÁLATHOZ SZÜKSÉGES ADATOK

Ha termikusan elemezni szeretnénk egy gázturbinát, legelőször minden fellelhető adatot össze kell gyűjtenünk róla. A gyártók általában egy, két üzemmódra viszonylag sok adatot megadnak. Azt az üzemmódot érdemes választanunk, amelyre a legtöbb adat áll rendelkezésre. Ez legtöbbször a felszálló üzemmód. Ilyen adatok lehetnek a kompresszor nyomásviszony, a hajtómű levegőfogyasztása, levegő elvételek, az égőtér utáni hőmérséklet, az üzemanyag-fogyasztás, vagy a fajlagos üzemanyag-fogyasztás, a hasznos tengelyteljesítmény. Természetesen minél több adatunk áll rendelkezésre, annál pontosabb lehet az elemzésünk.

Az adatokat két csoportba érdemes besorolnunk az egyik csoportot alkotják azok az adatok, amelyek feltétlenül szükségesek a számítási folyamat elvégzéséhez. A másik csoportba tartozó adatokat csak a számítási folyamat elvégzése után az eredmények ellenőrzésére használjuk.

Adatok	Vizsgált hajtóművek		
	TV2-117A	T58-GE-100	RTM-322-01/9
Kompresszor nyomásviszony	6,6	8,4	15
Kompresszor tömegáram [kg/s]	6,8	6,35	5,3
Égőtér utáni hőmérséklet [K]	1123	1145	1460
Fajl. üza. fogyasztás [kg/(kWh)]	0,374	0,368	0,2702
Tüzelőanyag fűtőértéke [MJ/kg]	42,8	42,8	42,8
Tengely teljesítmény [kW]	1118	1118	1799
Hajtómű súly [kg]	334	152	228

1. táblázat Összegyűjtött hajtómű adatok:

EGYÉB ADATOK (VESZTESÉGEK, HATÁSFOKOK, GÁZJELLEMZŐK)

Természetesen nem csak ezek az adatok szükségesek a termikus elemzéshez, hanem a hajtómű különböző részeihez, gépegységeihez tartozó veszteségek és hatásfokok is. Az előző adatokkal ellentétben ezeket a gyártók sohasem közlik. Így nem is tudhatjuk a korrekt veszteség adatokat, de

különböző szakirodalmakból tudhatjuk, hogy az adott korból származó hajtómű körülbelül milyen hatásfokokat produkálhat, ami kiinduló értékeknek megfelel.

A számítási folyamathoz ismernünk kell még a gázjellemzőket, nevezetesen c_p , κ , és R értékeit, amelyek hőmérséklet függőek. Meghatározásukhoz táblázatokat használhatunk, de egy egyszerű programot szerkesztve még egyszerűbbé válik a meghatározásuk.

	TV2-117A	T58-GE-100	RTM-322-01/9
Szívócsatorna nyomásveszteség	0,99	0,99	0,99
Kompresszor hatásfok	0,83	0,83	0,837
Égőtér nyomásveszteség	0,97	0,97	0,98
Égőtér hatásfok	0,97	0,97	0,98
Kompresszorturbina hatásfok	0,87	0,87	0,88
Szabadturbina hatásfok	0,87	0,87	0,88
Gázelvező nyomásveszteség	0,97	0,97	0,98
Teljesítmény elvétel [kW]	30	30	30
Gáz gen. mechanikai hatásfok	0,99	0,99	0,99
Szabad turbina mech. hatásfok	0,99	0,99	0,99

2. táblázat Hatásfokok és veszteségek:

AZ ELEMZÉS MENETE

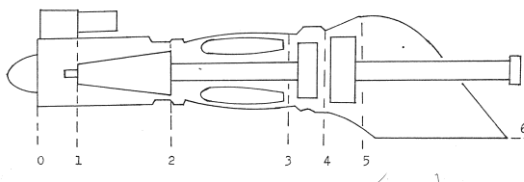
A számítási folyamatnál feltételezzük, hogy a hajtómű $H = 0$ m-en és $V = 0$ km/h repülési sebességen üzemel. A bemenő adatok tehát megfelelnek a Nemzetközi Egyezményes Légkör $H = 0$ m szerinti adatoknak. A számításokat az alapvető termodinamikai összefüggéseket felhasználva végezzük el.

A folyamat leírása:

- A hajtóműbe belépő közeg jellemzői megfelelnek a NEL $H = 0$ m szerinti adatoknak:
($p = 101325$ Pa, $T = 288$ K).
- A szívócsatornában lejátszódó folyamat izotermikus, mérsékelt nyomásveszteséggel (kb. 0,99).
- A kompresszor kilépő keresztmetszetében a nyomást a kompresszor nyomásviszonnyal számíthatjuk. A hőmérséklet a Poisson egyenlettel (valós adiabatikus folyamat) számítható, figyelembe véve a kompresszor izentrópikus hatásfokát.
- Az égőtér kilépési keresztmetszetére a hőmérséklet általában adott. Az égőtérben a folyamat izobár némi nyomásveszteséggel (0,97-0,98).
- A kompresszorturbina utáni paramétereket a kompresszor és a kompresszorturbina munkájának egyenlőségéből határozhatjuk meg, figyelembe véve a segédberendezések meghajtására levett teljesítményeket és a gázgenerátor egység mechanikai hatásfokát.
- A szabadturbina utáni nyomás jó közelítéssel meghatározható abból a feltételből, hogy a gázáram nyomása a kilépő keresztmetszetben a környezeti nyomással lesz egyenlő. Figyelembe véve a gázelvező nyomásveszteségi tényezőjét (0,97-0,98) ebből

meghatározhatjuk a szabadturbina utáni nyomást. Hőmérsékletet itt is a Poisson egyenlettel, a szabadturbina izentrópus hatásfokát, figyelembe véve határozhatjuk meg.

- Ahogy a fenti pontban megállapítottuk a kilépő keresztmetszetben a nyomás jó közelítéssel a környezeti nyomásnak felel meg és az állapotváltozás a gázvezetetőben izotermikus lesz.



5. ábra. A hajtómű vizsgált keresztmetszetei

		TV2-117A	T58-GE-100	RTM-322-01/9
0	Szívócsatorna előtti hőmérséklet (T_0) [K]	288	288	288
	Szívócsatorna előtti nyomás (p_0) [Pa]	101325	101325	101325
1	Kompresszor előtti hőmérséklet (T_1) [K]	288	288	288
	Kompresszor előtti nyomás (p_1) [Pa]	100312	100312	100312
2	Égőtér előtti hőmérséklet (T_2) [K]	532	573	678
	Égőtér előtti nyomás (p_2) [Pa]	662058	842619	1504676
3	Kompresszorturbina előtti hőm. (T_3) [K]	1123	1145	1460
	kompresszorturbina előtti nyom. (p_3) [Pa]	642196	817340	1474583
4	Szabadturbina előtti hőmérséklet (T_4) [K]	909	895	1136
	Szabadturbina előtti nyomás (p_4) [Pa]	235029	252241	424957
5	Gázvezető előtti hőmérséklet (T_5) [K]	762	738	844
	Gázvezető előtti nyomás (p_5) [Pa]	104365	104365	103351
6	Kilépő keresztmetszet hőm. (T_6) [K]	762	738	844
	Kilépő keresztmetszet nyomása (p_6) [Pa]	101325	101325	101325

3. táblázat Hőmérsékletek és nyomások a különböző keresztmetszetekben.

Az előző táblázatban összegyűjtöttem a különböző keresztmetszetek számított hőmérsékleti és nyomás adatait. A táblázat előtti vázlatos hajtómű rajz (4. ábra.) segítséget nyújt abban, hogy a hőmérsékleti és nyomásadatokat hozzá lehessen kötni a hajtómű megadott pontjaihoz.

Ezekon az adatokon túl, ami még talán fontosabb, általános képet kaphatunk a hajtóműről, részegységeinek hatásfokairól, veszteségeiről, vagyis, hogy mennyire jó az a hajtómű. Hogyan történik ez? Ahogyan a hatásfokok és veszteségek fejezetben említettem, első közelítésben a hatásfokokat, veszteségeket műszaki tapasztalatainkra, esetleg valamilyen szakirodalomra hagyatkozva vehetjük fel. Az első fordulóban a legritkább eset, hogy a számítási eredményeink tökéletesen simuljanak az ellenőrzésre félretett adatokkal. Ennek megfelelően a hatásfok és veszteségi adatokat addig kell igazítani, ameddig a számításunk az elvárt hibahatáron belülre nem kerül (3-5%). Ebben az esetben már elfogadhatjuk számításaink eredményeit és az ekkor alkalmazott hatásfok és veszteség adatok már jól tükrözik a hajtómű általános képét. A 2. táblázatba már ezek a végleges hatásfok és veszteségi adatok kerültek be.

ÖSSZEFOGLALÁS

Ahogy a fentiekben említettem az első két hajtómű a 60-as évek első feléből származik. A leadott tengelyteljesítményük is megegyezik. Elvégzett termikus számítás azt bizonyítja, hogy a gépegységek hatásfokai veszteségei is gyakorlatilag megegyeznek. Az amerikai hajtómű fajlagos fogyasztása (T58-GE-100) egy kicsivel jobb, amit azonban a magasabb kompresszor nyomásviszony miatti magasabb termikus hatásfok okoz.

Az RTM-322 hajtóművet vizsgálva látjuk, hogy szinte valamennyi gépegység jobb hatásfokot, illetve kevesebb veszteséget produkál. Egy-egy gépegységben nem tűnik számottevőnek ez a javulás, de összegezve ezeket a javulásokat, valamint figyelembe véve a kompresszor nyomásviszony jelentős növekedéséből adódó magasabb termikus hatásfokot az RTM-322 összh hatásfoka és fajlagos fogyasztása a vártak megfelelően szignifikánsan jobb.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] VARGA Béla: A TV2-117A hajtómű termikus matematikai modellje, Diploma munka, Budapesti Műszaki Egyetem, 1990.
- [2] <http://www.mi-helicopter.ru/eng/getarticle.php?id=275>
- [3] <http://www.aircraftenginedesign.com/TableB1.html>
- [4] http://www.rolls-royce.com/defence_aerospace/downloads/helicopters/rtm322.pdf
- [5] http://www.turbomeca.com/public/turbomeca_v2/html/en/produits/sous_famille_home.php?sfid=509&mid=615



Vonnák Iván Péter nyá.okl.mk alezredes

A HAJTÓMŰVEK ÉS KÖZLŐMŰVEIK DIAGNOSZTIKAI VIZSGÁLATA ÉS ÁLLAPOT-PROGNÓZISA

A JELENLEG ELFOGADOTT DIAGNOSZTIKAI MÓDSZEREK

1. működést jellemző paraméterek vizsgálata;
2. vibráció;
3. tribológia; (a kenőolajokban megjelenő fémkopadék vizsgálata)
4. endoszkópia;

1. Repülőgép hajtóművek paraméteres diagnosztikája

A sugárhajtóművek műszaki állapotának meghatározása, üzemeltetés közben, a fő működési paraméterek mérési eredményeinek elemzésén alapul. Minden sugárhajtóműnél meghatározható mindazon paraméterek és ismertetőjelek sokasága, melyek jól jellemzik annak műszaki állapotát. A sugárhajtóművek műszaki állapotának paraméteres ellenőrzésének bonyolultsága abban áll, hogy nehéz matematikailag modellezni a sugárhajtóművekben lejátszódó folyamatokat, valamint nagy nehézségekbe ütközik, egy elfogadható időintervallumon belül, pontosan értékelni is azt.

A sugárhajtóművek műszaki paraméteres *diagnosztikájának* így az egyik alapvető kérdése azoknak a fő funkcionális paramétereknek a kiválasztása, amelyek a legnagyobb diagnosztikai értékkel bírnak.

Napjainkban a sugárhajtóművek *működőképességének* alapvető ellenőrzési módszere a műszeres ellenőrzés. Természetesen ennek az ellenőrzésnek is az objektivitása nagyban függ az ellenőrizendő paraméterek helyes kiválasztásától.

A paramétereket alapvetően két módszerrel mérik, ellenőrzik:

- Flight testing; (on-board)
- Ground testing.(on-ground)

A korszerű katonai repülőgépek és az azokra felszerelt sugárhajtóművek diagnosztikai rendszerei alig maradnak el a nagy szállító repülőgépektől. Az állandó, és a leggyakrabban ellenőrzés alatt álló működési paraméterek a következők:

- a sugárhajtóművek forgórészeinek fordulatszámai, N_1 ; N_2
- turbina utáni gázhőmérséklet, T_4 ;
- turbina vibrációs szint, V_{vibr} ;
- kompresszor előtti és mögötti levegőnyomások, P_1 ; P_2
- sugárhajtóműbe belépő levegő hőmérséklete, T_1 ;
- olajnyomás, P_{olaj} ;
- a sugárhajtóműből kilépő olaj hőmérséklete, T_{olaj} ;

- turbina utáni gáznyomás, P_4 ;
- hajtómű vezérlő kar (HVK) helyzete;
- gázsebesség fokozó (GSF) helyzete;
- üzemanyag nyomás a fő és az utánégető üzemanyag kollektorban, $P_{üza}$; $P_{utég}$;
- utánégetés be és kikapcsolása;
- pompázs üzemmód;
- olajrendszer fémgörgács jelzése.

A fenti felsorolásból kiragadnám az olajkérdést, mivel a repülőgép sugárhajtóművek nagy fordulatszámokon működnek, így a csapágyainak és más súrlódó alkatrészeinek kenése folyamatosnak és hatásosnak kell hogy legyen. Néhány sugárhajtóműben a forgórészek fordulatszáma eléri akár a 45-75000 fordulatot is percenként, a forgórészek csapágyainak felületi terhelése pedig a 2000...3000 MPa értéket. A sugárhajtóművek gördülőcsapágyainak üzemi hőmérséklete általában 100...120⁰C, azonban a kompresszor csapágyak 120...200⁰C-ig, míg a turbinacsapágyak 250...400⁰C -ig is felmelegednek működés közben. A hajtóművek leállítása után, amikor megszűnik az olaj intenzív cirkulációja, hűtési hatásfoka leromlik, ezek az értékek jelentősen megemelkedhetnek.

A gördülőcsapágyak üzemi hőmérséklete a sugárhajtóművekben alapvetően a sugárhajtóművek típusától függ.

Így megkülönböztetnek:

- hangsebesség alatti;
- hangsebességű;
- hangsebesség feletti sugárhajtóműveket.

Sugárhajtómű típusa	Turbinacsapágy hőmérséklete (°C)	Olaj hőmérséklete (°C)
Hangsebesség alatti	175	90
Hangsebességű	175-300	90-150
Hangsebesség feletti	300-400	150-200

1. táblázat A turbinacsapágyak és az olaj hőmérséklete különböző repülési tartományokban

A sugárhajtóművek hőmérsékleti viszonyai repülés közben változnak, mégpedig a repülési sebesség növekedésével nő az üzemi hőmérséklet. Ebből következik, hogy a csapágyak hőmérsékletei is emelkednek. Egy angol vadászipülőgépen végzett kísérleti mérések eredményeit a 2 táblázat tartalmazza.

Hőmérséklet mérési helye	Repülési sebesség M		
	0,9	2,2	3,0
Olajtartály, °C	150	180	260
GSF környezete, °C	200	290	330
Labirint és levegő tömitések, °C	260	350	540
Csapágyak, °C	260	260	315

2.táblázat Az olaj hőmérséklete a hajtóműben az M^1 szám függvényében

¹ **Megjegyzés:** az M szám viszonyszám, a repülési sebesség és a hangsebesség hányadosa.

A sugárhajtóművek csapágycsoportjai, különböző támaszai kenéséhez szükséges olajmennyiséget a kenendő helyek hő és mechanikai terhelésének függvényében határozzák meg az olajfűvókák átmérőjének és az olajnyomás megfelelő kiválasztásával. A sugárhajtóművek minden üzemmódjához más-más olajnyomás érték tartozik. Az olajnyomásnak az előírt érték alá történő csökkenése megnöveli a súrlódó párok kopását valamint a súrlódó párok hőmérsékleti viszonyait, ami csökkenti azok mechanikai szilárdságát. Következésképpen az olajnyomás (P_{olaj}) paraméter közvetve jellemzi a sugárhajtómű műszaki állapotát, de nem képes meghatározni a meghibásodás helyét, jellegét.

Az össztechnikai üzemidő ledolgozása folyamán a sugárhajtóművek műszaki állapotának megváltozása nem gyakorol különösebb hatást az olajnyomásra, mivel az olajbeszállító szivattyú szállítóképessége jelentősen felülmúlja a kenéshez szükséges olajmennyiséget. Ezért az „olajnyomás” paraméter nem nagy diagnosztikai jelentőségű. Ez a paraméter a sugárhajtómű kritikus állapotát képes jelezni, amikor a kenés elégtelensége következtében a súrlódó párok tönkremennek.

Több információt ad a „sugárhajtóműből kilépő olaj hőmérséklete” (T_{olaj}). Ez a paraméter jellemzi a kenendő helyek és csomópontok hőmérsékleti viszonyait. Tény azonban, hogy a sugárhajtóműből kilépő olaj hőmérséklete nagyban függ a sugárhajtóműbe belépő olaj hőmérsékletétől is, ezért ez sem alkalmas egymagában a sugárhajtómű műszaki állapotának értékelésére.

Jól meghatározott diagnosztikai értéke van viszont a sugárhajtóműbe be- és kilépő olaj hőmérsékletének különbsége a ΔT_{olaj} . A ΔT_{olaj} nagyságából meg lehet ítélni a sugárhajtómű belső súrlódási és hő-állapotát, ezért jól alkalmazható a sugárhajtóművek műszaki állapotának meghatározására, hibabehatárolásra.

A sugárhajtómű üzemképességének meghatározásának másik fontos módszere a forgórész kifutási idejének mérése. (*Forgórész kifutása: a forgórészek tehetetlenségi önforgása a sugárhajtómű kikapcsolása után*) Az üzemeltetési tapasztalatok azt mutatják, hogy az új sugárhajtóművekben a forgórészek kifutási ideje a technikai üzemidő ledolgozása során olyan mértékben nő, ahogy a súrlódó párok kopásának mértéke nő. A kifutási idő csökkenése a súrlódás növekedésével, növekedése, pedig a hajtómű forgórészének kiegyensúlyozatlanságának növekedésével arányos.

2. Vibráció

A repülőeszközök hajtóművei (közlőművei) nagyszámú és nagy tömegű, nagy fordulaton, dolgozó, változó gáznyomások és hőmérsékletek mellett üzemelő alkatrészekből áll. Ezért az összetevő részek külön-külön és egységben történő statikus és dinamikus kiegyensúlyozottsága a megbízható működés meghatározó tényezője.

A vibráció mérése, meghatározása meglehetősen költséges feladat, ha azonban az alaptörékvés arra irányul, hogy a már meglévő és felépített, vagy a fedélzeti rendszerekkel kompatibilissé tett eszközök kerüljenek alkalmazásra, akkor a módszer igen költséghatékony lehet.

Alapvetően két mérési rendszer ismeretes, amely egyben figyelőrendszer is:

- földi (on-ground);

→ fedélzeti (on-board);

A jelenleg alkalmazott módszerek szerint mind két mérésfajta a hajtóművet, mint egységes rezgőrendszert tekinti. A kiegyensúlyozottság valamely oknál fogva történő megváltozása a rezgés nagyságának, intenzitásának, vagy frekvenciájának megváltozásához vezet, melynek indikálása és elektronikus rögzítése közvetlen információt ad az esetleges meghibásodásról, vagy annak bekövetkezése valószínűségéről. Lehetőséget ad a teljes meghibásodás, vagy akár egy katasztrófa elkerülésére is.

Egy fontos dolgot viszont nem tud: A meghibásodás abszoluth pontos helyét és okait meghatározni. Így a hajtómű kiépítése és teljes szétszerelése után lehet csak megtudni a valós okokat, ami a meghibásodást előidézhette.

Megítélésem szerint és az eddigi sikeres kísérleteink alapján állítom, hogy ha egy adott hajtómű rezgő- (al)rendszereit sikerül helyesen kiválasztani, rezgései megbízhatóan mérhetőek, akkor az egyes alrendszerek viselkedéséből az egésze nagyon jó következtetéseket lehet levonni. Könnyen lokalizálható a meghibásodás helye, tehát teljes kiépítés és szétszedés nélkül is van lehetőség a meghibásodás megszüntetésére.




Példaként álljanak itt, a **KFKI**- val közösen végrehajtott „**RÉVHÁZ**” program keretében, az RD-33 típusú hajtóműveken és közlőművén (KSZK) elért eredmények:

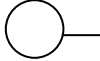




A kutatás során eredményt két mérési sorozat hozott. A végrehajtott két mérési sorozatnál az érzékelők elhelyezése átfedésben kerültek. A korábbi mérések során szerzett tapasztalatok alapján megállapítottuk, hogy az **első méréssorozatban** alkalmazott érzékelő elrendezés lehetővé teszi a megfelelő diagnosztikai információ elnyerését.

A második méréssorozatban alkalmazott kibővített érzékelő elrendezés célja pedig már annak megállapítása volt, hogy adott esetben csökkenthető-e és milyen mértékben az érzékelők száma. Ezt pedig úgy kell elérni, hogy a rendelkezésre álló csatornaszám mellett a MÍG-29-be beépített két hajtómű egyszerre mérhető legyen. Ennek esetleges megoldása jelentősen csökkentené a mérési és a ráfordított üzemidőt, valamint így a költségeket is.

Az alábbiakban vázlatosan bemutatásra kerül a hajtómű és közlőműházának (KSZA) analízisének alkalmazott érzékelő elrendezés.

A vizsgálatok során 10 kijelölt mérési pontban vizsgáltuk a hajtóműveket. Ezek közül kettő kapcsolódik közvetlenül a közlőműházhoz. Az érzékelők elhelyezését és a mérési irányokat a **3.táblázat** tartalmazza.

Pozíció	Érzékelő pozíció	Érzékelő elhelyezés leírása	Mérési irány
1		Jobb oldal 1. Csapágytámasz borda kikötés	Radiális
2		Ventilátor 2. fokozat	Radiális
3		Főbekötési csomópont	Radiális

4		Turbina csapágytámasz	Radiális
5		Első csapágytámasz alul	Radiális
6		Főbekötési csomópont	Radiális
7		Főbekötési csomópont alatt	Radiális
8		Hajtómű hátsó bekötési csomópont	Radiális
9		1. csapágytámasz	Axiális
10		Közlőműház, hajtómű felőli emelőszem helye	Függőleges
11		Tüzelőanyag szivattyú gyártási szám helye	Függőleges

3. táblázat Érzékelők elrendezése.

Az RD-33 típusú hajtómű közlőműház analízisének célja annak megállapítása, hogy a benne található és kapcsolódó gépészeti elemek rezgésdiagnosztikai szempontból milyen szinten érzékelhetők, illetve diagnosztizálhatók.

Az elemzés magába foglalja a közlőműház által gerjesztett várható rezgések „spektrális” jellemzőinek meghatározását és ezek alapján a gépészeti elemek azonosítását a mért rezgésekben.

A közlőműház által gerjesztett rezgések szempontjából a következő jelenségeket kell figyelembe venni:

- ➔ Forgó elemek (pl. tengelyek) alap és felharmonikusai.
Az alapharmonikus utal a forgó elem kiegyensúlyozatlanságára, a befogás merevségének változására stb.
Az első felharmonikus általában élesen reagál a forgó elem szilárdsági viszonyaiban bekövetkező módosulásokra (pl. kezdődő repedés, zsugorkötés lazulás stb.)
- ➔ Fogütközési (pl. fogaskerék, bordástengely) frekvenciák.
A fogütközési frekvenciák a fogaskerék állapotára utal.
- ➔ Jelzi a kapcsolódó eszközök okozta terhelések változását.
- ➔ Fogütközési frekvenciák oldalsávjai (un. „**Side-lobe**”)
- ➔ Az (oldalsávok érzékenyen reagálnak a beállítási hibákra pl. egytengelyűség eltérés, szerelési hiba.) de élesen jelzi a tengelyhez kötött eszközök állapotában bekövetkező változásokat.

Az említett jelenségeknél felsorolt diagnosztikai sajátosságok csak példaként szolgálnak. A valóságban az egyes hibák szinte valamennyi jellemzővel észlelhetők, természetesen más érzékenységi szinten.

Gépészeti berendezéseknél általában szokásos valamilyen csapágy diagnosztikát is alkalmazni. Ebben az esetben, a korábbi mérések tapasztalatai alapján, erre közvetlen mód nincs. Ennek okai a következők:

- A csapágyra jellemző rezgésekép frekvenciatartománya általában olyan magas (kb. 20kHz felett), amely érdemleges mérést csak közvetlen a csapágyon tesz lehetővé. Ez a jelen esetben nem biztosítható.
- Az alkalmazható érzékelők, és a közlőműház szerkezetéből adódó elérhető frekvenciatartomány messze elmarad a szükségestől.

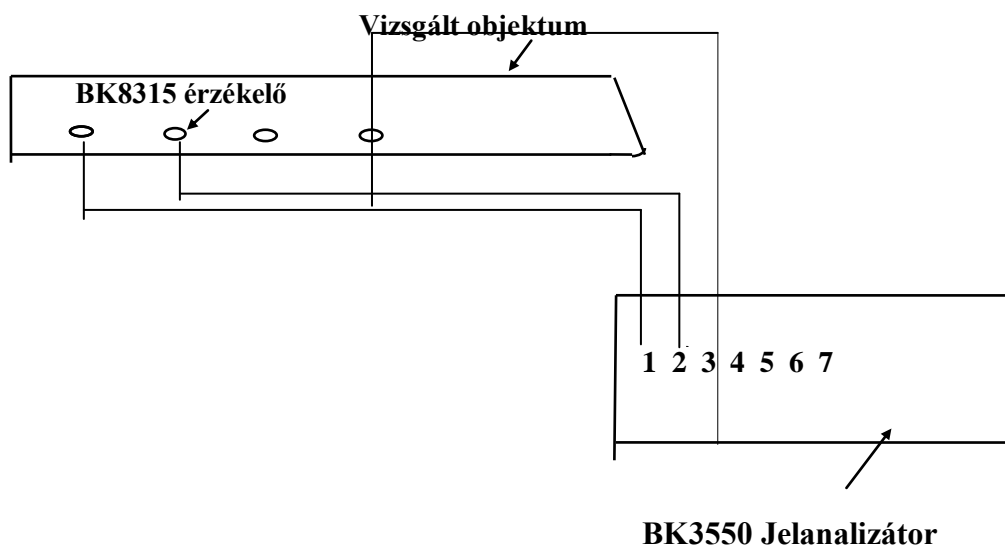
Mindezek figyelembevételével a csapágyak állapota csak közvetett módon mérhető. Általános tapasztalat az, hogy a csapágyhézagok növekedés és a kopások olyan szerkezeti merevségi változásokat eredményeznek, melyek érzékelhetők a fogütközési jelenségek körében leírtakkal.

Az közlőműház mechanikai szerkezete, annak viselkedése, jelentős mértékben befolyásolhatja a forgó egységek által okozott vibrációs jelenségeket és ezért az átviteli jellemzőinek mérése a következő okok miatt szükséges:

- A mérési eredmények alapján eldönthető, hogy a közlőműház és a tüzelőanyag és hidraulika szivattyú egy, vagy egymástól független mérési pontot igényel.
- A mérési eredmények alapján eldönthető a forgó alkatrészek diagnosztizálhatóságának „mélysége”, a nyert adatok információtartalma.

Alkalmazott mérési elrendezések:

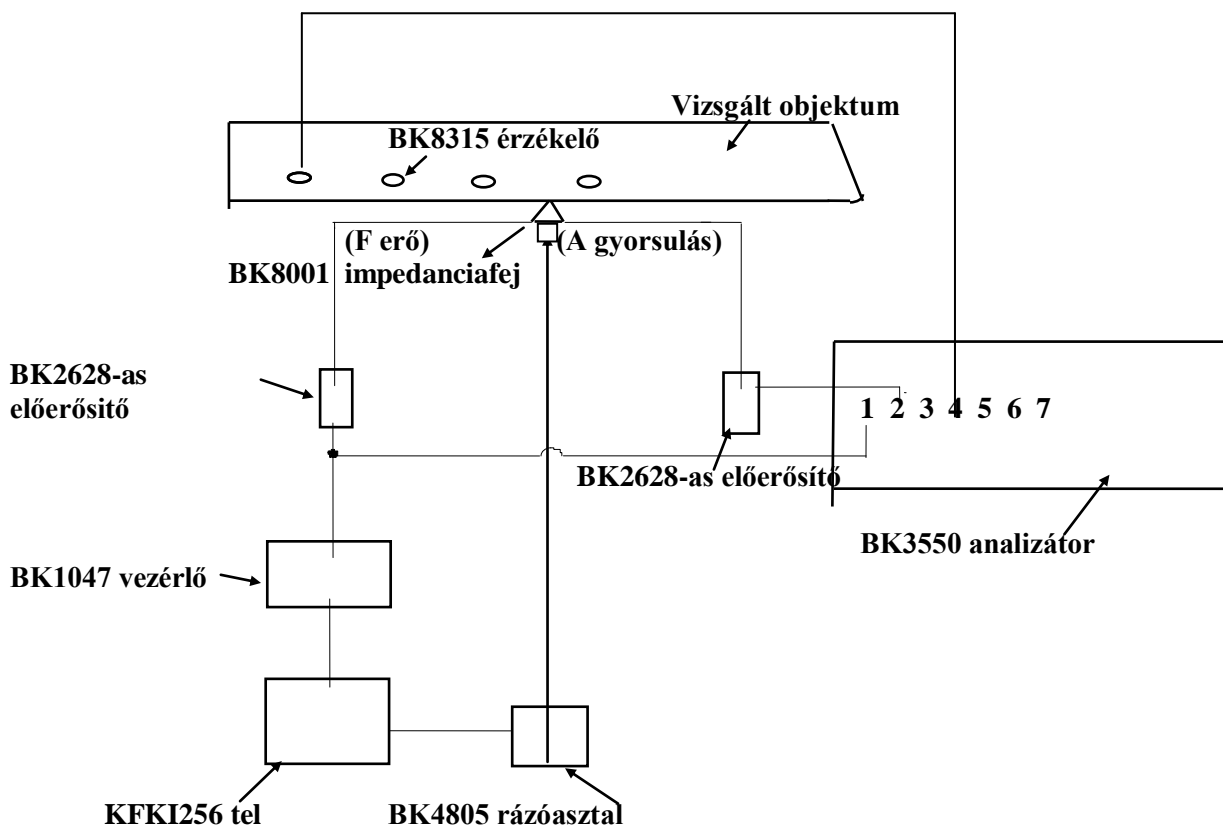
Az **első méréssorozat** esetében a hajtómű és közlőműház különböző pontjaiban vizsgáltuk a keletkezett rezgések spektrális eloszlását. Ennek megfelelő mérési összeállítás sematikus vázlatát a **1. ábra** szemlélteti.



1. ábra Rezgések spektrális eloszlásának mérésére alkalmazott összeállítás blokkvázlata

Az **második méréssorozat** esetében az elsőben alkalmazott mérések mellett vizsgáltuk a statikus alkatrészek (pl. hajtóműház, közlőműház) átviteli jellemzőit. Erre a rezgésdiagnosztikában szokásos lassú frekvenciaváltozású gerjesztéses vizsgálati módszer alkalmaztuk, melynek lényege az, hogy a

vizsgált objektum adott pontjának gerjesztés mellett a szerkezet különböző pontjai között mérhető átviteli jellemzők meghatározhatók. Az alkalmazott mérési összeállítás vázlatát a **2. ábrán** látható.



2. ábra Átviteli jellemzők meghatározására szolgáló mérési összeállítás

Az eredményesség érdekében a beépítésre kerülő hajtóművekről és közlőművekről, az első beépítéskor részletes rezgéstérképeket kell készíteni, amit aztán a megfelelő számítógépes támogatás segítségével mindig össze lehet hasonlítani az aktuális rezgéstérképekkel. Így az üzemeltető nyomon tudja követni a hajtómű állapota változásait, és elkerüli a fölösleges berendezéscseréket, hajtómű ki és beépítéseket, ezzel egyben jelentős üzemidőt is megtakarítva.

Az eredményesség garantálható mind az **on-ground**, mint az **on-board** rendszer alkalmazása esetében, de a legnagyobb eredményesség a két rendszer összehangolt, együttes alkalmazása esetén érhető el. Az effektivitás még nagyobb lehet, ha mindezen lehetőségeket már gyári felszerelések is biztosítják, de a Magyar Honvédség keretében elvégzett kísérleteink azt valószínűsítik, hogy nagyon jó eredmények érhetők el az utólagos beépítésekkel is.

Ebben az előadásban nem kívánom részletesen tárgyalni, de belátható, hogy a hajtómű egyéb paramétereivel történő együttes analízis (égőtér, turbina előtti-utáni hőmérsékletek, nyomásviszonyok, üzemanyagnyomás változásai, fordulatszámok stb) nagyon jó alapot ad a hajtómű állapotszerinti üzemeltetésre történő átállításához.

Tribológia

Meghibásodások feltárása a sugárhajtómű olajrendszerében lévő olaj tulajdonságainak megváltozása alapján

A sugárhajtóművek olajjal kent alkatrészei műszaki állapotának ellenőrzésére egyre szélesebb körben alkalmazzák az üzemeltetés során leváló fémrészecskék megfigyelésének, összegyűjtésének, analizálásának módszerét. Hosszú ideig az alkatrészek állapotának meghatározása az üzemeltetés során levált fémrészecskék összegyűjtéséből állt csak. A fémkopadékokat különböző szerkezetű szűrőkön fogták fel. *(Ez az eljárás bonyolult, a kiértékelés hosszadalmas. A mechanikai részecskék tanulmányozása vizuálisan történik 10...20 szoros mikroszkóp-nagyító segítségével, amit mágnesezési próba követet.)*

Ilyen módszerrel a meghibásodásoknak csupán a 30%-át lehetett feltárni. Mindezen túl a meghibásodások gyorslefordulású kifejlődése a nagy fordulatszámú hajtóművek elterjedése, és a bonyolult felületi érintkezési terhelések megkövetelték a diagnosztikai rendszer korszerűsítését.

A technika fejlődésével, a kifinomult mérőeszközök, műszerkomplexumok megjelenésével lehetőség nyílt az olajok (kenő és hidraulika) olyan ellenőrzésére, amely már állapotváltozások prognosztizálására, meghibásodások analizálására is alkalmassá vált. Ismert, hogy bizonyos fémek, elemek mikroszkopikus megjelenése a rendszer, vagy annak egyes elemei belső elváltozásai előjelének is tekinthető:

- abrazív kopás; (kemény részecske kerül a súrlódó felületek közé, karcolást. Rovátkát okoz)
- adhéziós kopás; (száraz futás, kenési elégtelenség hideg felkenődést, berágódást okoz)
- felületi kifáradás; (változó felületi erőhatások kereszt és fésűs repedéseket okoz)
- tribooxidáció; (a hőmérséklet em., vagy korrózió köv. kémiai reakció, ami a kopás növekedését okozza)
- korrózió;

Alkalmazott módszerek:

- mágneses dugók;
- a fémrészecskék által működtetett elektromos érzékelők;
- az olaj spektrumanalízis;
- a felületi részecskék formaváltozásának analízise;
- az olaj viszkozitás változásának elemzése.

Mágnes dugós diagnosztikai módszer

Amennyiben jól belegondolunk a repülőgépek, de különösen a nagy terhelésekkel repülő vadászgépek esetében, már 40-45 éve alkalmazzák a tribológiai méréseket. Ezt úgy hívták, hogy „fémforgácsjelző” **(pl: VSZ-1)**. A finomszűrők ellenőrzése, az itt megengedhető, vagy nem megengedhető szennyeződés mértéke, illetőleg anyaga, szintén egy sajátos tribológiai ellenőrzésnek tekinthető. Különösebb előrejelzésre, vagy állapot meghatározásra ez nem volt alkalmas, de repülésbiztonsági szempontból nagy jelentőséggel bírt.

Az olajrendszerben található szűrők 73...75 µm-nél nagyobb méretű fémrészecskéket képesek csak felfogni. Az ennél kisebb mechanikus kopástermékek a szűrőn akadálytalanul áthaladnak, csökkentve a diagnosztika teljes értékűségét. A fenti hiányosság kiküszöbölésére a sugárhajtóművek olajrendszerében mágneses dugókat vagy részecske detektorokat helyeznek el.

A mágneses részecske detektorok hatékonyan alkalmazhatók a csapágyak és más alkatrészek tönkremenetele kezdeti fázisának meghatározására figyelmeztető fényjelzéssel egybekötve. A módszer hatékonyságát jól mutatja az **UH-1** és az **AH-1G** helikopterek hajtóműveire felszerelt mágneses részecske analizátor kétévi üzemeltetési adatai. (4. táblázat)

MUTATÓK	CSERÉK ÉS TÉVES JELZÉSEK SZÁMA	
	MENNYISÉG	%
Berendezéscserék a mágneses részecske-detektor jelzése alapján:	75	100
megalapozott	66	88
nem megalapozott	9	12
Közlőmű berendezéseinek cseréje:	40	100
megalapozott	39	97,5
nem megalapozott	1	2,5

4. táblázat A részecske analizátor üzemeltetési adatai

Diagnosztika jelzőszűrő segítségével

A mágneses detektorok összes típusának alapvető hibája, hogy korlátozottan alkalmazhatók a vasat tartalmazó anyagokhoz is. Új megoldásként széles körben alkalmazzák a mágneses részecske detektorokat jelzőszűrőkkel egybeépítve. A szűrő a sugárhajtóműből kilépő olaj 10%-t szűri meg és eltömődése esetén elektromos jelet ad ki a repülőgép fedélzetére. Hátránya, hogy viszonylag nagy mennyiségű és méretű fémkopadék (forgács) esetén jelez, amikor a roncsolódási folyamat már a kifejlődési stádiumában van.

Többelemes olajanalizátor (MOA)

A **Multielement Oil Analyzer (MOA)** készülék segítségével meghatározható a használatban lévő kenőolajokban és hidraulikaolajokban lévő fémrészecskék fajtája és mennyisége. Az olajban megtalálható fém nyomok az u.n. „kopásból eredő fémkopadékok” felderítése és mérése fontos részét képezi a hajtóművek és berendezései preventív üzemeltetési programjainak valamint diagnosztikájában.

Egy fémelem szokatlan nagyságú koncentrációjának megjelenése egy üzemen lévő olaj mintában rendellenes kopást jelent a vizsgált berendezésben, illetőleg a hajtóműben. Bizonyos mennyiségű, a hajtómű természetes elhasználódásából eredő fém részecske mindig található a használt olajban, vagy hidraulika folyadékban.

Amennyiben a mennyiség növekedési üteme a szokásosnál gyorsabb, vagy egy hirtelen mennyiségváltozás tapasztalható, ez mindig valamilyen meghibásodásra utal, vagy kopást jelez.

A **MOA** a hajtóműből meghatározott időközönként vett olajminták elemzésével, lehetővé teszi a rendellenesen elhasználódott szerkezeti elemek meghatározását, bekövetkező meghibásodások prognosztizálását.

A fokozott mértékű kopás észlelése (olajanalizálás) után a berendezés kijavítható, vagy kivonható az üzemeltetésből még az előtt, mielőtt egy nagyobb meghibásodás bekövetkezne a hajtóműben. Ezzel megakadályozható a hajtómű idő előtti nagyjavításba küldése, azaz üzemidőt lehet nyerni.

A MOA működése egy olyan analitikus technikai eljárás, amely atomemissziós spektroszkópia elvén alapul. Az eljárás lényege, hogy egy kis mennyiségű olajmintát nagyfeszültségű elektromos szikra felhasználásával „eléget”. A szikra a mintában lévő elemek atomjait fénysugárzási energia kibocsátására gerjeszti. A gerjesztett atomokból kibocsátott fényt a MOA optikai rendszerében (a spektrométerben) szétválasszuk hullámhosszúság szerinti összetevőire, azaz a spektrumaira.

Minden egyes elem egy specifikus és csak rá jellemző hullámhosszúságon bocsát ki fényt. A MOA spektrométerét úgy tervezték, hogy mindegyik elem részére a legstabilabb hullámhosszúságot méri, a háttérhez viszonyított jel formájában.

Az emissziós spektroszkópiában egy elem spektrumvonalának intenzitása arányos az elemeknek a mért mintában lévő koncentrációjával.

A minta spektrumvonalainak ismert szabványok spektrumvonalaival történő összehasonlításával meghatározható az elemek koncentrációja ppm egységekben.

Bár a MOA képes 30 elem koncentrációját mérni, azonban az RD-33 típusú sugárhajtóműben használatos IPM-10 olaj vizsgálatokor csupán az alábbi 10 elemet vizsgáltunk:

Alumínium (Al), Cink (Zn), Kadmium (Cd), Króm (Cr), Vas (Fe), Ólom (Pb), Nikkel (Ni), Ón (Sn), Réz (Cu), Titán (Ti).

Az adatok feldolgozása és rögzítése számítógépen történik.

Tribológiai vizsgálat eredménye:	
Repülőgép oldalszáma:	19/bal
Hajtómű gyári száma:	87...149
A hajtómű összüzemideje:	170h 59p
Vizsgált olaj:	IPM-10
Az olaj ledolgozott ideje:	87h 20p
A vizsgálat időpontja:	10.Febr. 2007.14ó14p
Fe koncentráció	0.49 ppm
Al koncentráció	0.29 ppm
Cr koncentráció	0.12 ppm
Cu koncentráció	0.17 ppm
Ni koncentráció	0.39 ppm
Pb koncentráció	0.20 ppm
Sn koncentráció	1.01 ppm
Ti koncentráció	1.17 ppm
Cd koncentráció	0.00 ppm
Zn koncentráció	0.19 ppm

Oilchek kézi ellenőrző berendezés

Az Oilchek szintetikus és kőolaj alapú olajok használati minőségének megállapítására alkalmas hordozható készülék.

Az olaj-ellenőrző méri az összes szennyeződés és elektrokémiai változás hatását, amely a szintetikus és kőolaj alapú olajokban következik be használat során.

Ezt az olajok dielektromos állandójának a kimutatásával és mérésével éri el. Az ugyanolyan márkájú és fokozatú használt és friss, még nem használt olajokból nyert mérések összehasonlításával az olajellenőrző képes meghatározni az olaj dielektromos állandójában bekövetkező változások mértékét.

A dielektromos változás közvetlen kapcsolatban van az olaj szennyezettségi szintjével és degradációjával. Lehetővé teszi a felhasználó számára az olajcserék közötti idő meghosszabbítását, azonnal felfedi a mechanikai elhasználódás növekedését és az olajok kenési tulajdonságainak elvesztését.

Ferrográfia

A ferrográfia a kopásdiagnosztika legösszetettebb módszere a kopásrészecskék mennyiségének, méreteinek, alakjának, felületi morfológiájának meghatározására.

A ferrográfiai vizsgálatok során mágneses tér segítségével választják le a kenőolajok kopásfém és egyéb szilárd szennyezőanyag tartalmát. A ferrogram készítésének klasszikus módja szerint a szilárd részecskéket tartalmazó kenőolaj a gravitációs erőtér hatására halad végig a ferde tárgylemezen. A tárgylemez anyaga speciális üveg, amely a későbbiek során lehetővé teszi a részecskék áteső fényben történő tanulmányozását.

A mágneses erőtér a részecskéket méretük és mágneses tulajdonságaik alapján osztályozza. A nagyméretű - 5 μ m feletti - ferromágneses részecskék a leválasztó mező belépő szakaszán rögzülnek. A részecskék mérete folyamatosan csökken a leválasztási nyomvonal mentén.

A ferrogram készítésének befejező szakaszaként a lerakódások vizuális értékelését akadályozó kenőanyagot oldószerrel eltávolítják oly módon, hogy a mágneses erőtér által befogott részecskék a helyükön maradnak.

Az eredményt egyszerű mennyiségi értékeléssel meghatározható oly módon, hogy a leválasztási útvonalon két helyen meg kell mérni a leválasztott részecskék koncentrációját például az árnyékoló hatásuk segítségével. A két számérték nagysága a szilárd részecskék mennyiségével lesz arányos.

A ferrográfia módszere előnyösen alkalmazható a kopási folyamatok teljes körű megfigyelésére.

A magyar légierő csak a MOA és az Oilchek típusú olajellenőrző berendezésekkel rendelkezik.

3. Endoszkópos vizsgálatok

Ez ideig leggyorsabban és legtöbb és a legkézzelfoghatóbb eredményt az endoszkópos hajtómű vizsgálatok eredménye képen nyertünk. A nagyjavító vállalat által nem megfelelő minőségben elvégzett nagyjavítások miatti meghibásodásokat időben sikerült előre jelezni, vagy megakadályozni, illetőleg ezek anyagi vonzatát teljes egészében a javítévállalatra áthárítani. Ezt úgy kell érteni, hogy az ellenőrzésekhez, gyártó által előírt

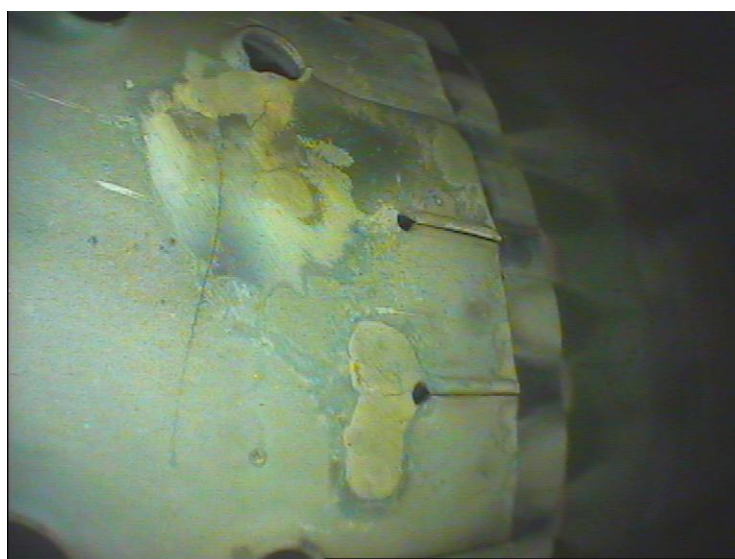
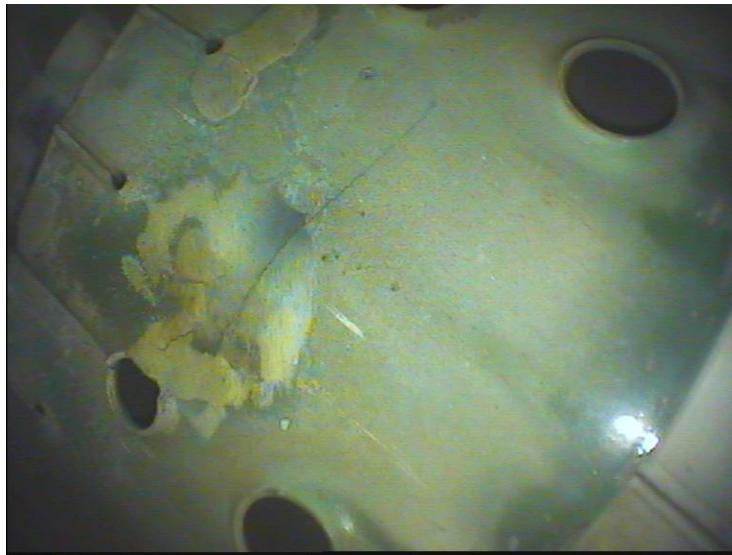
műszerek még messze nem mutatták ki azokat a repedéseket, elváltozásokat, amit az itthon beszerzett, jó nevű cég által gyártott endoszkóp már kimutatott, illetőleg az elektronikusan rögzített adatok alapján a meghibásodás, elváltozás teljes folyamata ismertté lett, a hajtómű üzemképtelensége nagy pontossággal prognosztizálhatóvá vált.

Az endoszkóp repülőgépen történő alkalmazására a szakállomány szintén felkészült.

Néhány gyakorlati példa (csak hajtóművekről)

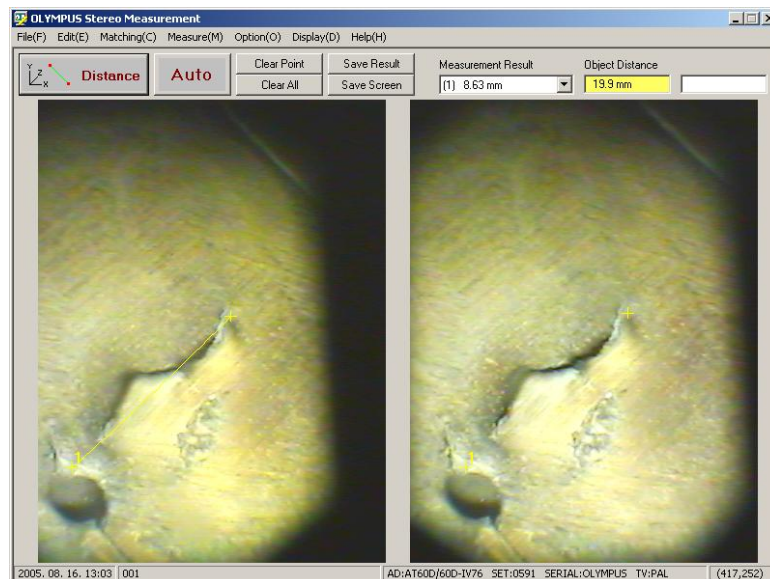
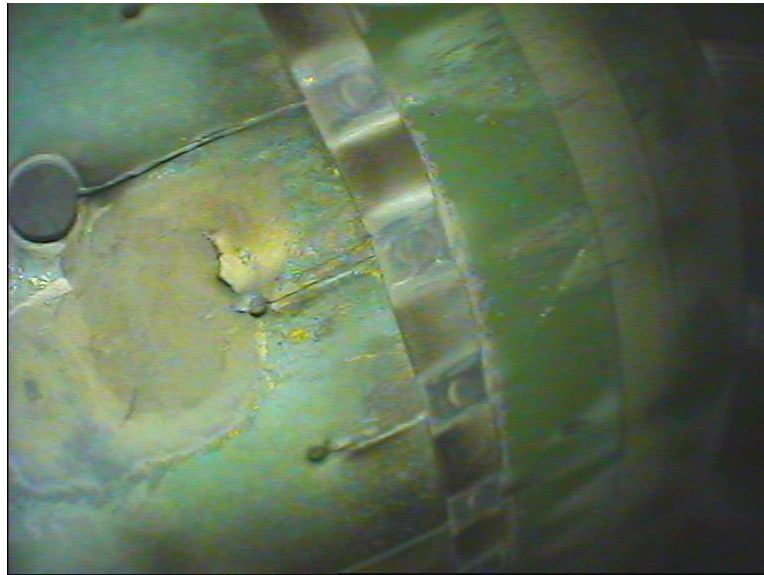
→ **870881272167** gyári számú RD-33 típusú hajtómű égőtér sérülése.

Az égőtér repedése a nagyjavítás után indult el, és 31 óra ledolgozott üzemidő után 32 mm-t érte el. A repedésnövekedési sebességéből valószínűsíthető, hogy a garanciális időn belül a repedés hossza meghaladta volna a Technológiai Utasításokban (*továbbiakban: TU-ban*) megengedettet (35 mm), de a hajtómű madárral való ütközés és a ventilátor sérülése miatt üzemképtelenné vált.

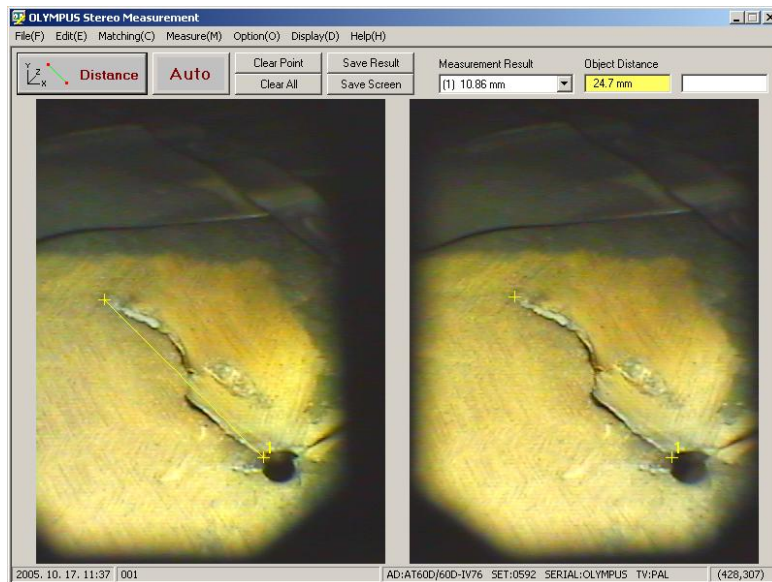


→ **870881672005** gyári számú RD-33 típusú hajtómű garanciális javítás utáni égőtér sérülése

A garanciális javítás utáni első hajtómű beépítés előtti ellenőrzés során feltárták az égőtér TU szerint megengedett repedését (hossza= 8,63 mm), melyet a javítás során nem javítottak ki. Az üzemeltetés során a repedés tovább növekedett, 47 óra 26 perc ledolgozott üzemidő után a repedés hossza elérte a 10,26 mm-t. A repedés hossza a garanciális időn belül valószínűleg még nem haladja meg a TU- ban megengedett 15 mm-t, de a tendenciából látszik, hogy a hajtómű nem tudja ledolgozni a javításközi üzemidejét.



Óóra 00 perc



47 óra 26 perc

Összefoglalva

A fentiekben tárgyalt eredmények, valamint a repülőgép sárkánya üzemeltetési filozófiája területén a gyártóval közösen elért sikerek, melyeket az **általunk üzemeltetett repülőgép típussal rendelkező országok közül elsőknek a világon vezettünk be**, jó esély adnak arra, hogy a még **MA** meglévő magas szintű üzemeltetési kultúránk, szellemi kapacitásunk révén úrrá legyünk azon az objektív „hátrányon” hogy importált repülőgépeinket, csak importon alapuló beszerzésből tarthatunk fenn. A magas és állandóan növekvő költségek mellett, élnünk kell a saját szellemi és humán kapacitásunkból adódó előnyökkel, amivel jelentős költségmegtakarítást érhetünk el. (ez 30-40%- t is kitehet) Nem szabad elfelejteni, hogy ezen eredmények, a költségek csökkentése, bármely jelenlegi, vagy jövőbeni repülőgép típus esetében is elérhetők, realizálhatók.


FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Structural health monitoring methodology for aircraft condition-based maintenance (MC Gowan; Reither Livier; Depuis Jean Pierre; Takeda Nobuo stb)
- [2] On Condition Maintenance (FMW Sveden; Deouis Jean Pierre stb)
- [3] Engine Vibration Monitoring and Diagnosis Based on ON-Board Captured Data (Dr Jorge A. Moreno Barragán Germany)
- [4] Tribológia (BME Dr Tóth Lajos; Dr Kiss Gyula; Cerlikon Balzers Coating)
- [5] Кеба И. В. Диагностика авиационных газотурбинных двигателей, Москва „Транспорт”,1980. 104-153 с.
- [6] Multielement oil analyzer (MOA). Használati utasítás. Magyar Honvédség Repülőműszaki Intézet. Budapest.
- [7] Tóth András okl.mk.ezredes szakmérnöki szakdolgozat 1999. 05. 14.
- [8] RÉVHÁZ Program CEAT Kft Endrőczy Gábor Rezgésdiagnosztikai Mérő és Elemző Rendszer

Dr. Vörös Miklós

ELEARNING TAPASZTALATOK A ZMNE-EN



 Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem

HONVÉDELMI ALAPISMERETEK

A KATONAI VÉDELÉM ALAPJAI
SZABÁLYISMERET
EGÉSZSÉGÜGYI ISMERETEK
LOGISZTIKAI ISMERETEK
TEREPTANI ISMERETEK
FELKÉSZÍTÉS ABV HARCÍ KÖRNYETÉRE
MŰSZAKI ISMERETEK
ÁLTALÁNOS LŐKIKÉPZÉS
ÁLTALÁNOS HARCÁSZAT
BÉKETÁMOGATÓ MŰVELETEK
A POLGÁRI-KATONAI EGYÜTTMŰKÖDÉS
KATASZTRÓFAVÉDELMI ISMERETEK

HONVÉDELMI ALAPISMERETEK I.

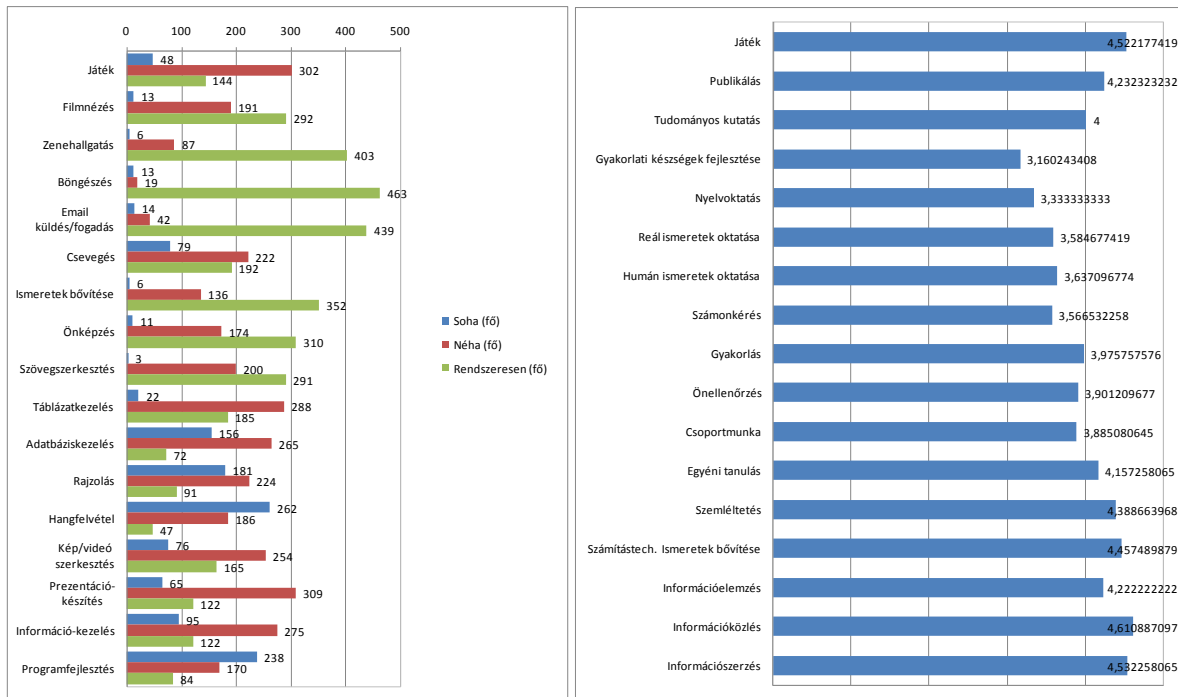
- ELŐZMÉNYEK:** A „Honvédelmi alapismeretek” tantárgy felsőoktatási rendszerbe való illesztési dokumentumainak kidolgozását a honvédelmi miniszter a ZMNE rektorának írt, 428/69/2002 ny. sz. levelében szabta feladatul.
- A TANANYAG:** A tananyag a távoktatás/távtanulás sajátos módszertani követelményeit figyelembe véve készült el. A tananyag az Interneten keresztül érhető el, a ZMNE által biztosított felhasználói névvel és jelszóval, így az illetéktelen hozzáférés megakadályozható (az anyag nem tartalmaz minősített tartalmakat). Modulrendszerű felépítése biztosítja jó áttekinthetőséget, az elsajátított tudás önellenőrzését, valamint a szükséges módosítások gyors végrehajthatóságát. A ZMNE által használt, Oracle iLearning tanulástámogató keretrendszer (Learning Management System - LMS) a tananyaghoz történő hozzáféréseken kívül biztosítja a tanulók munkájának követését és naplózását, az elsajátított anyag ellenőrzését, fórumok és beszélgető-szobák létrehozását, a tanulók hálózaton keresztül történő csoportmunkáját, a tutorok és a tanulók levelezését, közérdekű hírek hirdetőtáblán történő megjelenítését, a különböző jogosultságok személyek szintjén történő beállítását.
- AZ OKTATÁS:** A ZMNE és a veszprémi Pannon Egyetem (PE) rektorai által 2007-ben kötött szerződés alapján a PE a Honvédelmi alapismereteket választható, 3 kreditértékű tárgyként hirdette meg, először a 2007/2008-as tanév I. szemeszterében. Az oktatás egyedülálló volt a ZMNE eddigi történetében: egy időben tesztelte a ZMNE informatikai rendszerét, az Oracle iLearning tanulástámogató keretrendszert, az elektronikus tananyagát, a távoktatás szervezését, a tutor tevékenységét (a tutor a hallgatókkal csak a vizsgán találkozott személyesen) és a hallgatók tevékenységét.

HONVÉDELMI ALAPISMERETEK II.

- A SZÁMONKÉRÉS:** A./ Email-ben beküldendő, 5-10 oldalas esszé, mely témáját megadott témakörökből lehetett kiválasztani, kidolgozásához on-line segédanyag állt rendelkezésre
B./ Jelenléti írásbeli vizsga (20 feladatból álló feladatlap, A-F változatban).
A kollokvium osztályzata az A és B feladatokra kapott pontszámok alapján került kialakításra.
- A HALLGATÓK RÉSZÉRE KÉSZÍTETT SEGÉDANYAGOK:** Információs levél.
Tanulási útmutató.
LMS kezelési útmutató.
Gyakorló feladatlap.
- A HALLGATÓK:** A tantárgyat felvettek száma:
2007/2008. I. fé.: 279 fő (65 lány, 214 fiú)
2007/2008. II. fé.: 526 fő (111 lány, 415 fiú)
2008/2009. I. fé.: 778 fő (301 lány, 477 fiú)
2008/2009. II. fé.: 802 fő (302 lány, 500 fiú)
- VIZSGAEREDMÉNY:** 2007/2008. I. fé.: vizsgázott: 126 fő, átlag: 3,54 (0 bukás)
2007/2008. II. fé.: vizsgázott: 375 fő, átlag: 3,25 (13 bukás)
2008/2009. I. fé.: vizsgázott: 582 fő, átlag: 3,13 (77 bukás)
2008/2009. II. fé.:
- KAPCSOLAT:** Email-ek száma:
2007/2008. I. fé.: beérkezett: 480 db elküldött: 361 db
2007/2008. II. fé.: beérkezett: 748 db elküldött: 855 db
2008/2009. I. fé.: beérkezett: 1625 db elküldött: 1681 db
2008/2009. II. fé.:

HONVÉDELMI ALAPISMERETEK III.

A KÉRDŐÍVES FELMÉRÉSEK EREDMÉNYEIBŐL I.

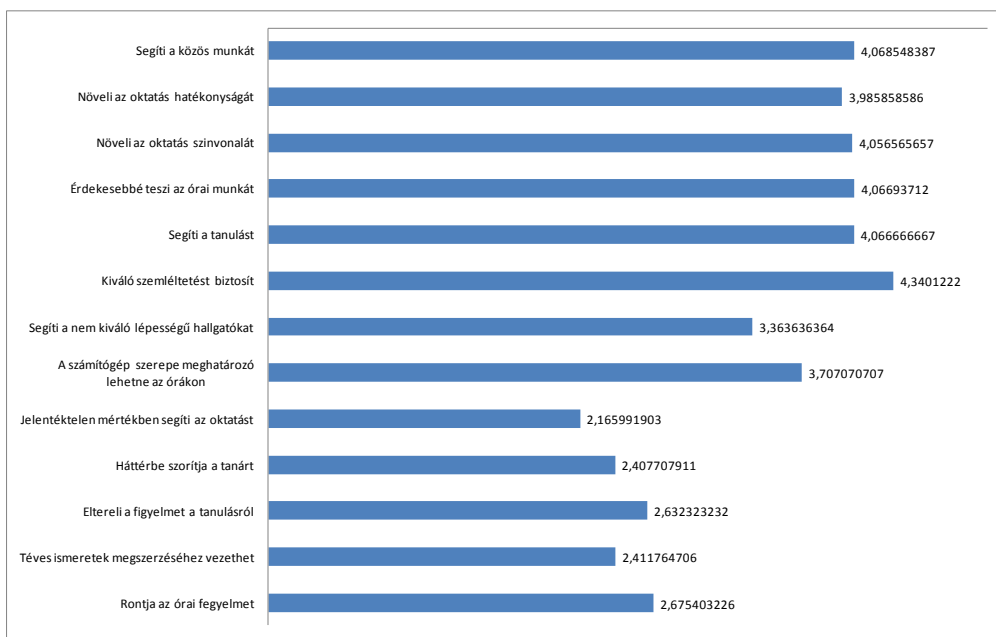


Otthoni számítógép használati szokások

A számítástechnika alkalmazhatósága (1- 5 skálán)

HONVÉDELMI ALAPISMERETEK IV.

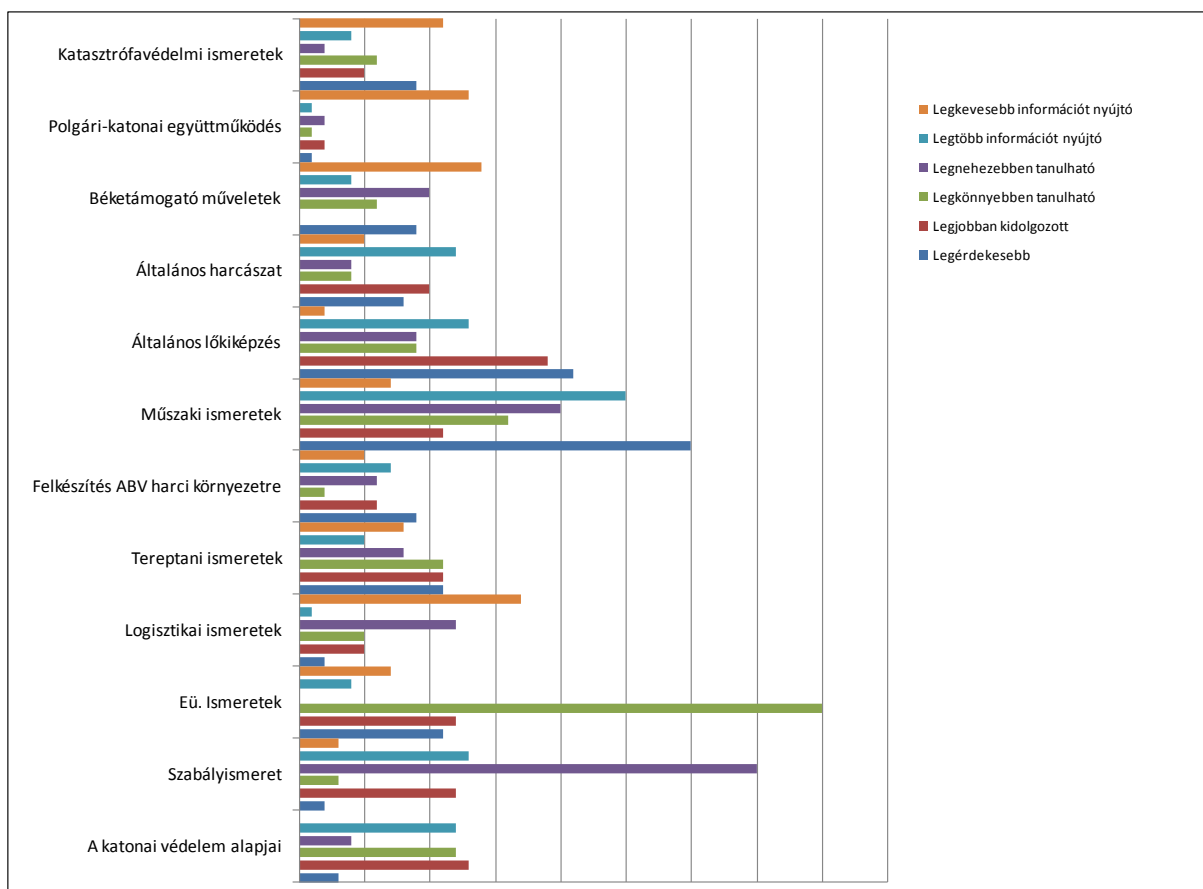
A KÉRDŐÍVES FELMÉRÉSEK EREDMÉNYEIBŐL II.



A számítástechnika hatása az oktatásban

HONVÉDELMI ALAPISMERETEK V.

A KÉRDŐÍVES FELMÉRÉSEK EREDMÉNYEIBŐL III.



A hallgatók véleménye a tananyag moduljairól, 2007/2008.



Dr. Wantuch Ferenc – Potor Anita

A KATONAI REPÜLŐTEREK TAF ELŐREJELZÉSEINEK ÖSSZEHASONLÍTÓ VERIFIKÁCIÓJA

A verifikáció célja és elvárása, hogy felfedje az előrejelzések minőségét. Több okból is fontos verifikálni az előrejelzéseket: az előrejelzések minőségének ellenőrzése, javítása érdekében, illetve azért hogy az egyes rendszerek összehasonlíthatóvá váljanak. Az előrejelzőknek a verifikáció visszajelzést ad, hogy mely meteorológiai elem előrejelzésén kell javítani, és az első lépéstől figyelhetőek az esetleges hibák. A teljesítmény kiértékelése egyben további fejlesztések alapjául szolgál.

A repülésmeteorológiában különösen fontos az időjárás előrejelzések bevalásának ellenőrzése. A repülésmeteorológiai előrejelzések verifikációja során nyilvánvalóvá válnak az előrejelzés gyenge pontjai és felderíthetők a szisztematikus hibák, és azok az elemek, melyeket nagyobb biztonsággal jelezhetünk előre. Mindemellert megfelelő verifikációs séma alkalmazásával az előrejelzések minősége is javítható.

Az informatika nagyléptékű fejlődésének köszönhető újítások, a prognózisok automatizálása, indokoltá teszik objektív és automatikus verifikációs módszerek alkalmazását.

A cikkben a repülésmeteorológiai Terminal Aerodrome Forecast (TAF) távirat objektív kiértékelését írom le a 2008-as évről, Magyarország 5 repülőterére: Kecskemét, Pápa, Szolnok, Budapest és Debrecen. A kiértékelés során a Dr. Wantuch Ferenc által kidolgozott METAR táviraton alapuló verifikációs módszert alkalmazzuk, mely során a repülésmeteorológiai előrejelzések bevalása számszerűsíthető. A TAF és a METAR táviratok kódolásának rendjét ICAO Annex 3 nemzetközi szabályozás írja elő, amelyet a katonai repülésben résztvevők részéről ismertnek feltételezzük. A 2007. júniusában az ICAO által kiadott Annex 3 dokumentum ajánlasként fogalmazza meg a tagállamok felé a repülésmeteorológiai előrejelzések üzemelési szempontból kívánatos pontosságát, ezért a fent említett módszer mellett kiértékelésre kerül az egyes repülőtereken az ICAO által ajánlott kritériumok is.

A verifikációs módszer rövid bemutatása

A kiértékelés során a METAR és a TAF táviratok gépi összevetésére kerül sor. Először a program automatikusan összegyűjti a repülőtéren METAR táviratokat (ezeket félóránként adják ki), esetleg két nappal is, hiszen az előrejelzés időszaka átnyúlhat a következő napra is. Ezután értelmezi azt, hogy mi szerepel a táviratban. Miután ez megtörtént, és a program nem talált hibát, az előrejelzési táviratot (TAF) vizsgálja a következők szerint: mely időszakra vonatkozik, melyik félórára milyen időjárási elem van, és hogyan van előrejelezve.

Az automatikus verifikáció elvégzéséhez kidolgozott program archiválja a forgalomba kerülő időjárás-jelentő és előrejelző táviratokat, szétválogatja a meteorológiai elemeket külön file-okba, illetve a verifikálásra kiválasztott TAF-hoz megkeresi a hozzá tartozó METAR – egyes esetekben METAR-ok – értékeit.

Az elemek szelektálása előtt a program formai ellenőrzést végez: például a változást jelző csoportok időintervalluma a távirat érvényességi idején belül van-e, szerepel-e elírás benne, stb. Ha az előrejelzés nem felel meg az ICAO által előírt követelményeknek, hibaüzenet jelenik meg a képernyőn, s így tulajdonképpen a verifikáció már az előfeldolgozással megkezdődik. (Az ellenőrző program hatásköre a METAR-okra is kiterjed, s az észlelőkhöz eljuttatott hibagyűjtemény az ő munkájuk minőségének javulását is elősegíti.)

A felhasználó a kigyűjtőprogramot egy batch file-on keresztül futtathatja. Ebben lehet beállítani a kiértékelésre kiválasztott TAF paramétereit, valamint a keletkező file-ok helye is megadható.

A kiválogatás során mind a METAR, mind a TAF esetén karakterenként olvassa be a program a sorokat, és a csoportok jellegzetessége alapján különíti el és gyűjti ki a meteorológiai elemeket. A szélcsoportot például a benne szereplő KT karakterek alapján azonosítja.

A program félóránként hasonlítja össze a TAF-ban szereplő értékeket a METAR-okéval, és valamennyi elemre előállítja a bevalásokat. A kapott eredmények automatikusan eltárolódnak egyes file-okban. Az általános elv a következő: ha csak egyetlen érték (az úgynevezett alap) szerepel az előrejelző táviratban, akkor azzal, ha az alap mellett TEMPO, és (vagy) PROB TEMPO csoport is szerepel, akkor azokkal is megtörténik az összevetés. Az összesített félórás bevalás értéke több csoport esetén a csoportok bevalásának számtani közepe. Így az előrejelző, illetve a prognózis bizonytalansága is belekerül a mérőszámba. A BECMG–el jellemzett változást leíró csoport időtartama alatt a BECMG előtti és utáni állapot egyaránt előfordulhat. Az FM időpontja után már csak a jelzett állapot fordulhat elő. Ugyanarra az időjárási elemre a TEMPO és BECMG időtartamában valamint az FM időpontjában nem lehet átfedési időintervallum, hiszen ezek a változást leíró csoportok - ismétlen ugyanarra az időjárási elemre - definíció szerint kizárják egymást. Ezek a kikötések teszik matematikailag értelmezhetővé a feladatot.

Egyes kitüntetett, repülésre veszélyes időjárási elemek előrejelzésének elmulasztása az egész TAF összesített bevalását nullázza. A távirat félóránkénti bevalásainak átlaga adja a TAF bevalását.

Az algoritmusban a szélirány, szélesebesség, szállökés és látástávolság elemekre a teljes verifikációt elvégeztük; a felhőzet és a jelenidő esetén a teljes körű verifikáció még nem megoldott, de az igazán veszélyes jelenségek kiszűrésre kerülnek (Cumulus felhőzet, zivatar, ónos jellegű csapadék, közepes vagy erős intenzitású havazás, Cumulonimbus felhőzet esetén).

A TAF táviratok ICAO által megkívánt pontossága

A 2007. júliusában, az Annex 3. kiadványában az ICAO megfogalmazta, milyen követelményeket kíván meg a repülőtéri TAF előrejelzésekkel kapcsolatban. Ez egyelőre ajánlott eljárás, tehát egy

olyan előírás, melynek egységes alkalmazását kívánatosnak tartják a nemzetközi repülés biztonsága, rendszeressége vagy hatékonysága érdekében, és amelyhez a szerződő államok az Egyezménynek megfelelően igyekeznek alkalmazkodni.

Előrejelzendő elemek	Előrejelzések üzemeltetési szempontból kívánatos pontossága	A tartományon belüli esetek minimális százaléka
	TAF	
Szélirány	±20	az esetek 80%-a
Szélesebesség	±9 km/h (5csomó)	az esetek 80%-a
Látás	±200 m 800 m-ig ±30% 700 m és 10 km között	az esetek 80%-a
Csapadék	Előfordulás vagy nem-előfordulás	az esetek 80%-a
Felhő mennyiség	Egy kategória 450 m (1500 láb) alatt BKN vagy OVC előfordulása vagy nem-előfordulása 450 m (1500 láb) és 3000 m (10000 láb) között	az esetek 70%-a
Felhő magasság	±30 m (100 láb) 300 m-ig (1000 láb) ±30% 300 m (1000 láb) és 3000 m (10000 láb) között	az esetek 70%-a
Levegő hőmérséklet	±1°C	az esetek 70%-a

1. táblázat Az előrejelzések üzemelési szempontból megkívánt pontossága

Ha az előrejelzések pontossága a második oszlopban bemutatott, üzemelési szempontból kívánatos tartományon belül marad az eseteknek a harmadik oszlopban jelölt százalékánál, akkor az előrejelzés hibáinak hatása nem tekinthető lényegesnek a navigációs hibák és más üzemelési bizonytalanságok hatásaihoz képest.

A dolgozatban a fenti táblázat elemi közül a szélirány, szélesebesség, látástávolság, felhőmennyiség és felhő magasság csoportok kerültek kiértékelésre.

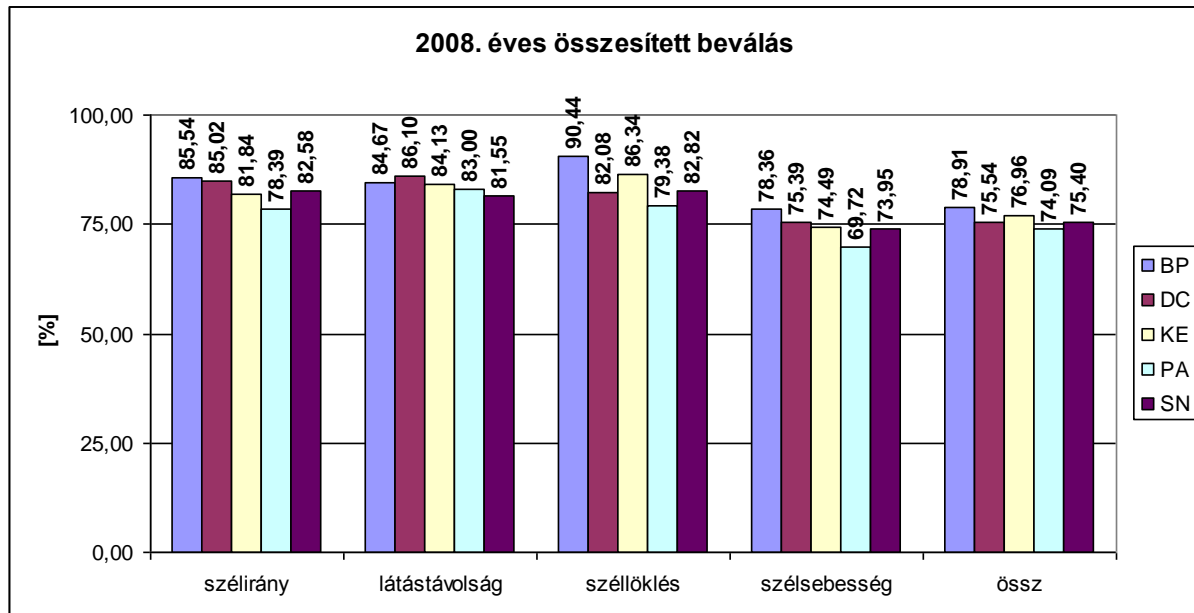
A 2008-as évre elvégzett kiértékelés tapasztalatai

Összefoglaló értékelés az előrejelzések minőségéről és megbízhatóságáról csak hosszabb időszak elemzése után lehetséges, de az egy éves időszak feldolgozásával is újabb információkhoz jutunk a fent említett 5 magyar reptér előrejelzéseivel kapcsolatban.

A katonai repülőtereken (Kecskemét, Pápa, Szolnok) naponta 7 TAF-ot adnak ki, Budapesten 8-at és Debrecenben 3-at. Az ICAO 2008. november 5-től életbe lépő változásai leginkább a budapesti TAF-ok esetén szembetűnők, ugyanis ott az addigi rövid TAF-ok helyett már hosszabb érvényességi

idejű, 24 órás TAF-okat adnak ki, naponta négyszer. A többi repülőtérnél megmaradtak a rövid TAF-ok, csak a kiadás időpontja változott.

A következő ábrák a fent ismertetett verifikációs módszer kiértékelését illusztrálják. Az 1. ábrán az egész évet jellemeztem egyetlen beválással a különböző kategóriákban. Az egyes értékek a 2008-as évben, az adott állomáson kiadott összes TAF átlagát jelentik a különböző elemekre.

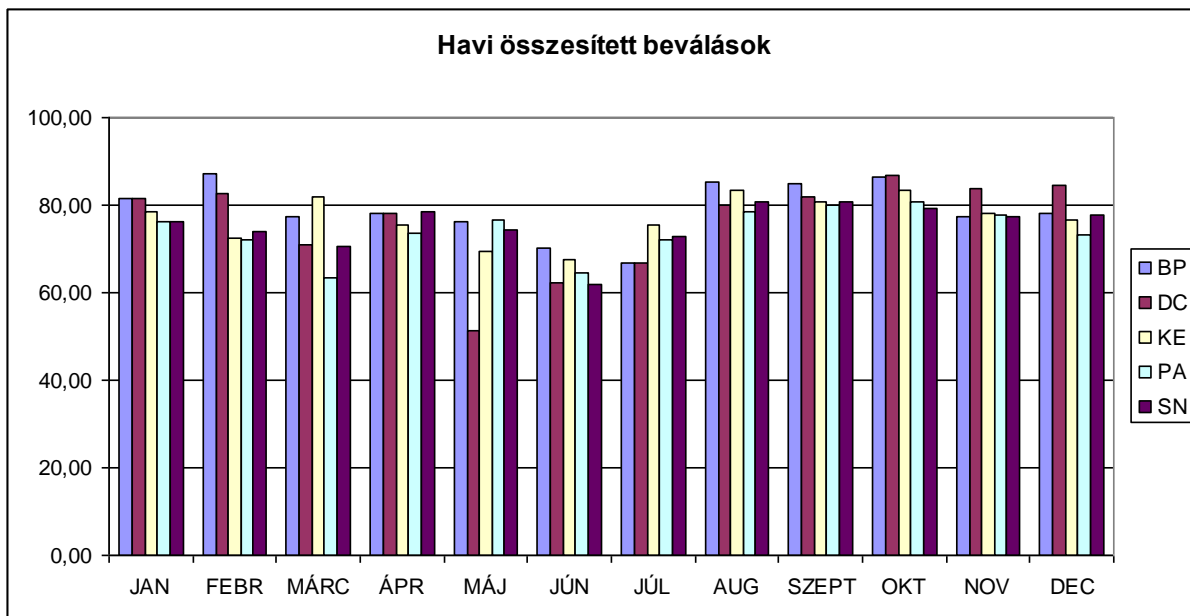


1. ábra 2008. meteorológiai előrejelzések kiértékelése

A legalacsonyabb beválás mind az 5 repülőtér esetén a szélsébség előrejelzésénél volt, míg a legjobb eredményeket a széllökés esetén produkálták. Itt azonban meg kell azt említenünk, hogy a verifikáció során azokat az eseteket, amikor nem volt széllökés, és azt nem is jelezték előre 100%-nak értékeltük (ez viszonylag sokszor fordult elő). Az utolsó csoport az összesített beválást mutatja, amely szinte minden esetben alacsonyabb az első 4 csoport átlagánál. Ez azért van, mivel az összesített beválás lenullázódik abban az esetben, ha a meteorológusok nem jelezték előre a repülés szempontjából fontosabb eseményeket, mint például a Cb felhőzet, zivartart, ónos jellegű csapadékok, havazás.

Az egész évet jellemző diagramból az is megfigyelhető, hogy a legjobb előrejelzéseket a budapesti reptérre készítik, a katonai reptereknél a sorrend: Kecskemét, Szolnok, Pápa.

A 2. ábrán az összesített beválásokat látjuk havi lebontásban, százalékos formában. Az értékek az adott hónapban kiadott TAF-ok összesített beválásának az átlagát mutatják.



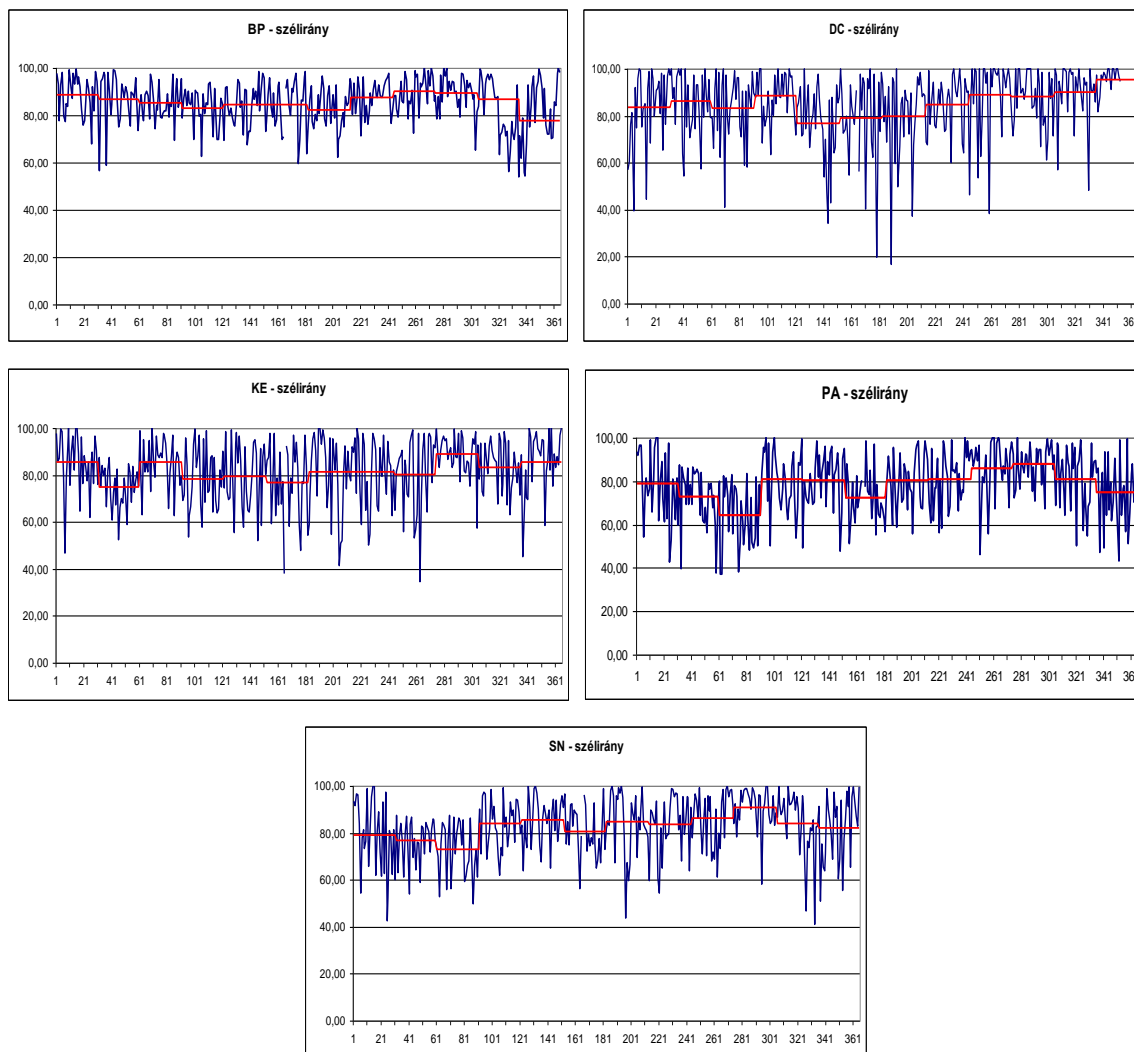
2. ábra 2008.előrejelzések havi összesített beválásai

A legrosszabb beválásokat az év közepén, június és július hónapokban tapasztalhatjuk. Ennek oka, hogy a zivatarok és a Cb felhők ezen hónapokban gyakrabban jelentkeznek, és ezek pontos előrejelzése nehéz. A legtöbb hiba abból adódott, hogy nem a megfelelő időpontra jelezték előre ezeket az eseményeket. Mint azt már említettem, abban az esetben ha zivatar, vagy zivatarfelhő előfordul, de nem lett előre jelezve, az adott TAF beválása 0%. Viszont, ha az előrejelzésben szerepelnek ezek a jelenségek, de valójában nem voltak, akkor a program az összesített beválásból levonja a 20%-át. Ezzel próbálja kiküszöbölni azt, hogy az előrejelzők túlbiztosítsák magukat, tehát a repülésre veszélyes elemeket ok nélküli előrejelzését.

Az év végi gyenge süllyedést a látástávolság pontatlanabb előrejelzés okozza. A téli időszakban a tartósabb havazás, illetve az intenzív hózáporok hirtelen látástávolság romlással járnak, illetve a másik ok a Kárpát-medencére jellemző hideg légpárnás helyzetben kialakuló köd. A meteorológusok számára az egyik legnehezebb feladat a köd keletkezésének és feloszlásának pontos előrejelzése, ezen belül a repülés szempontjából igen fontos látástávolság-változás tendenciájának a meghatározása.

Ezek után nézzük meg részletesen az egyes meteorológiai elemek előrejelzésének a beválását. A következő ábrákon egymás alatt látható az 5 reptéren a szélirányok beválása egész évre napi átlagokban. A repülőgépek le- és felszállópályáinak meghatározása miatt fontos a szélirány minél pontosabb előrejelzése. A budapesti előrejelzések mutatják a legjobb eredményeket, néhány naptól eltekintve 60% fölötti értékeket tapasztalhatunk. Az utolsó két hónapban megfigyelhető csökkenés oka a már korábban említett november 5-től életbe lépő változások; ugyanis a hosszú, 24 órás TAF-ok kevésbé pontosak, mint a korábban alkalmazott 9 órás érvényességi idejű előrejelzések.

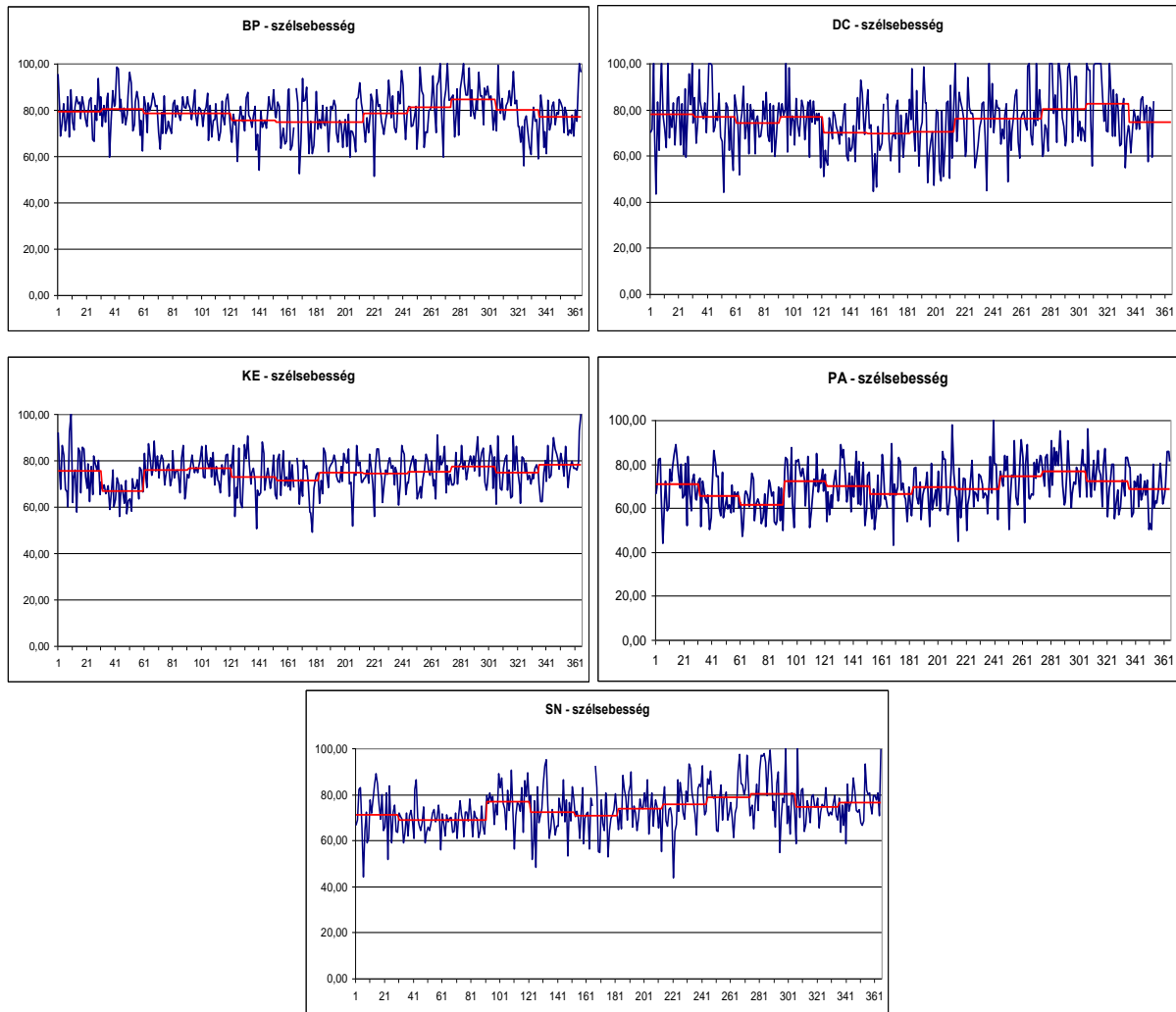
A legalacsonyabb értékeket a debreceni állomáson kaptuk, volt olyan nap, hogy a 20 %-ot sem érte el a beválás. Az ábrán a kék vonal jelenti az egy nap kiadott összes TAF átlagát, a piros pedig a hónapokat jellemző átlag értéket.



3. ábra 2008. szélirány előrejelzésének beválása

A téli félévben az alacsonyabb beválásokat a nagyobb számban keletkező ciklonok okozzák, ugyanis a ciklonokhoz tartozó frontok átvonulásakor mindig szélirányváltás következik be. A nyári félévben gyakran tapasztalunk nagyon gyenge, vagy szélcsendes időjárást. Ebben az esetben a szélirány előrejelzése nehezebb, ezért figyelhető meg a nyári hónapokban egyes napokon alacsonyabb beválás.

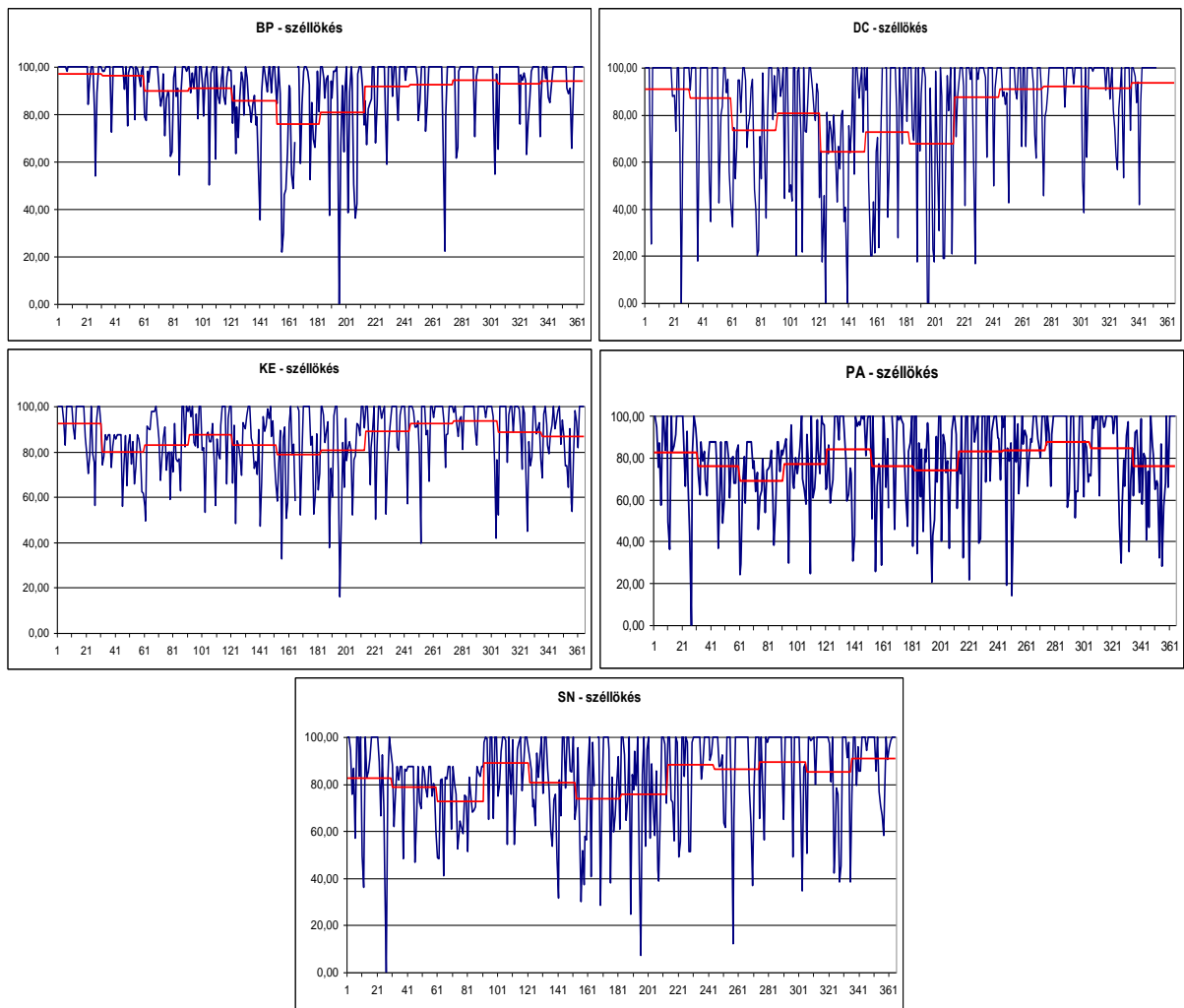
A 4. ábrán a szélsébségek előrejelzésének beválását láthatjuk, hasonló ábrázolási móddal, mint a fenti szélirány. Az összesített beválásnál már megfigyelhettük azt, hogy a vizsgált 4 meteorológiai elem közül, a szélsébség előrejelzésekor voltak a legnagyobb hibák. A legjobb eredményeket mind az 5 állomás esetén október hónapban, a második maximum pedig tavasz elején, áprilisban tapasztalhatjuk. A legrosszabb előrejelzéseket pedig a nyári hónapokban, főleg júniusban és júliusban, és – BP kivételével – tavasz elején, márciusban produkálták.



4. ábra 2008. szélsőségek előrejelzésének beválása

A legkiegyensúlyozottabb eredményt a szélsőségek esetén is a budapesti reptéren hozták, a katonai repülőterek közül pedig Kecskemét állomásról mondható el ugyanez. Viszont összességében mindhárom katonai állomás alatta maradt a két civil állomás eredményeitől, sőt egész évre a pápai előrejelzések átlagos beválást mindössze 69,72 %, és ez az érték március hónapban csak 61,45 % volt.

Ezek után nézzük meg a széllel kapcsolatos harmadik kiértékelt elemet, a szellőkést. Az 5. ábráról szembe tűnik az értékek nagy ingadozása. Ennek az egyik oka, mint azt már korábban említettem, hogy szellőkés nem tapasztalható minden nap, és ha ezt nem is jelezték előre, akkor a beválás 100 %. A negatív kitérések oka az, hogy mivel a szellőkés a repülésre igen veszélyes elem, ezért az 50%-nál alacsonyabb beválásokat mindenhol 0%-nak vettük.



5. ábra 2008. szellőkés előrejelzésének beválása

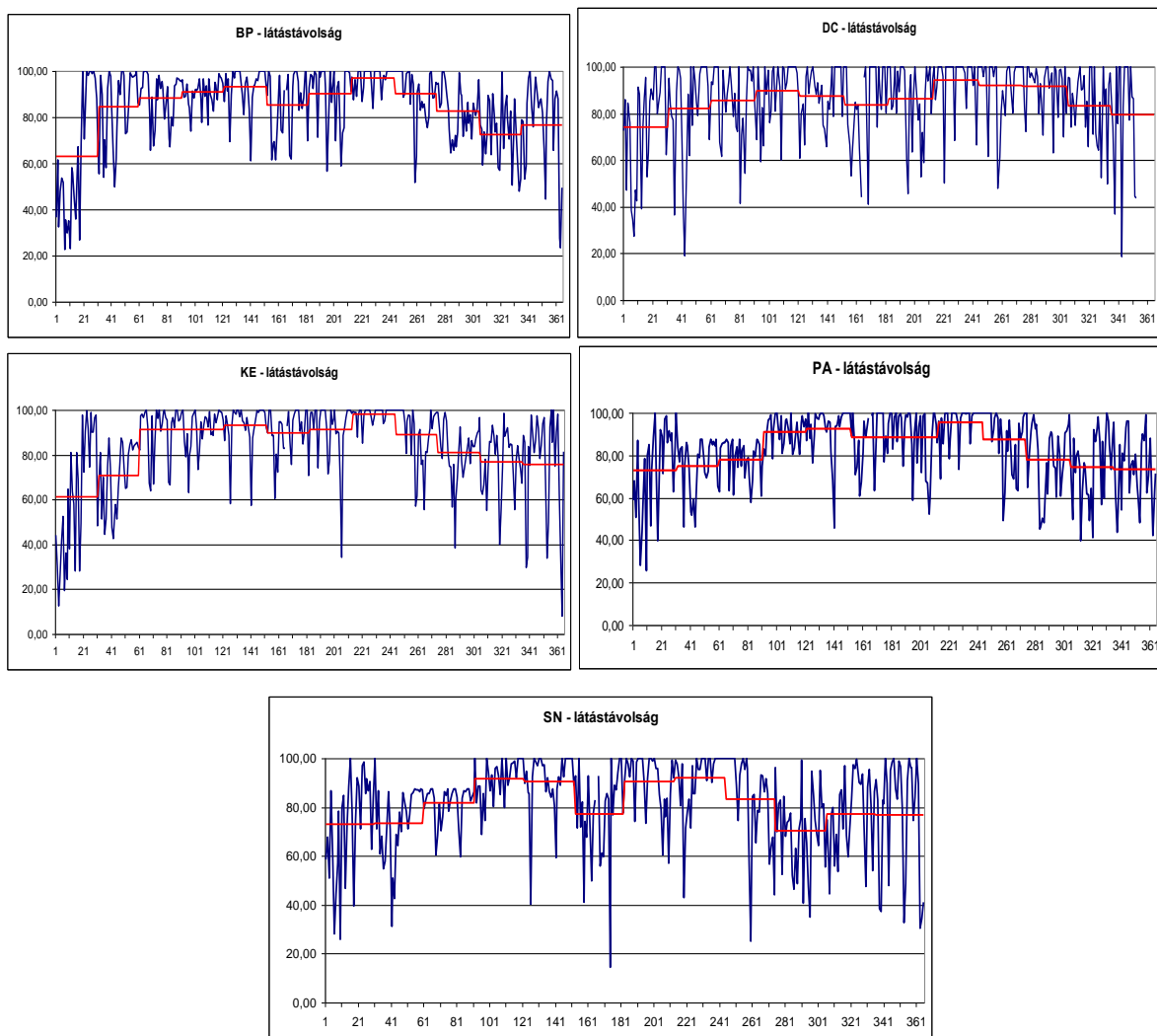
A téli félévben viszonylag magasabb értékeket értek el minden állomáson; a nyári időszakban pedig főleg május, június és július hónapokban az előrejelzések kevésbé voltak pontosak. Ennek oka a melegebb időszakban gyakrabban kialakuló zivatarok, melyek erős szellőkéseket okoznak. 2008-ban a nyári hónapok bővelkedtek a zivataros napokban. Júniusban 27 nap volt zivataros, július is zivatarosabb volt az átlagosnál, de a zivataros napok száma ekkor már elmaradt a júniusban megfigyeltől.

Ha az 5 repülőtér eredményeit akarjuk összehasonlítani, elmondható, hogy a legjobb eredményeket a budapesti előrejelzők érték el. Az átlagos beválás 90,44% volt az elmúlt évben. Majd ezt követi a kecskeméti repülőtér eredménye, 86,34%. Szellőkés tekintetében is a legalacsonyabb beválást Pápán tapasztalhatjuk.

A következő meteorológiai elem, melynek előrejelzésére elvégeztük a verifikációt a látástávolság. Az alacsony látástávolság a repülés szempontjából igen veszélyes elem. Ezért a verifikáló program úgy van megírva, hogy ha 3000 m-nél kisebb értéket észlel akár a METAR, akár a TAF táviratban, akkor az 55%-nál alacsonyabb beválásokat mindenütt 0%-nak tekinti.

A látástávolság esetén egyértelműen megállapítható hogy a legalacsonyabb beválások a téli félévben figyelhetőek meg, míg a nyári időszakban ezen meteorológiai elem előrejelzése sokkal pontosabb.

Ugyanis a nyári időszakban sokkal ritkábban fordulnak elő párás, ködös napok, mint az őszi, illetve téli hónapokban. A téli hirtelen hózáporok gyors látástávolság csökkenéssel járnak, és ezek kezdetének és végének a pontos előrejelzése általában nehéz feladat. A másik ok a Kárpát-medencében, a téli időszakban gyakran kialakuló hideg légpárnás helyzet. Hideg légpárnás helyzet esetén általában zárt, Stratus-felhőréteg alakul ki. De vannak olyan időszakok, amikor nem mindig zárt felhőréteg, ilyenkor rendszerint nagyobb foltokban kisugárzási köd alakul ki, ami ha megemelkedik, szintén Stratus-felhőzetet alkot. Ezek képesek terjeszkedni, sőt akár a napközben is egy adott észlelési pont felett hirtelen beborítani az eget, ezáltal lehűteni a levegőt. Ha a hőmérséklet 0 fok alatt alakul, gyakran zúzmarás köddel együtt fordul elő.



6. ábra. 2008. látástávolság előrejelzésének beválása

Az átlagban leggyengébb előrejelzés a kecskeméti repülőtéren volt január hónapban, viszont a legmagasabb beválást is ez az állomás érte el augusztusban 98%-kal. Ha az egész évet nézzük, Debrecen állomás látástávolság előrejelzései sikerültek legjobban, a legalacsonyabb értékeket pedig Szolnok produkálta.

Az egyes állomásokra a következő átlagok olvashatók le az ábráról:

	BP	DC	KE	PA	SN
JAN	62,98	74,10	61,25	72,87	72,87
FEBR	84,42	82,11	70,56	74,87	73,39
MÁRC	88,25	85,70	91,19	78,04	81,79
ÁPR	90,91	89,89	91,16	91,20	91,79
MÁJ	93,23	87,59	93,17	92,68	90,48
JÚN	85,23	83,71	89,84	88,54	77,11
JÚL	90,23	86,19	91,42	88,20	90,31
AUG	96,98	94,34	98,08	95,49	91,99
SZEPT	90,06	92,00	88,98	87,36	83,39
OKT	82,81	91,45	81,00	78,02	70,36
NOV	72,51	83,31	76,71	74,36	77,24
DEC	77,85	79,50	75,52	73,54	76,98

2. táblázat 2008. látástávolság előrejelzésének havi beválása

A legrosszabb értékeket január, november és december hónapokban figyelhetjük meg. Január első felében kimondottan ködös időjárás volt hazánkban, és ugyanez mondható el az év utolsó napjairól. A novemberi gyenge eredményeket az okozza, hogy a hónap második felében többször volt hózápor, mely a látástávolság hirtelen romlását eredményezi.

Az ICAO által ajánlott kritériumokhoz írt program eredményei

2007. júliusában az ICAO megfogalmazott az előrejelzésekkel kapcsolatban egy megkívánt pontosságot. Ennek értelmében, egy állomás szélirány, szélesség és látástávolság előrejelzései megfelelőek, ha bizonyos kritikus értékek belül maradnak az esetek 80%-ában, felhő alapmagasság és felhőzet mennyiség előrejelzése esetén pedig az esetek 70%-ában. Ezen kritériumok alapján a 2008-as évre a következő eredményeket kaptuk arra, hogy az egyes hónapokban hány nap volt, amikor az előrejelzés pontossága nem érte el az ICAO által megkívánt százalékot. Mivel egy nap több TAF-ot is kiadnak, ezért az egyszerűség kedvéért ezek átlagát tekintem, és erre az értékre vizsgálom az eredményeket.

BP	irány	sebesség	látás	felhőalap	felhőmennyiség
JANUÁR	27	3	11	17	7
FEBRUÁR	21	2	4	8	1
MÁRCIUS	25	1	0	12	0
ÁPRILIS	29	2	0	9	2
MÁJUS	29	4	1	8	0
JÚNIUS	29	1	4	11	1
JÚLIUS	27	2	1	8	0
AUGUSZTUS	29	6	0	6	0
SZEPTEMBER	27	2	0	17	0
OKTÓBER	27	2	0	12	1
NOVEMBER	27	12	2	25	22
DECEMBER	21	7	2	24	24

DC	irány	sebesség	látás	felhőalap	felhőmennyiség
----	-------	----------	-------	-----------	----------------

JANUÁR	25	4	3	18	5
FEBRUÁR	25	10	0	12	3
MÁRCIUS	22	13	0	17	2
ÁPRILIS	21	6	0	22	1
MÁJUS	29	4	0	22	0
JÚNIUS	27	5	0	19	1
JÚLIUS	27	11	0	19	0
AUGUSZTUS	29	6	1	8	1
SZEPTEMBER	18	6	0	14	6
OKTÓBER	29	8	1	19	1
NOVEMBER	25	5	0	15	12
DECEMBER	12	3	1	11	11

KE	irány	sebesség	látás	felhőalap	felhőmennyiség
JANUÁR	27	13	8	19	14
FEBRUÁR	26	6	4	10	1
MÁRCIUS	23	10	0	9	0
ÁPRILIS	27	5	0	8	0
MÁJUS	26	5	1	6	1
JÚNIUS	25	9	0	11	1
JÚLIUS	24	8	1	8	1
AUGUSZTUS	27	7	0	2	0
SZEPTEMBER	26	5	1	13	0
OKTÓBER	29	2	2	10	0
NOVEMBER	28	7	2	12	9
DECEMBER	26	4	3	17	17

PA	irány	sebesség	látás	felhőalap	felhőmennyiség
JANUÁR	28	11	2	17	3
FEBRUÁR	25	9	0	16	1
MÁRCIUS	28	17	1	17	0
ÁPRILIS	22	11	0	17	0
MÁJUS	28	11	0	10	1
JÚNIUS	27	9	0	16	0
JÚLIUS	26	13	0	17	1
AUGUSZTUS	30	14	0	11	0
SZEPTEMBER	22	5	0	16	2
OKTÓBER	26	6	2	18	1
NOVEMBER	29	10	1	21	20
DECEMBER	27	17	2	22	22

SN	irány	sebesség	látás	felhőalap	felhőmennyiség
JANUÁR	27	3	11	17	7
FEBRUÁR	21	2	4	8	1
MÁRCIUS	25	1	0	12	0
ÁPRILIS	29	2	0	9	2
MÁJUS	29	4	1	8	0
JÚNIUS	29	1	4	11	1
JÚLIUS	27	2	1	8	0
AUGUSZTUS	30	6	3	3	0
SZEPTEMBER	27	0	5	12	0

OKTÓBER	28	3	11	8	0
NOVEMBER	29	4	2	11	8
DECEMBER	24	3	3	15	15

2. a, b, c, d, e táblázat Budapest, Debrecen, Kecskemét, Pápa és Szolnok reptereken azon napok száma, amikor az előrejelzés nem felelt meg

Szembetűnő a szélirány esetén tapasztalható rendkívül gyenge értékek. Szinte minden állomáson, minden hónapban 20 fölött volt azon napok száma, amikor a beválás rossznak minősül. Ha az egész éven nézzük Szolnokon volt a leggyengébb az eredmény, ott a 365 napból 325 alkalommal volt a beválás elégtelen. Öt követi Budapest és Pápa 318-318 nappal, majd Kecskemét 314 és Debrecen 289 nappal. Szintén magas arányban gyengék a beválások a felhőalap előrejelzése esetén. Sőt, többször volt olyan nap, hogy egyetlen időpontra sem maradt az előrejelzés a kritikus értéken belül; tehát minőségileg a felhőalap magasságának az előrejelzése volt a leggyengébb.

Látástávolság esetén azonban jó arányban értek el megfelelő eredményeket a szinoptikusok. Debrecen és Pápa reptereken egész évben alig volt olyan nap, amikor az előrejelzés rossznak minősült. Azt azonban itt meg kell említenünk, hogy a kis reptereken, mint Debrecen, december 21-től nem készítettek előrejelzéseket, tehát ott az év utolsó 10 napjáról nem tudunk kiértékelést készíteni.

A felhőzet előrejelzésénél általában a téli hónapban születtek gyengébb eredmények, és nyáron, júniusban a fokozott zivatar-tevékenységek miatt. Ugyanis a zivatar felhők hirtelen kialakulásakor a felhőalap magassága gyorsan lecsökkenhet, és amikor ez befejeződik, akkor a felhőalap-magasság újra megnő. A felhőzet mennyiségének az előrejelzése sokszor mutatott 100%-os értékeket, Szolnokon mindössze 34 nap volt olyan, hogy nem feleltek meg az ICAO elvárásoknak, és ebből 23 az év utolsó két hónapjában volt, amikor gyakran előfordult ködös időjárás.

Összegzés

A verifikáció elvégzésével tiszta képet kaptunk arról, hogy 5 magyar repülőtéren az egyes időjárási elemek előrejelzése milyen pontossággal történik. Megállapítást nyert, hogy a repülés szempontjából fontos elemek közül a szélsébség, a szélirány és a felhőalap magasságának az előrejelzését pontosítani kell. Ez azonban nem csak a szinoptikusokon múlik, gyakran a különböző prognosztikai modellek hibás eredményei okozzák a gyengébb beválásokat. A számítástechnika gyors fejlődésével ezek a problémák egyre inkább kiküszöbölhetőek lesznek, és egyre pontosabb repülésmeteorológiai előrejelzések szülehetnek.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] DR. WANTUCH Ferenc: Repülésmeteorológiai előrejelzések beválásának automatikus kiértékelése katonai repülőtereken. Repüléstudományi Konferencia, Szolnok, 2008.
[2] SÁNDOR Valéria, WANTUCH Ferenc 2005: Repülésmeteorológia. Tankönyv pilóták és leendő pilóták számára. Folium Nyomda. ISBN 963 7702 91 1 Második javított kiadás.
[3] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO): Meteorological Service for International Air Navigation, Sixteenth Edition, July 2007.



Wolf Péter

RONCSOLÁSMENTES TEHERBÍRÁSMÉRÉS REPÜLŐTÉRI PÁLYABURKOLATOKON

BEVEZETÉS

A repülőterek létesítése és üzemeltetése során – csakúgy, mint a közutak esetén – fontos adat a burkolatok pontos teherbírása. A mindenkori pontos teherbírási értékek ismerete szükséges

- a meglévő burkolatok megerősítésének tervezéséhez,
- a burkolaton üzemeltethető géptípusok meghatározásához,
- a megfelelő üzemi szint fenntarthatóságához, a karbantartási munkák ütemezéséhez.

A megvalósult burkolatok pontos teherbírásának mérése korábban komoly nehézségekbe ütközött. Az építőanyagokkal végzett laboratóriumi tesztek – aszfaltrétegek fáradási, betonminták szilárdsági vizsgálata – nem tudták pontosan visszaadni a helyszíni körülményeket, ágyazási, beépítési, meteorológiai, terhelési viszonyokat, a helyszínen végzett vizsgálatok pedig véglegesen károsították az adott burkolatot.

A hatvanas évek közepén Dániában kezdődött el egy olyan módszer kidolgozása, amelynek segítségével roncsolásmentes módon meghatározható a meglévő burkolatszerkezetek teherbírása. Az első mérőberendezéseket a hetvenes és nyolcvanas évek fordulóján gyártották. A skandináv országokban és az Egyesült Államokban azóta elterjedt a módszer használata, de világszerte számos helyen (így Magyarországon is) alkalmaznak ejtősúlyos mérőberendezéseket. A módszer alkalmazásával a következőkre nyílik lehetőség:

- egyszeri mérési eredmények alapján pontosan tervezhetőek a szükséges felújítási, megerősítési munkák;
- lehetővé válik a meglévő burkolatszerkezetek teherbírásának (repülőterek esetén a PCN¹) tudományosan és műszakilag megalapozott meghatározása, az eredmények hivatalos formában való közzététele (repülőterek esetén az AIP²-ben);
- rendszeres mérések segítségével követhető az egyes burkolatok öregedése, optimalizálhatóak a karbantartási munkák, csökkenthetőek az üzemeltetési költségek, megnövelhető a burkolatok élettartama, tervezhetővé válnak a burkolat-felújítási munkálatok.

¹ PCN: Pavement Classification Number (burkolatosztályozási szám).

² AIP: Aeronautical Information Publication (Légiforgalmi Tájékoztató Kiadvány).

ELMÉLETI ALAPOK

A burkolatok méretezése a hatvanas évek eleje óta egyfajta analitikus-empirikus módszerrel történik. A modell a rugalmasságtanból ismert alapvető fizikai paraméterek és összefüggések használatával határozza meg az adott teher hatására a vizsgált burkolatszerkezet egyes pontjaiban ébredő igénybevételeket és elmozdulásokat. A módszer azonban kizárólag akkor ad pontos eredményt, ha az anyagjellemzők és a peremfeltételek ismertek – ezek azonban a gyakorlatban, a burkolatok megvalósítási helyszínén a legritkább esetben határozhatóak meg pontosan.

A burkolatok tönkremenetelét a határfeszültségnél nagyobb igénybevételek, illetve a maradó alakváltozások okozzák. Ezek azonban empirikus alapon csupán pontatlanul számíthatóak, mérni pedig csak úgy tudjuk őket, ha a mért burkolatrészt a tönkremenetelig terheljük – vagyis a mért adat megismeréséért cserébe feláldozzuk magát a burkolatot.

Az utóbbi időben a burkolatok teherbírásával foglalkozó mérnökök igyekeznek egyre kevesebb hangsúlyt helyezni a számítási modellek empirikus részére, és próbálnak olyan mérési és számítási módszereket kialakítani, amelyek segítségével a tönkremenetelt okozó, határfeszültségnél nagyobb igénybevételek, illetve maradó alakváltozások közvetlenül számíthatóak.

Ilyen módszer az ejtősúlyos behajlásmérés. A mérés során egy 120 kN (illetve nagyobb teherbírású burkolatok esetén 240 kN) súlyú terhet ejtenek a burkolatra, amelynek felületén ún. geofonokkal mérik a behajlásokat (pontosabban a gyorsulásokat, amelyekből behajlást számítanak). A módszer lényege abban áll, hogy a behajlást – a billenőkaros (Benkelman) módszerrel és a Lacroix mérőkocsival ellentétben – nem csak egy pontban, a súly mozgási energiáját átadó tárcsa középpontjában, hanem attól távolabb, több ponton is mérik (1. ábra.). Az így mért behajlási teknő alakjából – a burkolati rétegek vastagságának ismeretében – egyfajta fordított méretezési módszer alkalmazásával számíthatóak az egyes rétegek modulusai.



1. ábra. A behajlási teknő mérési elve.

Mivel a felmért „nyers” adatok megoldása nem adható meg zárt formában, egy adott behajlási teknőre számos „jó” megoldás létezik. Éppen ezért fontos a pályaszerkezet felépítésének legalább

közelítő ismerete, valamint az, hogy a mért adatok feldolgozását képzett szakember végezze. A számítás iterációs módszerekkel történik. Néhány évtizede még nehézkes lett volna a módszer napi alkalmazása, a mai számítógépeknek azonban nem jelent gondot a feladat számításigénye.

Az előadás keretében bemutatott számítógépes program több számítási módot is kínál a felhasználónak:

- a görbületi sugár módszere,
- a behajlási teknőhöz illeszkedő görbe módszere,
- végelelemes módszer,
- a lineáris rugalmasság módszere,
- az egyenértékű vastagságok módszere.

Az egyes számítási módokkal különböző pontosságot érhetünk el, figyelmen kívül hagyhatjuk, illetve figyelembe vehetjük az egyes paraméterek nemlineáris voltát, dolgozhatunk olyan pályaszerkezetekkel, amelyek egy gyengébb teherbírású, köztes réteget is tartalmaznak stb.

GYAKORLATI MEGVALÓSÍTÁS

Az ejtősúlyos behajlásmérő berendezéseket (FWD³ vagy HWD⁴) általában utánfutóra szerelik, és gépjárművel szállítják a mérés helyszínére, illetve ugyanígy mozgatják az egyes mérési pontok között. A mérések nagyobb kiterjedésű burkolatok – például futópályák, forgalmi előterek – esetében általában több sávon történnek. A korszerű berendezések távolságmérővel is fel vannak szerelve. A sáv végén való megfordulásakor a szelvényezést a kezelő megfordítja, így a mérési helyek könnyen beazonosíthatóak. A mérési pontok helyének meghatározása történhet GPS-szel is.

A mérési helyre való beállítás után leeresztik a burkolatra a teherátadó tárcsát, valamint a behajlásmérő geofonokat. A tárcsa átmérője jellemzően 30 cm, a geofonok száma leggyakrabban 9, a teherától legtávolabbi általában kb. 150 cm távolságban helyezkedik el. A berendezést általában hőmérsékletmérővel is felszerelik, mivel – elsősorban aszfalt burkolatok esetében – fontos adat a burkolat hőmérséklete. (Ez becsülhető az elmúlt 24 óra levegőhőmérséklete alapján, illetve mérhető lézeres hőmérővel. A legpontosabb azonban az, ha fűrt lyukban, kb. az adott burkolati réteg vastagságának felében mérik.) A mérési ponton a burkolat felületére eresztik a terhelést átadó tárcsát és a geofonokat, majd meghatározott magasságból leejtik a mérősúlyt. Általában egymás után több (három vagy öt) mérést is végeznek. A behajlásokat számítógép regisztrálja.

³ FWD: Falling Weight Deflectometer (ejtősúlyos behajlásmérő berendezés).

⁴ HWD: Heavy Weight Deflectometer (nehéz súlyos behajlásmérő berendezés).

Világszerte többen is foglalkoznak ilyen mérőberendezések gyártásával, fejlesztésével, forgalmazásával. A legismertebb berendezések az alábbiak:

- Dynatest (Dánia) (2. ábra),
- KUAB (Svédország),
- JILS (USA),
- Carl Bro (Dánia).



2. ábra. Kéttengelyes Dynatest 8081 HWD Debrecen Nemzetközi Repülőtér futópályáján.

A gyártók általában saját szoftvert (és oktatást) biztosítanak a mérőberendezésekhez. (Az Egyesült Államokban azonban létezik például egy katonai fejlesztésű szoftver is, a PCASE⁵, amely – a közpénzből készült fejlesztésekre vonatkozó általános amerikai szabályozásnak megfelelően – bárki által ingyenesen használható.)

SAJÁT TAPASZTALATOK, ESETTANULMÁNYOK

Cégünk, az Airport Consulting Kft. az elmúlt években több polgári repülőtéren végzett roncsolásmentes teherbírásmérést. A méréseket Mezőkövesd, Nyíregyháza és Pécs–Pogány repülőtérek esetében a H-TPA Kft. munkatársai végezték a cég tulajdonában lévő Dynatest FWD berendezéssel. Debrecen Nemzetközi Repülőtéren – a burkolatok várhatóan magas teherbírása miatt –

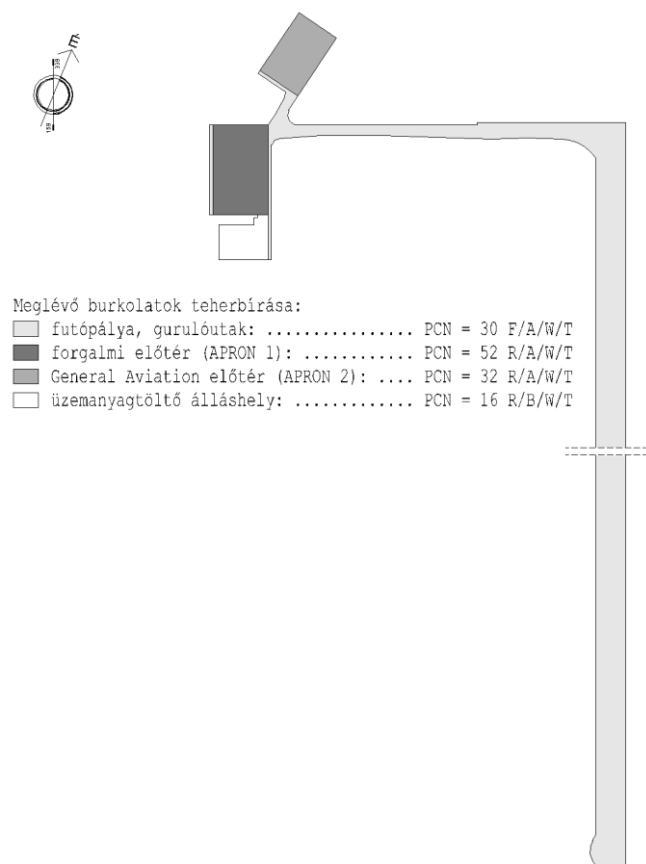
⁵ PCASE: Pavement-Transportation Computer Assisted Structural Engineering (burkolatokkal és közlekedéssel kapcsolatos számítógépes szerkezeti tervezés) – <https://transportation.wes.army.mil/pcase>

HWD berendezés alkalmazását irányoztuk elő, amelyet a belgrádi Institut za Puteve (The Highway Institute) biztosított, a méréseket is ők végezték.

Mezőkövesd Repülőtér esetében a repülőtér hasznosíthatósága, az üzemeltetői célnak megfelelő szükséges karbantartási, felújítási munkálatok meghatározása volt a mérések célja.

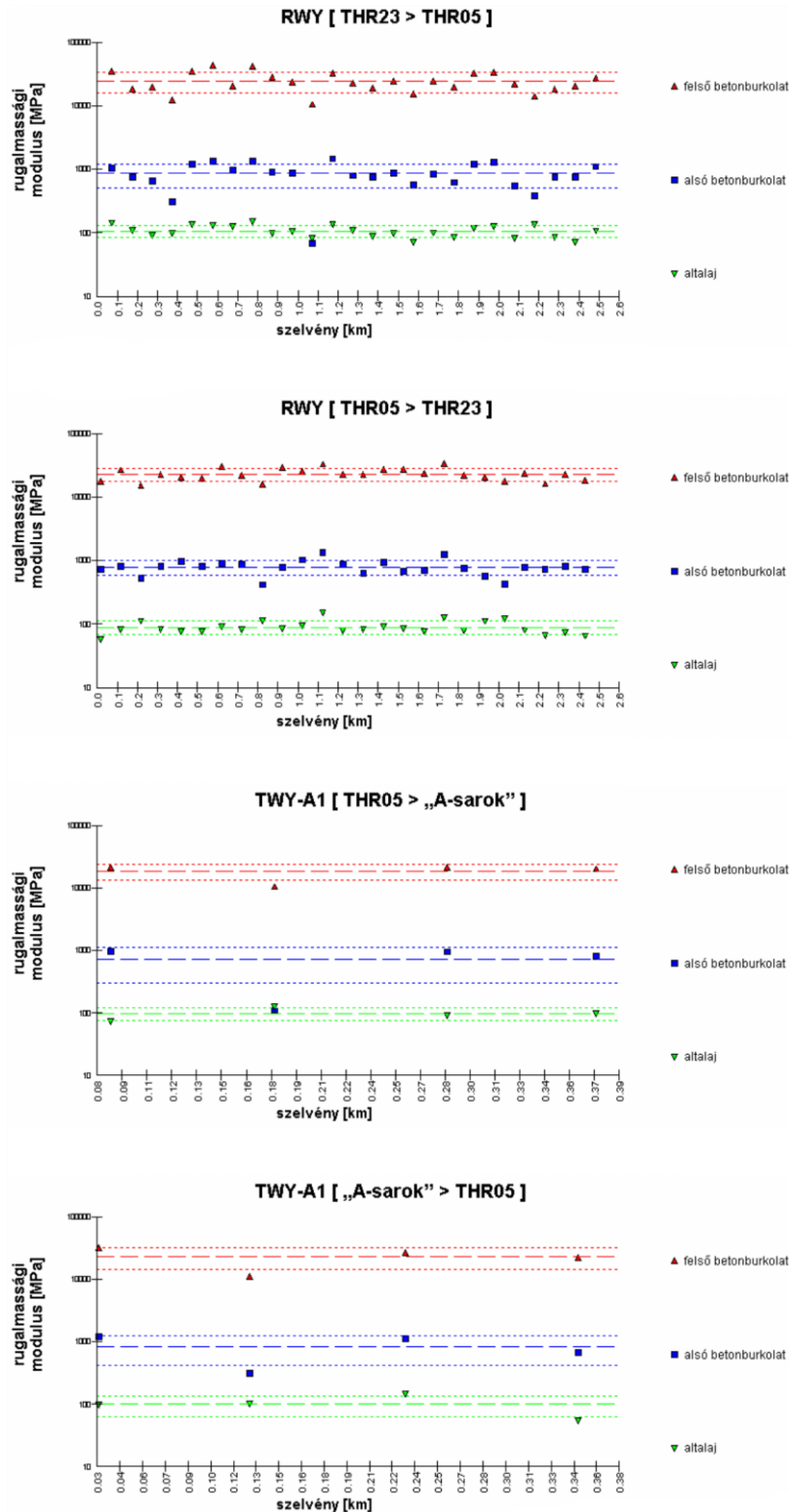
Nyíregyháza Repülőtéren az aszfaltburkolatok megerősítésének tervezéséhez szolgáltatott adatot a mérés. A burkolaterősítés előzetes méretezése hagyományos módszerrel történt: a burkolt felületek állapotát szemrevételezéssel felmértük, teherbírásukat pedig a megfelelő csökkentő tényezők alkalmazásával vettük figyelembe a méretezés során. Az ejtősúlyos behajlásmérés elvégzése után, az így kapott teherbírási adatokra támaszkodva ellenőrző és kiegészítő méretezést végeztünk. Az ejtősúlyos behajlásmérés kitűnően alkalmazható volt az egyes homogén burkolatszakaszok lehatárolására, a burkolatszerkezetek helyszíni feltárásával pedig a további feldolgozás is elvégezhető volt.

Pécs–Pogány Repülőtéren a mérések célja az volt, hogy a repülőtér üzemeltetője az AIP-ben pontos teherbírási értékeket közölhessen. A mérések emellett a tervezett burkolat-megerősítési munkák ellenőrzését is segítették. A mérések különböző teherbírású aszfalt- és betonburkolatokon készültek. (3. ábra.)



3. ábra. Pécs–Pogány Repülőtér – burkolatok teherbírása.

Debrecen Nemzetközi Repülőtéren a használatban lévő pályaelemek teljes állapotfelmérését végeztük el. A felmérés során szemrevételezéssel állapítottuk meg a burkolatok meghibásodásait, ezt egészítette ki a roncsolásmentes teherbírás mérés (4. ábra). A kétfajta felmérés adatait együttesen kezelve javasolt ütemezést adtunk a szükséges karbantartási és felújítási munkák elvégzésére.



4. ábra. Debrecen Nemzetközi Repülőtér – feldolgozott mérési eredmények.

KISMÉRETŰ PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐK LÉGTÉRHASZNÁLATI KÉRDÉSEI

Előadásom célja, hogy áttekintést adjak a kisméretű UAV-k légtérhasználati lehetőségeivel kapcsolatos jelenlegi jogszabályi helyzetről. A jogszabályi áttekintés és alkalmazhatóság segítségével célom az, hogy definiáljam a műszaki kutatás-fejlesztési teret, rámutassak a jogszabályi környezet módosításának, javításának lehetőségeire, a jelen és a jövő elvárásaival történő harmonizálásra.

Az 1995. évi XCVII. Törvény a légitörvényről... [2], többszörösen módosított, 2007. I. 28-tól hatályos változat 6. § (5) pont kimondja, hogy:

„A légitörvény hatóság, az állami célú légi közlekedéssel összefüggő feladatok tekintetében a katonai légügyi hatóság engedélyével repülhet a magyar légtérben az a légi jármű, amely vezető nélküli repülésre alkalmas, továbbá a jogszabályban meghatározott repülőmodell, illetve repülőeszköz.” [2].

A fenti meghatározás szerint tehát a polgári alkalmazású UAV kizárólag a légitörvény hatóság engedélyével repülhet [1]. A jelenlegi jogszabályokból következik, hogy UAV repülés csak a kijelölt, zárt légtérben, engedéllyel történhet.

A magyar légtér definíciót szintén az 1995. évi XCVII. Törvény [2 - második rész 4§1] adja meg a második rész, „A magyar légtér” fejezetében, miszerint: „A magyar légtér az országhatár által körbezárt terület feletti légtérnek a légi közlekedés számára fizikailag igénybe vehető magasságig terjedő része.” A törvény [2 – Lt.5.§] a légtérfelosztást címszavakban adja meg:

- légi közlekedés által igénybe vehető légtér:
 - ellenőrzött légtér (légitörvényi irányítás működik);
 - nem ellenőrzött légtér (**repüléstájékoztató szolgálat igénybevételével a légi jármű vezető saját felelőségére közlekedik**).
- légi közlekedés által korlátozottan igénybe vehető légtér:
 - korlátozott légtér;
 - időszakosan korlátozott légtér.
- veszélyes légtér;
- tiltott légtér;
- az a légtér, ahol a hangsebesség átléphető;

¹ wuhl.tibor@kvk.bmf.hu +36-30-279-4009

- az a légtér, ahol a légiforgalmi szolgálatokat (nemzetközi szerződés alapján) külföldi légiforgalmi szolgálati egysége látja el.

A magyar légtér légi közlekedés céljára történő kijelölést az 1995. évi XCVII. törvény a 2007. május 10-én hatályba lépett 26/2007.(III.3.) GKM-HM-KvVM együttes rendeletére bízta [7]. A rendelet [7] definiálja az egyes légterekre jellemző paramétereket.

A kisméretű UAV-k esetén a következő rendelkezések kiemelkedő jelentőséggel bírnak, bár a szabályozások nem az UAV-k működését írják le, de az érvényességi kör levezethető a pilóta nélküli repülő eszközökre:

- A 26/2007.(III.3.) GKM-HM-KvVM együttes rendeletében [7. – 1.számú melléklet] megadásra kerülnek a magyarországi légterek, köztük a tiltott légterek, melyeket a következő táblázatban foglaltam össze:

LH-P1	Paks 3 km sugarú kör a 463443,050É 0185109,560K középpont körül	<u>FL195 (5950 m STD)</u> _GND	Atomerőmű.
LH-P2	Csillebérc 0,5 km sugarú kör a 472923,140É 0185707,860K középpont körül	<u>3500' (1050 m)</u> <u>AMSL</u> _GND	Kutató atomreaktor.

1. táblázat. Magyarország tiltott légterei

A fentiekben megadott tiltott légterek UAV vonatkozásban speciális jelentőséggel bírhat, például katasztrófahelyzetben. Erre vonatkozó feloldó jogi szabályozás jelenleg nincs.

- UAV üzemeltetés szempontjából figyelemreméltó szabályozás a **„nem ellenőrzött légtér”** fogalom ahol – *mely a 1995. évi XCVII. Törvény értelmében (mit azt a „Légi közlekedés által igénybe vehető légtér” definícióban fent leírtam) – „repüléstájékoztató szolgálat igénybevételével a légi jármű vezető saját felelőségére közlekedik”.*

A nem ellenőrzött légterek további meghatározása az [7] 26/2007.(III.3.) GKM-HM-KvVM együttes rendelet 1. számú mellékletében található. A nem ellenőrzött légterek osztályba sorolása „F” és „G”.

Az **„F” osztály** 1200 m – 2900 m magasságig terjedő nem ellenőrzött légtereket jelenti, amelyben műszeres repülés (IFR – Instrument Flight Rules) és vizuális repülés (VFR – Visual Flight Rules) is lehetséges. A repüléshez légiforgalmi irányító (ATC – Air Traffic Control) engedély nem szükséges. Vizuális repülés esetén a látási viszonyokat 5 km vízszintes, valamint a felhőktől 1500 m vízszintes és 300 m függőleges távolságban adják meg.

A **„G” osztály** az 1200 m magasságig terjedő nem ellenőrzött légtereket jelöli, ahol kizárólag a vizuális tájékozódás (VFR) használható. A vízszintes látásra 5 km, kis sebességű repülőgépek esetén 1500 m, helikopter és léggömb számára pedig legalább 750 m távolságot írnak elő. A repülés a felhőkön kívül, a föld vagy vízfelszín látása mellett engedélyezett. A repüléshez légiforgalmi irányító (ATC) engedély nem szükséges. Az „F” és a „G” jelű légtérben a maximális megengedett repülési sebesség 460 km/h.

Az „F” és a „G” osztály (bár ezt nem írja le a jogszabály) viszont nem alkalmas autonóm UAV üzemeltetésére, mert 1200 m magasságig („G” osztály) műszeres repülés (IFR) nem engedélyezett és bár autonóm UAV besorolás a jogszabályokban nem szerepel, de logikusan az autonóm légi jármű repülési módja IFR alapú, mivel szenzorok mérési adatai alapján végzi a repülést. Az „F” osztály tekintetében ilyen megkötés nincs, itt VFR és IFR alapú repülésre is lehetőség van. Az IFR repülésre ugyanakkor található egy szigorító feltétel, miszerint az IFR repülés esetén a légi jármű és a „Repülési tájékoztató” között folyamatos kétirányú rádiós összeköttetés kialakítására kell lehetőséget biztosítani. A rádiós kapcsolat kialakítása még elképzelhető úgy, hogy az UAV-t üzemeltető földi bázis a műszerek és szenzorok adatait folyamatosan megkapja a küldetést teljesítő UAV-től (dedikált rádiós csatornán), majd a „Repülés tájékoztató szolgálat” és az UAV-t üzemeltető földi bázis áll a jogszabályban meghatározott folyamatos kétirányú rádiós kapcsolatban. Ezzel a jogértelmezéssel tételezzük fel, hogy legalizáljuk az UAV használatát az „F” osztályú nem ellenőrzött légtérben, de további kérdésként merül fel, miként jut legálisan az UAV az „F” osztályú légtérbe, mivel az 1200 m feletti magasságokban kezdődik. Kutatásaim során jogász szakemberek nem foglaltak hivatalos álláspontot abban a kérdésben, hogy az UAV fedélzetén üzemelő kamera kép, melyet az UAV a földi irányítójának közvetít valós időben, megfelel-e a VFR repülés kritériumainak. Abban az esetben, ha jogi szempontból az előző gondolatmenet helytálló volna, akkor is jelentős korlátozást jelentene az UAV alkalmazások tekintetében, ami elsősorban a kisméretű pilóta nélküli repülő eszközöket érinti. Sok hasznos civil alkalmazás éppen a kis repülési magasságokban üzemeltetett olcsó eszközöket várná el, melyek üzemeltetése elsősorban a „G” osztályú nem ellenőrzött légtérbe esik.



1. ábra Légtér felosztás és alkalmazhatóság

A jogszabályi környezetben – mely a kisméretű pilóta nélküli repülőgépek vonatkozásában – figyelemreméltó a 1995. évi XCVII. Törvény II. fejezet 20.§, mely, mint „Különleges engedélyként”

deklarált, miszerint: „... repülő modellen, ... – külön jogszabály alapján kiadott rádióengedély megléte esetén – a légiközlekedési hatóságnak a hírközlési hatósággal egyetértésben kiadott engedélyével és feltételeivel tartható üzemben.” [2 – 20.§]

Jelenleg hazai jogszabály még mindig nem kategorizálja a pilóta nélküli repülő eszközöket. Több nemzetközi tanulmány, ajánlás foglalkozik a besorolási kérdéssel, általában az ultrakönnyű géposztály alatt egy kategória jelenik meg [9-p22] „CLASS0”, melynek maximális felszálló-tömege nem haladhatja meg a 25 kg-ot. A 25 kg felszálló tömeg alatti tömegű repülő eszközök osztályozása – szintén nem jogszabályi szinten, hanem az MMSZ (Magyar Modellező Szövetség) tagok számára kötelező érvényű rendeletben [10] – létezik a modellrepülőgépek kategóriájában. [11]²., valamint az MMSZ közreadja az úgynevezett Nemzetközi Repülő Szövetség Sportkódexét is [12].

A biztonságos repülés és UAV üzemeltetésén túl az **UAV felhasználását is érintik a jelenlegi jogszabályok**. Kisméretű UAV-k esetén gyakori igényként merül fel a megfigyelés [4] (például erdőtüzek [8]). Az 1995. évi XCVII. Törvény a légiközlekedésről... [2 – 20.§ (3)], kimondja –ugyan nem pilóta nélküli repülőgépekre, hanem „polgári légi járművekre” –, hogy **mérőkamerás fénykép vagy képrögzítő felvétel készítéséhez, távérzékeléshez, felvétel vagy adat közzétételéhez jogszabályban meghatározott engedély szükséges**.

A jelenlegi jogszabályok tehát nem segítik elő a pilóta nélküli repülőgépek széles körű elterjedését, azok békeidőben történő rendszeres polgári alkalmazását.

Az UAV-k polgári alkalmazásához tehát mindenképpen jogszabályi változás (jogszabályi kiegészítés) szükséges. Megállapítom, hogy a jogszabályi változásnak nem megengedőnek, hanem következetes szigorral átláthatónak kell lennie. Az átláthatóságot az engedélyezési eljárásoknak egyenes ágúsága biztosíthatja.

A továbbiakban azon műszaki feltételek (jogszabályok által meghatározott) áttekintése szükséges, melyek a jelenleg alkalmazható légi járművek esetén kötelező érvényűek. Abban az esetben, ha a jelenleg hatályos jogszabályi előírásoknak a műszaki előírások vonatkozásában a pilóta nélküli repülő eszközök maradéktalanul megfelelnek, akkor nyílik esély azon jogszabályi változtatásokra melyek már megteremtik az UAV-k rendszeres alkalmazását.

Egy biztos, hogy a biztonságról lemondani semmi áron sem szabad, hiszen egy néhány kg tömegű, 50 – 200 km/h sebességgel repülő UAV jelentős anyagi károkat okozhat, a lezuhanó, irányíthatatlan eszköz pedig emberéletet is veszélyeztethet, kiolthat. Magyarországon ezt egy nemrégiben bekövetkezett tragédia példája is alátámasztja [6].

² A 2004 évi I. törvény (Stv) felhatalmazza az „adott sportágban” működő szövetséget a sportfeladatok ellátására. [5]

Felhasznált Irodalom

- [1] 10/2002 (II.6.) KöViM rendelet a légi járművel végzett gazdasági célú légitözlekedési tevékenység engedélyezésének rendjéről.
- [2] 1995. évi XCVII. Törvény a légitözlekedésről, egységes szerkezetben a végrehajtásról szóló 141/1995. (XI.30.) Korm. rendelettel (Hatályos:2007.1.28)
- [3] 20/2002. (III.30.) KöViM rendelet a polgári légi jármű üzemben tartásának szakmai feltételeiről és engedélyezési eljárásáról.
- [4] BOGNÁR GÉZA - REÉ ISTVÁN: Légitfelderítés egyszerű eszközökkel. ROBOTHADVISELÉS 6. tudományos szakmai konferencia 2006. november 22. ZMNE, Budapest.
http://www.zmne.hu/hadmernok/kulonszamok/robothadviseles6/bognar_rw6.html
- [5] 2004. évi I. törvény a sportról
- [6] 2006. május 13. Őcsény, nemzetközi modellbemutató {„Szabaddalban a halált okozó repülőgépmoellt irányító.” MN 2006. május 15.}
- [7] 26/2007.(III.1) GKM-HM-KvVM együttes rendelet a magyar légtér légitözlekedés céljára történő kijelölésről
- [8] RESTÁS ÁGOSTON: Vegetációtűzek felderítésének támogatása pilóta nélküli repülőgépek alkalmazásával. „Fél évszázad forgószárnyakon a magyar katonai repülésben” c. konferencia. Szolnok, 2005.
- [9] IABG - Final Report; CARE Innovative Action Preliminary Study on Integration of Unmanned Aerial Vehicles into Future Air Traffic Management V1.1 7th December 2001. Dept. Airbone Defence;
www.eurocontrol.int/care-innov/gallery/content/public/studies2001/iabg-finalreport.pdf
- [10] A Magyar Modellező Szövetség Alapszabálya – 2004
- [11] Távirányítású repülőmodellek repítésének biztonsági szabályzata (A Magyar Modellező Szövetség szabályzata);
<http://www.pacomodell.hu/biztonsag.php>
- [12] Nemzetközi Repülő Szövetség Sportkódex 4.szakasz – 2002 (Közreadja: Magyar Modellező Szövetség)



Prof. Dr. Zsigmond Gyula¹ — Dr. Békési Bertold² — Dr. Szegedi Péter³

JELFOLYAM GRÁFOK ALKALMAZÁSA MEGBÍZHATÓSÁGI VIZSGÁLATOKNÁL

BEVEZETÉS

Az automatizált rendszerek elektronikai alrendszeinek megbízhatósági vizsgálatainál széleskörű alkalmazási lehetőséget nyújt a véges állapotú, folytonos idejű Markov-folyamatok elméletére [1] támaszkodó modellezés. A modell nagy előnye, hogy lehetővé teszi mint a nem javítható, mint a javítható rendszerek vizsgálatát. Megkötést tulajdonképpen csak az exponenciális eloszlás feltétele jelent, ez azonban az elektronikai rendszerek jelentős részénél teljesül. A modell jellemzői:

- A rendszer egy sztochasztikus folyamat szerint különböző állapotokba kerülhet.
- A modellezés során az egyes állapotok közötti átmenetek lehetőségéből indulunk ki.
- A rendszer állapotait a $t=0$ időponttól vizsgáljuk.

A Markov folyamatokkal modellezett technikai rendszerek megbízhatósági vizsgálatainál két módszer terjedt el: a mátrixos és a gráfelméleti módszer. Ezek segítségével tulajdonképpen a sztochasztikus folyamatot leíró differenciálegyenlet-rendszert oldjuk meg. Cikkünkben jelfolyam gráfok [2] alkalmazását mutatjuk be az MTTFF (átlagos működési idő az első meghibásodásig) kiszámításához. Az elméleti fejtegetésekkel csak annyit foglalkozunk, amennyi a gyakorlati alkalmazáshoz feltétlenül szükséges.

A JELFOLYAM GRÁF FELRAJZOLÁSA

A modell jelfolyam gráffal történő vizsgálatához először – a vizsgált rendszer állapotait és a működés feltételeit figyelembe véve – az alábbiak szerint felrajzoljuk a gráfot [3,4]:

1. A a meghibásodások (javítások) következtében a rendszer különböző állapotokba kerül. Az N különböző állapotnak N különböző csúcs felel meg.

¹ ZMNE BJKMK Villamosmérnöki és Természettudományi Intézet Elektronika Tanszék, egyetemi tanár, 1581 Budapest, Pf. 15., Email: zsigmond.gyula@zmne.hu

² ZMNE BJKMK Repülő és Légvédelmi Intézet Fedélzeti Rendszerek Tanszék, egyetemi docens, tanszékvezető, 5008 Szolnok, Pf.: 1., Email: bekesi.bertold@zmne.hu

³ ZMNE BJKMK Repülő és Légvédelmi Intézet Fedélzeti Rendszerek Tanszék, egyetemi docens, dékánhelyettes, 5008 Szolnok, Pf.: 1., Email: szegedi.peter@zmne.hu

2. A csúcsokat összekötő éleket az állapotokból történő átlépéseknek megfelelően a szükséges *intenzitások* Laplace transzformáltjával súlyozzuk. Előremutató élek esetén az intenzitás λ (meghibásodási ráta). Hátrafelé mutató élek esetén az intenzitás μ (javítási ráta).
3. A csúcsoknál hurkot képezünk, melyeket az elmenő élek intenzitás összegének Laplace transzformáltjával súlyozunk és azt (-1)-el szorozzuk.
4. A kezdeti feltételeket a kiindulási állapothoz tartozó $\frac{1}{s}$ súlyozású éllel kell figyelembe venni.

A felrajzolt jelfolyam gráfot ezután, átalakítjuk úgy, hogy a hurkokat és a csúcsokat eltüntetjük, a hibás állapothoz tartozó k csúcs kivételével, az így kapott $Z_k(s)$ függvény a hibás állapotban való tartózkodás valószínűségének Laplace-transzformáltja. A $Z_k(s)$ ismeretében kiszámíthatjuk a megbízhatósági függvény $R(s)$ Laplace-transzformáltját:

$$R(s) = \frac{1}{s} - Z_k(s) \quad (1)$$

Kihasználva az improprius integrálok és a Laplace-transzformáció aszimptotikus tulajdonságait felírható, hogy

$$MTTFF = \lim_{s \rightarrow 0} R(s) \quad (2)$$

A folyamatot leíró gráf a gyakorlatban legtöbbször maximum négy-öt csúcsot tartalmaz. Ekkor célszerű a csúcsok és hurkok eltüntetéséhez a jelfolyam gráfokra érvényes egyszerűsítési szabályokat alkalmazni (lásd az 1. ábrát)

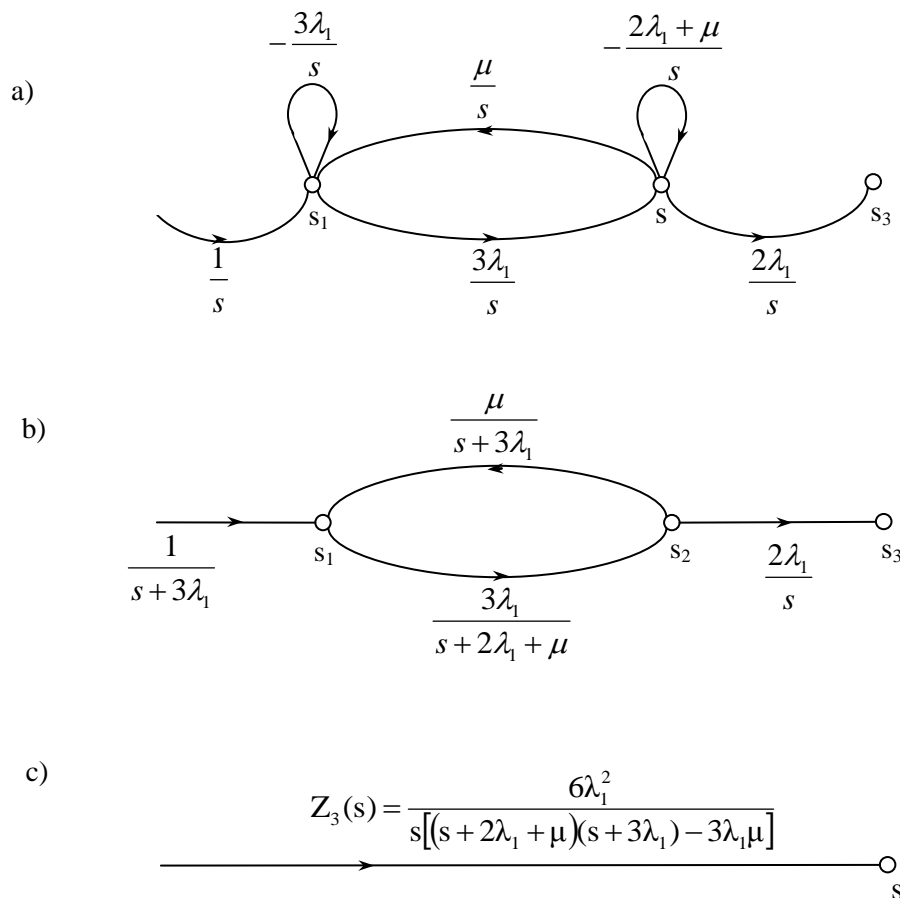
Megnevezés	Eredeti alakzat	Átalakított alakzat
Közbső csúcs kiküszöbölése		
Párhuzamos élek összevonása		
Saját hurok kiküszöbölése		
Csúcs kiküszöbölése		

1. ábra. Jelfolyam gráfok egyszerűsítési szabályai

Példa

Egy javítható automatizált rendszer, amely megfelel a Markov modellezés követelményeinek három melegtartalékos alrendszerből áll, az egyes alrendszerekre vonatkozó meghibásodási ráta λ , javítási ráta μ . A rendszert akkor tekintjük üzemképesnek, ha legalább két alrendszer üzemel. Ha egy alrendszer meghibásodik azonnal elkezdődik a javítása. Számítsuk ki az MTTF értékét.

Először a feltételeknek megfelelően felrajzoljuk a rendszer gráfját, majd végrehajtjuk az egyszerűsítéseket (lásd a 2. ábrát).



2. ábra. A jelfolyam gráf egyszerűsítése

A $Z_3(s)$ ismeretében (1) alapján:

$$R(s) = \frac{1}{s} - Z_3(s) = \frac{s + 5\lambda_1 + \mu}{s^2 + s(5\lambda_1 + \mu) + 6\lambda_1^2}.$$

Így (2) alapján:

$$MTTF = \lim_{s \rightarrow 0} R(s)$$

azaz

$$MTTF = \frac{5\lambda_1 + \mu}{6\lambda_1^2}.$$

Felhasznált irodalom

- [1] Karlin, S.-Taylor, H.M.: Sztochasztikus folyamatok. Gondolat, Bp. 1985.
- [2] Vágó I.: Graph Theory. Elsevier. N.Y. 1985.
- [3] Zsigmond Gy.: Folytonos idejű rendszerek megbízhatósági vizsgálata. Automatizálás, 1985/5. (43–46).
- [4] Szász G.-Kun I.-Zsigmond Gy.: Minőség és megbízhatóság II. LSI Kiadó, 2004.