

PhD értekezés

Hennel Sándor őrnagy

- 2018 -

**NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA**

Hennel Sándor őrnagy

**Állami és polgári felhasználású többfeladatú
könnyű repülőgép koncepciója**

Doktori (PhD) értekezés

Témavezető:

Prof. Dr. Turcsányi Károly
nyá. mk. ezds. (DSc)

.....
Társ-témavezető:

Dr. Hegedűs Ernő
mk. őrgy. (PhD)

.....
BUDAPEST, 2018

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK.....	3
BEVEZETÉS.....	5
A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA.....	6
KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK.....	7
A TÉMA AKTUALITÁSA.....	9
KUTATÁSI HIPOTÉZISEK MEGFOGALMAZÁSA.....	10
KUTATÁSI MÓDSZEREK.....	11
AZ ÉRTEKEZÉS FELEPÍTÉSE.....	12
IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	13
I. FEJEZET. KATONAI CÉLRA ALKALMAZOTT KÖNNYŰ REPÜLŐGÉPEK ÉS FELHASZNÁLÁSI KONCEPCIÓK	
I.1. Történeti példák a könnyű repülőgépek katonai alkalmazására.....	18
I.2. Polgári alkalmazásra tervezett könnyű repülőgépek felfegyverzése.....	20
I.3. Az amerikai LAAR program kialakulása, céljai és követelményei.....	24
I.4. Összefoglalás és részkövetkeztetések.....	28
II. FEJEZET. A KÖNNYŰ REPÜLŐGÉPEK ALKALMAZÁSÁHOZ KÖTŐDŐ KATONAI ÉS POLGÁRI IGÉNYEK	
II.1. Polgári és katonai célú repülések gazdaságossági vizsgálata.....	29
II.2. Katonai alkalmazású könnyűrepülőgép típusok vizsgálata többparaméteres vizsgálati módszerrel.....	34
II.3. Hazai katonai felhasználói igények.....	44
II.4. A nyereségorientált vállalkozások igényei könnyű repülőgépekre.....	50
II.5. Összefoglalás és részkövetkeztetések.....	53
III. FEJEZET. KÖNNYŰ KATONAI REPÜLŐGÉP HAZAI FEJLESZTHETŐSÉGÉNEK, GYÁRTHATÓSÁGÁNAK ÉS ÜZEMELTETHETŐSÉGÉNEK MEGVALÓSÍTHATÓSÁGI VIZSGÁLATA	
III.1. A hazai repülőgépgyártó ipar lehetőségei repülőgép kifejlesztésére, gyártására és üzemeltetésére.....	54
III.2. Könnyű katonai repülőgép hazai fejleszthetőségének, gyárthatóságának vizsgálata.....	58
III.3. Az egyszerűsített üzemeltetési lehetőségek, technikai környezet szükségesszállóhely alkalmazása esetén.....	66
III.4. Összefoglalás és részkövetkeztetések.....	72
IV. FEJEZET. A TÖBBCÉLÚ KATONAI KÖNNYŰ REPÜLŐGÉP MŰSZAKI MEGVALÓSÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI	
IV.1. A katonai és polgári repülőgépek tervezési sajátosságai, eltérései.....	74
IV.2. A repülőgépek közötti kommunikációból és feladatmegosztásból adódó lehetőségek.....	88
IV.3. A konténerizációból adódó alkalmazási lehetőségek, a Többcélu Könnyű Katonai Repülőgép feladatrendszerének megosztására.....	91
IV.4. A katonai alkalmazást segítő berendezések sajátosságai és alternatívái.....	93
IV.5. Összefoglalás és részkövetkeztetések.....	106

V. FEJEZET. A TÖBBCÉLÚ KATONAI KÖNNYŰ REPÜLŐGÉP MEGHAJTÁSI RENDSZER MEGVÁLASZTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI	
V.1. A kerozinüzemű meghajtásrendszerek vizsgálata és az SFC	108
V.2. A repülőgép dízel erőforrás lehetőségei és fejlődése	109
V.3. A hibridmeghajtás lehetőségeinek vizsgálata	121
V.4. Összefoglalás és részkövetkeztetések	139
VI. FEJEZET. A TÖBBCÉLÚ KATONAI KÖNNYŰ REPÜLŐGÉP KONCEPCIÓJA	
VI.1. A manőverezési képesség hatása a repülőgép kategória megválasztására	141
VI.2. A koncepció első hazai megfogalmazódása	142
VI.3. A Többcélú Katonai Könnyű Repülőgép koncepciójának részletes leírása	143
VI.4. A koncepcióra vonatkozó kérdőíves kikérdezés	149
VI.5. Katonai könnyűrepülőgép koncepciók összehasonlítása	155
VI.6. A Többfeladatú Katonai Könnyű Repülőgép koncepciója szerint egyes felhasználású repülőgép gyártásának és alkalmazásának várható hatásai	164
VI.6. Összefoglalás és részkövetkeztetések	165
ÖSSZEFOGLALÓ VÉGKÖVETKEZTETÉSEK	167
ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	170
AJÁNLÁSOK AZ ÉRTEKEZÉS FELHASZNÁLÁSÁRA	171
AJÁNLÁSOK A TOVÁBBI KUTATÁSOKRA	171
TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM	173
RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK	176
FELHASZNÁLT IRODALOM	178
FÜGGELÉK	185

BEVEZETÉS

A világ társadalmainak a XXI. századba lépve új kihívásokra, kockázatokra, fenyegetésekre kell olyan válaszokat adniuk, amelyek kihatással vannak a technikai eszközök fejlesztésére is. A világháborúk lezárását, majd a nukleáris fenyegetéseket, a hidegháború fegyverkezési versenyét követte az 1999-es NATO-csúcstalálkozó, ahol már megfogalmazódott a – 2001. szeptember 11. után mindennapi életünk részévé vált – terrorizmus kérdésköre.

Repülőgép-szerelőként, okleveles repülőmérnökként és két évtizedes gyakorló katonai és polgári pilótaként szerzett tapasztalataim megfelelő látásmódot, valamint gyakorlati, elméleti és a stratégiai alapot biztosítanak számomra a vizsgált terület tudományos megközelítéséhez.

Az elmúlt évtizedek konfliktusait vizsgálva azt látjuk, hogy a globális fenyegetéseket és a hadüzenettel vívott háborúkat felváltotta az egyenruha nélküli, kis csoportos, az infrastruktúrákat, a hátszágokat, médiát, állami szimbólumokat támadó hadviselés. A közelmúlt arab, balkáni, iraki és afganisztáni háborúit megvizsgálva látható, hogy a hagyományos hadi eszközök felhasználási lehetőségei megváltoztak, költséghatékonyságuk romlott. A bombázó repülőgépek felhasználhatósága, prioritása csökkent. A vadászrepülőgépek nagy sebességű elfogó- és beavatkozó képessége és a légi harc incidensei erősen megritkultak, felhasználási környezetük az aszimmetrikus háborúban, a légi uralom kivívása után, a kalózkodással és terrorszervezetekkel szemben korlátozottá vált. Az „egy lövés – egy találat” elv fejlődésével a rakétafegyverzetek pontossága nagymértékben javult, ugyanakkor tömegük csökkent, hatótávolságuk megnövekedett. Előtérbe került a kommunikáció, az egyes eszközök közös rendszerbe szervezése, valamint a felderítés, a saját katonák, illetve az emberi élet fokozottabb védelme. A műszaki fejlesztésekben megjelent a hálózatközpontú hadviselés, a nagy sebességű adatátvitel, a kiberhadviselés, műholdak, drónok felhasználása, és ezek komplex rendszerben történő alkalmazása. A hidegháborús fegyverkezési verseny tapasztalataként – amikor egy meg nem kezdett háború roppantotta meg a hátszág gazdaságát – elkezdtek olyan gazdasági, szervezeti megoldásokat keresni, amelyekben alacsonyan tartott költségek mellett optimális biztonsági szintet lehet elérni. A következőkben ezt a logikát követve elemzek és alakítok ki egy koncepciót¹ a könnyű

¹ A koncepció szó jelentése Bakos Ferenc Idegen szavak és kifejezések szótára szerint: 1. felfogásmód, nézőpont 2. meglátás, elgondolás, ötlet 3. orv. fogamzás, fogantatás 4. valamely mű alapeszméje; a benne megnyilvánuló nézőpont. [1. 445. oldal]

repülőgépek fejlesztési, gyártási, üzemeltetési viszonyaira, és válaszokat keresek elsősorban a katonai igények kielégítésének lehetőségeire és a koncepció megvalósíthatóságának néhány alapvető kérdésére.

A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

A megváltozott társadalmi, biztonságpolitikai helyzet, és az ezekkel párhuzamos technikai fejlődés, illetve korszerűsödő műszaki háttér új problémákat hoz elő, és új megoldásokat generál. A hidegháborús fegyverkezési verseny tapasztalatai között első sorban a tradicionális hadviselési gondolkodás legjelentősebb eleme szerepel. Ez nem más, mint – Montecuccoli híres mondásával megfogalmazva – „A háborúhoz három dolog kell: pénz, pénz, pénz”. A sikeres hadjárat eléréséhez megfelelő előzetes felkészülés szükséges. A szuperhatalmak évtizedeken keresztül hatalmas költségráfordításokkal olyan haderőt építettek ki, amellyel darabszám és fejlettség szerint képesek voltak fenntartani az elrettentést, és az éles alkalmazási környezetben a győzelem kivívását. Ezzel párhuzamosan azonban olyan helyi harci cselekmények következtek be, amelyek során az elavult haditechnikával, esetenként középkori eszközöket felhasználó szemben álló fél jelentős sikereket tudott elérni.

Jelenleg nincs a Magyar Honvédségben, a NATO-ban olyan repülőgép, amely egyszerre:

- költséghatékonyan meg tudná oldani műveleti területen az aszimmetrikus hadviselés (a gerillák elleni küzdelem) légi támogató feladatait;
- kiképző repülőgépként is használható lenne;
- rendvédelmi célú határmegfigyelési feladatokat is elláthatna;
- a gazdasági életben nyereségorientált tevékenységet folytathatna;
- tervezési koncepciójában egyszerre figyelembe venné a polgári és katonai igények kielégítését.

Ezen viszonyok mellett keresni kell azokat a műszaki megoldásokat, amelyek az adott területen optimálisan felhasználható katonai eszközök létrehozását kínálják.

Vizsgálatom célja továbbá a katonai és a polgári repülési feladatok eloszlásaiban olyan közös halmaz keresése, amely – kölcsönös együttműködéssel – a résztvevő feleket a feladataik ellátásához kedvezőbb helyzetbe hozza, és eléri a címben is szereplő többfeladatúságot, az egy eszközzel különböző feladatok végrehajtására való alkalmasságot.

Az állami és polgári felhasználású többfeladatú repülőgépek vizsgálatánál csak a könnyű kategóriához tartozó repülőgépek vonatkozásait értekelem a jelen értekezésemben. A kategóriák definiálása a szakirodalomban jelentősen eltérő: a turbulencia-kategóriák szerint a 7000 kg alatti repülőgépeket sorolják a könnyű kategóriába.

Az Európai Unió 216/2008/EK rendelete szerint, kereskedelmi megfontolásból a könnyű kategória alsó határa együléses repülőgépeknél 300 kg, kétüléses gépeknél 450 kg felszálló tömeg. Ugyanezeket az értékeket vette alapul a német LTF-UL, és az angol BCAR CAP 482 építési előírás is. A felszálló tömeg felső határa a JAR-VLA uniós építési előírás szerint 750 kg, az USA FAR 23, és az orosz AP 23 építési előírás szerint 5700 kg, az uniós CS 23 előírás szerint pedig 5670 kg.

Az alsó és felső határ szakirodalomtól függően változó, általánosságban azonban elmondható, hogy a könnyű repülőgépek az ultrakönnnyű és a közepes kategória között – a néhány száz kilogrammtól a néhány ezer kilogrammig – találhatók meg. Minden esetben levegőnél nehezebb, ember által vezetett gépről van szó, amelyik aerodinamikai módon képzett felhajtóerővel képes repülni, a felhajtó erő pedig rögzített felületen keletkezik. A repüléshez szükséges sebességet pedig valamilyen hajtómű által létrehozott mozgató erő biztosítja.

KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

A témát olyan mélységben dolgoztam fel, hogy hazai viszonylatban általános segítséget nyújtson a vizsgált kategóriába sorolható repülőgépek megválasztásához, tervezéséhez, üzemeltetéséhez, használatukhoz, a feltételek biztosításához, azaz a koncepció kialakításával a doktrínák, kormányzati és minisztériumi programok, tervek segítségére lehessen.

A polgári felhasználás esetén kizárólag a nyereségorientált vállalkozásokat vizsgálom, mert a szóba jöhető repülőgépkategória-méretet ezt indokolják.

A felmerült tudományos² probléma megoldásához, javaslatok tételéhez célul tűztem ki:

1. A kutatási területemhez a definiált problémához kötődő szakirodalom felkutatását, releváns tények, esetek, ismeretek megismerését hazai és nemzetközi kitekintéssel.

² Tudomány szó jelentése: Szűkebb értelemben meghatározott elveken alapuló, egymással összefüggő, s egymásból következő ismeretek, illetőleg igazságok rendszere.

2. A többfeladatú könnyű repülőgépek vizsgálatát nemzetközi példák alapján, amelyekben a technikai adatok összevetésével, megfelelő többparaméteres összehasonlítási módszerek kiválasztásával, koncepcionális összefüggéseket keresek.
3. Hazai fejlesztésű légi jármű esetén képesség és szükséglet meghatározását, vizsgálatát és értékelését.
4. A harcászati eljárások figyelembe vételét, alkalmazói igények kutatását, gazdaságosság elemzését.
5. Vizsgálni kívánom a Többfeladatú Katonai Könnyűrepülőgép hazai fejlesztésének gyárthatóságának a kérdését.
6. A felmerülő igényeket kielégítő **technikai** környezet (sárkányszerkezet, meghajtás, fedélzeti rendszerek, mentő rendszerek) kialakíthatóságának vizsgálatát.
7. A felmerülő igényeket kielégítő **szervezeti** környezet kialakíthatóságának vizsgálatát.
8. Összegző következtetések levonását, hipotéziseim megerősítését vagy elvetését.

A címben szereplő „állami és polgári” kifejezés a 2015. évi légiközlekedésről szóló CLXX. törvény definíciója szerint: „1. állami célú légiközlekedés a honvédelmi, a vámhatósági, a rendőrségi és a határőrizeti célú légiközlekedés, amely végezhető állami légi járművel, valamint lajstromba, vagy lajstromozásra nem kötelezett légi jármű esetében a légiközlekedési hatóság nyilvántartásba felvett polgári légi járművel abban az esetben, ha a repülés honvédségi, vámhatósági, rendőrség vagy határőrizeti célt szolgál”. [2.]

A 16. pont szerint „polgári légi jármű: a nem állami légi jármű”. A címben szereplő és a fenti törvényi felosztás kutatását szűkítem a katonai és a nyereségorientált vállalkozások vizsgálatára, és korrelációba hozható elemeiből koncepció alkotására. A határőrizeti feladatok vizsgálatát csak a katonai mértékében elemzem. A vizsgálatból szándékosan kihagyott vámhatósági és rendőrségi esetek az adott terület szakembereinek rálátásával tovább fejleszthetők, és a konkrét felhasználói igényeknek megfelelően optimalizálhatók.

A TÉMA AKTUALITÁSA

Korunk megváltozott hadviselése, az aszimmetrikus hadviselés és a hidegháborús gazdasági tapasztalatok, valamint hazánk NATO tagsága új hadi és védelmi kihívásokat hozott. Új technikai eszköz fejlesztési irányok kerültek kijelölésre.

Az elmúlt években az Irinyi Terv kormányprogrammá tette az ipar fejlesztését, az újraiparosítást, amely húzóágazatainak a közlekedésfejlesztést és a fegyvergyártást nevezte meg. A kormányzati szándék végrehajtására készült a Hadik Terv, mely hazai alapon hadfelszerelési és iparkorszerűsítési célokat tűzött ki. A Zrínyi 2026 haderő-fejlesztési program már tárca szinten tárgyalja a katonai felszerelések, eszközök cseréjét. A Jedlik Ányos Terv szintén kormányzati szinten szab irányt a hazai elektromos közlekedés fejlesztésére.³ **A felhasználói igények és a kormányzati feladatszabás a következő évekre meghatározza hazánkban az ipari, katonai, közlekedési és légiközlekedési irányokat.**

A honvédelmi tárca az elmúlt években jelentős erőfeszítéseket tett a tartalékos rendszer kiépítésére, üzemeltetésére, és ezen keresztül új képességek létrehozására. A sorkatonaság felfüggesztésével és a tartalékos rendszer fejlesztésével a koncepcióváltásnak megfelelően az új környezet kialakítása folyamatos, de kihívásokkal teli, az új megoldásokra nyitott.

Az európai politikai változások, a migráció erősödése és ezen keresztül a határvédelem és a terrorizmus új kihívásokat hozott, amelyekre a repülőgépipar is képes megfelelően reagálni.

Nemzetközi kitekintésben a szegényebb térségek gerilla hadviselése, az afganisztáni hadszíntér, valamint a nemzetközi vizeken felbukkanó kalózkodás problémáira szintén aktuálisan válaszlehetőség lehet a könnyű repülőgépek alkalmazása, felhasználása. Az ipari és a gazdasági elemzések számára meghatározó a nemzetközi környezet, amely a fejlesztett termék külföldi eladhatóságát jelenti.

³ Az említett terveket, stratégiákat az IRODALMI ÁTTEKINTÉS 15. oldalán részletesen tárgyalom.

KUTATÁSI HIPOTÉZISEK MEGFOGALMAZÁSA

Vélelmezem, hogy a LAAR program logikájára létrehozható olyan koncepció, amely választ adhat a **nemzeti és nemzetközi szinten megjelent új kockázatok, kihívások és veszélyek** egyes elemeire.

Feltételezem, hogy a hazai repülőgépgyártó ipar napjainkban egyértelműen képes többfeladatú **könnyű repülőgép** megtervezésére, kifejlesztésére és **gyártására**.

Vélelmezem, hogy a költséghatékonyság és a személyi erőforrások optimális kihasználására célszerű lenne hazánkban **az önkéntes tartalékos rendszerbe integrálni** könnyű repülőgépeket, katonai-polgári vegyes felhasználással.

Feltételezem, hogy a nemzetközi tapasztalatok alapján a polgári életben és a katonai felhasználásban egyaránt kiváló könnyű többfeladatú repülőgép fejleszhető.

Vélelmezem, hogy a NATO és a magyar haderő az aszimmetrikus hadviselés keretei között, a gerillaerők pusztítására hatékonyan alkalmazhat a LAAR program vagy ahhoz hasonlóan megfogalmazott koncepció szerinti többfeladatú könnyű katonai repülőgépeket.

Úgy vélem, hogy a műszaki fejlődés napjainkra **jelentősen átalakította a meghajtási rendszereket a könnyű repülőgép kategóriában:** a kerozinnal üzemeltethető dízelmotor bizonyos területeken kiszorítja az alacsony hatásfokú benzinüzemű Otto-motorok alkalmazását, illetve a hibrid (belső égésű – elektromos villamos) meghajtási rendszer is alkalmazást nyerhet könnyű repülőgépen.

KUTATÁSI MÓDSZEREK

Értekezésemben a *szakirodalmi kutatás módszerét* alkalmazva – a kutatásomhoz szükséges mértékben – megvizsgáltam és értékeltem a hazai és nemzetközi szabályzatokat, irányelveket, harceljárásokat, prognózisokat, könyveket és kutatási eredményeket. Ezen kutatási módszer segítségével azonosítottam a felhasználói igényeket, mely egy repülőgép szerkezeti kialakításának alapjai lehetnek.

Az *analízis-szintézis módszerét* alkalmazva megvizsgáltam a kategóriába tartozó egyes repülőgépek speciális szerkezeti kialakításait, azok kialakítási szükségességét, eredményeit. A típusokat és főbb paramétereit táblázatba rendeztem, az eredmények alapján javaslatot tettem egy új koncepcióra és annak kialakítási környezetére.

Matematikai arányosító módszereket használtam a repülőgéphajtási-rendszerek változásának prognosztizálásához, amelyekkel magyarázó és előreutató trendeket határoztam meg.

Az *összehasonlítás módszerei (többparaméteres rendszervizsgálat)* közül a KESSELRING módszert alkalmazva, megvizsgáltam és rangsoroltam a kategóriába eső relevánsan azonosítható légi járműveket, illetve egy általam tervezett, hipotetikus repülőgép koncepcióját.

A *kérdőíves kikérdezés módszerével* a katonai és polgári repülésben dolgozó szakemberek véleménye alapján pontosítottam a koncepciómat.

A „*hólabda módszer*” segítségével felkutattam és meghatároztam a kérdőíves kikérdezésben megkérdezett, mértékadó szaktekintélyeket. A módszer felhasználásával a mennyiségi és minőségi elemeket tudtam javítani. [3.]

AZ ÉRTEKEZÉS FELÉPÍTÉSE

Az értekezés a bevezetésből, a kutatómunka hat fejezetéből, továbbá az új tudományos eredmények bemutatásából áll. A bevezetésben a tudományos **probléma megfogalmazásával** kijelöltem azt a kérdéscsoportot és azon célkitűzéseket, amelyeket a továbbiakban vizsgálok, és amelyekre a kutatói fejezetekben egy lehetséges választ adok. Fejezetenként összegzést végzek és részkövetkeztetéseket teszek.

Az I. fejezetben a **többcélú könnyű katonai repülőgépek** – továbbiakban – TKKR szerepét vizsgálom meg a modernkori hadviselésben. Áttekintem és összegzem a kategórián belül **már létező repülőgépeket** és sajátosságait. **Mi az, ami már van.**

A II. fejezetben a hazai és nemzetközi törekvések, elgondolások és tapasztalatok, hadiipari programok, és – kitekintéssel – a vizsgálatomhoz hasonló koncepciók lehetőségeit vizsgálom. **Mire van szükség – mire van igény.**

A III. fejezetben a hazai igénystruktúra alapján, a gyártókapacitások és a megvalósíthatóság lehetőségeit vizsgálom meg. **Mi valósítható meg.**

Az IV. fejezetben a műszaki megvalósítás kérdésköréből, a **sárkányszerkezeti kialakítás** környezetének rendszerelemzését, a katonai és polgári tervezési sajátosságok összevetését végzem.

A V. fejezetben a műszaki megvalósítás hajtás és **erőforrás elemzését** végzem, kiemelten a dízel és a hibrid meghajtásra.

A VI. fejezetben az új, általam megfogalmazott saját koncepciót ismertetem egy TKKR megvalósítására és a kategóriában lévő egyéb koncepciókkal, programokkal hasonlítom össze. **A koncepció megfogalmazása.**

Az értekezés **Kutatási tevékenységek összegzésében** célkitűzésemmel összhangban, a végkövetkeztetések és a várható tudományos eredmények felsorolásával egyidejűleg, tézisekbe foglalom új tudományos eredményeimet. Ezt követően ajánlásokat teszek az értekezés felhasználhatóságára.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A tudományos probléma megfogalmazása alapján irodalmi áttekintést végeztem. Szternák György **A fegyveres küzdelem megvívása** című tanulmányában [4.], – értékelve a hadtudományi publikációkban megjelent számos rangos szerző művét – elemzi a hagyományos, aszimmetrikus és a hibrid műveletek sajátosságait, a felmerült új biztonsági veszélyeket, fenyegetéseket és kihívásokat. Nem szembe helyezkedve a Cluasewitz-i gondolattal, amely szerint „a háború tehát erőszak alkalmazása, hogy ellenfelünket saját akaratunk teljesítésére kényszerítsük”, elemzi az új hadviselési módokat, amelyeket Resperger István publikációja [5.] alapján összefoglaló táblázatba rendez. Véleménye szerint a szakirodalomban számos esetben felcserélik a fegyveres küzdelmet és a háborút a hadtudomány rendszerében. Példaként idézi Szenes Zoltánt [6.]: „El kell fogadnunk, hogy a 21. század háborús konfliktusaiban a régi, az új és a hibrid hadviselési formák széles skálájával találkozunk. A hidegháború alatt a nyugati világ az „egydimenziós” szovjet fenyegetettséggel nézett szembe, amely többé-kevésbé kiszámítható volt. Az új évszázadban ilyen kiszámítható körülmények nem lesznek, fel kell készülni az ismeretlenre, a bizonytalanra, az eddig nem látott fenyegetésekre. A jövő háborújában részt vehetnek hagyományos hadseregek, specializált terroristaellenes egységek, hibrid katonai formációk, magánhadseregek, nemzetközi szervezetek és más szereplők.”

Elemzése szerint számos katonai műveletek háttérében politikai jóváhagyással vagy ellenőrizetlenül a fegyverkereskedelem, valamint az új haditechnikai eszközök harctéri körülmények közötti tesztelése is tetten érhető, hivatkozva a Nemzetközi Békekutató Intézet (SIPRI)⁴ 2016-os évkönyvére. A Clauzewitz-i gondolat sajátos megjelenése, ahogyan a Szovjetunió, a Varsói Szerződés, és a Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa fegyveres erők alkalmazása nélkül bomlott fel, a hibrid hadviselés megjelenése, ahogy megjelenik az akarat rákényszerítése a szembenálló félre.

A katonai felhasználás oldaláról, de mérnöki szemmel közelítve íródott **Turcsányi Károly és Hegedűs Ernő Légideszant I. és II.** könyve, amely összefoglaló műként tárja az olvasó elé hazai és nemzetközi példákon keresztül a deszant alkalmazásának módját. [7.],[8.]

Bár egy könnyű repülőgép fejlesztésétől látszólag távol áll, de mindenképpen érdemes áttekinteni a szárazföldi erők működését, az összefegyvernemi harc alapjait, az együttműködés

⁴ Stockholm International Peace Research Institute

környezetét. Az **FM 100-5 Hadműveletek** Tábori Kézikönyv⁵ a szárazföldi haderőt illetve az összhaderőnemi hadműveleteket tárgyalja. Meghatározza a hadműveletek tervezési szempontjait és végrehajtását, a támadás és védelem jellemzőit és az elszakadás eseteit. Külön fejezetben tárgyalja a logisztikai biztosítás szempontjait, a harc kiszolgáló-támogató feladatkörét, jellemzőit. [9.]

A **Légi Műveletek Doktrínája** általános érvényűen definiálja, megadja a szervezeti felépítést, vezetés rendjét. Meghatározza a légtér-gazdálkodás rendjét, irányítási, légi irányítási szervezeteit. Meghatározza a légi harctevékenységek rendjét, helikopterek alkalmazásának eseteit, műveletek tervezésének sajátosságait. Fogalmakat, rövidítéseket meghatározásokat ad meg. [10.]

A légi szállítás adja a leghatékonyabb lehetőséget a műveleti tempó fenntartásához, fogalmazza meg a **Légi Szállítási Műveletek Doktrína**. A bevezetőben meghatározott célok szerint a NATO elveivel harmonizáló, egységes irányelveket és eljárásokat ad a magyar szakembereknek a NATO vezette műveletekhez, gyakorlatokhoz. Felhasználásra ajánlja szövetségi katonai és civil műveletek tervezésében és végrehajtásában érintett parancsnokságok, törzsek, civil csoportok számára. [11.]

Az elvi alapok pontosítása után az állami léptékű iránymutatást a **Magyar Honvédség Légierő Doktrínája** ad, amely alapvetően tárgyalja a légierő helyét, szerepét, erőforrásait és képességeit a korszerű hadvezetésben. Meghatározza a légierő harctevékenységének alapelemeit, műveleteit, és követelményeket támaszt. Meghatározza a feladat ellátásához szükséges szervezeti felépítést, a vezetés, irányítás és légtér-gazdálkodás alapjait. [12.]

Habár kormányzati elfogadása még egyelőre várat magára, mégis az utóbbi évek legátfogóbb hazai repülő szakmai áttekintése a **Nemzeti Légügyi Stratégia**, amely koncepcionális terveket készített a hazai repülés erősítéséért, kiemelt ipari, jogszabályi, gazdasági ajánlásokat téve. A hazai előállítású könnyű repülőgépekre vonatkozóan nevesítve, konkrétan megfogalmazza azok fejlődésben megjelölt helyét, szerepét. [13.]

Az **Irinyi Tervben**, 2016-ban, a magyar kormány célul tűzte ki az újraparosítást, amely a védelmi ipart külön nevesíti, és a következő évekre, évtizedekre feladatokat határoz meg számára. [14.] Állami léptékekben kezelve az elektromos közlekedés fejlesztését, a kormányzat létre hozta a **Jedlik Ányos Tervet**, amelynek célkitűzései az e-mobilitás, a közösségi közlekedés kapcsolatának kutatása, az elektromos közlekedési infrastruktúra, a jogi és adózási

⁵ A mű eredeti címe: FIELD MANUAL 100-5 OPERATIONS

feltételek támogatása.[15.] A **Hadik terv**⁶ 2012-ben indult, és a hazai hadipar fellendítését tűzte ki célul, mellyel az ország védelmi képességeit hazai gyártási alapokon kívánja szavatolni. A **Zrínyi 2026** program ennek megfelelően jött létre: tárgyalja az ország ipari fejlesztésének és ezen belül a katonai felszerelés és eszközállomány cseréjét. A program tíz éves, 2016 és 2026 között jelentős technikai fejlesztést, modernizációt és mennyiségi beszerzést tervez végrehajtani. [16.]

A stratégiák, doktrínák és kormányprogramok megvalósításához stabil műszaki ismeretekre van szükség, amelyre jó alap John P. Fielding, **Introduction to Aircraft Design** című szerkesztett műve.[17.] A kötet bemutatja a katonai és polgári légi járművek tervezési sajátosságait, forma kialakítását, a csapásmérőtől a 150 fős személyszállító repülőgépek kialakítási sajátosságait, a feladathoz meghatározott igényeket és annak kielégítési alternatíváit. Számba veszi a repülőgépek rendszereit (elektromos, leszálló, hidraulika, navigáció, oxigén), a belső kabin kialakítását. A katonai és polgári repülést összevetve gazdasági számvetést végez, a felmerült összetevőket számba veszi, és elemzi a különbségeket. A tervezést segítő eljárások részeként gazdag szakirodalmi ajánlást tesz, elemzi a számítógépes tervezési programtámogatást. Az előtervezési folyamathoz jelentős mennyiségű adattal segíti a kezdeti értékek felvételének irányát.

A repülőgéptervezés örökérvényű igazságait, számítási módszerét és logikáját tárgyalja Rácz Elemér, **Repülőgéptervezés** című tankönyve. Példákkal és a végeredményekkel kapcsolatos elvárt értékekkel mutatja be a tervezés részleteit és egészét, lehetőséget adva a tervezői konkrét számítási feladatok elvégzésére. [19.],[20.]

A repülőgép szerkezetek, kialakítások, tervezési irányelvek összefoglaló műve a Hannel Sándor⁷ és Megyeri Miklós által készített **Repülőgép sárkány- és rendszerismeret I., II., és III.** kötete, amely a repülésben keleten és nyugaton létrehozott műszaki megoldásokat konstrukciós alapokon tárgyalja. [21.],[22.],[23.]

A repülőgépek szerkezeti kialakításának kiváló műve Dr. Óvári Gyula, **Merev- és forgószárnyas repülőgépek szerkezetana** című könyve. Konkrét példákon keresztül mutatja be a hazai katonai repülést Dr. Óvári Gyula a Biztonság- és repüléstechnikai megoldások katonai helikopterek harci túlélőképességének javítására című műve. [24.]

A nemzetközi háborús területen szerzett tapasztalatok alapján íródott Steven J. Tittel őrnagy **Cost, Capability, and the hunt for a lightweight ground attack aircraft** című műve.

⁶ Hadfelszerelési Iparkorszerűsítési Terv [18.]

⁷ A szerző édesapja, dr. Hannel Sándor okleveles repülőmérnök.

Az iraki háború tapasztalatai alapján tárgyalja a vadász repülőgépek és a könnyű felfegyverzett repülőgépek gazdaságossági és hatékonysági kérdéseit. Következtetése szerint az alkalmazás korlátai mellett számos esetben jelentősen jobb költséghatékonysággal, alacsonyabb költségekkel végezhető el a légi támogatási feladatok. [25.]

A repülőgép hajtómű elméleti és gyakorlati összefoglaló műveként, **Brodszky Dezső** 1952-ben létrehozott **Repülőgép-hajtóművek** című könyvét használtam, amely tervező mérnöki mélységben mutatta meg a repülőgép-hajtóművek sajátosságait. Bár az irodalom, nem a legmodernebb, de gyakran örökérvényű igazságokat, számolási eljárásokat, törvényszerűségeket tartalmaz. [26.] A nemzetközi irodalomból Alex P. Brouwers NASA által kiadott **150 and 300 kW lightweight diesel aircraft engine study** című kiadványa a vizsgált kategóriának megfelelő repülőgép-erőforrást vizsgálja. Adatokkal, valamint szerkezeti megoldásokat elemezve, objektív módon az előnyök és hátrányok megmutatásával tárgyalja az adott teljesítmény-kategóriába tartozó repülőgép dízelmotorokat. Táblázatos rendszerben hasonlítja össze a dízel és benzin meghajtású motorokat, habár az élettartam viszonyokra és a kopások mértékére részletesen nem tér ki. [27.]

Általánosan a dugattyús motorok elméletének, számításának, tervezési viszonyainak kialakításában kiváló segítség a Pásztor – Szoboszlai **Kalorikus gépek üzeme** című szakmunka. A könyv logikája és tárgyalási tematikája, a téma áttekintése lehetővé teszi, hogy a jelenben és a jövőben is felhasználható legyen, hiszen olyan összefüggéseket tárgyal, amelyeket a tudományos fejlődés nem befolyásol, kiegészíteni csak új tárgyalási pontok nyitásával tudja. [28.] Az **Aircraft Powerplant** hetedik kiadása Kroes és Wild⁸ tollából – a dugattyús motorokat és gázturbinákat részleteiben vizsgálja. Ismerteti és értékeli a különböző hajtóművek tüzelőanyag ellátási, kenési rendszer kialakításait, indítását, üzemeltetését, kiszolgálását és nagyjavítását, a motorok, fel- és túltöltését. A hajtáslánc elemeként foglalkozik a légcsavar elmélettel, a légcsavarok üzemeltetésével, kiszolgálásával. [29.]

A **Jean's katalógusok** a típusok felkutatására, elemzésére, következtetések levonására, a hazai és nemzetközi léptékben is leginkább elterjedt megbízható adatforrások. [30.],[31.] Számos, évről-évre megújuló kiadványa biztosítja a változások követését. Az adatok összevetéséhez a hazai irodalomból **Vass Balázs Repülőgépek, helikopterek rakéták** című könyvét használtam. [32.] Aktuális és áttekintő irodalmi forrás továbbá a **GAMA⁹ honlapja**, amelyen elektronikus formában lehet elérni a kisépességű repülőgépgyártás világviszonylatban

⁸ Michel J. Kroes, Thomas W. Wild

⁹ GAMA – General Aviation Manufacturers Association – Könnyű Repülőgép Gyártók Egyesülete

vizsgált adatait. [33.] A fogalom meghatározásokra, és szakmai alapon történő egyértelműsítésre a **Repülési Lexikon 1. és 2.** kötetét használtam. [34.]

A hőerőgép és elektromos hajtások tanulmányozására az Emőd – Tölgyessy – Zöldy **Alternatív járműhajtások** című könyvet hívtam segítségül. Bár a könyv kéziratát 2006-ban zárták le – amely dátum egy dinamikusan fejlődő műszaki megoldásrendszer esetén réginek számít – mégis olyan alaptételeket rögzített, mint az alternatív hajtóanyagok, a hibridrendszerek megoldási formái, a szerkezeti elemek sajátosságai vagy a tüzelőanyag-cella működése. Az elméleti áttekintést gyakorlatban megvalósított példákkal illusztrálják a szerzők, bizonyítva azok működésképességét. [35.]

I. FEJEZET. KATONAI CÉLRA ALKALMAZOTT KÖNNYŰ REPÜLŐGÉPEK ÉS FELHASZNÁLÁSI KONCEPCIÓK

A tudományos probléma megfogalmazása után az irodalomkutatást követően, szükséges megvizsgálni a nemzetközi tapasztalatokat. Milyen repülőgép-fejlesztések történtek eddig, milyen koncepció alapján és ezek milyen tapasztalatokat hoztak. Az egyes katonai fejlesztésekben a repülőgép tervezési koncepcióját érthető módon kevés esetben publikálják, ám a repülőgép elemzése során az mégis jól tetten érhető. A fejezetben céлом a releváns új technikai megoldásokat hozó, a mértékadó pályázatokra tervezett, a fegyveres konfliktusban bevetett repülőgépeket keresni, vizsgálni és a tapasztalatokat összegezni. A vizsgált és feltárt példákra összegző táblázatot hoztam létre, amely a FÜGGELÉK 1. mellékleteként szerepel. Az összegző táblázat tartalmazza a repülőgépek fő technikai adatait, ezért a fejezetben a világháborút megelőző történelmi példától eltekintve külön nem tárgyalom.

I.1 Történeti példák a könnyű repülőgépek katonai alkalmazására

Az 1930-as években az új típusú, egymotoros, áramvonalas (behúzható futóműves), alsószárnyas vadászipülőgépek minden korábbinál nagyobb sebességre voltak képesek, ám ennek a teljesítménynek ára volt. Ezekből a gépekből rossz volt a kilátás és szűkös belső térrel rendelkeztek, emellett csak hosszú és jó minőségű kifutópályával rendelkező repülőterekről szállhattak fel, és alacsony sebesség-tartományban nehezen manővereztek. A közel-felderítő és futárgépek számára azonban éppen ezek ellentétére volt szükség: előkészítetlen felszállópályáról – alkalomadtán akár egy mezőről – kellett felszállniuk, a pilótafülkéből lefelé kiváló körkilátással kellett rendelkezniük, és bírniuk kellett az erős igénybevételt. Erre a célra kezdetben már meglévő repülőgépeket használtak, ám hamarosan ezek helyett új, specializált típusokat is rendszerbe állítottak.

A Westland Lysander-t 1934-ben harctéri **felderítő- és csapattámogató** repülőgépnek tervezték. A széles törzsre vállszárny került, és a pilótafülkét bőven üvegezték, így a kétfős legénység előre is, lefelé is kitűnően kiláthatott belőle. A Lysander legfontosabb eleme egyedi kialakítású szárnya volt, amely nemcsak a hossza miatt volt különleges, hanem azért is, mert a legtöbb korabeli géppel ellentétben több helyen megtörték, ezáltal a többinél kedvezőbb

aerodinamikai mutatókkal rendelkezett. A felsőszárnyas kialakítást mindkét oldalon egy-egy merevítő dúccal támasztották alá. E típusnál a legfontosabb elérendő cél a szükséges felszállópálya lerövidítése volt. A repülő meghajtásáról egy 650 kW-os (870 LE-s) Bristol Mercury csillagmotor gondoskodott.

A legtöbb korabeli felderítő-repülőgépen a fegyverzetet mindössze egyetlen hátrafelé tüzelő géppuska alkotta, ehhez képest a Lysander a maga négy (2-2 előre-, illetve hátrafelé tüzelő) géppuskájával jóval nagyobb tűzerővel rendelkezett. Ezek kiegészítésére ráadásul – a futómű áramvonalas burkolatára szerelt konzolok segítségével – kisméretű bombákat is hordozhatott.

A Lysander első felszállására 1936-ban került sor, a gyártása két évvel később indult meg, első sorozatban 169 darab készült el, majd 1938. júniusától állították azokat csapatszolgálatba. Összesen 1786 darabot gyártottak belőle. 1941-től a típust már csak célzsák-vontatásra és ügynököknek a németek által megszállt Európába való juttatására használták. Az Egyesült Királyság mellett számos, a brit birodalomhoz tartozó országban (pl.: Ausztráliában, Brit-Indiában, Kanadában stb.) szolgáltak, de Lysanderekhez az Amerikai Egyesült Államok, Burma, Dél-Afrika, Egyiptom, Finnország, Írország, Lengyelország, Portugália és Törökország is hozzájutott.

Lysandereket többször bevetettek könnyűbombázó szerepkörben és vízbe esett pilóták mentésére is (ekkor a bombák helyére ledobható gumicsónakokat függesztettek). A felderítés, valamint üzenetek kézbesítése mellett gyakran vetették be **tüzérségi tűzhelyesbítésre és célzsák-vontatásra** is.

Méretek:	hosszúság 9,30 m; magasság 3,34 m; fesztávolság 15,24 m
Tömeg:	üres tömege – 1850 kg, maximális felszálló tömege – 3402 kg
Személyzet:	2 fő
Fegyverzet:	2 db 0,303 hüvelykes mereven beépített géppuska, egy 0,303 hüvelykes forgatható géppuska a pilótafülke mögött és 227 kg-os bombateher külső megerősített pontokon
Hajtómű:	664 kW (890 LE) Bristol Mercury XII típusú, kilencheseres csillagmotor
Hatótávolság:	966 km
Maximális sebesség:	369 km/h;
Csúcsmagassága:	7925 m

1. táblázat. A Westland Lysander többfeladatú könnyű repülőgép technikai adatai [36.]

Az **OV-10 Bronco** többfeladatú könnyű repülőgép ismertetésére elsősorban szárazföldi egységek légi támogatása, szállító és STOL (Short Take-Off and Landing) képessége miatt

kerül sor. A két légszárnyos gázturbinával felszerelt könnyű repülőgép szerkezeti tömege 3125 kg, a 6552 kg-os maximális felszálló tömeg pedig jelentős terhelhetőséget jelent. A két, egyenként 820 kW-os hajtóművet a szárny felső felületén helyezték el. Maximális sebessége 500 km/h, minimális repülési sebessége pedig – a teljes szárnyfelület mentén kialakított orrszegédszárnyak és nagy felületű fékszárnyak következtében – 61 km/h, ami terheléstől függően 270-400 méteres fel- és leszálló úthossz megvalósítását teszi lehetővé. Futóművét a füves, illetve döngölt talajú repülőtérről, továbbá tábori leszállópályáról történő üzemeltetés elviselésére méretezték. A repülőgépet – a futár-, sebesültszállító és könnyű szállító feladatok mellett – felderítő, célmegjelölő, könnyű csapásmérő és helikopter-kísérő feladatok ellátására hozták létre. Hozzávetőleg 3 m³ térfogatú belső teherterében felderítő-berendezéseket (fényképező, oldalra néző lokátor) helyeznek el, illetve a szállító feladatoknál öt fő ejtőernyőt, vagy hat fő felfegyverzett lövészkatonát vihet magával. Nagyobb átszerelést követően a belső térben 7 ejtőernyős vagy 8 lövészkatonát szállítható [37.]. A repülőgép könnyű támogató feladatokhoz négy 7,62 mm-es géppuskával, nem irányított rakétablokkokkal és irányított levegő-föld rakétákkal fegyverezhető fel hat felfüggesztési ponton, 1250 kg össztömegben. A feladatok nagy pontosságú és biztonságos végrehajtása érdekében a törzs hátsó részén két zuhanóféklapot alakítottak ki, ami lehetővé teszi a célok megközelítését meredek röppályán. Az 1960-as években, a vietnami felkelők elleni harcokban (COIN – Counter-insurgency) – a sikeres szerkezeti kialakításoknak köszönhetően – a Cessna O-2-es mellett, az egyik leghatékonyabb légi jármű volt. (Lásd 1. függelék.)

A **Cessna O-2** Skymaster a Cessna 337-es módosított változata. Toló és vonó légszárnyos elrendezésben a két darab 156 kW-os (210 LE-s) dugattyús motor, maximálisan 320 km/h sebességre tudta gyorsítani. Üres szerkezeti tömege alig 1290 kg, míg a maximális felszálló tömege elérte a 2450 kg-ot. Fegyverzete egy darab 7,62 mm-es géppuskából, és egy nem irányított rakéta-blokkból állt. 1967-től 2010-ig szolgált az Egyesült Államok légierijében, és több mint 500 darabot gyártottak belőle. [30.],(Lásd 1. függelék)

I.2 Polgári alkalmazásra tervezett könnyű repülőgépek felfegyverzése

Hadi környezetben a könnyű repülőgépek felhasználása nem újdonság. **Számos nemzetközi példát ismerünk könnyű repülőgépek felfegyverzéséről, katonai, illetve rendvédelmi**

feladatokra való alkalmazásáról. Felsorolásomban a felhasznált repülőgépek közül elsőként emelem ki a **Cessna-337-es Skymastert**. Katonai változata az O-2, amelyet csapásmérési, felderítési és FAC¹⁰-osként, előretolt repülésirányítói pontként használtak nagy sikerrel.



1. ábra. Felfegyverzett Cessna O-2B Skymaster [38.]

A Cessna O-2-t a katonai igényekhez igazítva, polgári tervezésű repülőgépből alakították át az adott feladatok ellátására alkalmas megfigyelő és könnyű támogató feladatokra. Egyes típusváltozatainál az ajtó és a törzs utólagos módosításával megnövelték a pilóta látóterét a felderítési és csapattámogatási feladatok jobb ellátásához.

Számos példát lehet ugyanakkor arra is találni, hogy a polgári repülőgépgyártó vállalatok a jelentősebb és kedvezőbb konstrukcióban történő megrendelések reményében alakítják át gépeiket katonai felhasználásra. Ilyen például a francia gyártású **Socata Rallye 235**, az olasz **Marchetti SF-260C**, vagy az orosz **SM-92 Finist** is. [39.]



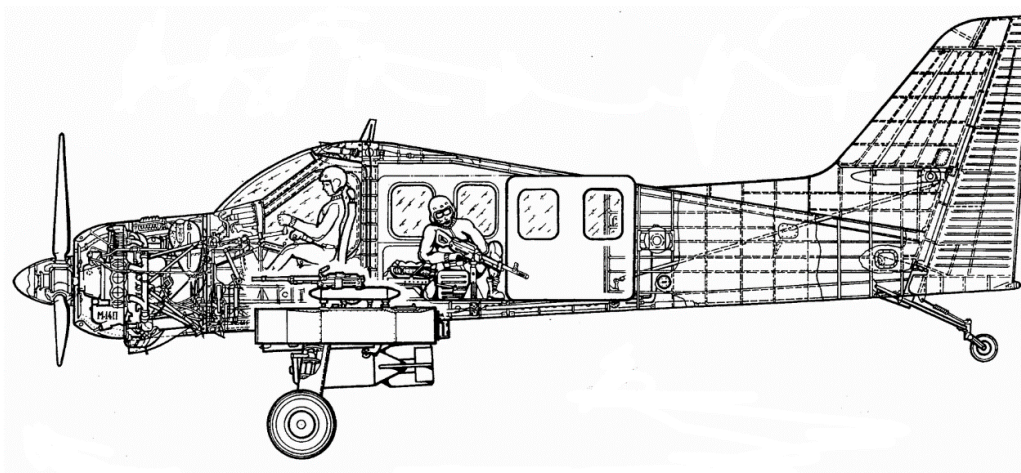
2. ábra. Az olasz Marchetti SF-260C és a francia Socata Rallye 235 felfegyverzési lehetőségei [40.],[41.]

¹⁰ FAC - Forward Air Controller - Előretolt repülésirányító



3. ábra. Az oroszországi, szmolenszki gyár felfegyverzett SM-92 Finist típusjelzésű repülőgépe [42.]

Az **SM-92 Finist** repülőgépet a Technoavia tervezőiroda a szmolenszki repülőgépgyárban gyártatta. A tervek V.P. Kondratyev vezető konstruktor nevéhez fűződnek. A típus első repülésére 1993-ban került sor, majd egy évvel később jelent meg a könnyű fegyverzettel felszerelt határőrizeti, rendvédelmi és katonai feladatokra kialakított változata. Maximális felszálló tömege 2350 kg, amelyet egy 268 kW-os (360 LE-s) M-14P típusjelzésű csillagmotor gyorsított 230 km/h sebességig. Átesési sebessége a kedvező szárnyprofil kialakításnak köszönhetően 100 km/h. A későbbi magyar érdekltségű fejlesztésnek köszönhetően egy Walter 601 típusú légsavaros gázturbina került a repülőgépbe beépítésre, amely átalakítás a sportoló ejtőernyősök hatékonyabb ugratását célozta. Az 537 kW-os (720 LE-s) hajtómű lényegesen nagyobb emelkedő sebességet ért el, így az egy ejtőernyős ugrásra vetített költségeit sikerült versenytársainál alacsonyabb szintre hozni.



4. ábra. Az SM-92 Finist repülőgép géppuskákkal, nem irányított rakétákkal és bombával felszerelve.[42.]

Időrendi sorrendben talán az utolsó – frissen hadszíntéri alkalmazásra vett repülőgép – a **Cessna AC-208B** típusjelzésű könnyű szállító repülőgép. Irakban az Iraqi Air Force felségjelzésével 2009-ben állították rendszerbe. Alapvetően szállítási, felderítési és tűztámogatási feladatokra használják, és a szárny alá rögzített két darab levegő-föld, AGM-114 Hellfire rakétával szerelték fel.



5. ábra. Iraki Cessna AC-208B, Hellfire levegő-föld rakéta indítása [43.],[44.]

A fegyver páncéltörő képessége mellett a precíziós célravezetési rendszere, 8000 méteres hatótávolsága és az 50 kg alatti tömege kiemelten alkalmassá teszi erre a feladatra. Az úgynevezett „Fire and forget” – tüzelj és felejtse el – rendszer a rakéta automata rávezetését garantálja, így egyszerű alkalmazási lehetőséget biztosít. Az 510 kW-os (680 LE) légszűrős gázturbinával meghajtott repülőgép 320 km/h sebességre képes, emellett 9 fő felfegyverzett ejtőernyős szállítására is alkalmas.

I.3. Az amerikai LAAR program kialakulása, céljai és követelményei

Az Amerikai Egyesült Államok Légierője LAAR néven 2009-ben repülőgép beszerzési programot indított. A program a nevében szereplő módon (Light Attack/Armed Reconnaissance - Könnyű Felfegyverzett Támadó Felderítő) felderítési és könnyű csapásmérési feladatok ellátására alkalmas repülőgépet akartak beszerezni. A programban 100 darab repülőgépet akartak beszerezni, amelyek rendszerbe állítása 2013-ra volt tervezve. A program célkitűzése az iraki és afganisztáni háború tapasztalatait felhasználva a költséghatékonyság növelése volt. A műveleti területeken a légifölény kivívása után a szárazföldi csapatok légi támogatását korábban F-15E Strike Fighter, F-16-os Fighting Falcon és A-10-es Thunderbolt repülőgépekkel oldották meg. A tapasztalatok alapján, ez az erők és eszközök aránytalan, költséges felhasználása volt. A LAAR programban, a támogatói feladatokat akarták alacsonyabb költségek mellett megoldani. A pályázatok beérkezése után megkezdtek az aspiráns cégek és repülőgépek, vizsgálatát, tesztelését kiemelten az afganisztáni hadszíntéren, műveleti területen. A csapatpróba következő lépcsőfokaként, a tesztelendő légijárművek külföldi bevetéséhez kongresszusi döntés volt szükséges, melyet nem kaptak meg. A program leállt és átalakult, új néven, új koncepciókkal, LIMA néven érte el céljait.

A koncepciók összehasonlításával a LAAR programot a VI.5. pontban részletesen tárgyalom.

A LAAR program alapkövetelményeit a következőkben határozták meg ¹¹ [45.]:

- A repülőgép legyen képes üzemelni **minden időjárásban** (IFR és VFR, műszer- és látva repülési szabályok alkalmazására való képesség) és **napszakban** (jégtelenítő rendszer, illetve fénytechnikai rendszerek, éjjellátó rendszerek megléte), korlátozott repülőtéri viszonyok között, és **füves leszállómezőn** is.
- Éves repülési időben biztosítsa minimálisan a **450 órát**.
- **Önvédelmi rendszerekkel** legyen felszerelve (MAWS: Missile Approach Warning System – Rakéta közeledtére figyelmeztető rendszer; illetve RWR: Radar Warning Receiver – Besugárzásjelző, radar-befogás jelző).
- A **hajtómű és a pilótafülke páncélozottsága** mellett „**dupla 0-ás**” katapultülésekkel kerüljön üzembe. (Földön, álló helyzetből is legyen képes a pilóták mentésére).

¹¹ Federal Business Opportunities alapján [45.]

- A feladat végrehajtáshoz **legyen képes 5 + fél órát a levegőben tölteni**, illetve **900 NM-t (1600 km-t) repülni**.
- **Üzemanyaga legyen kerozin alapú**, Jet-A vagy a JP-8-as (gázturbinás, sugárhajtású vagy dízelmotoros hajtású).
- A repülőgép és hajtóműve műrepülhető legyen.
- Kabinja **kétkormányos, kétüléses**, légkondicionált legyen, rendelkezzen fedélzeti oxigén ellátással.
- Míg fedélzeti rendszereire előírják az **MFD** (Multi-Function Display, többfunkciós kijelző) és a **HUD** (Head-Up Display) kijelzést, a hagyományos műszerek mellett precíziós, GPS alapú **navigációs rendszer megléte**, és a folyamatos adatkapcsolat is elvárt.
- Fegyverrendszere **2×220 kg bombaterhelést** és lézer irányítású fegyverek alkalmazási lehetőségét, valamint sínről indított **70 mm-es rakétákat** és **fedélzeti gépfegyvert** kíván.
- Előnyt jelent gázturbinás hajtóműveknél a **porkiválasztó rendszer**, illetve a **kiáramló gáz hűtő**.
- Repülési tulajdonságok vonatkozásában elvárás továbbá a **30 000 lábas (9000 m) csúcsmagasság**, és a **180 csomós (330 km/h)** utazósebesség 10 000 láb magasságon.

Több esélyes pályázó is volt a program elnyerésére. A **Hawker Beechcraft AT-6B** kései változata az Egyesült Államok légierijében ma is rendszerben álló T-6 Texan II. kiképző repülőgép, elődei alapján már eleve kedvezőbb pozícióból indult. Az AT-6-os a svájci Pilatus PC-9-es alapján tervezett könnyű repülőgép, amelyet a magyar pilóták is jól ismernek, hiszen kanadai kiképzésük ezen történik. A szárny alá 25 mm-es gépágyút szerelnek, amit Hellfire rakéták, illetve félaktív lézervezérlésű 70 mm-es Hydra rakéták egészítenek ki. A repülőgép feladata elsősorban a földi célok elleni csapásmérés. A repülőgépet katapultülésekkel, az oldalfalakon és a törzs alján pedig kerámia-páncélzattal látták el, a kézi légvédelmi rakéták ellen infracsapda kazettákkal szerelték fel. A hajtóműve egy 1194 kW (1600 LE) teljesítményű gázturbina. [46.]



6. ábra. Az amerikai Hawker Beechcraft, AT-6B (Raytheon gyár) [41.]

Szerkezetében, kialakításában nagyon hasonló az EMB-312 Tucano, és az EMB-314 (A-29) Super Tucano is. Jelentős üzemeltetési tapasztalattal rendelkeznek, ami oka lehetett az USA haditengerészeténél megkezdődött tesztelés sorozatnak is.



7. ábra. A brazil Embraer gyár EMB-312 Tucano és az EMB-314 Super Tucano repülőgépei [41.]

A Boeing cég ugyanakkor az OV-10X-et szánta a LAAR programba, amely a vietnami háborúban bizonyított OV-10 Bronco-nak (lásd. 19-20. oldal) a továbbfejlesztett, modernizált változata. (Technikai adatai a 1. függelékben található)



8. ábra. A Boeing cég, OV-10 Bronco és OV-10X típusa [41.]

Az Air Tractor AT-802U egy érdekes konstrukcióváltás eredménye, ahol egy mezőgazdasági permetező repülőgépből alakították át az új jelöltet. A versenytársakhoz képest legfőbb előnye a relatív alacsony ára, és az évek alatt kiforrott műszaki konstrukciója.



9. ábra. A mezőgazdasági permetezőből átalakított Air Tractor AT-802U [41.]

Az olasz Alenia Aermacchi cég mindezek mellett az M-346 típusjelzésű géppel volt az egyetlen sugárhajtású jelölt.



10. ábra. Az olaszországi Alenia Aermacchi cég M-346 repülőgépe [41.]

A LAAR program a kongresszusi döntés után – hogy az aspiráns repülőgépek csapatpróbáját az afganisztáni hadszíntéren is folytassák – elhalt, illetve szerepét a LIMA¹² program vette át.

¹² LIMA – Light Mobility Aircraft – Könnyű Mobilitású Repülőgép

I.4 Összefoglalás és részkövetkeztetések

A tudományos probléma megfogalmazásának megfelelően a fejezetben történelmi alapon vizsgáltam meg az alkalmazott könnyű repülőgépeket. A II. világháborút megelőző időszakból a Lysander, míg a vietnámi háborúban használt O-2 és OV-10 típusokat ismertettem. Sorra vettem a polgári tervezésű felfegyverzett könnyű repülőgépeket és kereskedelmi megjelenésüket. Az Egyesült Államokban megindított LAAR könnyű repülőgép beszerzési program kapcsán pedig bemutattam a megadott követelményrendszert.

A LAAR, illetve a LIMA program mintája lehet a magyarországi civil-katonai vegyes felhasználású könnyű repülőgép fejlesztésének, rendszerbe állításának. Érdekes követni a repülőipar LAAR programra történő reakcióit, hiszen olyan új repülőgépek, új tervezési szempontok kerültek elő, amelyek hosszú távra helyet kérnek maguknak a katonai és civil repülőgép-piacon. A katonai hadviselés változásának kimondatlan, de tetten érhető eleme a beszerzési programokhoz kiírt követelményrendszer. A hazai program beindulásával megnőhet az esélye annak, hogy hazánk is önálló repülőgéppel vehetne részt a nemzetközi repülőipari fejlesztésekben.

II. FEJEZET. A KÖNNYŰ REPÜLŐGÉPEK ALKALMAZÁSÁHOZ KÖTŐDŐ KATONAI ÉS POLGÁRI IGÉNYEK

Az egyes beszerzési programokból nyomon követhetők a felhasználók igényei. Érdeemes olyan eljárásokat, gondolkozásmódokat keresni, ami alapján évtizedekre előre meghatározhatók a piaci igények. A hosszú távú tervek helyes prognózisával már eleve olyan koncepció alkotható, amely nagyobb eséllyel találkozik a későbbi pályázati követelményekkel. Más megfogalmazásban, ha az adott igényeknek megfelelő koncepciót sikerül felállítani, az igénytámasztó megoldást találhat benne, és elfogadhatja, mint a felmerült problémára adott válasz egy lehetséges alternatíváját.

II.1 Polgári és katonai célú repülések gazdaságossági vizsgálata

Megvizsgálva a korábban a Magyar Honvédségen belül üzemeltetett, rendszerből kivont **katonai szállító helikopterek** teljes élettartamára vonatkoztatott üzemidőt, láthatjuk, hogy alig érték el **átlagban az évi 150 órát**. [47.] Ez az adat jellegében átfordítható más katonai típusokra is, hiszen a felhasználási környezetük hasonló. Mindez azért is meglepő, mert a **polgári kiséges forgalomban** ugyanez az átlagos évi üzemidő **300-500 óra**¹³, annak ellenére, hogy az időjárási körülmények az év egy részét repülésre alkalmatlanná teszik számukra. Tovább rontja ezt az arányt, hogy az éjszakai repült órák száma jóval kevesebb a civil kiséges forgalomban. A LAAR program követelményrendszerében 450 óra éves repülési időt vártak el.¹⁴ [45.] Összehasonlításként, a **civil, közforgalmú légi közlekedés** esetében a Malévnál már a nyolcvanas évek végén, **éves szinten 2000 óra felett** volt a teljesített, repülési órák száma.¹⁵ Más, hosszabb útvonalakat repülő, szintén nyereség centrikus légitársaságoknál ez a szám még ennél is magasabb, elérheti az évi 3000-3500 órát is. Az elemzés szempontjából azonban most elsősorban nem a számszerűség, hanem a jelleg a fontos. Egyértelműen látszik, hogy a profitorientált vállalatok alapvető érdeke a nyereség maximalizálása, így a repülési óra költségek csökkentése. A repülőgép **repülési óra** költsége egy **állandó** költségrészből –

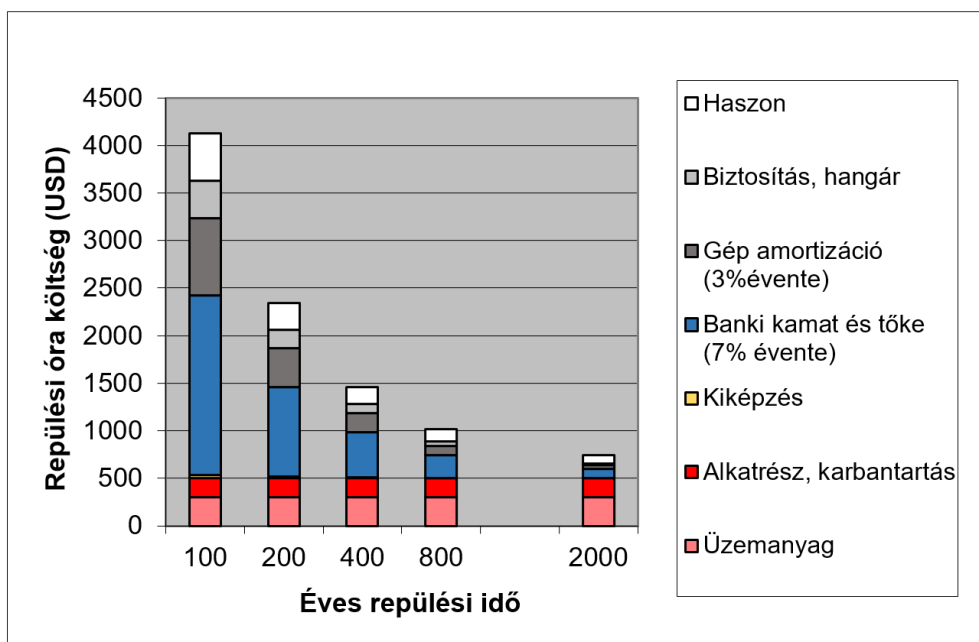
¹³ Baller Barna Pannon Air Service gazdasági igazgatójának szóbeli közlése alapján (Tököl, 2011.05.20.)

¹⁴ LAAR program követelményrendszere

¹⁵ Dr. Hennel Sándor szóbeli közlése alapján. (Budapest, 2011.09. - 2012.04.)

üzemanyag, alkatrész, karbantartás – és egy **változó költségrészből áll** (ilyenek lehetnek: a repülőgép vételára, annak kamatterhe, a hangárbérlet, az alkalmazottak bére és az amortizáció repült időre kimutatva). Fontos kiemelni, hogy mindez repült órára vizsgálva értendő, ahol az üzemanyag-fogyasztás nem változik (csak kis mértékben), míg a hangárbérlet díját az éves repülési óraszám alapján kell visszaosztani egy repült órára (ezért lesz a változó érték). **A repülési-óráköltséget nyilvánvalóan úgy lehet minél alacsonyabban tartani, ha – amint az a 11. ábrán is látható – a lehető legmagasabb éves repülési időt hozzák ki az adott repülőgépből.** A repülési óra költségének állandó része nem változik, hiszen az üzemanyag fogyasztása azonos marad, de a változó költségek jelentősen csökkennek.

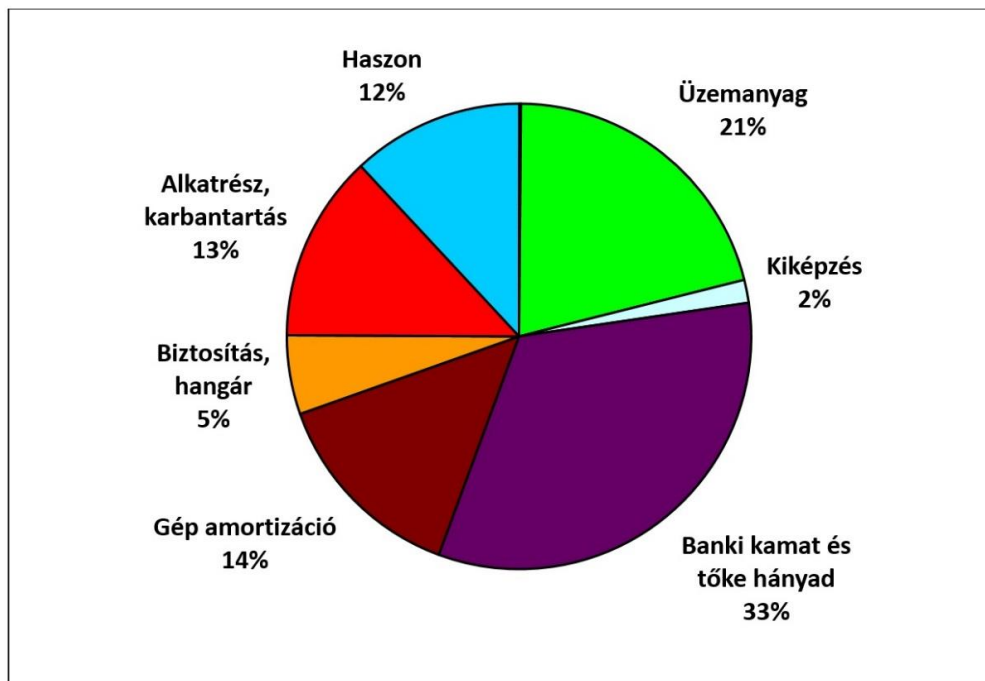
A TBN-850 típusú repülőgép 6 személy szállítására alkalmas, 3300 kg maximális felszálló tömegű repülőgép. A kategóriának való megfelelése, modern tervezési és üzemeltetési konstrukciója és az elérhető gyári adatai az elemzéshez mind-mind alkalmassá teszik. Az ábrán összevetést végeztem, hogy az éves repülési óraszám függvényében hogyan változnak a repülési óra költségek. Az állandó költségeket pirossal és rózsaszínnel, míg az erre rakódó változó költségeket fehérrel, kézzel és szürkével jelöltem.



11. ábra. A repült óra költségeinek alakulása az éves repülési idő változásával a TBM-850-es repülőgép esetében¹⁶

¹⁶ Készítette: Hennel Sándor őrnagy a TBM-850 gyári adatai alapján [48.]

A 11. ábrából láthatjuk továbbá, hogy az éves repülési idő növekedésével a költségek exponenciálisan csökkennek, és konvergálnak az üzemanyag-karbantartás fix költségéhez. Az alacsony óraszámnál a vételárból adódó költség jóval magasabb részt képvisel, mint az üzemanyag-költség. Ez alapján az a következtetés vonható le, hogy a keveset használt eszközöket érdemes olcsóbban beszerezni, vagy magasabb éves repülési idővel üzemeltetni. Egyébiránt itt egy ésszerű optimumra is találunk, hiszen extra magas költségek mellett, illetve gyorsabb, soron kívüli szerviz, valamint minden területen 24 órás munkarend alkalmazásával stb. a repülési idő ugyan még tovább növelhető, azonban ez már további stratégiai megfontolást igényel, és egyéb szempontokat is felvet. A ráfordított többletköltség ugyanis ilyen esetben magasabb lehet akár a gép vételára kamat terheinek ráeső részénél is, ezért a feladathoz kötött optimális egyensúlyt kell megtalálni. A másik tényező a magasabb kockázati szint, – amely háborús és békeidőszakban is egyaránt megjelenik. Ilyen esetben a vételárból adódó költség drasztikusan megemelkedik egy technikai eszköz korai, nem várt rendszerből való kiesése esetén. **A magas éves repülési óraszám tehát fajlagosan alacsony repülési-óráköltséget, s ezen keresztül jó hatékonyságot jelent a polgári repülésben.**



12. ábra. A Socata TBM-850-es típusú repülőgép repült óra költségeinek százalékos megoszlása 400 óra éves repülési időre vetítve [48.]¹⁷

¹⁷ Készítette: Hennel Sándor őrnagy a TBM-850 gyári adatai alapján [48.]

A honvédségen belül a fenti költségelemzés hasonlatos rendszer szerint történik, hiszen ugyanúgy megjelenik az üzemanyag, alkatrész, bér és a vételárra eső hányad a repülési óra-költségben is. **A jelentős különbséget mégis abban találjuk, hogy az alaprendeltetésből adódóan a katonai repülőgépeknek készenlétben kell állniuk**, rendszerben kell tartani adott számú technikai eszközt. Folyamatosan garantálni kell tehát a légijárművek különböző feladatokra való bevetetőségét: ez egyrészt az azonnali felszállást, másrészt hosszabb időtávban a technikai elérhetőséget – munkák elvégzése után – a későbbi bevetetőséget jelenti. Emiatt tehát a honvédségnél a repülőgépekkel **elsődlegesen nem az optimális napi repülési időt akarják elérni, hanem a minél hosszabb idejű rendszerben tartás a fő cél.**

Megemlítendő ugyanakkor, hogy a katonai repülésre jellemző speciális működési rend még számos kihasználatlan lehetőséget tartogat. A készenlétben állás és a tágabb értelemben vett nemzeti felkészülés egy katasztrófahelyzetre, szövetségi feladataink ellátására vagy akár egy saját területen megvívott háborús konfliktusra, mind-mind az **önkéntes tartalékos haderő koncepciójának létjogosultságát** bizonyítja. A szervezeti alapfelépítésből adódóan a készenlétben tartás költségei jelentősen alacsonyabbak a hivatásos, szerződéses állomány fenntartási költségeihez képest. A civil, hétköznapi életben az adott szakma gyakorlása, kevesebb aktív katonai szolgálat, a gyakorlatok mellett megfelelő kiképzettségi szintet ad. Mindez különösen jól hasznosítható a repülés területén. Az Amerikai Egyesült Államokban nagy múltra visszatekintő Nemzeti Gárda és a svájci tartalékos rendszer is jó példa arra, hogy a honvédségi feladatok – köztük a tartalékos pilóták és repülőműszakiak alkalmazása – jól megférnek a civil életbe ágyazva.

Érdemes megvizsgálni azt is, hogy hogyan valósulhat meg a személyi állomány mellett – azonos megfontolások szerint – a gazdaságban használható **technikai eszközök hasznosítása a polgári életben**, illetve **a polgári eszközök tervezett hadi felhasználása**. A logikai láncnak megfelelően érdemes megvizsgálni annak a lehetőségét is, hogy hogyan lehet vegyes, azaz **polgári-katonai felhasználásra a legmegfelelőbb eszközöket kifejleszteni**. Kitűnő példa lehet **a svájci haderő katonai teherautók beszerzésével és üzemben tartásával kapcsolatos gyakorlata**, amely jelenleg is vegyes polgári-katonai alkalmazás keretében valósul meg. A gépjármű beszerzésére a vállalkozó és a hadsereg megosztott teherviselése mellett kerül sor, majd ezt követően a vállalkozó – egyúttal gépjárművezető szerepkörben alkalmazott tartalékos katona – üzemelteti főszabály szerint az adott gépjárművet a szükséges igénybevétel (pl. nyári gyakorlat, mozgósítás) időtartamára. Ekkor a teherautóval együtt bevonul a hadseregbe, és a szerződésben rögzített paraméterek szerinti meghatározott ideig katonai feladatokat hajt végre.

Ez a gazdasági konstrukció nemcsak a haderő rendszerben tartási költségeit csökkenti jelentős mértékben, de javítja a szállítmányozási vállalkozó civil életben való piacra lépésének feltételeit is.

Érdekes fordított eljárási példa a finn hadsereg logisztikai koncepciója. A hadsereg, a gazdaságosság javítása érdekében eszközöket ad bérbe polgári felhasználásra. Ebben az esetben a készenlétben tartás követelménye teljes egészében megvalósul, míg a gazdaságosság javul. Érdekes tényező, hogy az állam, mint az egyik leginkább tőkeerős gazdasági szereplő, képes a beszerzéseit, rendszerből kivonásait előre tervezni, és mint a profitorientált vállalkozások, a technikai eszközeit korán, gazdaságossági alapon cserélni. A hadsereg részére így nem csak a készenlétben tartás követelménye valósul meg, de az eszközök technikai és erkölcsi állapota is a legmagasabb szinten tartható.

Az Egyesült Államokban működő Civil Air Patrol nonprofit szervezet szoros együttműködésben tevékenykedik a légierővel. Fő feladatuk a parti őrség számára kutatás-mentési feladatokból, katasztrófa-elhárításból, futár feladatokból és az utánpótlás neveléséből áll. Repüléseiket az állampolgárok önkéntessége alapján, állami költségen, polgári légi járművek felhasználásával végzik. [49.]

A polgári-katonai célú vegyes felhasználás koncepciójára ugyanakkor számos magyar példát is találunk: mind a mai napig általánosan elmondható, hogy a nagyvállalatoknak meg van a különleges jogrend esetén a hadi átállási terve: eszerint például a Volán buszoknak csapatszállítási feladatokat terveztek. A készenlétben tartás pedig az úgynevezett „M zárolt” – mozgósítási zárolás – raktározott készletekkel valósult, valósul meg.

Természetesen minden ország a hadfelszereléseit saját maga akarja előállítani. A hazai hadi gyártásban is ismert a hidegtartalék-képzés, ahol a honvédségi tárca az ipar egyes elemeinek üzembentartási díjat fizet, olyan jelenleg nem működő gépsorok fenntartásáért, amelyek készenlétben állnak, és hadi átállás esetén azonnal el tudnak kezdeni hadfelszerelési cikket (például gázálcot, rohamsisakot) gyártani. Hideg tartalék átállítása meleg tartalékká pedig azt jelenti, hogy az adott eszköz készenlétben tartás mellett ténylegesen használatba is kerül.

Az önkéntes tartalékos rendszerben a kulcsgondolat a **rendelkezésre állás és a szükség szerinti alkalmazás**. A szükséges katonai rendelkezésre álláshoz a technikai feltételek fenntartása a légierőnél nagyon magas költséget emészt fel. A szükségesség ellenére, a repülőtechnika fenntartásával kapcsolatos költségek mérséklése, illetve még elfogadható

szinten tartása, komoly kihívást jelent a katonai- és katonapolitikai vezetés számára. Ezt a költségtakarékosságot hazánkban az elmúlt évtizedekben – és nem csak a rendszerváltást követő időkre gondolok – a rendelkezésre állás fenntartása mellett vagy részleges fenntartása mellett – a repülési idő csökkentésével oldották meg. A kockázatok és fenyegetések módosulásával a rendelkezésre állás igénye is csökkent, amely leginkább a légi járművek darabszám csökkentésében és teljes típusok, képességek kivonásában jelent meg. Kutatási célkitűzésem annak megállapítása, hogy a repülőtechnika polgári alkalmazás irányába leginkább „átjárható” kategóriájában – a könnyű repülőgépek esetében – **milyen műszaki- és szervezeti feltételek mellett valósítható meg egy olyan polgári-katonai kettős üzemeltetés, amely magas szinten tartja a pilóták és légi járművek éves repült óraszámát, ugyanakkor biztosítja a haderő számára a folyamatos, megfelelő mennyiségű rendelkezésre állást is. A célul kitűzött polgári-katonai kettős üzemeltetéshez elsősorban egy polgári és katonai feladatokra egyaránt alkalmas, többfeladatú könnyű repülőgép kialakításának szükségét mutatja.**

A fentiekben leírtakhoz hasonlóan értékelik a repülőterek gazdaságosságát is. A repülőteret üzemeltető gazdasági vállalkozásoknál a teljes felmerülő költséget plusz a tervezett hasznot elosztják a felszállások számával, és ez adja az alkalmazandó leszállási illeték mértékét. Ezzel az értékkel tudnak a jövőre tervezni. A katonai repülésben ez az arány a relatív alacsony felszállásszám és a plusz feladatok költsége miatt lényegesen rosszabb. Szintén a rendelkezésre állás, a készenlétben tartás kérdésköre kerül elő. Európában egyre nagyobb teret nyer a katonai-civil együttműködés, közös felhasználású repülőterek üzemeltetésének formájában. A katonai repülőterek megnyitása a polgári repülésben résztvevő gazdasági szereplők előtt, nemcsak a katonai kiadások csökkenéséhez vezet, de fellendülést eredményez a polgári vállalkozásoknál, és ezáltal a gazdaságban is. A költségek megosztása ugyanis mindkét fél érdekét szolgálja; a civil szektor költségcsökkenése pedig a versenyképesség javulásával is jár, amely az állam által is támogatott.

II.2 Katonai alkalmazású könnyűrepülőgép típusok vizsgálata többparaméteres vizsgálati módszerrel

Rövid és középtávon, nemzetközi léptékekben több új repülőgép típus megjelenése, állami beszerzése várható a világ számos országában. Az új termékek fejlesztése, kiválasztása, illetve

az új követelményrendszer definiálása ugyanakkor különösen érzékeny, összetett feladat. A felmerülő kérdéseket csak akkor lehet megnyugtató módon megválaszolni, ha a meglévő és leendő repülőgéptípusok objektív módon történő megmérését, elemzését elvégeztük. Magyarország védelmi stratégiája és az ország gazdasági teherbíró képessége kis számú, de több célra is alkalmazható, sokoldalú és korszerű repülőgép, helikopter gyártását, beszerzését indokolja. A repülőgépgyártók és értékesítők reklám- és propaganda adatain semmiképpen sem alapulhat a kiválasztás, ez könnyen belátható. Magyarország haderejének olyan eszközökre van szüksége, amely az adott személyi, tárgyi feltételek mellett, és adott üzemeltetési körülmények között képes hatékonyan működni. A Turcsányi – Kende – Gyarmati szerzőhármas a „Haditechnikai eszközök összehasonlításának korszerű módszerei és ezek alkalmazása” című művükben így fogalmaznak: „A döntésemélet célja, hogy a döntési helyzetnek megfelelő kritériumokat nyújtson a döntéshozó számára. ... A döntés olyan választás, amikor a döntést meghozó személy a birtokában lévő információkra támaszkodva meghatározza a cselekvés számára legkedvezőbb formáját.” A döntési problémában az alábbi elemeket azonosíthatjuk: alternatíva, döntéshozó, tényállapot, következmény, döntési kritérium.” [50.]

Magyarországon a beszerzésre kerülő katonai eszközök kiválasztásánál a döntéshozó és a döntés előkészítő személye többnyire elkülönül egymástól; a döntéshozó valamilyen vezetői szint, míg a döntés előkészítő általában egy szakértő, vagy szakértők összessége (továbbiakban szakértő). A döntéshozó számára a szakértők olyan összefoglaló anyagot készítenek elő, amely a szakmai részleteket nem tartalmazza, csupán az ezek alapján levont következtetéseket, javaslatokat. A szakértők különböző főszerpontok szerint értékelnek, illetve a lehetséges alternatívák közül rangsorolnak. Főszerpontok lehetnek például gazdasági, műszaki, környezetvédelmi szempontok, amelyeket lehetőség szerint numerikusan kezelhetővé tesznek, de a döntéshozó választása nemcsak a szakmai szempontokon alapul, rendszerint egyéb szempontokat is figyelembe vehet (politikai, társadalmi, időzítési szempontok stb.).

A többszerpontos döntésemélet több különböző eljárást ismer, amelyeket különböző döntési helyzetekre fejlesztettek ki. Az első feladat a megfelelő eljárás kiválasztása, majd az eljárás végén, az alternatíva kiválasztása után az újra értékelés, amikor az eredmény ismeretében újra kell értékelni az eljárás helyességét.

A következőkben megvizsgálom a **komplex rendszerek összehasonlításának elméleti alapjait**. Definíció szerint „komplex rendszernek tekintünk minden rendszert, amelyet egyidejűleg több tulajdonság alapján minősítünk”. [51.]

Szerpontoknak a haditechnikai eszközök minősítésére szolgáló jellemzőket nevezzük. Az egyes szempontok fontosságát jelző számokat súlyszámoknak hívjuk. Az eszközt jellemző

különböző szempontok, és a melléjük rendelt súlyszám alapvetően meghatározzák a szakértői ítéletet, ezért ezt a kettőst a továbbiakban definiált értékrendnek nevezzük. [50.]

Haditechnikai eszközök összehasonlításakor alapvetően objektumokat hasonlítunk össze meghatározott tulajdonságok szerint. A meghatározott összehasonlítási cél szempontjából a jobbat nevezzük a preferáltabbnak, vagyis a döntéshozói (szakértői) környezetben az előnyösebbnek. A preferencia tehát az egyes objektumok meghatározott környezetben történő egymáshoz viszonyított helyzetét mutatja meg. A többparaméteres rendszerek vizsgálatára számos eljárás ismert. Ezek az eljárások önmagukban is használhatók az adott speciális, előre meghatározott feladatokra optimalizálva. Az eljárások egy része az „**európai iskolához**”, míg a másik része az „**amerikai iskolához**” tartozik. Az amerikai iskola alapvető különbsége az európaival szemben, hogy az alternatívák tulajdonságait közvetlenül homogenizálja hasznossági függvényeivel, míg az európai iskola az alternatívapárok tulajdonságainak különbségét használja ugyanerre. Az európai iskola az alternatívák előnyeit és a hátrányait elemzi, az amerikai pedig az egyes alternatívákat próbálja mérni és a mérés eredményei alapján összehasonlítani.

A legegyszerűbb módszer a vizsgált szempontok szerinti értékelés. A szempontok fontosságának meghatározására súlyozást, súlyszámokat használhatunk. A súlyszámok helyes megválasztására használhatjuk a közvetlen becslés módszerét, illetve a következő eljárásokat.

A Churchman – Ackoff módszer

Az eljárás a legjobban preferált szempont összehasonlítása a többi együttesével, illetve ez alapján a súlyszám meghatározása, hogy a preferált egyenlőség fennmaradjon.

A Guilford módszer

Az eljárás alapja a páros összehasonlítás. Lényeges szempont, hogy az eredmények intervallumszintű skálán helyezkednek el, tehát az egyes szempontpárok súlyszám különbségeinek az aránya is alkalmas az összehasonlításra, nemcsak egyszerűen sorrendbe rakja a szempontokat. A szakértő a párokba rendezett szempontok közül megjelöli a fontosabbat. Az egyes szempontok közötti preferenciareláció tranzitív tulajdonsággal rendelkezik.

A következő eljárások már nemcsak a szempontok fontosságát határozzák meg, hanem a többparaméteres rendszerek teljes értékelésére adnak megoldási lehetőséget.

A Harris és Marting módszer

A különböző alternatívák összemérésének a célja nem feltétlenül a preferencia sorrendjének pontos megállapítása. Elképzelhető olyan döntéselőkészítési vagy döntési helyzet, amikor az alternatívák egymáshoz viszonyított helyzetéről csak közelítő jellegű információt akarunk szerezni, de úgy, hogy a rendelkezésre álló adatok a legszemléletesebb formájukban legyenek ábrázolva. Ebben az esetben olyan eljárásra lesz szükség, amely viszonylag kis számú és kevésbé pontos adat segítségével olyan összemérést tesz lehetővé, amely segítségével vizuális információt kaphatunk az összemérendő alternatívákról. Az eljárások lényegében csak az összehasonlítás eredményének a megjelenítési formájában különböznek. A módszer alap gondolata az, hogy az alternatívákat az őket jellemző szempontok mindegyikén egy négy fokozatú verbális skálán kell lemérni. Az eljárás legnagyobb előnye az egyszerűség; nem igényel matematikai és számítástechnikai apparátust, viszont hátránya, hogy nem ad egyértelmű preferencia sorrendet.

A Kesselring módszer

Alapvetően termékek összehasonlításához készített eljárás, amelynek az volt az alap gondolata, hogy a műszaki eszközöket jellemző tulajdonságok többsége intervallum- vagy arányskálán mérhető. Az eljárás az alternatívákat minden egyes szempont szerint egy ötfokozatú verbális skálán helyezi el, ahol a legmagasabb fokozat egy ideális berendezés adott tulajdonságát jellemzi (p_{ij}). A szempontokhoz 2-10 közötti, fontosságukat jellemző súlyszámot rendel (ω_j). Az egyes rendszerek összesített pontszámának számítása táblázatos formában történik, ahol alternatívákat (A_1, \dots, A_n) vizsgálunk értékelési szempontok (C_1, \dots, C_n) szerint. A módszer lényeges eleme, hogy az elért pontszámoknak önmagukban is van jelentésük:

$0,8 < P < 1,0$	Nagyon jó
$0,6 < P < 0,8$	Jó
$P < 0,6$	Nem kielégítő

A módszer előnyös tulajdonsága az egyszerűsége és ebből adódóan az eredmények könnyen megérthető magyarázata. Az eljárás már alkalmas preferencia-sorrend felállítására, a legjobb alternatíva kiválasztására, és megállapítható az egyes szempontok fontossága is. Hátránya, hogy az alkalmazásához intervallum- illetve arányskálán mért szempontokra van szükség.[50.]

	E1	E2	E3	E4	E5	$\sum_i P_i v_i$	P_j
T_1	$p_{1,1}$	$p_{2,1}$	$p_{3,1}$	$p_{4,1}$	$p_{5,1}$	$\sum_i P_{i,1} v_i$	$\frac{\sum_i P_{i,1} v_i}{\sum_i P_{i,j \max} v_i}$
T_2	$p_{1,2}$	$p_{2,2}$	$p_{3,2}$	$p_{4,2}$	$p_{5,2}$	$\sum_i P_{i,2} v_i$	$\frac{\sum_i P_{i,2} v_i}{\sum_i P_{i,j \max} v_i}$
T_3	$p_{1,3}$	$p_{2,3}$	$p_{3,3}$	$p_{4,3}$	$p_{5,3}$	$\sum_i P_{i,3} v_i$	$\frac{\sum_i P_{i,3} v_i}{\sum_i P_{i,j \max} v_i}$
v_i	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5		
$P_{i,j \max} v_i$	$P_{1,j \max} v_1$	$P_{2,j \max} v_2$	$P_{3,j \max} v_3$	$P_{4,j \max} v_4$	$P_{5,j \max} v_5$	$\sum_i P_{i,j \max} v_i$	

2. táblázat. A Kesselring módszer alternatíva – szempont kitöltési táblázata [51.]

ahol: v_i az i-edik értékelési tényező súlysza (súlyozó tényező); $p_{i,j}$ a j-edik rendszer i-edik értékelési tényező szerinti pontértéke; P_j a j-edik rendszer végső pontértéke.

Az eljárás az összehasonlítandó rendszereket értékelési tényező szerint általában egy ötfokozatú verbális skálán helyezi el, ahol a legelső, legkedvezőtlenebb fokozat 1, a következő 2 pontot jelent stb. Az értékelési tényezőkhöz 2-10 közötti, fontosságukat jellemző súlyszaikat rendelünk. Az egyes rendszerek összpontszámának számítása az 2. táblázat szerint történik, ahol három rendszert $T_1 \dots T_3$ vizsgálunk, öt értékelési szempont $E_1 \dots E_5$ szerint. Mivel a verbális skálán történő értékeléskor egy ideális rendszerrel hasonlítjuk össze a mért rendszert, ezért az elért pontszámoknak önmagukban is van jelentésük. [50.]

A KIPA módszer

A Budapesti Műszaki Egyetemen, Kindler és Papp kutatása alapján készült az európai iskolának megfelelő eljárás. Az eljárás lényege, hogy a változatokat összehasonlítja páronként, körmérközéses rendszerben. A bázisváltozat sorban egymás után összehasonlításra kerül a többivel (i) a vele összehasonlított változat: (j). A közöttük fennálló relációk pedig: $i > j$, $i < j$, $i = j$, i nem= j .

A változatok közötti preferencia-sorrendet az egyes értékelési tényezők szerint meghatározhatjuk, majd elkészítjük a szintetizált információkat tartalmazó mátrixot is. (Páros

összehasonlításról van szó). A mátrix sorai T_i rendszerek, oszlopai T_j rendszerek, i nem egyenlő j -vel. A mátrix minden mezőjében – a főátló kivételével – két elemet tüntetünk fel. Bal felső sarok: preferencia-mutató, más néven előnymutató (C_{ij}), megmutatja, hogy a T_i rendszer az értékelési tényezők hány %-ában preferált vagy indifferens a T_j rendszerhez viszonyítva. Kiszámításuk kétféleképpen történik. Jobb alsó sarok: diszkvalifikancia-mutató: hátránymutató $dq\%$, Kiszámításánál csak a legnagyobb hátrányt vesszük figyelembe, ahhoz viszonyítjuk a tényleges intenzitást (hátrányt).

Ha minden döntési alternatívát az összes többivel összehasonlítottunk, meg kell adni az előnyök megkívánt mértékére ($q < 100$) és a még elfogadható maximális hátrányokra ($50 < p < 100$) vonatkozó kritikus értékeket.

Annál biztosabb a j változat fölénye egy másik, i változattal szemben, minél magasabb a preferencia, és minél alacsonyabb a diszkvalifikancia mutató értéke. [50.]

A PROMOTHEE módszer

A Promothee módszer az európai iskola jelenleg legkiforrottabb módozata, az eljárás módszertana alapján fejlesztették ki a PROMCALC & GAIA döntéstámogató szoftverrendszert. A KIPA módszerhez hasonlóan előny-, illetve hátránymutatókat határoz meg minden A_i A_j alternatívára, és a döntési kritériumot ezen mutatók szerint adja meg. Az eljárás az alternatíva párokat szempontonként hasonlítja össze egymással. Az összehasonlításhoz hat általános $P(A_i, A_j)$ szempontfüggvényt használ, amelyekre igaz:

$$P: A \times A \rightarrow [0, 1],$$

ahol, A az alternatívák halmazát jelenti. A szempontonkénti preferenciákat összegezve megkaphatók az alternatívapárok aggregált preferenciái.

Az általános szempontfüggvények sajátosságai szerint $P(A_i, A_j)$ csak A_i alternatíva, A_j alternatívával szembeni előnyét mutatja, és nem szolgáltat információt A_j , A_i -hez viszonyított hátrányáról. A $P(A_i, A_j)$ elemekből képzett mátrix tehát nem szimmetrikus, ezért szükséges valamennyi alternatívapárra kiszámolni az aggregált preferenciamutatót.

AHP (Analytic Hierarchy Process) eljárás

Az AHP eljárás az amerikai iskola legkidolgozottabb képviselője, módszertana alapján dolgozták ki az Expert Choice döntéstámogató szoftverrendszert. Az amerikai iskola az alternatívák alapvető tulajdonságait közvetlenül homogenizálja, az egyes alternatívákat próbálja mérni, és eredményei alapján összehasonlítja, míg az európai az alternatívapárok

tulajdonságainak különbségét használja. Az AHP az alternatívák arányskálaszintű mérésére alkalmas. [50.],[52.]

Az elkészített eljárásokat összehasonlító táblázat segítségével könnyebben választhat a döntéshozó, a szakértő a tényállapotnak és a döntési kritériumoknak megfelelő eljárást, eljárásokat. (3. táblázat)

Módszer neve	Előnye	Hátránya
Churchman – Ackoff	<ul style="list-style-type: none"> - Egyszerű. - Nem igényel számítástechnikai apparátust. - Súlyszámot alsó felső közelítéssel vizsgál. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nem ismer szakértői következtességet. - Az eredmény pontossága nem ismert. - Legfeljebb 7 szempontot lehet súlyozni.
Guilford	<ul style="list-style-type: none"> - Az eredmény intervallum szintű skálán helyezkedik el. - Szempontpárok összehasonlítására épül. - Űrlap kitöltéssel történik. - A döntéshozói következetesség vizsgálható. - Több szakértő egyidejű vélemény meghatározása. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sok szempont esetén nehéz a táblázat kitöltése, áttekintése. - Pontossága rosszabb.
Harris és Marting	<ul style="list-style-type: none"> - Az alternatívákat képszerűen, áttekinthetően jeleníti meg. - Egyszerű. - Nem igényel számítástechnikai háttérrel. 	<ul style="list-style-type: none"> - Az adatok csak becültek. - Nincsen a szempontok eltérő fontosságának figyelembevétele. - A megjelenési forma korlátozza az alternatívák számát. - Végeredmény explicit nem jelenik meg, döntés nem egyértelmű.
Kesselring	<ul style="list-style-type: none"> - A szempontonkénti pontszámoknak is van külön értelme. - Preferencia-sorrend felállítására alkalmas. - Egyes szempontok fontossága figyelembe vehető. 	<ul style="list-style-type: none"> - A skála-transzformáció információvesztéssel járhat. - Szubjektív szakértői véleményből áll. - Az ideális szint nehezen meghatározható. - Egy új vizsgált alternatíva megváltoztatja a meglévő eredményeket. - Csak alternatíva-rangsort készít, köztük nincs arányképzés.
KIPA	<ul style="list-style-type: none"> - Aránylag egyszerű matematikai apparátust igényel. Egyszerűen számolható. - Hazai körülmények között elterjedt, jól működő. 	<ul style="list-style-type: none"> - Végeredményként csak preferenciasorrendet ad.
PROMOTHEE	<ul style="list-style-type: none"> - Az európai iskola legkifinomultabb módszere. - Vizuálisan jól értelmezhető részek. - A PROMCALC & GAIA szoftver alapja. 	<ul style="list-style-type: none"> - Relatív bonyolult eljárás. - Matematikai és számítógépes háttérrel igényel.
AHP	<ul style="list-style-type: none"> - Az amerikai iskola legkifinomultabb módszere. 	<ul style="list-style-type: none"> - Relatív bonyolult eljárás. - Sok szempontot nehezen kezel, hiszen páronként hasonlít össze (maximum 9 szempont).

	<ul style="list-style-type: none"> - A csak szubjektíven becsülhető tulajdonságok értékeinek meghatározására is alkalmas. - A részeredmények önmagukban értelmesek lehetnek. - A súlyszámok érzékenységének vizsgálatára alkalmas. - Az EXPERT CHOICE szoftver alapja. 	
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

3. táblázat. Többparaméteres vizsgálati módszerek előnyei, hátrányai¹⁸

A fenti módszerek bemutatásából, illetve összehasonlító táblázatából láthatjuk, hogy a többparaméteres rendszerek vizsgálatára több különböző, teljes értékű eljárás létezik. Az egyes változatok az egyszerűbbtől a pontosabbig, a különböző feladatok sajátosságainak megfelelően alkalmazhatóak. A komplex rendszerek számos helyi sajátosságot hordoznak, amely a többparaméteres rendszerek értékelését megnehezítik, specializálják.

A könnyű többcélú repülőgépek vizsgálatára a LAAR program kiváló lehetőséget biztosít. A pályázatban résztvevő repülőgépek összehasonlító elemzése egyben lehetőséget enged egy jövőbeni, új tervezésű repülőgéppel szemben (fantázianeve: IDA) elvárt követelmények pontosabb meghatározására is. Az összehasonlításban helyet kapott a 2014-es, Dél-afrikai fejlesztésű Ahrlac típusú repülőgép, amely a legutolsó, legmodernebb légijármű a vizsgálatban.

A jelen összehasonlításom során a termékkiválasztásban elfogadott Kesselring módszert módosítással használtam fel. A számos többparaméteres vizsgálat közül a Kesselring módszert azért választottam, mert a vizsgált típusok között mindenképpen preferencia-, prioritási sorrendet akarok felállítani. Az egyes szempontokat külön is tudom értékelni, így az elvárt értékeket egyenként tudom értelmezni, műszaki megvalósíthatóságát meghatározni.

Az Egyesült Államok kormánya által kitűzött feltételrendszer teljesíthető, és ennek megfelelően több gyártó cég is benyújtotta a pályázatát. Az I.3. pontban tételesen felsorolt repülőgép típusok és a 1. függelékben lévő összehasonlító táblázat részletekben tárgyalja, és bemutatja főbb technikai jellemzőiket.

A fenti repülőgépek objektív összehasonlítása, komplexitása miatt egy táblázatos módozatot használtam az adatok áttekinthetősége, értékelése, illetve a Kesselring módszerhez történő előkészítés céljából. [50.]

¹⁸ Készítette: Hennel Sándor őrnagy a [53.] alapján

	Hawker Beechcraft	Ahrlac	Super Tucano	Bronco	Air Tractor	IDA			
	AT-6B		EMB-314	OV-10D	AT-802U		ideális	Súlyszám	ideális
Maximális	9,9	8,5	10,0	7,8	6,7	7,1	$P_{imax\omega_1}$	ω_1	P_{imax}
Sebesség (km/h)	585	504	590	463	394	420	80	8	590
	2,3	6,7	6,2	9,6	10,0	2,8			
Hasznos terhelés (kg)	2950-2135=815	4400-2000=2400	5400-3200=2200	6552-3127=3425	7257-3700=3557	2250-1250=1000	60	6	3557
	815	2400	2200	3425	3557	1000			
Hatótáv (km)	1667	2030	2855	2224	2414	2600	60	6	2855
	3,1	5,3	3,1	2,4	3,1	10,0			
Teljesítmény (LE)	1600	950	1600	2080	1600	500	80	8	500
							280		
Súlyozatlan Σ	21,2	27,7	29,3	27,7	28,3	29,0			
$\Sigma P_i \omega_i$	153,10	193,59	202,11	186,52	189,16	208,46			
P_i	0,55	0,69	0,72	0,67	0,68	0,74	1		

4. táblázat. Többcélú könnyű repülőgépek Kesselring módszerrel összehasonlító táblázata¹⁹

A Kesselring összehasonlító módszer lehetővé teszi az értékelési probléma egzakt matematikai megközelítését. A 4. táblázat a fentiekben bemutatott repülőgépek sebesség, hasznos terhelés, hatótávolság, és teljesítmény adatait tartalmazza. Mindazonáltal, mivel az egyes paraméterek mértékegysége eltérő, azokat azonosan értelmezhető formára kell hozni, hogy összehasonlíthatóvá váljanak. A Kesselring eljárás az értékelést úgy valósítja meg, hogy minden egyes termékparaméterre megad egy ideális értéket. Ez esetünkben a paraméter szempontjából a legjobb vizsgált termék értéke. Ezek az ideális értékek kapják a legjobb pontértéket, az összes többi pedig arányosan kevesebbet. [50.]

Célszerű ugyanakkor visszavezetni az elemzést a haditechnikai eszköz harcászati technikai adatainak fogalmára. A légi járművek, mint katonai eszközök a gyorsaságukkal, alacsony reakcióidejükkel tudtak kiemelkedni és jelentős fejlődést mutatni. Így a „sebesség”, mint értékelési szempont mindenképpen szükséges. A „sebesség” további szétbontásától azonban, mint átesési, optimális, gazdaságos sebesség, stb. eltekintettem, egységesen a maximális repülési sebességet használtam. A **hasznos terhelhetőséget** a maximális felszálló tömeg és az üres tömeg különbségével határoztam meg. Ezen a tömegen belül a személyzet, az egyes felhasználási változatoknak megfelelően különböző függesztmények, deszantolható katonák, lőszer, illetve a tüzelőanyag is szerepel. Ez megadja a repülőgép fegyverzeti terhelhetőségét, amely által műveleti feladatait el tudja látni, eredményeket tud elérni. A **hatótávolság, hatósugár** az alkalmazási rugalmasságot mutatja, megadja azt a távolságot, ameddig műveletek végrehajtására képes. A **hajtómű-teljesítmény** megfelelősége a felhasználói igény szempontjából a táblázatban a maximális sebességben jelenik meg. A nagy sebesség elérésének egyik módja a nagy hajtómű-teljesítmény, amely hátránya a csökkenő

¹⁹ Készítette: Hennel Sándor őrnagy a 1. függelék alapján

hasznos terhelhetőség és a megnövekedett fogyasztás, amely ismét a terhelhetőséget csökkenti. A hajtómű teljesítményt az üzemanyag-fogyasztáson keresztül, a sebesség – hatótávolság – terhelhetőség hármásának fontos elemeként, fordított arányossággal vettem figyelembe.

A légi járművek adatait dimenzió nélküli 0-tól 10-ig tartó skálára vetítettem át. Így a legjobb – a Kesselring módszernek megfelelően ideális – érték 10-est, míg az összes többi, a paraméterek szerinti arányosan kevesebbet kapott. Ezek a pontértékek önmagukban is értelmezhetőek, és rész-összehasonlításra szintén megfelelőek. Az egyes szempontok fontosságát, ugyancsak egy 0-tól 10-ig terjedő skálán, szakértői véleményem alapján határoztam meg. Az egyes alternatívák pontszáma a különböző szempontok szerint kapott pontértékek súlyszámmal korrigált értékének összessége. Az egyes termékek sorrendbe állítása egy 0 és 1 közötti numerikus skála segítségével történik, ami az adott termék elért összpontszáma, és az ideális termék pontszámának hányadosa. [51.],[52.]

A táblázat azt mutatja, hogy a vizsgált repülőgépek közül a legjobb helyre a Super Tucano (EMB-314) került 0,72 értékkel, öt követi az Ahrlac, majd az Air Tractor (AT-802U), a Bronco, és végül a Hawker Beechcraft (AT-6B). Az eljárásba felvett, még nem létező IDA project könnyű többcélú repülőgép adatait úgy módosítottam, hogy az reálisan megvalósítható legyen, és az összesítésben a legjobb helyre kerüljön. Természetesen ezen eljárás számos jó eredményt adhat, esetünkben az eljárás kidolgozása és a tervezéshez, a gazdasági számításokhoz szükséges kiinduló adatok létrehozása volt a cél.

Vizsgált esetünkben (IDA) a repülőgép maximális felszálló tömege a 2500 kg-ot nem haladja meg, míg üres tömege 1500 kg kell, hogy legyen. Utazósebessége utazó magasságon el kell, hogy érje a 420 km/órát. A 370 kW-os (500 LE-s) erőforrás jó hatásfoka és alacsony fogyasztása miatt 2600 km hatótávolságot biztosít.

A Kesselring módszer alkalmazása tehát nem az alternatívák összehasonlító mérését célozza, hanem ezen keresztül egy új termék műszaki paramétereinek célszerű meghatározását szolgálja.

II.3 Hazai katonai felhasználói igények

A hazai igények megfogalmazásánál jelentős kihívásokkal nézünk szembe, hiszen olyan követelményrendszer kidolgozását végezzük el, ami nélkülözi az állami és kidolgozott szakmai háttérrel. A koncepció készítésnek sajátossága, hogy idáig bedolgozott stratégiai alapjai, doktrinális megjelenése nincsen, hiszen épp fordítva, ezeket a koncepciókat dolgozzák be a doktrínákba. A felhasználói igények a tudományos alaposságot felhasználva, de mégis inkább a felmerült igényekre épülő víziót jelentik.

A polgári alkalmazású könnyű repülőgépek felfegyverzése, illetve katonai feladatrendszerre való alkalmassá tétele – számos gyakorlati példával alátámaszthatóan – megoldható feladat. Ugyanakkor egyértelműen tudatosítani kell azt is, hogy **katonai repülőgép-alkalmazás esetén a polgáritól jelentősen eltérő műszaki követelmények adódnak. Ezen műszaki megoldások utólagos kialakítása nem, vagy csak jelentős veszteségek árán lehetséges.** Az állami légi járművek, közülük is a **katonai felhasználású légi járművek** különleges üzemeltetési környezetet kívánnak. Alaprendeltetésükből adódóan elsősorban háborús, illetve fegyveres konfliktusokkal kapcsolatos műveletekre készülnek. Ez a fajta felkészülés és alkalmazás, valamint a feladatcentrikus gondolkodás és a saját védelmük fontossága a polgári repüléshez képest speciális technikai eszközöket és speciális eljárásokat kívánnak; például éjjellátó berendezést használnak földközeli magasságon repülve, vagy éppen különlegesen meredek süllyedési profilt használnak a leszálláshoz. Ezek az eljárások a feladat végrehajtáshoz és a túléléshez szükséges biztonsági szintet növelik a repülésbiztonság rovására. **A polgári és a katonai repülési feladatkör tehát számos helyen eltér.** Ennek következtében a katonai feladatokhoz már önmagában is speciális repülőeszköz szükséges.

Alapvetően két részre bonthatjuk a honvédségnél alkalmazandó légi járművekkel szemben felmerült igényeket. Részint újonnan felmerülő igényekről van szó, amelyek a hadtudomány és a technika fejlődésével most kerültek felszínre, részint már régebben is létezett elvárásokról, amelyek háttérbe szorultak, de fontosságuk most újraértékelődött. A Magyar Honvédség részéről az eddig működő egyes részterületek kiterjesztése mellett, aktuálisan új elvárások is felmerültek. **Hadműveletek során és békeidőszakban egyaránt a repülőteret nem igénylő könnyű légi szállítási, művelettámogatási, megfigyelési, kiképzési, célrepülési, légi vezetési pontként való alkalmazási, könnyű csapásmérési, oltalmazási, deszantolási, légtér-ellenőrzési és a területvédelmi feladatok igénye erősödött.** [8.]

A vadászrepülőgépek által a légifölény kivívása, a légiuralom megszerzése ma már minden jelentős katonai alkalmazás alapja. Egyértelműen látjuk, hogy a légtér teljes ellenőrzése szükséges, de nem elégséges eredmény egy háború megnyeréséhez. A szárazföldi csapatok tevékenysége meghatározó, és a légtér biztosítása mellett más légi járművek és repülőeszközök támogatása is kívánatos. **A repülőtéren kívüli üzemelés a modernkori hadviselés egyik lehetséges alapja.** [54.] A hadműveleti területen, illetve a hátszágban elhelyezkedő repülőtér – magas értéksűrűsége miatt – elsődleges célpont, szerkezetéből adódóan pedig nehezen védhető objektum. Az 1967-es úgynevezett „hatnapos háború” óta a sebezhető repülőterekről való üzemelés kockázataival, veszélyeivel egyértelműen számolnunk kell. Másrészt **a nem reguláris erők elleni műveletekben a gyors légi támogatás, beavatkozás, kisebb egységek helikopteres vagy könnyű repülőgépes kijuttatása, felvétele, konvoj-kísérés, légi támogatás, az utánpótlás biztosítása nélkülözhetetlen.** [8.] Területileg ezek a konfliktusok bárhová eshetnek, erdős-hegyes területre, sivatagba, városba, szabad vízfelületen egy hajóra, vagy éppen szigetre is. Ezen feladatok ellátására elsődlegesen a helikopter lehet az alkalmas eszköz, bár alacsony repülési sebessége, valamint a magas fogyasztásból adódó alacsony hatótávolsága miatt felhasználása korlátozott, a VTOL – STOL képességű repülőgépek alkalmazásának nagyobb teret enged. További lehetőségek rejlenek a már kiépített autópályák **fel- és leszállópályaként történő felhasználásában.**

A könnyű repülőgépek több feladatra való alkalmazhatóságának profiljában fontos elem a **teher- és személyszállító képesség.** Egy már **megfelelő szállítókapacitással rendelkező, ugyanakkor közvetlen légi támogató és pilótaképzési feladatokhoz még kellőképpen kis méretű és mozgékony könnyű repülőgép** rendszeresítése a missziós tevékenység, vagy a kiképzés gazdaságosságának fokozása területén is új lehetőségeket nyithat. Egy 6-8 fő szállítására alkalmas repülőgép – a hatótávolsági korlátokat is figyelembe véve – jól alkalmazható egy európai békefenntartó misszió ellátása során (például a balkáni missziós területen). A Magyar Honvédségen belül a szállító képesség egyik speciális szegmense az ejtőernyős kiképzési ugrások végrehajtására való alkalmasság. A jelenlegi ejtőernyős kiképzés egyik jellegzetessége, hogy az ugrások többségét helikopterből hajtják végre, ami túlterheli a helikopterek üzemidejét és költségei magasak. Néhány, 6-8 fő szállítására képes, ejtőernyős ugrás szempontjából megfelelő ajtóval rendelkező könnyű repülőgép beszerzése és

honvédségen belüli üzemeltetése hatékonyan tehermentesíthetné az egyébként igen magas fajlagos repülési költséggel tevékenykedő helikoptereket.²⁰

A légi járművek katonai célzatú alkalmazása további elvárásokat fogalmaz meg a könnyű repülőgépek **hajtóművével** szemben is. Kézenfekvő, hogy a sérülésekkel szembeni ellenálló képesség – a harci túlélő képesség – meghatározó fontosságú. A gázturbinák nagy fordulatszám, pontosan kiegyensúlyozva dolgoznak, amelynél egy esetleges lövedék vagy repesz okozta sérülés a hajtómű szétrobbanásához vezethet. A dugattyús motoroknál a szétrobbanás elhanyagolható valószínűségű, és még a teljes üzemképtelenség is alacsony bekövetkezési valószínűséget mutat. A gázturbinák katonai alkalmazásánál ezt páncélozással vagy konstrukciós megoldásokkal oldják meg²¹, ahol a szerkezeti tömeg és a légellenállás romlik. A dugattyús motorok harci túlélőképessége esetében a felhasznált üzemanyag ismét csak meghatározó, hiszen egy találat esetén a benzinnek a robbanási hajlama jóval magasabb a kerozinénál vagy a gázolajénál. A könnyű repülőgép kategóriánál reálisan számba vehető meghajtási **megoldás lehet a tűz- és robbanás biztos kerozin üzemanyagot használó, páncélozást nem igénylő dugattyús dízelmotor**. Felhasználhatósága taktikai és gazdasági alapon megközelítve is indokolható. A gázturbinák alkalmazása ugyanakkor 500 kW teljesítmény alatt rosszabb hatásfokot ad a dugattyús motoroknál, így a fogyasztásuk – különösen részterheléseken – kedvezőtlenebb. [27.]

A dízelmotor infra technikával végzett felderíthetősége is kedvezően alacsony szintű, hiszen a kipufogógáz hőmérséklete és mennyisége jelentősen alulmúlja a gázturbinát és 30%-kal kisebb az Otto-motorénál. A polgári életben mára számos repülőgép megvásárolható dízelmotorral is, hatóságilag elfogadott típus alkalmassági bizonyítvánnyal rendelkeznek, és így kereskedelmi célú vagy katonai repülésre is alkalmasak. [55.]

²⁰ Nagy Lajos alezredes (MH ÖHP légierő haderőnemi osztály) tájékoztatása alapján. (Budapest, 2011.04.17.)

²¹ A törzsön kívülre elhelyezett hajtóművek robbanása, kigyulladás az okozott károk mértékét csökkentik, illetve a hajtómű duplikálásával, multiplikálásával a biztonság növelhető.



13. ábra. DA-42 könnyű repülőgépbe épített 1700 cm³ lökettérfogatú dízelmotor [56.]

Egy dízelmotoros könnyű repülőgép 20-25 literes óránkénti fogyasztása jóval kedvezőbb, mint a benzines vetélytársak 30-35 liter körüli fogyasztása. A kerozin-, dízelolaj-, repülőbenzin-árak jelentősen eltérnek egymástól. Kerozin üzem esetén a jelentős üzemanyag árkülönbség tovább növeli a gazdaságosságot²². A gázolaj ugyanakkor a nagy magasságban uralkodó alacsony környezeti hőmérséklet miatt csak korlátozottan alkalmazható repülőgépeken (+5°C alatt tisztán kerozin használandó).

Napjainkban egy korszerű repülőtéren a repülőbenzin vagy a gázolaj logisztikai biztosítása is jóval nehezebb feladat, mint a közúti közlekedésnél. Mindemellett, hogy a 100LL repülőbenzint hazánkban nem is gyártják, ezért folyamatosan behozatalra szorulunk.

A NATO egységes üzemanyag-koncepciója szerint a katonai felhasználásban a konyhai tűzhelyektől a teherautókon át a vadászrepülőgépig, célszerű minden energiafogyasztót egy energiahordozóra, a kerozinra átállítani. Ezen elvárás teljesítésével egyben egy NATO irányelvet is teljesíthetünk.²³ A későbbiekben az SFC koncepciót az V.4 pontban részletesen tárgyalom.

²² A 100LL-es repülőbenzin és a JET A-1 kerozin ára az európai tapasztalatok szerint 5 a 2-höz arányul.

²³ SFC: Single Fuel Conception – Egységes Üzemanyag Koncepció

A katonai alkalmazású könnyű repülőgéppel szemben támasztott, általánosság szintjén kitűzött felhasználói igények megfogalmazásának jó alapja lehet a LAAR illetve LIMA által meghatározott, és általam korábban ismertetett követelményrendszer.

A hazai felhasználás szempontjaiból a légijárművel szemben a következő igények, harcászati-műszaki követelmények azonosíthatók:

- A repülőgép legyen képes üzemelni **minden időjárásban** (IFR és VFR, műszer- és látva repülési szabályok alkalmazására egyaránt, rendelkezzen jégtelenítő berendezéssel);
- **minden napszakban** legyen képes üzemelni, éjjellátó berendezés és fénytechnika használatára egyaránt legyen képes;
- legyen képes előkészített **füves területről**, illetve **közutakról** üzemelni;
- rendelkezzen a személyzetén kívül, 6 fő befogadására alkalmas utas- vagy tehertérrel;
- hasznos terhelhetősége legyen legalább 800-1000 kg;
- repülési tulajdonságok vonatkozásában elvárt a 3000 m-en 330 km/h repülési sebesség, és a műrepülhetőség;
- rendelkezzen meredek süllyedési profilú leszállásra és STOL felszállásra való képességgel;
- a feladat végrehajtáshoz **legyen képes 5 + 0,5 órát a levegőben tölteni**;
- kabinja **kétkormányos, kétülétes** légkondicionált legyen, rendelkezzen fedélzeti oxigén-ellátással;
- műszerezettség legyen **MFD** (többfunkciós kijelző) és **HUD** (kivetített kijelző) navigációs berendezései az autonóm üzemelést biztosítsák;
- kormányservekekről vezérelhető kijelzői legyenek (**HOTAS**);
- adatkommunikációra legyen képes a köteléken belül és a földi egységekkel egyaránt;
- biztosítsa a feltételeket ejtőernyős ugrások végrehajtásához;
- **önvédelmi rendszerekkel** legyen felszerelve MAWS (Rakéta közeledtére figyelmeztető rendszer), illetve RWR (Besugárzásjelző, radar-befogás jelző);
- rendelkezzen kis magasságból és kis sebesség mellett működő **katapultüléssel**;
- külső függesztmények biztosítsák 2×220 kg bombaterhelés, nem irányított rakéták, lézer irányítású fegyverek alkalmazását, valamint 12,7 mm-es géppuskakonténer függesztését, tehertér-ajtóból 7,62 mm-es géppuskás ajtólövész elhelyezését;
- külső függesztési pontjai biztosítsák a konténer rendszerű feladatváltást, a könnyű csapásmérés lehetőségét, a felderítést, és a célmegjelölést;

- **üzemanyaga legyen kerozin** (gázturbinás vagy dízelmotoros);
- a repülőgép és hajtóműve legyen **műrepülhető**;
- előnyt jelent a **kiáramló gázhűtő**-rendszer alkalmazása;
- kiszolgálása, üzemelése autonóm legyen;
- festése és kialakítása segítse elő a vizuális és radar felderítés elkerülését;
- kis létszámú kiszolgáló személyzet tudja üzemeltetni (akár pilóta üzemeltetésben).

Megállapítható, hogy a rendkívül komplex katonai követelményeknek nem egyszerű megfelelnie egy könnyű repülőgépnek. Ha a repülőgéppel szemben még olyan elvárást is támasztunk, amely szerint **egyaránt meg kell felelnie a polgári és a katonai követelményeknek**, akkor egy még bonyolultabb, **többfeladatú könnyűrepülőgép-konstrukcióról** kell, hogy beszéljünk.

Magyarország katonai követelményrendszerét alapvetően a saját honvédelmi igényeink és a NATO tagságunkból származó igények határozzák meg. A felhasználói igények a már meglévő, megoldott feladatok jobbá tételét célozzák, illetve az idáig megoldatlan problémákra keresnek megoldást. Számos esetben a rendelkezésre álló erőforrásokkal oldják meg a felmerült feladatokat, amellyel a költséghatékonyság háttérbe szorul. A felhasználásban felmerülő aszimmetriák generálják például a LAAR programot. A változások lekövetésével lehetséges a feladatokhoz optimalizált felhasználást generálni. Gyakorlati példa alapján ismerjük, hogy Afganisztánban a kézfegyverekkel vívott kislétszámú konfliktushoz is egy F-15-ös géppárt vetnek be, mert csak az áll elérhető közelségben rendelkezésre. A felmerült igények generálták a Cessna 208B Caravan típusú repülőgépek beszerzését, felfegyverzését, alkalmazását is.

Hazai viszonyok között a könnyű repülőgépekkel ellátható katonai feladatok közül az alábbi igények merülnek fel:

- könnyű szállítási feladatok személy és teher, bel- és külföldi, béke idejű alkalmazásban;
- harctéri könnyű szállítási feladatok, utánpótlás-szállítás;
- repülő hajózó alapképzés, külföldi képzésre előválogatás;
- repülő hajózó magasabb képzés (advanced training);
- repülő hajózó állomány szinten tartása, hosszú kiesés utáni visszaállítás;
- harcászati felderítési feladatok, katasztrófavédelmi megfigyelési, határsáv-ellenőrzési, légi sugár-felderítési feladatok;
- harcászati mélységig ejtőernyős kijuttatás;

- futár feladatok ellátása;
- katonai ellenőrző csoportok szállítása;
- VIP szállítás;
- célrepülési feladatok a légvédelmi erők számára;
- kiképzési célra éleslövészeti légi cél-vontatás;
- más alegységekkel vagy saját kötelékkel együttműködésben célmegjelölési feladatok;
- szárazföldi egységek földi kiképzésének célrepülési feladatai;
- ejtőernyős kiképzés;
- földi rádiólokációs és rádiónavigációs eszközök berepülési feladatai;
- a konténer rendszernek köszönhetően más alegységeknél felmerült feladatok számára hordozó platform biztosítása, amely adott térfogat, tömeg, elektromos ellátás, egységes csatlakozása mellett tetszőleges tartalommal tölthető ki, fejleszhető.

A Magyar Honvédség döntéshozói körében a könnyű repülőgépek felhasználási lehetőségei napjainkban is számos alkalommal, különböző felhasználói igények megjelenése mellett felbukkannak. Az elmúlt évek szűkös állami és tárca szintű gazdasági lehetőségei a légijárművek beszerzését, saját fejlesztését alapvetően blokkolták.

2015-ben a Magyar Honvédség haditechnikai K+F tevékenységért felelős szervezete – a HM Védelemgazdasági Hivatal Kutatás-Fejlesztési és Tudományos Osztály fejlesztési feladatot indított többfeladatú katonai kiképző repülőgép hazai gyártása tárgyában (amelyet végül is vezetői döntés alapján megszakítottak)²⁴. Remélhetőleg a „Zrínyi 2026” terv a hazai iparfejlesztési program részeként lehetőséget nyújt majd a felmerült igények hazai technikai eszközökkel történő ellátására.

II.4 A nyereségorientált vállalkozások igényei könnyű repülőgépekre

A polgári kisgépes repülés a rendszerváltást megelőzően az állam által anyagilag és erkölcsileg is támogatott formában működött. A piacgazdaságra történt átállás, a repülés relatív magas költségei, az ellenségkép változása, a hazai repülés helyzetét minden tekintetben jelentősen módosította. A katonai és mezőgazdasági repülési feladatok csökkenése jelentősen kihatott az

²⁴ Dr. Hegedűs Ernő mk. őrnagy, 2014-től HM Védelemgazdasági Hivatal Kutatás-Fejlesztési és Tudományos Osztály főmérnök főtiszt, a könnyű repülőgép fejlesztési feladat projectvezetőjének szóbeli közlése alapján.

oktatási rendszerre, az utánpótlás képzés igénye számszerűen csökkent. A nagygépes légi szállítás és az utasforgalom profitorientálttá vált, az egyéb szereplők érdekeit, a döntések külső következményeit lényegében figyelmen kívül hagyva. A könnyű repülőgépes légi szállítás, légi taxi és utasrepültetés az uniós határok nyitásával új lehetőségeket hozott, amelyeket a tőkehiányos magyar vállalkozói réteg nem tudott megfelelően kiaknázni; szemben a nyugat-európai konkurenciával, amely erősebb háttérrel nagyobb sikereket tudott felmutatni. **A légi forgalommal foglalkozó vállalkozások elvárása egy olyan repülőgép lenne, amely magas prioritással, költséghatékonyan üzemeltethető.** (A repülőgépek üzemeltetésének gazdaságosságát a II.1. pontban részletesebben tárgyaltam.) Az államilag segített szervezési háttérrel kiszámítható, kis ingadozású forgalmi viszonyok kialakítása lenne lehetséges. Az utasforgalom szempontjából meghatározó a szállított személy szubjektív véleménye. Törekedni kell a felhasználók elégedettségének elnyerésére, pozitív összkép kialakítására, hiszen a személyszállítás esetében a repülőgép megjelenésének meg kell felelnie a XXI. század társadalmi elvárásainak. Alapvető igény, hogy a repülőgép külső- és belső megjelenése legyen tetszetős; anyagai kellemes tapintásúak, kidolgozottak, ülésai kényelmesek legyenek. Lehetőség szerint törekedni kell a minél nagyobb utazósebesség elérésére, hiszen az úthálózat fejlődésével a személygépjármű közlekedés felgyorsult, és versenytársává vált a kisrepülőgépes felhasználás néhány száz kilométeres távolságán. A sebesség növelésével a nagyrepülőgépes forgalomhoz lehet közelíteni. A közforgalmú repülőtéri bürokratikus idők (poggyászfelvétel, útlevél ellenőrzés, stb.) jóval hosszabbak a nagygépes terminálnál, ami minden esetben hozzáadódik a teljes utazási időhöz. A kisgépes terminálokban ugyanakkor az indulási és érkezési idő koordinálása rugalmas, jobban az utashoz igazítható.

A hazai, Budapest központú közlekedés és a relatív kis távolságok a belföldi menetrendszerű járatokat életképtelenné teszik. A határok nyitottságával lehetőség adódik a határon túli magyarság elérésére, gazdasági, társadalmi kapcsolatok erősítésére. Ennek jó eszköze lehet a könnyű repülőgépes repülés fellendítése. A korlátozó tényezőként megjelenő kis távolság ebben az esetben megháromszorozódhat, így a költséghatékonyság is javul.²⁵

A nyereségorientált vállalkozások elvárása szerint a 6-8 fős, 1000-1500 kg terhelhetőségű repülőgépekre van kereslet, ezekkel elvégezhető megrendelések érkeznek, mindez a szakmai lehetőségek bővülését adhatja.²⁶

²⁵ Budapest – Debrecen 200 km, míg Budapest – Brassó 540 km

²⁶ Baller Barna Pannon Air Service gazdasági igazgatójának szóbeli közlése alapján. (Tököl, 2011.05.20.)

Az országos és európai iparfejlesztési programok a beszállítói háttér erősödését eredményezték, illetve további fejlődés várható a közeljövőben is. A kis- és középvállalatok termékeinek szállítása zömében, vasúti, közúti, kisebb részében légi úton szerveződik, mégis reális alternatívát jelenthet a szállítások speciális, sürgős eseteiben. A szállítási megrendelések alapja a kiépített szállítási kapacitás megléte, infrastrukturális elérhetősége és a versenyképes ár.

Sportrepülés szempontjából is elsődlegesen a költségvonzat a meghatározó. Az oktatásra való alkalmasság és a repülőgép jó repülési tulajdonságai, valamint a vezető hibáinak tolerálása szintén fontos szempont egy repülőgép oktatásra történő kiválasztásánál, illetve kialakításánál.

A kereskedelmi repülés támaszkodik a sportrepülésre, mert a szakemberképzés, a szakmai elkötelezettség és a motiváció a repülés szeretetére épül, ami a sportrepülő klubokban táptalajra talál. A sportrepülő klubokban a vizsgált kategóriába tartozó repülőgépet elenyésző számban tartanak, mégis szerepvállalásuk az oktatás és a nevelés vonzatában jelentős.

A nyereségorientált vállalkozásoknak az állami szerepvállalás jelentős segítséget adhat. Az állam által finanszírozott oktatási intézmények és képzési formák költségei áttételesen megjelennek a repült óra költségekben is. A jól kiképzett műszaki, repülőhajózó állomány a szakma szeretetére épülő szakmai pályán tartó erő. Ennek az ellenkezője is igaz, a képzési létszámok csökkenése, a minőség és az oktatott órák számának csökkenésével olyan társadalmi képességek vesznek el, amelyek csak évtizedek alatt pótolhatók. A kutatás-fejlesztés esetünkre vonatkozó sajátos jellege miatt lényegében csak állami forrásokból képzelhető el. Az állam számára társadalmi léptékű megtérülést ad, míg a nyereségorientált vállalkozások és adófizetésükön keresztül a társadalom is haszonélvezője. Az állami segítséggel történő repülőgép-fejlesztés, a hazai előállítás a költségeket csökkenti, a vételár és ezen keresztül a repülési óra költsége is csökken. Ez a fajta támogatás a szabad verseny szabályait nem sérti, és a hazai vállalkozásokat európai szinten is versenyképesé teheti.

II.5 Összefoglalás és részkövetkeztetések

A katonai követelmények rendszerét hazánkban alapvetően a saját honvédelmi igényeink és a NATO-tagságunkból származó igények határozzák meg. Általánosan elmondható, hogy jelenleg a felmerült feladatokat a rendelkezésre álló és nem optimalizált eszközökkel oldják meg, ami a költséghatékonyságot csökkenti. A vizsgált felhasználói igények az elvégzendő feladatok körét és a légijárművel szemben támasztott követelményeket határozzák meg, a megoldatlan problémákra keresnek megoldást, illetve a már megoldott feladatok tökéletesítését célozzák.

A magas éves repült óraszám alacsony repült óra költséget eredményez, amely jó költséghatékonyságot jelent. A katonai légi járművek átlagosan alacsony repült óraszámra a hatékonyságot jelentősen rontja, mégis a rendelkezésre állás kényszeréből adódóan a légijárművek száma nem csökkenthető. A megfelelő eszközök beszerzésnek döntéselőkészítő módszere lehet a többparaméteres rendszerek vizsgálata. A számos eljárás közül a Kesselring módszert választottam, amellyel nemcsak a különböző repülőgépek típusokat lehet összehasonlítani, de egy repülőgép tervezésének irányszámait is meg tudtam vele határozni.

A megfogalmazott felhasználói igények alapján bebizonyosodott, hogy a katonai és polgári légi járművek feladatrendszere számos helyen eltér. A hazai viszonyoknak megfelelően azonosítottam a felhasználói feladatköröket. A LIMA és a LAAR program alapján azonosítottam a hazai katonai könnyű repülőgéppel szemben felállítható követelményeket.

A NATO elvárásoknak és taktikai, logisztikai szempontoknak megfelelően a kerozint jelöltem meg használandó tüzelőanyagként. A hatásfokot és ezen keresztül a fogyasztást, mint gazdasági és taktikai alapot figyelembe véve a dízelmotorokat jelöltem meg használandó erőforrásnak.

A polgári igények kielégítésének alapja a profitmaximalizálás. A felhasználói igények alapvetően ezt elérendőként fogalmazódnak meg. A kategóriában megfogalmazott személy- és teherszállítási képesség igénye 6-8 fő utas befogadóképessége és 1000-1500 kg terhelhetőség.

A repült óra költségeinek csökkentési módja lehet a hazai feladatorientált fejlesztés és gyártás, amely a vételárat jelentősen csökkentheti.

A költséghatékonyság javításának egy lehetséges módja a polgári-katonai vegyes felhasználás, amivel az éves repülési óraszám emelhető, miközben a költséghatékonyság javul.

III. FEJEZET. KÖNNYŰ KATONAI REPÜLŐGÉP HAZAI FEJLESZTHETŐSÉGÉNEK, GYÁRTHATÓSÁGÁNAK ÉS ÜZEMELTETHETŐSÉGÉNEK MEGVALÓSÍTHATÓSÁGI VIZSGÁLATA

III.1 A hazai repülőgépgyártó ipar lehetőségei repülőgép kifejlesztésére, gyártására és üzemeltetésére

A világban zajló repülést érintő fejlesztések elemzésekor új irányt találunk az elmúlt húsz esztendőben. A jóléti társadalom fejlődésének hatására a műszaki újítások iránya megváltozott. Egyrészt a tervezés során a mérnök és a formatervező prioritásai változtak, eltolódtak. A termék megjelenése, hatáskeltése ma már jobban meghatározza a vásárló döntését, mint az objektív műszaki paraméterek. Ez a változás az autóiiparban is élesen tetten érhető, manapság elsősorban a forma adja el az autót, nem a technikai paraméterei. A fizetőképes kereslet jelentősen megnőtt, amely képes meghatározni a fejlesztési irányokat, és anyagilag is képes a fejlesztés költségeit állni. Az egyénnél megtermelt felesleg – megtakarítás – tömegesen jelenik meg a lakosság mind szélesebb köreibenél. A huszadik század elejétől a hidegháború befejezéséig terjedő időszakra alapvetően az volt a jellemző, hogy a jelentős műszaki fejlesztések döntő többsége állami finanszírozásban történt. Ezek a megrendelések lehetnek bányászati, vegyipari, űrkutatási célzatúak is, mégis a legjelentősebb részét a hadipari fejlesztési megrendelések adták. Elég csak a vegyi fegyverek mellett az atomenergia-kutatásra, a holdra szállásra, a II. világháborús német repülőgépfelvezési hullámra vagy a hidegháborúra gondolnunk. A fejlesztések eredménye, az autóiipari fejlesztések nagy többsége a repülésből érkezett. A jóléti – jelentős megtakarításokat tömegesen termelő – társadalom már képes megfizetni ezeket a fejlesztéseket. A tömeggyártás miatt ez a fejlesztési költség tovább osztódott, az adott termékre vonatkoztatva mind inkább vállalható szintre zsugorodva. Egy kiragadott példa: látható, hogy az elmúlt 20 évben a személyautók sebességváltó rendszere milyen gyökeres átalakuláson ment át, amelyet az azt megelőző hetven évhez képest bátran mondhatunk akár robbanásszerű fejlődésnek is. (Elismerve, hogy a lendületes fejlődésnek részint oka volt a digitális forradalom is.)

Napjainkban a katonai fejlesztések és a repülőipar vesznek át kész civil kutatási eredményeket. Természetesen megmaradtak a katonai fejlesztések, a civil gyártmányok katonai specializációja, illesztése, az állami pályáztatások, K+F támogatások, de fontosságuk csökkent. Joggal feltételezhetjük, hogy ez a fejlesztési struktúra továbbra is fennmarad egy következő nehezen prognosztizálható világméretű változásig.

A repülőgépmotor-fejlesztés, gyártás, üzemeltetés fokozottan érzékeny a fejlesztési költségekre az értékesíthető darabszám miatt. A nagy nemzetközi piacvezető motorgyárak is csak ritkán képesek jelentős önálló újításokkal előállni, hiszen olyan alacsony az eladott darabszám, hogy a saját fejlesztéseket nem fedezi. Az Egyesült Államok kormányának számos K+F támogatási kísérlettel sem sikerült jelentős előrelépést elérnie. A hatósági engedélyeztetésről nem is szólva, hiszen a tesztelesek miatt a költségek ismét növekednek. Ezért lehetséges, hogy a jóhírű Lycoming cég is számos típusalkalmassági engedély nélküli – úgynevezett non-certificated – motort árul a nem kereskedelmi célú felhasználók számára. A napjainkban gyártott autómotorok, a magas minőségbiztosítási színvonal miatt már megfelelnek a repülőipar elvárásainak. Visszatekintve a 30-50 évvel ezelőtti „piros lámpánál történő motorleállásokra”, ez a mai autós társadalomban ugyanolyan elképzelhetetlen, mint amilyen megfogalmazott alapkövetelmény a repülésben.

Megvan a lehetőségünk az új fejlesztésű autómotorok repülésben való felhasználására. Ezek a motorok nagyobb darabszámban készültek, több üzemórát futottak, és több üzemeltetési tapasztalat született velük kapcsolatban, mint akár a Lycoming évtizedeken keresztül gyártott motorcsaládjával összesen. (Az autóiipart tekintve érdemes látni, hogy a Volkswagen **2016-ban 10,3 millió darab** autót adott el, ami óránként közel 1200 darab motor előállítását jelenti 24 órás munkarendben.[57.]²⁷

A repülésben évtizedeken keresztül bevett eljárás volt, hogy a már meglévő motorokat, gázturbinákat fejlesztették tovább, és csak nagyon kevés új konstrukció jelent meg. Az a fajta „fejlesztés, módosítás”, amely repülésre alkalmassá tesz egy már meglévő, kiforrott motort, a teljes fejlesztési költségek csupán 1-10 %-a. Erre számos működő példa is létezik, például a Subaru, a BMW R1100RT, a Thielert, a Raikhlin RED-3.

Magyarországon az elmúlt évtizedekben négy autóiipari cég – az Audi, a Mercedes, az Opel és a Suzuki – hozott létre összeszerelő üzemet. A beszállítói háttérrel is jelentős részben országhatáron belüli cégek biztosítják. Ez a beszállítói háttér igen jól szervezett, és komoly ipari potenciállal rendelkezik. Mindenképpen számolni kell ma már a fent említett autóiipari cégek széles magyar beszállítói hálózatával, hiszen számuk és az iparban betöltött szerepük folyamatosan növekszik, és legtöbbször igen magas színvonalon, a repülésben is elfogadott AS/EN9100 minőségbiztosítási szabványnak megfelelően dolgoznak.

²⁷ Volkswagen járművek eladási statisztikája a világban 2006 és 2016 között. [57.]

Az újraiparosítás, a gyártási kapacitások vertikális és horizontális bővülése, a gépjárműgyártás fejlődése lehetőséget biztosít a repülőiparral való együttműködésre, lehetőséget biztosít önálló hazai légi jármű-gyártás létrehozására.

Hazánkban a légi jármű-üzemeltetés szinte valamennyi szegmensére nézve jelentős, sok évtizedes hagyományokkal, gyakorlattal rendelkezik. A nagytávolságú személy- és teherforgalom lebonyolításában, és az ehhez felhasznált repülőgép típusok üzemeltetésében – mind a légszavaros, mind a sugárhajtású változatokon –, a keleti és a nyugati kultúrkörből származó, jelentős, nemzetközileg is elismert tapasztalatokra tettünk szert. A mezőgazdasági repülés, a kisgépes szakmai környezetben hozott jelentős szakmai tudást. A merev és a forgószárnyas repülőtechnikák üzemeltetése az állami célú – a rendészeti, honvédelmi, egészségügyi, vízügyi – repüléseknél szerteágazó nemzetközi kitekintést is biztosított. Magyarország több mint 100 éves repülős múlttal rendelkezik, amely felöleli a repüléshez kötődő szinte valamennyi részterületet. **Üzemeltetési tapasztalataink tehát széleskörűek, és akár nemzetközi viszonylatban is versenyképesek.** A napi logisztikai, üzemeltetési kérdések megoldását pozitívan befolyásolja az autonómia, ahol a külföldi függőség, kitettség alacsony.

A hazai sportrepülő klubok szakmai elköteleződés alapján szerveződtek és állami finanszírozásban működtek. Évtizedeken keresztül kinevelték a szakembereket és a sportolókat, ezzel erős szakmai háttérrel hozták létre a rokon szakmák, az ipar és a honvédelem számára is.²⁸ Erős történelmi hagyományok megalapozója és későbbi éltetője az **oktatási rendszerünk**, amely, minden szakterületet felölel, és megfelelő mennyiségű és minőségű szakembert biztosít. A **középszintű oktatási** rendszerben a repülő műszaki felkészítés az elmúlt évtizedekben a lehetőségek visszaszorulása miatt szintén csökkenő mértékű volt, de ma is létezik. A felkészítések napjainkban többnyire OKJ-s képzési formában, valamint az üzemeltető szervek saját képzésében zajlanak. A felsőfokú pilóta- és repülőmérnök-képzés szintén csökkenő kapacitású, de szervezeti működése továbbra is megalapozott. Szakirányú felsőfokú képzést jelenleg a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem és a Nyíregyházi Egyetem folytat BSc és MSc szinteken, míg doktori képzéssel az első kettő foglalkozik. Az intézményi háttér erős, az üzemeltetőkkel és az iparral is szoros kapcsolatot ápolnak, amelynek nyomán a gyakorlatba is átültethető közös tudományos fejlesztések jönnek létre. Az úrkutatásban az Eötvös Loránd Tudományegyetem és számos

²⁸ Besenyei Péter – Red Bull Air Race – Genevation Pro

gépészeti, anyagkutató, gyártástechnológiai és elektronikai tudományokat kutató egyetemi műhely létezik, amelyek üzemeltetésben, tervezésben, gyártásban releváns segítséget tudnak nyújtani gyártóknak és üzemeltetőknek. A kutatóintézetek is jelentős szellemi műhelyként értékelhetők. A Magyar Tudományos Akadémia közel 50 tudományos intézetet fog össze. Összességében elmondható, hogy a **hazai mérnök és kutatói háttér bár kis létszámú, de megfelelő színvonalú egy többcélú, katonai, könnyű repülőgép fejlesztéséhez, nemzetközi színvonalú megalkotásához.**

A hazai repülőgépipar fejlesztésének célkitűzésével alakult a Magyar Repülőipari Alapítvány (HAIF – Hungarian Aviation Industry Foundation), amely kidolgozta a repülőgépipar, mint önálló iparág újjászervezésének koncepcióját. Ennek nyomán jött létre a Magyar Repülési Klaszter (HAC – Hungarian Aerospace Cluster), amely olyan hazai gyártó, illetve kutató cégeket tömörít, amelyeket technikai képességeik és gyártási kapacitásuk képessé tesz nemzetközi szinten is megfelelő repülőgép fejlesztésre, előállításra. [58.],[59.] A magyar repülő ipari kapacitások összegző táblázatát a **2. függelék** tartalmazza.

Az Irinyi Tervben, 2016-ban a Magyar Kormány célul tűzte ki az újraiparosítást, a jármű- és haditechnikai gyártás fejlesztését. A Jedlik Ányos Terv eredményeként, 2017 szeptemberében a kormány bejelentette egy részben állami támogatással alapított, pécsi repülőgépgyár megépítését a Magnus Aircraft Zrt. és a Siemens közös, 5,2 milliárd forintos fejlesztése alatt álló elektromos repülőgép gyártására és fejlesztésére.²⁹ [60.]

A jelentősebb repülőipari kapacitások közül néhány példát is megemlítek, a teljesség igénye nélkül. A **General Electric Aviation** veresegyházi telephelyén közel 10 000 négyzetméteren, repülőgép-hajtómű javítást végez, amely a világpiacot szolgálja ki. A gyáregység hegesztési, kemény forrasztási, plazmaszórás, hőkezelési és forgácsolási feladatokat is ellát. A GE 2012 óta a kormány stratégiai partnere. A 2001-ben alakult **Lufthansa Technik Budapest** mintegy 300 fővel végzi Boeing és Airbus repülőgépek nagyjavítását és festését. A **Flytech Repüléstechnika Kft.** 6700 négyzetméteres gyártócsarnokban, 62 munkatárssal sárkányszerkezeteket gyárt az ultrakönnyű repülőgépek németországi piacán vezető helyen álló Comco Ikarus GmbH és a Diamond Aircraft Industries GmbH számára. (Korábban ez a cég gyártotta a Szojka UAV³⁰ sárkányszerkezetét is. [61.]) A **Genevation**

²⁹ MTI hír alapján [60.]

³⁰ UAV – Unmanned Aerial Vehicle – Pilóta nélküli légi jármű

Aircraft Kft. fejlesztette és ebben az évben tervezi beindítani a gyártását a GENPRO típusú műrepülőgéppnek, amivel Besenyei Péter a RedBull Air Race versenysorozat sikeres versenyzője rajthoz állhatott. A sárkányszerkezet gyártásában acél rácsszerkezeteket és karbon prepreg technológiai eljárást használnak. [62.] Az **Elektro-Metal** paksi gyárában 200 fős gyártókapacitással állítanak elő kábelkötegeket és elektronikai berendezéseket az Airbus repülőgépekhez. **Diehl Aircabin Hungary kft.** Nyírbátorban 150 fős vállalkozásban gyárt a Boeing és Airbus repülőgépekbe kompozit műanyag technológiával utastér-elemeket.

Az **Avana Industries Kft.** szén-szál kompozit technikával készített hidroplán repülőgépet. A hat személy befogadására alkalmas repülőgép gázturbinás légsavarral hajtott, repülőtérről és vízről is képes egyaránt képes üzemelni. A **Halley Kft.** Egerben 1980 óta készíti motoros sárkányrepülő különböző változatait, autogiro-t és ultrakönnnyű repülőgépeket is. A fémszerkezetek gyártásával foglalkozó **Hungaro-Copter Kft.** egy-, illetve két személyes könnnyű helikoptereket fejleszt kompozit szerkezetes forgószárny-lapátokkal. Az **Arzenal Kft.** radar rendszerek nagyjavítása mellett, akkreditált mérésügyi laborral rendelkezik. Fémmegmunkálás, hegesztés és lemez munkálatok elvégzése mellett frissen kapott megbízásuk szerint – cseh licence alapján – pisztoly, géppisztoly és gépkarabély gyártásba kezdtek. A pilóta nélküli repülőgépek fejlesztésében, illetve az azokhoz köthető elektronikai, távközlési, robotpilóta fejlesztésekben meg kell említeni még a **BHE Bonn Hungary Electrics Kft-t** és a **MH EI. Zrt-t**, amely cégek jelentős fejlesztési munkát végeztek e területen. [58.]

A fenti felsorolás csak távolról villant fel néhány példát, érzékeltetve a mögötte rejlő lehetőségeket. A Magyar Repülési Klaszter több mint 40 olyan magyarországi vállalkozást azonosított, amelyek a repülőipari gyártásba, illetve a fejlesztésbe bevonható résztvevők. Ezek többségében a repüléssel már foglalkozó ipari résztvevők, de az autógyártás magas színvonalú beszállítói háttérére, szintén jó lehetőség lehet a hazai repülőgép-fejlesztés és gyártás terén.

III.2 Könnnyű katonai repülőgép hazai fejlesztettségének, gyárthatóságának vizsgálata

A hazai fejlesztés és gyártás esetén jelentősen csökkenthetők lennének egy könnnyű repülőgép rendszerbeállításának, üzemeltetésének költségei. A fejlesztés és a gyártás más, államilag is fontos civil területek fejlődését is eredményezhetnék. A III.1. pontban a hazai repülőgépgyártó ipar és környezet alkalmasságát vizsgáltam, míg most konkrétan egy többcélú könnnyű katonai repülőgép magyarországi létrehozásának feltételeit vizsgálom.

A hazai viszonyok között napjainkban egy katonai repülőgép fejlesztése, gyártása elsődlegesen nem technikai kérdés. A jogszabályi és gazdasági okokból alapvetően meghatározó a honvédelmi tárca és a kormányzati szándékkal való egyezőség.

Az **Irinyi Tervben**, 2016-ban a magyar kormány célul tűzte ki, „hogy néhány éven belül Magyarország legyen az az EU-tagállam, ahol a bruttó nemzeti összterméken belül a legnagyobb szeletet az ipari termelés adja.” [14.] Az újraparosításból kormányzati program lett, amely a következő évekre meghatározó irányt tervez a jármű- és haditechnikai fejlesztésekben. Az Irinyi Terv a védelmi ipart külön nevesíti, és a kormány szándéka szerint a jövőre nézve feladatot szab. A Magyar Honvédség és rendvédelmi szervek megrendelésein keresztül a hazai védelmi ipari vállalatokat bevételhez tervezi juttatni. Különösen erős aktualitást ad a hosszútávon fennálló biztonságpolitikai kockázatok megjelenése. Hazai ellátással jelentősen csökkenthető a fegyveres szervek külföldi beszállítóktól való függősége, és növekedhet az ellátási biztonság. A terv, nevesítve feladatot szab a védelmi ágazati iparfejlesztési stratégia kialakítására, amely például a kézilőfegyver-gyártás újraindításához, kibontakozásához és fejlesztéséhez is megfelelő környezetet biztosít. A megfelelő környezet kialakításával lehetőséget ad a külföldi piacokon való megfelelő minőségű és mennyiségű megjelenésre. A tervek megvalósítása érdekében létrehozták a Tárcaközi Hadipari Munkacsoportot, amely a minisztériumok közötti együttműködést szervezi.

A kormányzat által életre hívott **Jedlik Ányos Terv** célkitűzései az elektromos közlekedési infrastruktúra, a jogi és adózási feltételek támogatása, az e-mobilitás és a közösségi közlekedés kapcsolatának kutatása. A repülőgépek hibridmeghajtási rendszereinek vizsgálatánál fontos párhuzam vonható a járműiparral, amelynek államilag támogatott megvalósulási formája a Jedlik Ányos Terv. A kormányzati szándéknak megfelelően adózási, gazdasági, közlekedés-szervezési előnyöket kíván biztosítani. [15.] A Nemzetgazdasági Minisztérium támogatásával létrejött, a Jedlik Ányos Klaszter, főként hibrid és elektromos autók, járművek elterjedésének támogatására.

A **Hadik terv** (Hadfelszerelési Iparkorszerűsítési Terv) 2012-ben a hazai hadipar fellendítését célozta, hogy az ország védelmi képességeit hazai bázison biztosítsa. Ennek megfelelően jött létre a kormány stratégiával egyetértésben – az Irinyi program szellemében – a **Zrínyi 2026** program, amely az ország ipari fejlesztésének, ezen belül a katonai felszerelés és eszközállomány cseréjét tárgyalja. A meghatározott feladatokat a honvédelmi tárca saját feladataira kidolgozta, és fő célkitűzésként erősíteni szeretné a honvédség képességeit, hatékonyabbá tenni annak működését. Jellegeből adódóan a program jelentős része nem

nyilvános, a polgári társadalom számára csak egy része ismerhető meg. A programot tíz évre tervezik (2016–2026) és jelentős technikai fejlesztést, modernizációt és mennyiségi beszerzést jelent, többségét lehetőség szerint hazai forrásokból. A Zrínyi 2026 programhoz szorosan illeszkedően új nemzetbiztonsági stratégiát készítettek. [16.]

Vizsgálendő történelmi példának tekinthetjük a **Győri programot**, amely egy egymilliárd pengős hadsereg-fejlesztési program volt 1938-ban. A program – amely szorosan kötődött a „Huba” hadfejlesztési tervhez – Imrédy Béla nevéhez fűződött. A program öt éves ciklusban katonai célú kutatásokat, a magyar ipar hadigazdálkodásra való átállítását, és a hadsereg legalapvetőbb fegyverekkel való ellátását célozta, míg a második lépcsőben minőségi és mennyiségi továbbfejlesztését tűzte ki célul. [63.]

Adott feladatokra optimalizált repülőgép tervezésénél új koncepciót kell megvalósítani. Ebben a kategóriában általában a polgári célú és fejlesztésű légi járműveket utólag szerelik fel fegyverzettel, és teszik alkalmassá egyes katonai feladatok ellátására. A mi esetünkben olyan tervezési irányelveket kell követni, ahol alapvetően **katonai feladatok végrehajtására tervezett repülőgépeket, a polgári felhasználás lehetőségével is fel kell ruházni.**

Fontos hazai tényező e szempontból az Audi, a Mercedes, az Opel és a Suzuki autógyárak jelenléte is. Az állami érdekeltségű járműgyártásban, további stabil alapként kezelhető a Rába Járműipari Holding Nyrt. is. Az Audi motorgyártás magyarországi jelenléte, illetve a gyár hazánkban működtetett fejlesztőcsoportja elérhetővé teszi a repülőgép motorjának hazai beszerzését és gépjárműből repülőmotorra történő átalakítását. Az Audi gyár V12 TDI turbófeltöltésű dízelmotorja 6000 cm³ hengerűrtartalmú, 12 hengeres, „common-rail” befecskendező-rendszerű, 368 kW (500 LE) teljesítményű erőforrásának repülőgépmotorra átalakítása is elkezdődött. A motorblokk speciális technológiával öntött alumínium anyaga lehetővé teszi az erőforrás szerkezeti tömegének alacsony szinten tartását, a kedvező 210 g/kWh fogyasztás további súlymegtakarítást tesz lehetővé. Nagy teljesítménye és alacsony tömege a hosszú távú repüléshez ideális repülőgépmotorra teszi. Átalakítása folyamatban van **Raikhlin RED-3** néven Németországban, nemrégiben, a tesztsorozat jelentős fázisaként megszerezte a kereskedelmi repüléshez létfontosságú típusalkalmassági engedélyt is. [64.]



14. ábra. Audi eredetű Raikhlín RED-3 368 kW teljesítményű repülőgép dízelmotor egy Jak-52 típusú repülőgépbe építve [65.]

A **termelésben résztvevő hazai** vállalatok haditermelésre való átállítási képességének garantálása állami érdek. A honvédségi vagy állami támogatással – szigorúan a hadiérdekeknek megfelelően – segítheti a hazai termelést, amellett, hogy a vállalatok az alaprendeltetésből adódó feladataikat a legjobb határfokkal látják el. Szükségtelemné teszi ugyanakkor, hogy a honvédség saját fejlesztési kereteinek elosztásakor, adott esetben párhuzamos – civil és katonai – fejlesztésekre is költsön.

A magyar haderő repülőcsapatainak kiképzése során az 1930-as évektől kezdődően folyamatosan felmerült – és hazai gyártás vagy beszerzés útján rendre kielégítésre is került – a hajózóképzésben alkalmazható könnyű kiképző repülőgép iránti igény. Mivel ez a repülőgép-kategória – sport, oktatási, illetve egyéb célokra – rendszerint a polgári életben is alkalmazást nyert, általában felmerült egy olyan típus rendszeresítése iránti igény, amely a polgári és a katonai területen jelentkező feladatokat egyaránt képes ellátni.



15. ábra. A GANZAVIA GAK-22 Dino többfeladatú könnyű repülőgép [66.]

A Levente II. repülőgép 1942-es hazai gyártásának megszervezésével a magyar repülőipar jelentős eredményt ért el, ám ezt követően mégis kizárólag külföldi forrásból oldották meg a katonai kiképző repülőgép beszerzését. Ennek a repülőgép-kategóriának a gyártására a hazai repülőipar is képes, erre jó példaként szolgál a GANZAVIA GAK-22 Dino könnyű repülőgép hazai fejlesztése is.

A GAK-22 Dino Magyarországon a Ganz-Avia Kft.-nél³¹ az 1990-es évek elején tervezett és megépített kétfedelű, többcélú könnyű repülőgép. Általános célú repülőgépként, valamint mezőgazdasági, vízügyi és katonai felhasználásra tervezték. Csak egy példány készült belőle, amely napjainkban a Közlekedési Múzeum Repüléstörténeti kiállításán tekinthető meg. A repülőgép GAK elnevezése a gyártó cég és a tervezőcsoport vezetőjének nevéből (Ganz-Avia, Kovács [Gyula]) összeállított betűszó. A GAK-22 Dino tervezését ötfős mérnökcsoport végezte, amelynek vezetője Kovács Gyula, tagjai Pfeilmayer Artúr, Simó Willy és id. dr. Hannel Sándor mérnökök voltak. A repülőgép fejlesztésében áttételesen részt vett Prof. Dr. Michelberger Pál akadémikus is, aki 1988-tól 2000-ig a Ganz Gépgyár Vállalatnál, illetve a Ganz Gépgyár Holding különböző gazdasági társaságainál töltött be vezetői tisztségeket. [67.]

A fejlesztés sikeres volt, 1993-ban a II. Magyar Innovációs Nagydíj Pályázaton elismerő oklevelet, 1994-ben Ganz Ábrahám Díjat és az Industria'94 Beruházási Javak Szakvásárán Nagydíjat kapott.

³¹ Ganz Holding által létrehozott leányvállalat

A GAK-22-es fémépítésű, kétfedeles szárnyelrendezésű, egymotoros, vonólégcsavaros, merev futóművel rendelkező kétszemélyes repülőgép. A törzs hegesztett acélcsövekből készített rácsszerkezet, amelyet dural borítás fed. A törzsben kialakított kétfős kabinban az ülések egymás mellett helyezkednek el, az ülések mögött csomagtartó található. A repülőgépbe egy 86 kW maximális teljesítményt leadó léghűtéses Lycoming O-235 H2C típusú négyhengeres boxermotort építettek. Negatív lépcsőzöttségű, kétfedelű szárny-elrendezésű repülőgép, a felső szárny 1,09 m-el hátrafelé eltolt, a csűrők és az ívelőlapok az alsó szárnyon vannak elhelyezve. [68.] Az aerodinamikai koncepciója – az eltolt középvonalú kettős szárny szerkezet – az 1986-ban épített A-01 Famadár ultrakönnyű repülőgépen került kipróbálásra. A Famadár építésekor, főbb vonalait tekintve, már a Dino aerodinamikai elrendezését használták. Az elrendezés előnye, hogy a repülőgép átesési tulajdonságai rendkívül kedvezőek, átesés esetén lényegében mindössze irányított süllyedésre kerül sor, nehezen esik dugóhúzóba.

A GAK-22 Dino repülőgéppel 1993. október 8-án hajtotta végre az első felszállást Matuz István, a Magyar Repülő Szövetség főpilótája. A nyilvánosság számára 1993. december 13-án mutatták be a Budaörsi Repülőtéren, Hegyháti József ipari és kereskedelmi minisztériumi államtitkár jelenlétében. 1994-ben Berlinben, az 1994-es ILA repülőgépipari szakvásáron is szerepelt, ahol a gép repülési bemutatót is tartott. Szolnokon a Magyar Honvédség képviselői is megismerhették a repülőgépet, amelynek tervezésekor a katonai kiképzési feladatok végrehajtására való alkalmasságot is figyelembe vették.

A gépet, a tervezői olcsón előállítható és egyszerűen üzemeltethető többfeladatú könnyű repülőgépnek szánták, amely kiképzési, sport- és futárfeladatok, illetve mezőgazdasági, vízügyi, valamint rendészeti célú feladatok ellátására egyaránt alkalmas.



16. ábra. A GAK-22 Dino repülőgép a gyártó telephelyén [69.]

A repülőgép tervezése során egy 150 LE-s teljesítményű motor beépítésének lehetőségével is számoltak, amely állítható légesavarral működne, s amellyel a gép – az üzemanyag-rendszer módosítását követően – korlátlanul műrepülhetővé válik, illetve csökken a le- és felszálló úthossza is.

A GANZAVIA GAK-22 Dino könnyű repülőgép kifejlesztése jól bizonyítja, hogy a jövőbeli beszerzések során célszerű figyelembe venni, hogy **ennek a repülőgép-kategóriának a gyártására a hazai repülőipar is képes.**

A projekt végül a gazdasági nehézségek miatt akadt el, a prototípuson kívül további példányokat már anyagi források hiányában nem építettek: a Ganz Avia Kft. pedig később meg is szüntette a tevékenységét.

A katonai fejlesztések közül érdemes megemlíteni a Vég Pál és Percz Ferenc által 1995-ben tervezett robotrepülőgépet, a Denevért is. Ez hazánkban az első saját fejlesztésű UAV, amely 430 kg-os tömegű, s amelyet egy 67 kW-os (90 lóerős) motor hajtott. Bár a megrendelés UAV-ra szólt, de a tesztrepüléseket pilóta végezte, csak azután alakították át a gépet távirányításúra. Az 1995-ös átadása után a Haditechnikai Intézetbe került, de későbbi felhasználásra nem került.



17. ábra. Magyar fejlesztésű katonai UAV, a Denevér [70.]

Elsősorban a kihasználatlanságából adódott, hogy a Denevér nem ért el jelentős hazai és nemzetközi sikert. Tényszerű ugyanakkor, hogy a repülőgép fejlesztése megtörtént, katonai célú volt, magyar mérnökök fejlesztették, és a gép ténylegesen repült.[70.],[71.]

A hazai lehetőségeket mindenképpen érdemes nemzetközi kitekintéssel vizsgálni. Így például szomszédunkban, Ausztriában erős kormányzati szándéknak megfelelően az 1990-es évek közepén stratégiai döntés született az osztrák repülőipar létrehozására. Az ausztriai Diamond Aircraft GmbH³² 1998-ban alakult, és folytatta a DA-20, valamint a DA-40 típusú repülőgépek megkezdett fejlesztését, gyártását. Az osztrák cég, az elmúlt két évtizedben – a könnyűrepülőgép-piac erős amerikai hegemóniája ellenére – a világ egyik legnagyobb könnyűrepülőgép-gyártó cégévé vált. A GAMA³³ adatai alapján a 2004 és 2017 között öt gyártott típusból összesen 3195 darab repülőgépet adtak el (átlagosan évi 228 darabot). A Cirrus Aircraft³⁴ 2004 és 2017 között, négy különböző típusból, 5728 (átlagosan évi 410) repülőgépet értékesített. [72.] Az osztrák kormányzati szándékból eredő költség-ráfordítás pontos értékelése túlnyúlik a tanulmányom határain, viszont a létrehozott ipari léptékből látható, hogy éves szinten 20 milliárd – az elmúlt 20 évet vizsgálva – 400 milliárd forint nagyságrendű export forgalmat bonyolítottak. [33.]

³² Székhely: Wiener Neustadt (Ausztria) Tulajdonos: Wanfeng Aviation (Kína)munkavállaló: 2000 fő

³³ GAMA – General Aviation Manufacturers Association – Könnyű Repülőgép Gyártók Egyesülete

³⁴ Székhely: Duluth (United States) Tulajdonos: China Aviation Industry General Aircraft munkavállaló: 1300 fő

A hazai könnyűrepülőgép-gyártás megindulása kizárólag állami szándék alapján valósulhat meg. A gyártástervezés alapvető terv számainak meghatározásánál irányadók a nemzetközi eladási adatok. A vizsgált feltételek mellett, szakmai becslés, illetve a kérdőíves kikérdezésre adott válaszok (Evasys)³⁵ figyelembe vételével a hazai katonai felhasználás esetén 15 darab, míg a polgári részen mintegy 30 darab repülőgéppel lehet ellátni a meghatározott feladatokat. A nemzetközi piaci igények kielégítésénél a Diamond Aircraft 228 darabos éves számának a 10%-a reális célkitűzés lehet. Tíz éves gyártásban tartás mellett, 228 export, és a 46 darab hazai felhasználás esetén összesen 273 repülőgép, kerekítve 280 darab gyártása tervezhető.

Természetesen a tervezett darabszám becslésen, arányosításon alapul, és nem veszi figyelembe, hogy a koncepció új, idáig nem létező szegmenst tölt be a piacon, illetve, hogy a katonai felhasználás miatt nem csak egyedi megrendelések, hanem nagyobb flotta-megrendelések is reálisan elvárhatók.

III.3 Az egyszerűsített üzemeltetési lehetőségek, technikai környezet szükség leszállóhely alkalmazása esetén

A repülőeszközök veszélyeztetettsége minősített időszakban, valós alkalmazási környezetben jelentősen megnő. A II. világháborúban a szemben álló felek, számos esetben jelentős vesztséget szenvedtek el a repülőtéren álló repülőgépek megsemmisítése miatt. A légi járművek zöme a mai napig alapvetően repterekről üzemel speciális fel- és leszállási, valamint kiszolgálási körülményeik miatt. Egyértelműen látszik, hogy ez adja az egyik leggyengébb, legsebezhetőbb pontját a harcászati alkalmazásuknak. Izrael 1967-ben, a hatnapos háborúban egy váratlan légi csapás sorozatban még a földön megsemmisítette az egyébként jelentős létszámfőlényben lévő ellenséges repülőgépparkot, amellyel meghatározó légi főlényre tett szert, és ezzel a háború további alakulását is eldöntötte. A hatnapos háború tapasztalatai ugyanakkor megújították a harcjeljárások fejlődését és a hozzá tartozó eszközök speciális viszonyok közötti üzemeltetésének lehetőségeit. [73.]

³⁵ A IV.2 fejezetben részletesen tárgyalva.

Az autópályákból, közutakból – eredeti funkciójuk megtartása mellett – kialakított szükségleszállóhelyek, tartalék leszállóhelyek kijelölése, berendezése, alkalmassá tétele megoldást jelenthet sok problémára. A hidegháború évei alatt minden civil létesítmény tervezése során egyúttal felkészültek egy esetleges katonai célú átállás körülményeire is. Napjainkban, a megváltozott biztonságpolitikájú környezetben a polgári létesítmények hadi átállásának jelentősége háttérbe szorult, de hazánkban az aktuális kormányprogram által meghatározott autópálya-fejlesztések tervezésekor, esetleg érdemes lehet ilyen szempontból is megvizsgálni az útszakaszok kialakítását.

A légi járművek felhasználásánál a feladathoz való optimalizálás az elsődleges konstrukciós alapelv. Ennek megfelelően az adott feladathoz köthető előnyös tulajdonságok nagyobb hangsúlyt kapva jobb adottságokkal szerepelnek, míg a „földön hagyható elemek” kevésbé előnyös konstrukciót hordoznak. Például: jó minőségű aszfaltról felszállva gyengébb futóművek, kisebb kerekek is elegendők. Ezzel a repülőgép súlyát, méretét csökkentve a repülési paraméterek javíthatók. Felszállópályáról, illetve repülőtérrel vagyunk kénytelenek üzemelni, a háttérben húzódó infrastruktúra, a speciális kialakítások, a szervezési- és szervezeti körülmények nemcsak a légi jármű, hanem a magas működési-biztonsági követelmények kielégítését is szolgálják.

Egy repülőtér nemcsak a fel- és leszállásra alkalmas terület, hanem teljes háttérbázisa az adott repülőgép kiszolgálásának. [74.] Természetesen érthető, hogy az értéke is igen magas egy repülőtérnek. A Budapest Airport Rt. privatizációja során **464,5 milliárd** forintos azonnali tranzakciós ellenértékkel a brit BAA International Ltd. tette a legjobb ajánlatot.³⁶ [75.]

Nagy értékük és értéksűrűségük miatt, a légikikötők elsődleges katonai célpontokká váltak.

Németország a **második világháborúban**, a Szovjetunió megtámadásakor a gyors elsöprő légitámadásaival kezdetben jelentős légi fölényre tett szert. Az 1941. június 22-én kezdődő hadműveletben, az első csapásmérő He-111 és Ju-88 típusú bombázók, egy hét alatt közel **6000 repülőgépet semmisítettek meg, nagy többségüket még a földön**; 1810-et még a támadás kezdetének első napján. Az ezt követő napokban, egészen a hónap végéig, azaz június

³⁶ 2005 júniusában az Állami Privatizációs és Vagyonkezelő Rt. honlapja alapján a tulajdonos kétfordulós pályázaton értékesítette a Budapest Airport Rt. 75 százalék mínusz 1 szavazatot kitevő tulajdonrészét

28-ig 1570 repülőgép semmisült meg a Középső hadszíntéren, 1360 darab a déli, és 1211 darab repülőgép a balti hadszíntéren. [76.]

A háború második felében azonban, a szövetségesek bombatámadásai komolyan veszélyeztették a német repülőtereket. Ezért a német repülőgépeket széttelepítették, és az ország autópályáit, mint alkalmas kifutópályaként alkalmazták.



18. ábra. Me-262 vadászgépek a II. világháborúban kitelepült körülmények között [77.]

A **hatnapos háború néven** elhíresült arab–izraeli összecsapás 1967-ben tört ki, és bár a sikerre vivő stratégia már korábban is ismert volt, a jellege miatt vizsgálatra érdemes. Nasser egyiptomi elnök vezetésével, négy szövetséges arab állam³⁷ elkötelezte magát egy Izrael elleni háborúra. A szovjet hadi felszereléssel ellátott arab országok 1800 harckocsival, 660 harci repülőgéppel és 364 000 fős hadsereggel álltak szemben az izraeli haderő 800 harckocsijával, 300 harci repülőgépével, és 264 000 fős, francia, angol és amerikai forrásból felfegyverzett haderejével. [78.] A teljes izraeli légierő bevonásával a „Fókusz hadművelet” „Operation Moked” fedőnéven, 1967. június 5-én Izrael légitámadást indított egyszerre mind a négy ellenséges ország ellen. A hadművelet reggel 07:45 indult, és az izraeli légierő hadra fogható repülőgépeinek 95%-a részt vett a támadásban. Három hullámban támadtak: a repülőtereket bombázással – a futópályát használhatatlanná téve – majd ezt követően **a fedezék nélkül, a szabadban tárolt gépeket a földön megsemmisítették.** Az első hullámban 8 **radar állomást,** és 11 **repülőteret támadtak,** 197 darab egyiptomi repülőgépet megsemmisítve. A második hullámban gyors üzemanyag és lőszer feltöltés után, újabb 14 repteret támadtak, és 107 darab

³⁷ Négyes szövetség tagállam: Egyiptom, Jordánia, Szíria, és Irak

egyiptomi gépet semmisítettek meg a földön. A felszállni képes két szíriai gépet légi harcban lőtték le. A harmadik hullámban, 85 gép bevetésével egyiptomi, szíriai, jordániai és iraki célok támadására indultak. A délutáni negyedik hullámmal zárult a hadművelet, amelynek teljes mérlege: Izrael oldalán 19 elvesztett repülőgép, az arab szövetség oldalán 330 vadászipülőgép, 62 bombázó, illetve 44 darab szállító repülőgép és 16 darab helikopter. [79.] Az arab államok légierejének 75%-a elpusztult az első napon, és ezzel Izrael megszerezte a térség légi uralmát.



19. ábra. A bejruti repülőtér a hatnapos háborúban [79.]

A hadművelet sikerét nagymértékben segítette a kifejezetten erre a célra fejlesztett felszállópályát romboló Durandal BLU-107 bomba. Izrael állam megalakulása óta számolt a háború lehetőségével, és tudta, hogy az arab országok környezetében véráldozattal kell megtartania függetlenségét.

A hidegháború időszakában a haderőfejlesztések anyagi forrásokat nem kímélve, a technikai eszközök fejlesztésére, újak létrehozására és a meglévők megóvására koncentráltak. A hatnapos háború tapasztalatai között a repülőtér, és annak üzemeltetési feltételei, katonai felhasználhatóságának részei és egésze problémaként tűnt elő. A biztonság szavatolása és a hadi eszközök alkalmazási pontjainak bizonytalansága megnehezíti az ilyenfajta légikikötők működését, létjogosultságát. (A műveleti terület körzetében nincsen repülőtér vagy nem saját fennhatóság alatt áll.) A meglévő légi járművek biztonsága érdekében a repülőtéri védelmi rendszerek is megerősödtek. Mindezek mellett a legnagyobb harcászati előnyt, a támadásban a meglepetést és a védelemben a legnagyobb védettséget, mégis az ismeretlen területre váratlan kitelepüléssel járó szükségesszállóhelyek jelentik.

Az **autópálya-szükségrepülőtér** olyan autópálya vagy közforgalmú útszakasz, amelyet tervezési sajátosságainál fogva hétköznapi feladataiból könnyen katonai alkalmazásba lehet venni, repülőtérre lehet alakítani. A hidegháború időszakában Kelet- és Nyugat-Németország, Svájc, Ausztria, Csehszlovákia, Finnország, Lengyelország valamint Svédország épített és használt ilyen útszakaszokat. [54.]



20. ábra. C-130-as leszállásban egy szükségrepülőtéren [80.]

A hidegháború befejezésével a politikai irányokkal együtt változott a katonai fejlesztések hangsúlya, és az alkalmazott harceljárások, illetve a háborús készenlétben tartott katonai- és civil erők mennyisége és struktúrája is. A szükség-leszállóhelyek használata megszűnt, vagy minimálisra redukálódott.



21. ábra. Szükségleszállóhely Suwon, Dél Korea, A29 Bréma [41.],[77.]

A szükség-leszállóhely, **hasonló terhelési** viszonyokra tervezett, mint egy felszállópálya. Az e célra is szánt autópálya általában két, két és fél, **három kilométer hosszú**, vízszintes egyenes útszakasz, amely felett nem találunk **felüljárót, nagyfeszültségű** elektromos vezetéket. Az építés során ezen a szakaszon nem használnak nagyméretű **információs táblákat** és a **sávelválasztást zöldsáv** helyett könnyen felszedhető szalagkorláttal vagy szegélyjelzővel oldják meg, egybefüggő betonfelületet alkotva. A **leszállóhely két végén egy-egy, a repülőgépek tárolására, előkészítésére, töltésére alkalmas betonozott** területet is kialakítottak, amelyet ma, polgári üzemben benzinkút melletti parkolónak vagy pihenőnek használnak. Ennek megfelelően az üzemanyag, csatorna, elektromos, és távközlési infrastruktúra is kialakított.



22. ábra. Speciális kialakítású, gyorsan felszedhető szalagkorlát, [77.]

A repülőtérre alakításhoz mobil, járműre szerelt vagy gyorsan telepíthető eszközöket készítenek. (Mobil légiirányító központ, üzemanyagtöltő kocsik és tartályok, NDB rádió navigációs eszközök, telepíthető fénytechnikai eszközök, energiaellátás.) [81.],[82.]

Szükségrepülőterek kijelölésénél, építésénél figyelembe kell venni az adott **útszakasz szélességét** is. Az autópálya sáv szélessége 3,75 m /sáv, a teljes szélesség, a leállósávot is beleértve 26,6 méter 2×2 sáv esetén, és 35,5 méter 3×2 sáv esetén. Az autóút sáv szélessége 3,5 méter, teljes szélessége pedig (koronaszélesség) 25,6 méter. [83.]

A repülőtér rendszerint a felszállópálya és a gurulóutak **terhelhetőségére** jellemző számot, úgynevezett LCN³⁸ és PCN³⁹ értékeket határoznak meg. A repülőgépnek szerkezetre meghatározott ACN⁴⁰ értéke van, amellyel egyértelműen meghatározható, hogy az adott légi

³⁸ LCN – Load Classification Number – Terhelés osztályozási szám a repülőgépre

³⁹ PCN – Pavement classification number – Burkolat osztályozási szám

⁴⁰ ACN – Aircraft Classification Number – Repülőgép osztályozási szám

jármű igénybe veheti-e, illetve milyen korlátozásokkal használhatja a légikikötőt. A szükségreptereknél és a leszállásra kijelölt egyéb útszakaszoknál ezen értékeket szintén meg kell határozni, illetve át kell számítani, annak ellenére, hogy a vizsgált könnyű repülőgép kategória tömege jóval alatta marad a hétköznapi kamionforgalom által adott terhelésnek. [83.], [84.]

A hazai viszonyok között a szükség-leszállóhelyek kiépítése és rendszerszerű működtetése biztonságpolitikai szempontokból indokolt. Jelentős gazdasági ráfordítást nem igényel, viszonylag könnyen megvalósítható. Annál is inkább, mert 2022-ig az IKOP⁴¹ keretében közútfejlesztési beruházásokat hajtanak végre európai uniós CEF⁴², valamint hazai költségvetési forrásokból. [85.]

III.4 Összefoglalás és részkövetkeztetések

A fizetőképes kereslet és a jóléti társadalom erősödésével az autóipar jelentős mennyiségi és minőségi fejlődésen ment keresztül. A fejlesztések átvételének iránya megfordult, napjainkban a fejlesztések és gyártmányok egy részét a repülőgépipar veszi át az autó iparból. Hazai léptékekben is megvan a lehetőségünk gyártásban lévő autó motorokat – továbbfejlesztés után – repülőgépek motorjaként felhasználni. Az autóipari cégek hazai beszállítói háttere olyan szintre erősödött, hogy az általuk készített termékek megfelelnek, a repülésben elfogadott AS/EN 9100-as minőségbiztosítási rendszernek. A hazai repülőipari cégek és az autóipari beszállítói háttér jó alapja lehet egy hazai repülőgépgyártás beindításának, ezen cégek azonosítását a Magyar Repülési Klaszter elvégezte. Magyarország rendelkezik repülőgép üzemeltetési, fejlesztési, gyártási tapasztalattal, és bár az oktatási rendszer e tekintetben létszámban szűkülő, de mégis létezik, és számos különböző oktatási szinten és szakterületen képez repülési szakembereket. A hazai mérnök és kutatói háttér szintén megfelelő színvonalú egy többcélú katonai repülőgép fejlesztésére.

A konténerizáció lehetőségeit felhasználva, fegyvernemen átívelő módon bemutattam, hogy kis méret esetén, jól használható a feladatmegosztáson alapuló szerkezeti

⁴¹ 1247/2016. (V. 18.) Korm. határozat az Integrált Közlekedésfejlesztési Operatív Program éves fejlesztési keretének megállapításáról

⁴² Európai Hálózatfejlesztési Eszköz

kialakítás. Az egységes méret, tömeg, elektromos ellátás, kialakítása lehetőséget biztosít más felhasználók és szakterületek részére is, hogy saját feladataikra optimalizált fejlesztésüket, kialakításukat megtegyék.

A szükség-leszállóhely taktikai kialakításának szükségszerűségét történelmi elemzéseken keresztül mutattam be, és meghatároztam azt a logikai láncot, hogy a repülőterek magas értéksűrűségük miatt elsőszámú célpontokká váltak. Hazánkban a szükségleszállóhelyek használata indokolt, és jelentős anyagi ráfordítást nem igényelnek, a közútfejlesztési beruházásoknál előzetes honvédségi igénypontosítással megvalósíthatók.

Összességében elmondható, hogy a hazai technikai, szellemi háttér adott egy többcélú könnyű katonai repülőgép fejlesztéséhez, gyártásához és üzemeltetéséhez. Az adott viszonyok között reálisan a 70-80%-os hazai részvétel megcélozható. A hazai képességek jelen állapot szerinti feltárása után, a gyárthatóság felső korlátait a könnyű kategória felső szegmensére, 2500–3000 kg maximális felszálló tömegű repülőgépre helyeztem. A gyárthatóság jelentős részben országhatárokon belül megvalósítható, de számos olyan terület van, amely ma még meghaladja a képességeinket. A tudományos kutatások hazánkban működnek és jó eredményeket érnek el, de a világszínvonalat, a magas költségvetésű kutatóintézetek képviselik. A vizsgált kategóriában a világszínvonalat igénylő gyártási elemek csak kis mértékben jelentkeznek, de a fejlesztés nem is erre fókuszál. Földrajzi helyzetünk, valamint a nehézipari háttér (alapanyag-előállítás, fémbányászat, olvasztás, ötvözés) hiányában, külföldi behozatalra szorulunk.

IV. FEJEZET. A TÖBBCÉLÚ KATONAI KÖNNYŰ REPÜLŐGÉP MŰSZAKI MEGVALÓSÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

IV.1 A katonai és polgári repülőgépek tervezési sajátosságai, eltérései

Számos olyan repülőgép ismert világszerte, amelyet eredetileg civil feladatokra terveztek, majd később katonai szempontok szerint alakítottak át. Célszerű tehát megvizsgálni mind a polgári, mind a katonai repülőgépek alapvető jellemzőit, kimutatni a köztük lévő és feladatrendszerükből adódó eltéréseket, valamint az ebből adódó technikai különbségeket.

Nyilvánvaló tény, hogy a jobb repülési teljesítmény eléréséhez nagyobb vonóerőre, kisebb tömegre, áramvonalasabb formára van szükség. Az áramvonalasabb forma és az alacsonyabb súly miatt fel kellett áldozni a légi jármű földön való közlekedésének egy részét, így a repülőgép földi stabilitása, a fékezhetősége és az út egyenetlenségeivel szembeni toleranciája korlátozásokat szenvedett. Gyengébb fékrendszer alkalmazásával, gyengébb futómű tervezésével a repülőgép súlyát csökkenthetjük, de a leszállási úthossz nő, rosszul kiszámított leszállás esetén pedig jelentősen megnő a repülőgép sérülésének esélye. Alapvetően a levegőben való mozgásra tervezett repülőgép esetében azonban ezekből a tulajdonságokból lehet engedni. A leszállási stabilitásból az alapkiképzésre tervezett repülőgép kevesebb, míg egy vadászrepülőgép több engedményt tud elviselni. A kiképzés során a növendék hibázási esélye nagyobb és mindenképpen a gép által tolerálandó, ugyanakkor a vadászrepülőgépet rendszerint jól kiképzett pilóta vezeti, várhatóan kevesebb, kisebb hibákkal.

A peremfeltételek szűkítésével, illetve pontos definiálásával azonban egyéb üzemi paramétert is képesek lehetünk javítani. Például egy úrsikló felbocsátási és visszatérési körülményeihez előírják, hogy kizárólag szélcsendben (turbulencia-mentes környezetben) indulhat, illetve térhet vissza. Ezzel az adott esethez teljesen elfogadható üzemeltetési kritériummal (lehetőségünk van szabadon megválasztani az indulási időpontot) a sárkányszerkezet terhelését, és ezen keresztül a konstrukció súlyát is csökkentettük. Az ürbe juttatható eszközök mennyiségét így növeli tudtuk, hiszen ez is volt az alapfeladatunk. Ugyanakkor, az utasszállító repülőgépeknél ilyen lehetőségünk nincsen, épp ellenkezőleg, a minimumra kell csökkenteni azon időjárás körülmények számát, amikor a gép nem képes a tervezett feladatot végrehajtani.

Rövid elemzés után megállapítható, hogy két légi jármű közül melyik a katonai és melyik a polgári célokra készült. Számos olyan repülőgép ismert, amelyet eredetileg a civil

repülés számára terveztek, majd később katonai szempontok szerint módosítottak. A hidegháború szovjet polgári fejlesztései sok esetben már a tervezőasztalon tartalmazták az adott jármű hadrendbe illesztésének lehetőségét, legyen az személyautó vagy akár repülőgép.

Szükséges tisztázni néhány ezzel kapcsolatos fogalmat, amely gyakran összekeveredik a köznyelvi szóhasználatában. Az általam vizsgált irodalmak az alábbi négy esetre kielégítő meghatározást nem adtak, így ezek definiálásával magam próbálkozom.

- A **katonai légi jármű** az az eszköz, amelyet hadi felhasználásra optimalizáltak, bár nem közvetlen harcérrintkezésre készült, de a háborús túlélőképesség igénye megjelenik rajta. (C-17 Globemaster, Mi-8 HIP)

- A **harc repülőgép** aktív résztvevője a közvetlen harcnak, harci túlélőképességét ezért lehetőség szerint maximalizálták, és a rajta lévő fegyverzet is erősebb, mint egy katonai repülőgép esetében. (A-10 Thunderbolt, Mi-24 Hind)

- A **polgári repülőeszközöknél** a tervezés során a gép gazdaságossági, sport felhasználhatósága vagy a tömeg alacsony értéken tartása, illetve egyéb speciális képesség a fő cél. (Da-40, C-172)

- A **felfegyverzett repülőgépek** azok a légi járművek, amelyeket polgári célra terveztek, és később egészítették ki fegyverzettel, vagy egyéb speciális képességgel. Fontos, hogy ezen eszközök alap építési célkitűzéseiben a túlélőképesség nem volt szempont. (SF-260, Socata-235, SF-92, C-337 lásd. 20–22. oldal) [86.]

A katonai légi járművek lényegében valamennyi civil felhasználási részterületet felölelik, mégsem mondhatjuk, hogy a katonai repülőgépek szerkezeti kialakítása teljes mértékben kielégítené a civil repülés által elvárt követelményeket. A polgári repülésben nagyobb súllyal esnek latba a **gazdaságosság** (gyártási és üzemeltetési költség), **a kényelem, biztonság** és a **külső megjelenés** szempontjai. A nyereségorientált civil repülés területén más szerkezeti megoldások jelennek meg. **Az alapvető különbséget mégis a hadszíntéri veszélyeztetettség generálja.** A katonai alkalmazás során minden katonai légi tevékenységet – különböző erő kifejtéssel, de – a szemben álló erők igyekeznek meggátolni. Ez az ellentéves tevékenység a katonai vagy harci légi járművek egyedi kialakításának az alapja. A tervezők ezért elsősorban **a repülőgép felderíthetőségét, a különböző pusztító eszközök által okozott sérüléseket, valamint a sérülések következményeit igyekeznek csökkenteni.** A feladatok során a harcászati célok elérésének fontossága sokszor a repülésbiztonság rovására

megy, azaz a feladat végrehajtásának a fontossága nagyobb nyomatékkkal bír, mint a repülőgépben okozott sérülések minimalizálásának igénye.

Érdemes megvizsgálni annak a lehetőségét, hogy légi jármű műszaki fejlesztése gazdaságossági, harcászati szempontból előnyös-e, egy minden feladatra képes erős védettségű, széles sebességtartományú légi jármű használata, több kisebb részfeladat megoldására képes eszközzel szemben. A későbbi modernizáció, korszerűsítés lehetőségét számítógépes vezérlési rendszerek fejlesztésével már az alap tervezésnél figyelembe kell venni. A JAS 39 Gripennél például folyamatos szoftver-frissítésekkel javítják a meglévő hardver képességét. Az üzemeltetési tapasztalatok összegyűjtésével – amely a fedélzeti adatrögzítő és monitoring rendszer felhasználásával könnyen megoldható – új fegyverzeti, navigációs és repülésdinamikai tapasztalatok szerezhetők, az esetleges hibák pedig kiküszöbölhetők.

Az észlelhetőség, felderíthetőség csökkentésének legfőbb területei a vizuális, akusztikus, hő- és radarfelderítés. (23. ábra) Az előrejelzés, felderítés napjainkban alapvetően a radarfelderítést jelenti, ami a repülőgépek által visszavert radarsugarak vételére épül. A radar jelek visszaverésének csökkentése, elnyelése különböző konstrukciós megoldásokkal, illetve a burkoló és szerkezeti anyag helyes megválasztásával valósítható meg. A felderíthetőség csökkentése továbbá a fedélzeti berendezések rádió-, mágneses, hő- és hang- kisugárzásának csökkentésével érhető el. A saját fedélzeti (felderítő, időjárás, terepkövető) lokátor alkalmazása, a kisugárzás miatt azonban jelentős veszélyeket rejt.



23. ábra. Légijárművek felderíthetőségi frekvenciái [87.]

A radar-felderíthetőség csökkentésének másik gyakorlati módja a kis magasságú repülés, ahol a földön lévő tereptárgyak biztosítanak védettséget. Ez a védettség azonban rontja a repülésbiztonságot, növeli a hajózó állomány leterheltségét, továbbá speciális talajkövető rendszerek beépítését igényli.

A vizuális felderítés valószínűsége a magasságtól erősen függ. A felderíthetőség további szegmensei a **vizuális, akusztikus, illetve hő érzékelés** elvén alapulnak. Az aszimmetrikus hadviselésben a vizuális felderítés kiemelt fontossággal bír. Az észlelhetőség, felderíthetőség csökkentésének egyik legrégebben ismert módszere az álcázó festés, tábori repülőterek állóhelyén, hasonló szempontok szerint kialakított álcahálók használata. Az éjszakai bevetésű gépeket sötétszürke, illetve fekete színűre festik. Az éjjellátó berendezések használata és az éjszakai műveletek száma ugyanakkor napjainkban jelentősen megnövekedett, így a vizuális felderítés valószínűsége jelentősen csökken. Ennek megfelelően a külső, és a kabinon belüli világítás is módosult. A külső, hagyományos megvilágításhoz használt reflektorokat vagy egyáltalán nem használják, vagy olyan speciális szűrő alkalmazásával, amely csak az infra tartományban (éjjellátó készülékkel) látható.

A repülőgépek hőkibocsátáson alapuló felderíthetősége alapvetően a hajtóművek – motorok – hőkisugárzására vezethető vissza. A tüzelőanyagban rejlő hőenergia – üzemmódtól függően – 60–80%-a hővé alakul. A felderítés megnehezítése, illetve hatékonyságának

csökkentése érdekében ezért a gázturbinák kiáramló gázhűtését a környezeti levegővel való keverésével oldják meg; így a közeg hőmérséklete csökken, az izzó alkatrészek pedig takarásba kerülnek, mindamelllett, hogy a kiáramló hő mennyisége változatlan marad. Passzív megoldásként felmerül a kisebb motorteljesítmények esetén – 500 kW alatt – a repülőgép-dízelmotor alkalmazásának lehetősége is, ahol a jó hatásfok miatt a hőmennyiség-veszteség jóval alacsonyabb, így annak nagy részét (közel 50%-át) folyadékűtőn keresztül, alig néhány fokos levegő-hőmérséklet emelkedés mellett vezetik el, és a kiáramló gázokban lévő forró részecskék hőmérséklete is alacsonyabb. [26.],[28.]

A különböző pusztító eszközök (rakéták) hatékonyságát napjainkban az RWR⁴³ és az MAWS⁴⁴ használata képes csökkenteni. Az elhárítása manőverezéssel, optikai, infra csapdákkal, illetve vontatott hamis célokkal történhet. Ezen feladatok ellátásához szükséges berendezések elhelyezése azonban többlet súllyal és romló aerodinamikai kialakítással is együtt jár.

A repülőgépet ért találatok és az ezáltal **elszenvedett sérülések optimális szerkezeti kialakítás mellett, ugyanakkor hatásosan csökkenthetők.** Nyilvánvaló, hogy a repülőgép fő elemeinek – így különösen a szárny, a vezérsík, a forgószárny, a farok-légsavár – elvesztése azonnali repülésképtelenséget jelent. Ezen kulcsfontosságú pontok védelme elsődlegesen speciális konstrukciós megoldásokkal biztosítandók és csak másodlagosan páncélozással; kialakítása ugyanis minden esetben a tömeg növekedésével jár. A repülőgép-szerkezeteknél alapkövetelmény, hogy a konstrukció egy elem sérülése esetén se váljon működésképtelenné, azaz a képességeinek romlása minél alacsonyabb mértékű legyen. A konstrukció kiválasztásánál a **duplikálás, multiplikálás** – kétszerezés, többszörözés – nem is jelent feltétlenül szerkezeti tömegnövekedést. A sárkányszerkezet adott teherviselő elemeinek tömege, méretei csökkenthetők, ha a terhelést egyszerre több „párhuzamosított” elem veszi fel (pl. több fő tartószárnyyszerkezet).

A páncélozás, mint megoldás tehát a tömegnövekedést eredményező mivolta miatt alapvetően kerülendő. Emiatt a repülőgépek túlélő képességét inkább tömegnövekedést nem okozó, szerkezeti megoldásokkal igyekeznek javítani. Sok esetben, egyes szerkezeti elemek jellegéből adódóan nem lehet a duplikálást, mint biztonságot növelő eljárást sem alkalmazni. Ilyen esetekben használják az úgynevezett **árnyékolás eszközt**, amely azt jelenti, hogy

⁴³ RWR - Radar Warning Receiver – Besugárzás jelző, radar befogás jelző

⁴⁴ MAWS - Missile Approach Warning System – Rakéta közeledésre figyelmeztető rendszer

kevésbé fontos vagy már multiplikált berendezésekkel „körbevéve” – árnyékolva – csökkentik a létfontosságú rész találattal szembeni érzékenységet. A Ka-50 típusú helikopter esetén például a két hajtómű közé került beépítésre a főreduktor, és bár a hajtómű sérülése is jelentős kockázati elem, mégis találata esetén a gép még működőképes marad, szemben a forgószárny-reduktor találatával, amikor a helikopter azonnal működésképtelenné válhat. (24. ábra)

A fejlesztés során szempontként jelenik meg egy sérülés következtében elfolyt, üzemanyag – hidraulika olaj, motorolaj, hűtővíz – hiányából adódó száraz működési idő megnyújtása. Például a főreduktor találata esetén az elfolyt kenőolaj hiányában a fogaskerék rendszer berágódhat, besülhet, csapágycsúcsai elkophatnak, amely folyamat azonban felületkezeléssel, olaj adalékolásával, alkatrészen belüli szerkezeti kialakítással, (léghűtő alkalmazásával) lassítható. Ezen szempontok a polgári repülésben, repülésbiztonsági tényezőként megjelennek, de kisebb fontossággal.



24. ábra. Hajtóművekkel árnyékoló reduktor a Ka-50 helikopteren [41.]

A korszerű repülőgépeknél alkalmazott „**fail-safe**” (törésbiztos) szerkezetek lényege, hogy a konstrukciónak köszönhetően a szerkezet sérülései nem terjednek tovább, repedés, törés formájában, így a sérülés nem vezet a szerkezet összeomlásához. Ez a tervezési mód a polgári és a katonai repülésben is elterjedt.

A szárny, törzs **borítás** tiszta héjszerkezetű kialakítás esetén felveszi a terhelést, így annak sérülése kritikussá válhat. A burkolat sérülése a félháj és rácsszerkezetek esetén általában nem jelent súlyos hibát, hiszen a terhelés felvételében nem, vagy csak részben játszik szerepet, mégis a repülőgép bevetetősége a bizonytalanság miatt jelentősen lecsökken. A „felszínre nem

került” egyéb sérüléseket valószínűsíti ugyanakkor a teherhordó elemek, segédberendezések, szárny-mechanizációk, vezetékek stb. károsodása. (25. ábra)

A borítás takarásában a **teherviselő elemek**, főtartók, hosszmerítők kétszerezése jelentős szerkezeti **tömegnövekedéssel nem jár**. A tartók számának növelésével az egy elemre eső terhelés csökken, s a szerkezeti tömeg csökkenthető. Sérülés esetén nem a teljes teherviselő elem esik ki, hanem csak egy része, így a sérülésekkel szembeni védettség javul.



25. ábra. Bevetésben sérült A-10 Thunderbolt repülőgép [79.]

A **kormánylapok** sérülése, elvesztése érzékeny pontja a repülőgép túlélőképességének. Ha egy csűrő kormány bekötésére gondolunk, egy kormánylap két bekötési pontja esetén az egyik elvesztése a gépre nézve katasztrófális következményekkel járhat. Ennek elkerülése érdekében a kormánylapok két forgási csomópontja helyett, szerkezetileg három pont alkalmazandó. A kormánylapok fokozott védelme a másik kormánylap általi kiegyenlítésével, illetve a fékszárnyak aszimmetrikus kitérítésével is elérhető. Ilyen esetekben ugyan a repülőgép harci tulajdonságai lényegesen romlanak, de kormányozhatósága részben mégis megmarad. A Szu-25 típusú repülőgép oldalkormányja például egymástól függetlenül működő, osztott szerkezetű, amely sérülés esetén a részleges vezethetőséget megtartja. (26. ábra) További példaként szolgálhat a Saab JAS-39 Gripen számítógéppel a kormányfelületeket integráltan

vezérelt kormányzási rendszere, amely 40%-os mértékű sérülésig rekonfigurálással biztosítja a vezethetőség fenntartását. [88.]



26. ábra. A Szu-25 függőleges vezérsík és oldalkormány konstrukciója [41.]

A **vezérlés elemei** szintén a repülőgép érzékeny részei. Ezen egységek robotpilóta beépítésével részben duplikálhatók. A párhuzamos vezérlőrendszer képességcsökkenések mellett alkalmas lehet arra, hogy a meghibásodott vezérlés szerepét átvegye, és a biztonságos leszállást biztosítsa.

A **hajtóművek** környezete az egyik legjelentősebb potenciális veszélyforrás. A hajtómű sérülése esetén a tolóerő elvesztése, csökkenése, az elektromos táplálás bizonytalanná válása, a hajtómű-robbanásból adódó egyéb károk és a tűz jelenti a legmagasabb kockázati tényezőket. Számos esetben nem is a szükséges teljesítmény, hanem a túlélőképesség növelése miatt alkalmaznak több hajtóművet. A sérüléstől való megóvás és tűzbiztonsági szempontok miatt a hajtóműveket rendszerint az érzékeny törzsből gondolákba helyezték, vállalva a gép szimmetriatengelyétől nagyobb távolságból adódó kormányozhatósági korlátok felerősödését és a többlet ellenállást.⁴⁵ [21.]

Sérülés szempontjából a legérzékenyebb és legnagyobb felületet a repülőgép **szárnya** jelenti. A tömeg és szilárdsági viszonyok miatt gyakran a szárnyban kap helyet a **tüzelőanyag**, amely a találatokkal szemben kiemelten érzékeny. A tartályok sérülése, a hajtóműveket tápláló

⁴⁵ A hajtóművek gondolákba helyezésének jó példája az A-10 Thunderbolt

tüzelőanyag elfolyása, a tűz és a robbanás miatt különösen kritikus. A tüzelőanyag elfolyása szekcionálással⁴⁶ csökkenthető. A tűz és robbanás elkerülésére különböző eljárásokat alkalmaznak. A tüzelőanyag megválasztása, és adalékolása döntően meghatározó; bár a **benzin fajlagos energiasűrűsége magasabb a kerozinénál, az alacsonyabb lobbanáspont miatt azonban tűzbiztonsága lényegesen gyengébb.** A tűz kialakulásának elkerülésére a tartály üres részét esetenként semleges, égést nem tápláló gázzal (széndioxiddal, nitrogénnel) töltik ki.

A túlélő képesség növelését, a tűzvédelmet rendszerint fedélzeti automata **tűzoltórendszerrel segítik** elő. Az üzemanyag-tartályok védelme érdekében a páncélozás ritkán alkalmazott megoldás.

Az **elektronikai** rendszerek sérülése számos képesség csökkenéséhez vezethet, de általában – a hajtómű-szabályozó és a Fly-by-wire repülésvezérlési rendszereket kivéve – nem okoz katasztrofális meghibásodást. Ezeknek a rendszereknek az elvesztése gyakran a küldetés meghiúsulásához vezet ugyan, de kiegészítő rendszerek, eljárások alkalmazása mellett a biztonságos leszállás meghibásodásuk esetén is végrehajtható. Az elektromos rendszerek sérülésénél a zárlatból fakadó fedélzeti tűz a legnagyobb veszélyforrás. Az elektromos rendszerek – egyenáramú, különböző frekvenciájú váltóáramú hálózatok – egymás közötti átjárhatósága a polgári repülésben is gyakran kialakításra kerül a repülésbiztonság növelése érdekében.

A sérülések között szerepelhet még a **futómű rendszer** károsodása is, amely közvetlenül a feladat végrehajtást és az útvonalrepülést nem befolyásolja, viszont a leszállásnál végzetes kimenetelű lehet.

Az ellentévékenységből adódó sérülések következményeinek **csökkentésére aktív és passzív eszközöket** használnak. Az aktív eszközök közé sorolható a **katapultülés, a mentőernyő, a tűzjelző és az automata tűzoltó rendszer.** A katapultülés – a rendszer fejlettségének megfelelően – a repülőgép sebességétől, magasságától és helyzetétől függetlenül úgy menti a pilótát, hogy az biztonságosan földet érhessen. Egyszerűbb változata a pilóta mentőernyője. A polgári repülés sportrepülőgépein egyre elterjedtebb, a katonai felhasználásban nem ismert,⁴⁷ a teljes gépet mentő **ejtőernyő használata.**

⁴⁶ több, egymástól elválasztott tartály-alkalmazása

⁴⁷ a katonai eszközök jövőbeni tervezésénél alkalmazási környezetnek megfelelően mérlegelhető

A passzív eszközök közé a pilótát védő öltözet, a sisak, a lángálló ruházat, a kesztyű, a cipő és ellenséges területen vagy vízen a pilóta túlélését segítő felszerelések tartoznak. A passzív eszközök közé sorolható még a speciális ergonómiai kialakítás, amely a becsapódáskor a személyzetet védi, a biztonsági öv, az energia-elnyelő ülések, a kényszerleszállás utáni gépelhagyást könnyítő ajtók, illetve a megjelölt vágási pontok. A repülőgép kényszerleszállása előtt a póttartályok, fegyver-függesztmények – élesítés nélkül – eldobhatók, valamint a felesleges üzemanyag is kiengedhető.

A passzív eszközök alkalmazása – a speciális ruházatot és a sisakot kivéve – a polgári repülésben szintén megjelenik. A katonai repülésben a sisak alkalmazása megköveteli a törzs szükséges belmagasságát, ez viszont az ellenállás, sebesség, fogyasztás összetevőket jelentősen ronthatja, sok esetben ezért a személyi állomány testmagasságát a válogató szűrésen szigorúan behatárolják. A lángálló kesztyű alkalmazása a fedélzeti műszerrendszerek kezelőszerveit durvítja el, amely szintén méretbeli növekedést eredményezhet, és a katonai felhasználás koncepcióját azonnal láthatóvá teszi.

A **polgári légi járműveknél** a tervezési koncepció a hatásfok, gazdaságosság, eladhatóság, biztonság, szempontok köré csoportosul. Ezek megvalósulása esetén az **élettartam, hatásfok, megjelenés, kényelem biztosítása mindenképpen jelentős tömegnövekedéssel is együtt jár.** Az utazás vagy légi szállítás, termékként történő eladhatósága, az utazási idő csökkentésével ma már nem javítható⁴⁸. A polgári repülésben a fizikai törvényszerűségek miatt a repülési sebesség észszerűen a hangsebesség alatt marad. Sokkal inkább a költségek csökkentése, a kényelem fokozása, és a biztonság javítása az elsődleges célkitűzés. A hajtóművek tervezési optimalizálása is a gazdaságosság szempontjai szerint történik.

A repülőgépek terhelési többszörösének méretezését a biztonság, a hatósági előírások és a felhasználhatóság szempontjai szabják meg. Polgári repülőgépek esetében a fordulóból adódó terhelés, a széllekedések, és a turbulencia szempontjai határozza meg. Speciális esetekben a sportrepülőgépek műrepülhetősége jelenti a korlátot. A vadásziprepülőgépek esetében a terhelési többszörös magas értéke teszi lehetővé a légi harc hatékony megvívását, hirtelen, kiszámíthatatlan irányváltások végrehajtását, amelyet a **pilóta által elviselhető maximális**

⁴⁸ Az utazási idő jelentős csökkentése harmadára, ötödére javíthatja a „termék” eladhatóságát. Ezt célozzák a hiperszonikus személyszállítási fejlesztések is, de ezek elterjesztése csak távlati célok között szerepel.

terhelési többszörös értéke határol. A sport műrepülő gépek és a vadászrepülőgépek között különbséggént jelenik meg a **terhelés időtartama.** A sportrepülőök esetében ez néhány másodperc, míg a harci repülőgépek esetében ennek többszöröse. [19.]

A logisztika és a légi szállítás a hadi célú alkalmazás két kulcskérdése, hiszen a műveletek többsége változó, stratégiaileg meghatározott területen zajlik. **Gyorsaságuk és rugalmasságuk miatt a légi járművek lehetőségeinek kihasználása kézenfekvő megoldás.** A technikai fejlesztések ezen szempontok kielégítését tartják szem előtt, amikor a **repülőteret nem igénylő** eszközöket helyezik előtérbe. A repülőterek, területi kötöttségük és nagy értéksűrűségük – védhetőségük miatt korlátozott felhasználást engednek háborús környezetben.

Az aszimmetrikus hadviselés elterjedésével alapvetően a helikopterek alkalmazására gondolunk, de emellett léteznek egyéb eszközök is. A helikopter negatív tulajdonságait⁴⁹ ellensúlyozandó, több olyan repülőgép vagy kiegészítő berendezés, fejlesztés létezik, amely kis felszállási területet igényel, illetve közutakat is képes fel- és leszállásra használni. Bár a polgári repülőgépeknél is létezik a hajtóműveken sugárfék, illetve vonóerő reverz, azonban ezek légi alkalmazása nem indokolt, így az ehhez kötődő minimális technikai plusz tömeg növekedés is elkerülhetővé válik. Katonai alkalmazásban ugyanakkor a manőverezés javítása és a meredek leszállási süllyedő profil miatt ezek előnyös felszerelések, fejlesztések lehetnek. A C-17 Globemaster esetében mindez 17 000 láb/perc, azaz 85 m/s függőleges sebességet jelent,⁵⁰ így adott esetben, egy ellenséges tűz alól igen rövid idő alatt képes kikerülni. A felszállási úthossz csökkentésére szárny-mechanizációkat, (fékszárny, orrsegédszárny), illetve startrakétákat használhatnak. A polgári repülésben a vonólégcsavaros felhasználása mellett, a lapátok reverzbe állítása nem használatos a repülőgép instabillá válása miatt. Toló légcsavar esetében a lapátok negatívba állítása a repülőgépre stabilizáló hatással jelentkezik. Így egy légcsavaros repülőgép is képes lehet a levegőben reverzbe állítva fékezni, és nagy függőleges süllyedő sebességet elérni. Felhasználási szempontból ez egy fontos képesség lehet, hiszen az ellenőrzött, biztosított leszállóhely körzetében képes a leszálláshoz a magasság csökkentését úgy elvégezni, hogy minél rövidebb ideig legyen az ellentevékenységnél kitéve.

A repülőtéren kívüli üzemelés a kiszolgáló egységek számára is igen komoly előzetes felkészülést igényel. A kitelepítendő eszközök tömege, térfogata, mennyisége természetesen a legkisebbre szorítandó. Lehetőség szerint minél kevesebb jármű felhasználásával kell

⁴⁹ alacsony sebesség, fajlagosan magas fogyasztás, drága üzemeltetés

⁵⁰ 85 m/s azt jelenti, hogy a szabadon eső ejtőernyős sebességénél másfélszer gyorsabb

megoldani az üzemanyag, fegyver, elektromos és oxigén-ellátási, valamint a repülésirányítási, energia-ellátási, távközlési, területbiztosítási képességet. A különböző leszállóhelyek és a külső egységektől való függőség csökkentése érdekében további speciális fedélzeti navigációs berendezések is szükségesek. **Autonóm navigációs berendezésekkel**, rossz időjárási viszonyok között is képes egy katonai repülőgép idegen és minimálisan előkészített területen, külső segítség nélkül leszállást végrehajtani. Ezek a rendszerek a polgári és katonai repülésben egyaránt felhasználhatók. [54.]

A szállítandó **deszant kirakásához tehertér ajtó**, valamint ki- és berakodást segítő berendezések szükségesek. Az ellenséges területen folytatott műveletek további jelentős szállítási infrastruktúrát igényelnek, így a légi teherszállítás, személyszállítás, műveleti utánpótlás szállítása egyre fontosabb. A szállítás alapfeltételeként a törzsben kialakított, jól felhasználható rakodó terület szolgál, amely egybefüggő görgős szállítószalag padlózatával, és konténer rendszerű tárolásával segíti a minél szélesebb körű felhasználást. Ez a szállítási környezet a polgári repülésben szükség esetén szintén elérhető. A teher kirakódása a civil reptereken jól kiépített infrastruktúrával történik, míg háborús alkalmazáskor ennek lehetősége sokszor egyáltalán nem biztosított. A polgári repülésben rendszerint az oldalajtókat használják a személyforgalom ki- és beszállására, illetve a teherforgalom ki- és berakodására. Az oldalajtók azonban szűk méretük miatt a nagyobb méretű és gyorsabb rakodásra, vagy deszantolásra nem, vagy csak korlátozásokkal alkalmasak. (27. ábra) Megoldásként adódik ugyanakkor a rámpa használata, amivel gyorsan, külső segítség nélkül is elvégezhető a kirakás akár a levegőből is. Erre már külön harceljárások is kialakultak. Az amerikai módszer szerint, a célterületen nyitott rámpaajtóval, néhány méter magasságú alacsony sebességű áthúzásnál, a deszantot egy lassító ernyővel **kicsúsztatják**. Az orosz eljárás ugyanakkor a nagyobb magasságú ejtőernyős kijuttatást alkalmazza, amely segítségével a repülőgépből a harckocsikat akár a személyzettel együtt is a célterületre tudnak juttatni. A földet érés sebességét az orosz haditechnikában ejtőernyővel, közvetlenül előtte pedig fékezőrakétákkal csökkentik, az emberi test számára is elfogadható mértékig. [8.][23.]



27. ábra. C-130, An-124, Mi-171, CH-47, Szu-80 rámpa-megoldásai [41.]

Összességében elmondhatjuk, hogy a katonai és polgári légi járművek tervezését illetően **jelentős különbségeket nem tudunk felfedezni**. Azonos fizikai törvényszerűségek alapján, azonos szerkezeti megoldásokból gazdálkodva, illetve azonos szakmai ismereteket felhasználva alakítanak ki repülő szerkezeteket. A méretezés is azonos eljárás szerint történik, azonos számítógépes programok felhasználásával. A tervezés során megegyezik mind a súly- és stabilitás-számítás, mind a teljesítmény- és a szilárdsági számítások, illetve a szerkezeti elemek méretezése is azonos. Azonos anyagokat, és ugyanazt a gyártástechnológiát kell alkalmazni mindkét fajta repülő tervezésekor, gyártásakor. Hasonlatos aerodinamikai összefüggéseket, és a gyártástechnológiában, minőségbiztosításban, üzemeltetésben azonos rendszereket ismernek és használnak. A termékfejlesztési lánc mindkét esetben egyező K+F metódusokat követ.

Különbségként említhetők azonban a speciális alkalmazási környezet, és az ellentétekenységből, valamint a feladatrendszerből adódó tervezési, konstrukciós eltérések.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a **katonai és polgári repülőgépek tervezési szisztémája azonos alapokra épül**, azonos számítási metódus mellett, ugyanakkor különböző szempontok szerint optimalizálnak, és ugyan egyező tervezési elemekből felépülő, de különböző konstrukciók alkalmazásán keresztül érik el az adott speciális tervezési célkitűzéseket.

Visszaulva a bevezetőben definiált, felfegyverzett repülőgép gondolatára, ahol a polgári célú tervezés után alakították át a repülőgépet korlátozott képességekkel katonai feladatokra, ebben az esetben is életképes lehet egy katonai fejlesztésű gépet katonai és civil feladatokra használni.

A fenti elemzésből összegzésként levonható tanulság ugyanakkor az is, hogy a **tervezésnél tudatosan már előre kialakított speciális funkciók, berendezés-elhelyezések, jóval kedvezőbb viszonyokat teremtenek, mint az utólag beépített elemek, eszközök.** Mindenesetre a tervezés során a későbbi fejlődési irányok előzetes prognosztizálása, illetve tudatos felkészülés egy majdani kiegészítő fejlesztésre, szintén nagyon kedvező alkalmazási feltételeket teremthet az újonnan kialakítandó repülőgépek számára.

Általános tapasztalatként az **autonóm működési jellemzők** erősítendőek. A leszálláshoz használható irányadók, NDB, VOR, ILS rendszerek várhatóan nem állnak rendelkezésre, katonai felhasználásban a GPS navigáció fenntartásokkal kezelendő. A tervezésnél szempontként kell, hogy megjelenjen az üzemanyag könnyű elérhetősége, széles minőségi felhasználási tartománya. (A Magyar Honvédségben rendszeresített AS-350-es helikopter üzemeltetési utasítása előírja a gázturbinában a JET A-1 üzemanyag felhasználását, de az élettartam 1%-ában, maximum 50 órában megengedi a közúti 95-ös ólmozatlan benzín felhasználását is.)

A repülőtéren kívüli üzemelés egyik alapja a STOL képesség. A fel- és leszállási úthossz csökkentésének módja lehet a hajtómű-teljesítmény növelése, az ellenállási erő csökkentése illetve üzemmódtól függően növelése, valamint az átesési sebesség csökkentése, és a gyors fékezhetőség. A pillanatnyi vagy rövid ideig tartó nagy teljesítmény elérése megvalósítható a hajtómű forszírozott üzemével, kiegészítő elektromos hajtások használatával.⁵¹

⁵¹ A hibrid hajtásokat a későbbiekben a V.3 pontban részletesen tárgyalom

A fékezhetőség a futóművek szerkezeti kialakításának változtatásával, fékezőernyő, sugárfordító, vagy a légsavar reverzbe állításával, illetve elfogó kötél felhasználásával javítható.

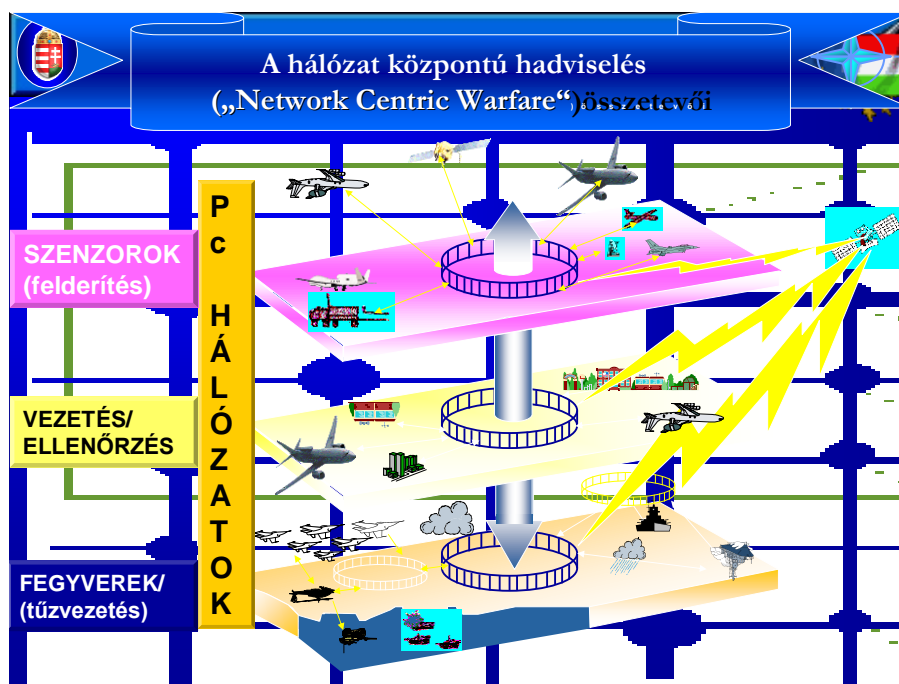
A katonai és polgári repülőgépek tervezési különbségénél elmondható, hogy előnyt élvez minden olyan szerkezeti, szervezeti megoldás, földi kiszolgálási eszköz, repülőgépre telepíthető vagy meglévő rendszer vegyes felhasználással, amely a kisebb méretet, kevesebb kezelőszemélyzetet, mobil módon javítható megoldást helyezi előtérbe. (Pl.: repülőgép levegőrendszeréről feltölthető rugóstag vagy felfújható kerékbalon, gyorsan telepíthető repülőgép nyugtázó készlet.)

IV.2 A repülőgépek közötti kommunikációból és feladatmegosztásból adódó lehetőségek

A korszerű háborús és nem háborús katonai műveletekben a kommunikációs, az információs, a vezetési, illetve a pusztító rendszerek, alrendszerek kapcsolódnak egymáshoz. Ezek a hálózatközpontú hadviselés⁵² kifejlesztett elemei, így a katonák ennek szabályai szerint hajtják végre a feladataikat. A hálózatközpontú katonai művelet legfontosabb eleme az információk megszerzésének és felhasználásának teljesen új módja, amely gyökeresen átalakítja a katonai műveletek korábbi vezetési formáját, módszerét. Ennek oka, hogy szinte minden információ valós időben és egyszerre áll a parancsnokok rendelkezésére valamennyi vezetési szinten. Megteremtődnek a döntés legjobb feltételei. „*A hálózatközpontú katonai művelet lényege, hogy egy rendszert alkot a felderítés, a döntés és a cél pusztítása a katonai műveletek végrehajtása teljes időtartamában*” [89.]. A katonai műveletek hálózatközpontú módon történő megvívása kiváló képzettségű katonákat követel, akik a különböző információs, számítógépes eszközöket kezelik. A hálózatközpontú katonai művelet sem helyettesíti azonban a parancsnokok és a katonák szakmai (katonai) tudását, valamint felkészültségét, sőt annak egy párhuzamos szálú képzését is igényli. A hálózatközpontú katonai műveletek a szárazföldi haderőnem számára lehetővé teszik az információcserét a többi haderőnemmél, más erővel. A parancsnokok állandóan valós képet kapnak a hadszíntéren folyó tevékenységekről, ez alapján a felderítés – célkiválasztás – csapás ideje lényegesen csökkenthető.

⁵²NCW – Network Centric Warfare – Hálózatközpontú hadviselés

Más szempontból, a hatásalapú műveletek analógiáján tehát megállapíthatjuk, hogy amennyiben a támadó fél a **társadalom elleni információs támadások** megtervezésekor figyelembe veszi az információs rendszerek közötti igen szoros kapcsolódásokat, akkor a közvetlen első támadással elért hatás mind a konkrétan megtámadott rendszeren belül, mind pedig a rendszerek közötti kapcsolatokban másod, harmad és többed rendű, és erősségű hatásokat vált ki. Ennek felismerése azért is fontos, mivel ez rámutat arra a tényre, miszerint ezt az elvet felhasználva, a hálózatilag összekapcsolt társadalmi szervezetek rendkívüli mértékben sebezhetővé válnak. Ezen kapcsolatok kezelése a TKKR esetében is jelen értekezésemet nem érintve, további kutatási irányokat jelöl ki.



28. ábra. A hálózatközpontú hadviselés szervezeti felépítése [89.]

A korszerű katonai művelet az előző korok hadviselési technikáit, információ továbbítási rendszereit jelentősen megváltoztatta. A hálózatos koncepciók a katonai műveletben is kialakultak, és a jövőben általánossá válnak. A hálózatközpontú katonai művelet a különböző szinteken résztvevő elemeket (vezetés, parancsnokok, fegyvernemek, irányítók, végrehajtók, katonák, védelmi távközlés, logisztika) hálózati rétegeknek és egységeknek tekinti, a közöttük lévő kapcsolatokat a hálózat szerkezete, feladata, illetve felépítése szerint határozza meg.

A hálózatközpontú katonai művelet lényege, hogy egyetlen integrált rendszerbe foglalja az érzékelőket, a döntéshozókat és a fegyverrendszereket. Alkalmazása során kiemelkedő jelentőségű a koalíciós partnerek közötti minél jobb információ-megosztás, a

döntéshozatal felgyorsítása, illetve az, hogy a megfelelő időben a megfelelő léptékű erőt, megfelelő katonai eszközt vessék be. Lényeges szempont, hogy a megkapott információ formája már a felhasználó számára eleve jól kezelhető formátumban jelenjen meg. Példaként idézhető a modern katonai repülőgép köteléken belüli adatkommunikáció, ahol a felderített földi célok megosztása a HUD-on⁵³ különböző színű pontjelöléssel jelenik meg, látványban a földi céllal együtt mozogva. A beérkezett információ egyértelművé teszi a pilóta számára, mely célok vannak felderítve, melyiket kell neki támadnia, és melyiket a kötelék másik tagjának, tagjainak.

A hatásalapú megközelítés és a hálózatközpontú hadviselés eredményességének és sikerének legfontosabb feltétele a **döntési fölény kialakítása**. Döntési fölény akkor érhető el, ha a haderő képes pontos és időszerű információk megszerzésére, azok biztonságos továbbítására, azonos elvek és eljárások szerinti értelmezésére. Ehhez a haderőnek egy minden részében együttműködő, integrált, közös hadműveleti hálózatot kell alkotnia.

Valószínű, hogy a jövő katonai műveletei alkalmazkodni fognak a politikai és stratégiai körülményekhez, a korszerű technikai eszközök hatással lesznek a műveletek megvívásának formáira, módjaira. [89.]

A konténer elvű felhasználás feltételezi különböző képességű eszközök azonos időben és dimenzióban történő alkalmazását. Egy feladat végrehajtásra induló repülőgépkötelék a feladat sajátosságainak megfelelő számú és felszereltségű légi járműből áll. Például egy nagy távolságú felderítő berendezéssel biztosítják a kötelék légi oltalmazását, illetve a veszélyek előre jelzését, míg egy kis távolságú felderítő légi fotókat készít és továbbít a légi vezetési pontnak, aki felhatalmazást ad az alakzatban repülő csapásmérő repülőgépek számára a fegyverrendszerek alkalmazására. Az együttműködés nem képzelhető el nagy sebességű, titkosított adatcsatorna nélkül. Ez alapvetően autonóm működést tesz lehetővé, de a szárazföldi egységek adataival is kiegészülhet. Fontos a kialakítás során, hogy a **kompatibilitás már a tervezés során is magas prioritással jelenjen meg**.

A hálózatközpontú katonai művelet sokkal több, mint többletfelszerelés: az optimalizált parancsnokságra, vezetési struktúrára, illetve átalakított kiképzési rendszerre helyezi a hangsúlyt, hogy a válasz gyors és a körülményeknek megfelelő legyen.

⁵³ HUD – Head Up Display – Kivetített képernyő

Az információs forradalom a többcélú repülőgépek számára is jó lehetőséget biztosít. A feladat ellátásához szükséges eszközök a köteléken belül több repülőgépre széttelepíthetők. Ezek az egységek a feladatukból adódó legkedvezőbb térbeli helyzetet képesek felvenni. A lokátorral felszerelt felderítő-repülőgép nagy magasságon, a földi légvédelemtől védett helyzetből, a háttérből képes pásztázni a légteret. A támadást végrehajtó kis magasságban, a terep, domborzat kihasználásával repül és hajtja végre a csapást. A közelfelderítő a cél közelében, közepes magasságban pontosítja, aktualizálja a kialakult helyzetet, vezetési pontként felhasználva jóváhagyja a támadást, és az eredményeket értékeli, folytatásról rendelkezik, vagy az eseményt képrögzítéssel dokumentálja. A támadást adat alapú döntés támogató rendszer segítségével kijelölve a legkedvezőbb pozícióban lévő repülőgép végzi el.⁵⁴

Az adott légi jármű harcászatahoz kötődő harceljárások fejlesztése későbbi kutatásoknak lehet célkitűzése, de az előbb említett példát a technikai környezet kézenfekvővé teszi.

IV.3 A konténerizációból adódó alkalmazási lehetőségek, a Többcélú Katonai Könnyű Repülőgép feladatrendszerének megosztására

A konténerizáció alapvetően azt a felhasználási elméletet jelenti, hogy a hordozó platform – esetünkben egy könnyű repülőgép – létrehozása után, a beltartalmat az adott felhasználó tölti ki a saját igényeinek megfelelően. A platform-felajánló, mint egy belső konténer, egységes szabványos csatlakozási lehetőséggel helyet biztosít a különböző felhasználók számára. Ez a fajta alkalmazási környezet lehetővé teszi, hogy egyfajta alapeszköz kerüljön kifejlesztésre, üzemeltetésre, és emellett biztosítsa számos eltérő igény kielégítését is.

A konténerizáció hatékonysága klasszikusan nyomon követhető az űrkutatásban, ahol a hordozórakéta-szerkezet biztosítja a világűrbe való kijuttatást, míg az egységet, az adott térfogat és tömeg rendelkezésre bocsátása után az adott szakterület (vállalat, ország) a saját

⁵⁴ A több légi jármű legmegfelelőbb pozíció-kihasználása, a haderőnemeken átívelve a haditengerészet tengeralattjáró taktikáit idézi. A világháborús eljárásokból ismert, úgynevezett „farkasfalka taktika”, ahol az őrzáratozásból felfedezett hajókonvojokat riasztás után több tengeralattjáró támadta meg a legmegfelelőbb helyzetet kihasználva.

berendezéseivel tudja megtölteni. Így kisebb anyagi ráfordítással és nemzetközi összefogással végezhetőek különféle elkülöníthető kutatási területek vizsgálatai.

Más katonai területeken is megtalálható a családlevű gondolkodás. A Wiesel 1 és 2 a német hadsereg számára fejlesztett páncélozott járműcsalád, amely kis méretei, tömege miatt légi szállításra kiválóan alkalmas. Változataitól függően tömege 2,75–4,78 tonna, amelyet egy 64 kW-os (84 lóerős), illetve 81 kW-os (109 lóerős) Volkswagen motor, maximálisan 70 km/h sebességre gyorsít. Kis méretei miatt, a különböző képességek egyszerre nem férnek el rajta, így ezeket külön típusváltozatokra, de egy alapra építik fel. Készült 20 mm-es gépágyúval, páncéltörő rakétával, aknavetővel, légvédelmi radarral, légvédelmi rakétafegyverzettel szerelt, parancsnoki, mentő és műszaki változatban. [90.]



29. ábra. A Wiesel páncélozott jármű alkalmazási változatai. [90.],[91.]

Természetesen a konténerizáció elve nem egy teherszállító repülőgép konténerét jelenti, amely közvetlenül ki- és berakodható, hanem általában a változtatható felszerelés-kialakítás lehetőségét.

A katonai feladatkörben egy többfeladatú könnyű repülőgép számára, a változtatható konténerrendszer sokféle felhasználási lehetőséget tartogat. Alapvetően **könnyű csapásmérő**, **felderítő**, illetve **légi szállítási** feladatokra optimalizálható.

A könnyű **csapásmérési képességeket** irányított, nem irányított levegő-föld rakétákkal, fedélzeti géppuskával, függesztett géppuska-konténerekkel, bomba fegyverzettel lehet elérni. A **konténerizáció ebben az esetben a szárnyra függesztett, változó méretű** és tömegű konténerrel oldható meg, amely egységesített mechanikai és elektromos csatlakozási lehetőséggel rendelkezik.

A repülőgép **felderítő képességei** speciális függesztett radar, optikai, sugárfelderítő konténerek segítségével, illetve a hagyományos vizuális megfigyelésekre épülnek.

A **légi szállítási** feladatok ellátására a négy-hat fő befogadására alkalmas utastér szolgálhat. Az alap rendeltetésen kívül számos, a különböző szakterületeken felmerült igények szerint kialakítható. Használható vezetési pontként, elektronikai átjátszó állomásként, gyors telepítésű speciális eszközök légi kijuttatására, ejtőernyős deszant utánpótlás szállításra stb.

A Wiesell páncélozott jármű, mint légimozgékonyásra tervezett eszköz felhasználása során is fontos tényező a megfelelő kirakási pont, a hordozó légi jármű repülőtéren kívüli üzemelésének, sajátos környezetének megteremtése. Például a kis fel- és leszállási úthossz (STOL képesség), gyengébb talajminőségű területekről való üzemelés, illetve a kiszolgáló eszközök méret és mennyiség szerinti minimalizálása.

IV.4 A katonai alkalmazást segítő berendezések sajátosságai és alternatívái

A modern katonai repülőgépekkel szemben elvárás, hogy a pilóta munkáját megkönnyítő, a feladat sikerességét maximalizáló integrált digitális műszerekkel kerüljön felszerelésre. A hagyományos műszerekkel ellentétben az integrált kijelzőkön megjelenített adatok, információk az aktuális helyzet fontosságának megfelelően hívhatók elő, modernizációjuk a szoftveres háttérnek megfelelően, egy frissítéssel módosítható, és az előző tapasztalatoknak megfelelően könnyen javítható. A fedélzeti térképek adatbázisa, a terepkövetési feladatokhoz földfelszín domborzati térképe, annak változásai, a repülőterek, leszállóhelyek adatai, használatos rádiófrekvenciák könnyen módosíthatók. A nagy méretű, színes folyadékkristályos kijelzők az információkat színek és méret szerint is ki tudják emelni, és használatuk éjjellátó kompatibilis. A fedélzeti rendszerek adatai mellett megjeleníthető a képernyőn külső kamerák

képe, a FLIR⁵⁵ rendszer képe, illetve a repüléssel összefüggő, speciális berendezések adatai (például a sugárfelderítő konténer mért értékei). A pilóták munkáját szintén megkönnyítő digitális térkép, GPS, HOTAS⁵⁶ rendszer is a feladat biztonságos és eredményes végrehajtását javítja. Szabvány katonai kódolt, digitális frekvenciájú rádió és a köteléken belüli nagy sebességű adatforgalmat biztosító kommunikációs eszköz használata indokolt. Opcionálisan felszerelhető a légi harcálláspont változat nagy teljesítményű felderítő-radarral, a parancsnoki állomány számára biztosítva az információkat, illetve különböző elektro-optikai berendezésekkel és felügyeleti rendszerekkel rendelkezhet. El kell látni IFF⁵⁷, ellenség-barát felismerő rendszerrel, mely térképre vetíti a saját- és az ellenséges erők elhelyezkedését.

A repülés kezdetétől megjelent az igény a biztonsági szint növelésére, amelynek másodlagos – tartalék megoldása – az **utas- és személyzetet mentő berendezések** és kialakításuk lehetősége. Az üzembiztonsági szint kiemelkedően jó értékei mellett az élet védelmét és a túlélést segítő eszközök fejlődése még koránt sem állt meg, további fejlődési lehetőségeket tartogat. A katonai repülés felhasználási jellegéből adódóan nagyobb veszélyeztetettséggel bír, mint a polgári légitözlekedés. Ennek megfelelően a személyzet – az utasok – vészhelyzeti gépelhagyása dominánsan a katonai repülésre jellemző, és a polgári üzemeléstől eltérő mentő berendezéseket igényel. A repülésben használt mentőeszközök, eljárások technikai megoldásain keresztül érdemes megvizsgálni a jelenlegi eszközök lehetőségeit, korlátait, és ezen keresztül a jövőre nézve új fejlesztési irányokat találni, amely hatékonyan képes könnyű repülőgépek mentőeszközeként üzemelni.

A **mentőeszközök rendeltetése** a légijárművön tartózkodó személyek életének és testi épségének megóvása, túlélési esélyeinek javítása. A repüléshez kötött veszélyforrás a sebességből, a magasságból, a katonai pedig a légvédelmi ellentevékenységből, a földetérés utáni, túlélési, kimentési kihívásokból ered. Vizsgálatom kifejezetten a katonai-polgári vegyes felhasználású könnyű repülőgépek kategóriájára fókuszál, ennek megfelelően szándékosan nem tárgyalja a kihermetizálódás, nagy sebességből – 0,6–3 Mach – adódó vészhelyzeteket, illetve a szervezési, légi irányítási, vagy az utas tájékoztató rendszerek elemeiből fakadó kihívásokat.

⁵⁵ FLIR – Forward Looking Infrared – Infravörös távcső

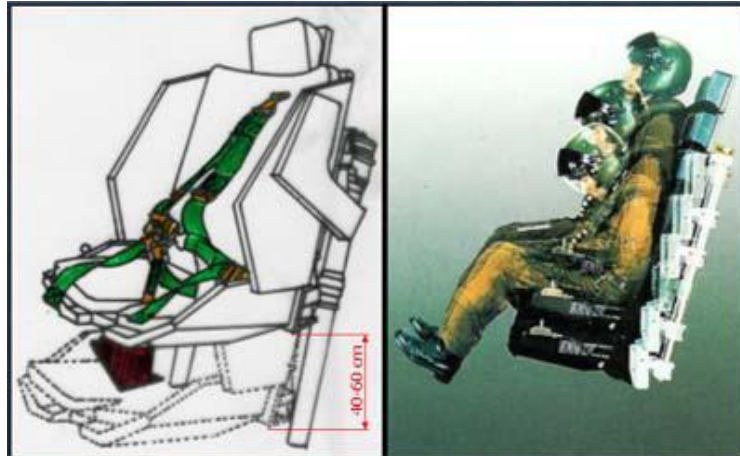
⁵⁶ HOTAS – Hands On Throttle-And-Stick – Kezek a gázkaron és a botkormányon

⁵⁷ IFF – Identification Friend or Foe – Barát ellenség azonosítás

A mentőeszközök használatát a légi jármű tartós repülésképtelensége vagy a pilóta cselekvőképtelensége indokolhatja. Ennek megfelelően alapvetően megkülönböztethetünk, műszaki meghibásodást, pilóta vagy légiirányítási hibát, meteorológiai, illetve katonai ellentevékenységből származó eseteket. Érdemes megvizsgálni és szétbontani a repüléshez, illetve a katonai alkalmazáshoz köthető veszélyeket.

A közforgalmú repülésben alapvetően passzív biztonsági elemeket alkalmaznak. Ez azt jelenti, hogy a passzív eszközök közvetlenül, beavatkozás nélkül pusztán jelenlétükkel speciális kialakításukkal, megelőzéssel látják el biztonsági feladataikat. Ilyen lehet a kényszerleszállásnál szikraképződést gátló burkolat, az irányított- kényszer törési pontok kialakítása, illetve a kabinban a személyzetet védő eszköz, ütközés esetére való ergonomikus kialakítása, nehezen égő belső burkolatok, utastájékoztató feliratok stb. Aktív védelemnek nevezzük azt, amikor az eszközök kizárólag a biztonság fokozása, illetve a közvetlen életmentésre kerültek beépítésre. Ilyen a katapultülés, az ejtőernyő, a fedélzeti tűzoltó rendszer vagy a biztonsági öv, valamint a légzsák.

A tartós, folyamatos repülésképtelenség és a levegőben azonnali megsemmisülés köztessége az **irányított lezuhanás**. A repülésre képtelen eszköz mozgásában stabilizálva, kiválasztott területre, igen rövid idő alatt hajtja végre a kényszerleszállást. A katonai repülés a taktikai, felderítési és légvédelmi elhárítási okokból gyakran használja a repülésre veszélyes, földközeli repülési tartományt. A becsapódás erejét csökkentő – passzív – eszközök alkalmazása a zuhanásból, nagy függőleges süllyedő sebességből származó ütközési energia elnyelését, csökkentését szolgálja. A személyzet, valamint a technika sérülésének elkerülése érdekében a legkisebb terhelési többszörös, a legkisebb lassulás elérése a cél. Az esetek többségében ezt az elmozdulási úthossz növelésével és a lassulás irányított, szabályozott értéken tartásával érik el. A terhelés felvétele eleinte rugalmas alakváltozással, egy határ után maradandó, irányított változásokkal valósul meg. A talajjal ütközésből adódó erőket maradandó alakváltozás nélkül a futómű – rugóstag és a kerékbalon – veszi fel, amennyiben a rugóstag teljes benyomódása nem elégséges, a személyzet ülése is deformálódni kezd további 40-60 cm úthosszon. (30. ábra)



30. ábra. AK-2000A ütközési energia-elnyelő pilóta ülés [92.]

A további lassulást, a futómű kitörését és az ezt követő változásokat a törzs irányított deformációja adja. A teherviselő elemek szegecskötések erősségének változtatásával időzíthetően deformálódnak, így a lassulás mértéke szabályozhatóvá válik. [92.]

A 31. ábrán repülőgépbe épített légszakokat látunk. A statisztikák szerint a katasztrófák 50%-ában a fejsérülés a fő halálozási ok, ami ezzel a módszerrel jelentősen csökkenthető. Az autókba szerelt légszakrendszerek működési sebessége limitált (mérettől függően 10-50 milliszekundum és 300km/h sebességű). Ez az intervallum a repülőgépek számára nem használt repülési tartomány, kifejezetten a földet érés utáni, lassulási időszakban, illetve a helikopterek számára használható. Gyakorlati tapasztalatként a környezeti viszonyok miatt a teljes lassulási idő hosszabb, mint a közúti közlekedésben. A repülőgépeknél használt légszakok hosszabb ideig, közel 3 másodpercig maradnak felfújva. [93.]



31. ábra. A Mooney légszak és a vele szerelt Diamond Da-40 típusú repülőgép törési tesztje [94.],[95.]

Mindezek ellenére a kényszerleszállás, irányított zuhanás eseteiben bizonyos sérülések elkerülésének eszköze lehet. Szerkezeti kialakítása részben eltér az autóknál megszokottól, a nyitási folyamat 9g terhelésre indul, és műszerfalba vagy a biztonsági övbe szerelt tasakból indítja a zsák felfújódását. (31. ábra)



32. ábra. Az MD-500 külső és a Da-40 biztonsági övre szerelt légzsák rendszere [96.]

Egy másik, kísérleti stádiumban lévő megoldásként, a törzs külső részére szerelt légzsákok lassítják a földdel való ütközést. (32. ábra) A felfúvódó ballonos rendszer felhasználhatóságát alapvetően befolyásoló előnyének mondhatjuk a csekély, alig 1,5 kg-os szerkezeti tömeget, illetve a pilóta szándékától függetlenül aktiválódó védelmet. A kismagasságú, nagysebességű repülésnél a személyzet reakció ideje nem elégséges egy vészhelyzet megoldására.

Kézenfekvő és bevált megoldás az **ejtőernyő** a személyzet mentésére. A repülési lexikon szerint „az ejtőernyő a rá erősített test (teher) zuhanását esés közbeni lassító szerkezet”. [86.] A szabadon zuhanó emberi test, 50 m/s körüli sebességét 5–8 m/s (illetve 0 m/s⁵⁸) függőleges sebességre lassítja, amely a biztonságos, sérülés nélküli földetérés feltétele. Magyarországon többféle mentőernyőt használnak, ezek közül leginkább elterjedtek az alábbi típusok: Sz-3-3; Sz-4; Sz-5K; PN-58; Re-5; PSZM-3; PSZM-4; PSZU-36. Külföldön elterjedt mentőernyők: USA - B-12; B-4; NB-6, NB-8. Polgári légi közlekedésben elterjedt típusok pedig: Security Safety-Chute, Pioneer Thinpack, Beta.

Az ejtőernyő elterjedtsége mellett felhasználhatósági korlátot jelent a pilóta fizikai képessége, amely a repülőgép nagy sebessége, bonyolult mozgása és ebből adódó erőhatások

⁵⁸ A 0 m/s, a kilebegtethető siklóernyőkre vonatkozik, míg a 5-8 m/s-os érték a hagyományos körkupolás ejtőernyőre értendő.

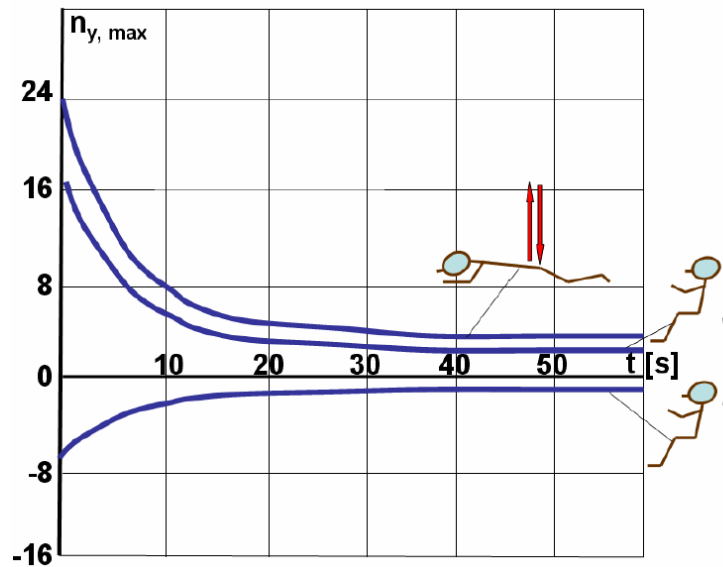
esetén a gépelhagyást megakadályozza, vagy korlátozza. Könnyen belátható, hogy a helikopter hirtelen bekövetkező és többségében katasztrófával végződő bepördülése esetén a függőleges tengely körüli forgási sebesség, $180^\circ/\text{sec}$ mellett a fellépő centrifugális erő a gépelhagyást lehetetlenné teszi, egy vadászrepülőgép esetén a légáramlásból adódó ellenállás 6–700 km/h sebesség esetén lehetetlenné teszi a kabin elhagyását.

Az ejtőernyő alkalmazhatósági korlátai közé sorolható továbbá a gépelhagyáshoz és az ejtőernyő nyílásához szükséges idő, és ezen keresztül a minimális repülési magasság. A mentőernyőt jellemző, fontos érték a minimális nyílási magasság, ahonnan adott repülési sebesség mellett az ejtőernyő képes a terhét biztonságos földetérési sebességre lelassítani. Ennek megfelelően kimondhatjuk, hogy a földközeli repülések esetében az ejtőernyő, mint személymentő eszköz, önmagában nem használható.

„A **katapultálás** a pilóta nagy sebességű – általában katonai – repülőgép elhagyása, kilőhető ülés segítségével, olyan esetekben, amikor a légijármű megsérül, irányíthatatlanná válik.” [34.] Fejlesztését a katonai repülés sebességnövekedése tette szükségessé.⁵⁹ A 400 km/h-t meghaladó sebességű légijárművek esetében a pilóta testére a levegő dinamikus nyomásából olyan nagyságú erők hatnak, amelyek az önálló gépelhagyást nem teszik lehetővé. Szerkezeti megoldásként a pilóta ülésrészt úgy alakították ki, hogy a hozzá rögzített hengerben lévő gázdugattyút az égés során keletkezett gáz kivetíti, a továbbiakban pedig a földetérést ejtőernyő segíti. A rendszer legerősebb korlátját a pilóta gyorsulásából adódó túlterhelés jelenti. (33. ábra)

A gépelhagyás során – bár csupán néhány tized másodpercre – de a túlterhelés (n_y) elérheti a gravitációs gyorsulás 16-20 szorosát is. A terhelés elviselhetőségét jellemző módon az edzettség, a testalkat, a testhelyzet és a terhelés ideje befolyásolja.

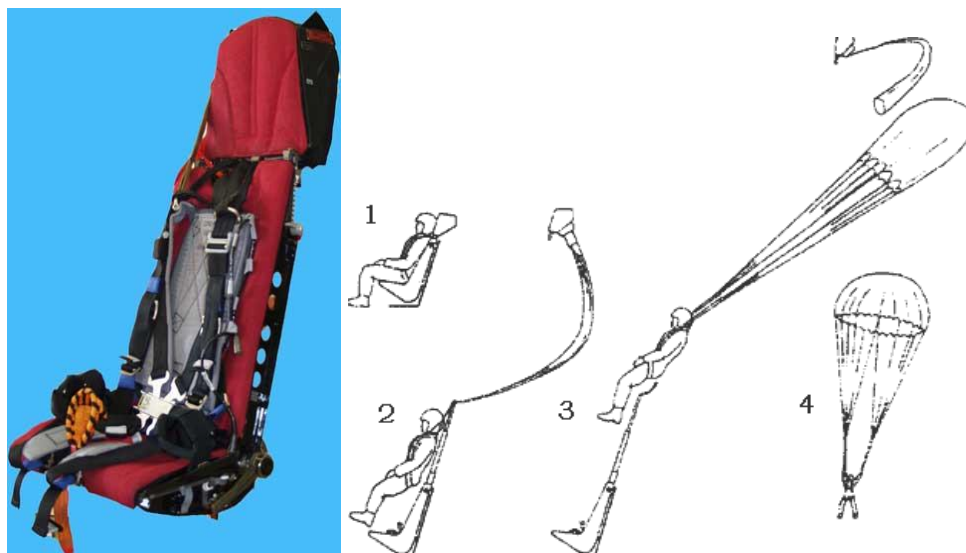
⁵⁹ A katapult ülés első sikeres terveit 1939-ben Németországban dolgozták ki, azt követően indultak sikeres fejlesztések Angliában, az Egyesült Államokban és a Szovjetunióban is.



33. ábra. Az elviselhető túlterhelés testhelyzetek és az idő szerint [92.]

A katapultálás technikai megvalósítása jelentős technikai feltételrendszer biztosítását igényli. A könnyű repülőgép kategória nehezen teszi elérhetővé egy már bevált, ülésenkénti 100-110 kg-os mentőrendszer alkalmazását. [97.] Bár mint mentőeszköz kidolgozott, magas biztonsági szintet ad, technikai megvalósíthatósága miatt a vizsgált kategóriára érdemes egyéb megoldásokat keresni.

Az alacsony magasságú repülés kiváló harcászati, felderítési védelemet biztosít, de a repülőgép vészelhagyását jelentősen megnehezíti. Kismagasságban a tereptárgyakkal való ütközés fokozott kockázatát jelenti, amely sok esetben a repülőgép elvesztéséhez vezet. Meghibásodásoknál a kis magasság miatt a tevékenységhez szükséges reakcióidő a minimálisra csökken. Az ejtőernyő használata tehát korlátozott, a megfelelő sebességű eljárás a katapultülés használata lenne, ami a gép többlet tömege miatt viszont reálisan nem alkalmazható. Köztes megoldásként fejlesztett a Zvezda gyár egy ülés nélküli kilövésű ejtőernyőt, kis sebességű, könnyű repülőgépek mentőeszközéül.



34. ábra. A Zvezda gyár, CKC-94 típusjelű rakéta kihúzású mentőernyője [97.]

A 34. ábrán bemutatott CKC-94-es mentőrendszer a pilóta gépelhagyását egy rudazatos kilövő rendszerrel oldja meg, az ejtőernyőt egy rakétával húzza ki, majd a levegő áramlása telíti a kupolát. Ilyen módon a gépelhagyás jelentősen felgyorsul, a pilótára jutó terhelés nem nagyobb, mint az ejtőernyő nyitásából adódó rántás. A minimális alkalmazási magasság a gyári adatok alapján 7 méteres repülési magasság. A teljes mentőeszköz tömege, változattól függően, 22-28 kg között mozog. Így a CKC-94, és ezeknek az elveknek megfelelő mentőrendszerek egy többcélú katonai- polgári vegyes felhasználású könnyű repülőgép által jól felhasználható alternatívák lehetnek. Az 5. táblázat összehasonlítóképpen néhány katapultülés technikai adatát mutatja be. [97.],[98.]

Gyártó	Típus	Sebesség	Magasság	Tömeg	Repülőgép
Zvezda	K-93	0-900 km/h – 0,9 Mach	0-13 km	68 kg	L-39
Zvezda	K-36D	0-1400 km/h – 2,5 Mach	0-20 km	103 kg	MiG-29
Zvezda	K-36L	0-1050 km/h – 1 Mach	0-13 km	87 kg	
Zvezda	CKC-94	60–400 km/h	7-4000 m	28,5 kg	Su-26, Yak-52
	MK-17	110–550 km/h	0-7,5 km		

5. táblázat. Katapult ülések műszaki adatai [97.],[98.]

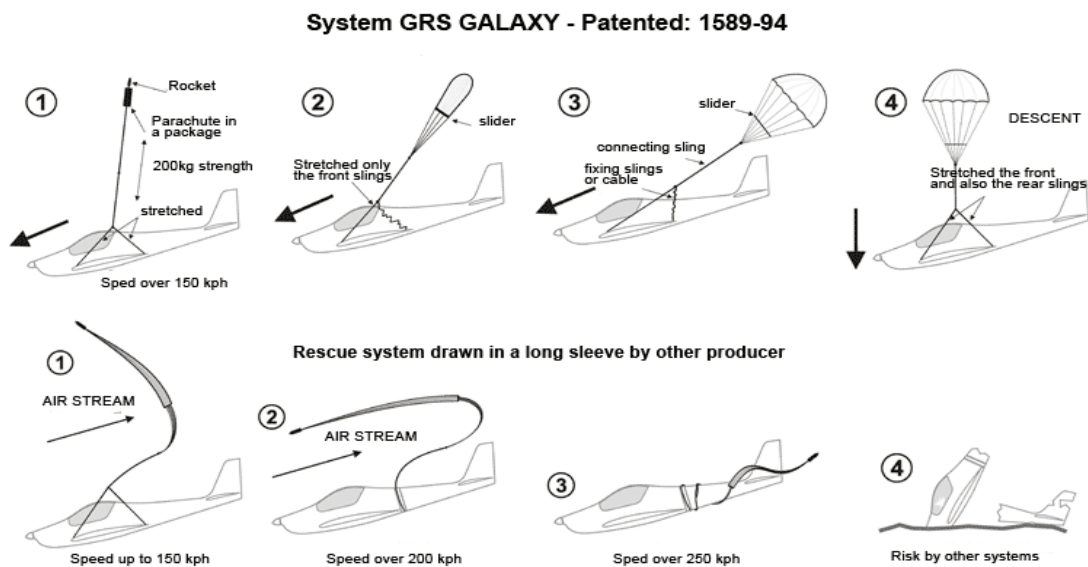
A **teljes gépet mentő**, ejtőernyő alapú mentő rendszerek egy speciális változata a GRS, (Galaxy Rescue System) amely a **teljes repülőgépet és nemcsak a személyzetet védi**. A GRS ernyőjét, egy zárt konténerben, a repülőgéptől 15-18 méterre lövik ki, amely állapotban a teljes felfüggesztő rendszer feszített helyzetbe kerül. A konténer csak ez után nyílik ki, így a kupola elkerüli a repülőgép alkatrészeit. Az egész rendszert úgy alakították ki, hogy az adott körülményeknek megfelelő, lehető leggyorsabb nyílást tegye lehetővé, így biztosítva a

biztonságos üzemelést. A rendszer indítása egy mechanikus kioldó meghúzásával, hozzávetőleg 90 N erőre történik, így az elsütő szerkezet beindítja a rakéta szilárd hajtóanyagú hajtóművét. Az indítás során csak kis visszaható erő keletkezik, mert a kiáramló gázt a repülőgép törzsén kívülre vezeték el.



35. ábra. A GRS 750, 840, 960, 1200 változatai [99.]

Amikor a kupola a repülőgép felett 18 méter magasan kinyílik, a rakéta mozgási energiájánál fogva tovább repül, és leválik a kupoláról. A kupola méretétől és a repülési sebességtől függően, a mentőernyő rendszer 1,5–6 másodpercen belül teljesen kinyílik. A biztonságos repülési, nyitási magasság a repülési sebességtől, a kilövés irányától, a repülőgép mozgásától, és az eszköz beszerelésétől függően, **30–150 méter föld feletti magasságon** már megvalósítható. A rakéta bármilyen irányba kilőhető, de legcélszerűbb azt a repülőgép hossz tengelyben felfelé, vagy kissé hátrafele kilőni. (36. ábra)



36. ábra. GRS mentőernyő rendszer működési vázlatja [99.]

A GRS rendszer használható ultra könnyű, kísérleti, könnyű motoros, vagy bármely más repülőgépben, amelynek maximális felszálló tömege 250–2000 kg között van.⁶⁰ A rakéta rendszert úgy tervezték meg, hogy képes legyen a kupola nyitására extrém körülmények között is, mint a például a -40 – +60 Celsius fok közötti külső hőmérséklet. [99.] A GRS mentőernyők technikai adatait a 9. függelék tartalmazza.

A teljes repülőgépet mentő ejtőernyő rendszer számos jó tulajdonsággal rendelkezik. Ebben az esetben nemcsak személyi mentőeszközzel, hanem a teljes repülőgépet, mint értéket, fegyverzetet, szállított felszerelést, információt megóvó berendezésről beszélhetünk. A többcélú vegyes felhasználású könnyű repülőgép kategóriában a katonai felhasználási módozat miatt a felhasználási lehetősége reális, mégis korlátozásokkal kezelendő.

A süllyedési sebesség 7 m/s-os értéke a pilóta ülő testtartása miatt kritikusan magas, mindamelllett ezen értékek tengerszintre értelmezettek, és egy nagyobb magasságú becsapódás esetén ez az érték tovább romlik. A repülőgép mentését célzó törekvések ezzel csorbulni látszanak, hiszen ez a függőleges sebesség a repülőgép jelentős károsodásával is jár. A becsapódás előtti fékező rakétákkal ez az érték az elfogadható szintre csökkenthető.

Az F-111-es vadászbombázó repülőgép két fős legénységét egy, a gép törzséből leváló egységben menti. (37. ábra) A teljes kabin kilövésével, földön állva és a sztratoszférában,

⁶⁰ Az 1300 kg-os maximális felszállótömegű kategóriánál a teljes rendszer alig 32 kg.

kétszeres hang sebesség mellett is biztosítja a biztonságos földet érést. A stabilitást a kabin hátsó részén található aerodinamikai felületek, nyílás után pedig az ejtőernyő biztosítják. A földet, illetve vizet érést felfúvódó ballonok tompítják, illetve tartják a víz felszínén. Ez a megoldás érdekes keveréke a katapultálásnak és a teljes gépet mentő GRS mentőernyőknek. A mentőkabin lecsökkentett tömege kisebb ejtőernyőt és alacsonyabb süllyedő sebességet eredményez.



37. ábra. Az F-111-es mentő kapszulája [100.],[41.]

A törzsről leváló mentőkapszulás konstrukció a vizsgált kategóriának is lehetséges mentő eszköze lehet. Ezzel a megoldással nem csak a személyzet, de az utasok és a szállított teher is megmenthető. A sérült repülőgépről leválasztva a nagyobb tömegű, a mentésben nem résztvevő elemeket – szárny, hajtómű, farok rész, üzemanyag, fegyverzet – a tömeg 40-50%-al csökkenthető. A megmaradt törzs és futómű egység sikeres földet érést eredményezhet, és a potenciális veszélyforrásoktól is eltávolítja a személyzetet, az utasokat, vagy a rakományt. A tüzelőanyag a forró, működő hajtómű és a fegyverzet sok további becsapódás utáni sérülésnek, kárnak lehet az okozója.

A **futómű kialakítással** kapcsolatban további követelmények, elvárások fogalmazhatók meg. Az építési előírások betartásán kívül a repülőgépnek lehetővé kell tennie a repülőgép sérüléséből adódó vészhelyzet vagy megnehezedett irányítás mellett is a biztonságos leszállását, a kiképzés alatt álló növendékek repüléstechnikai hibáiból adódó megnövekedett terhelés elviselését. A katonai alkalmazásból adódóan el kell viselnie a repülőtéren kívüli, szükségleszállóhelyek sajátosságaiból adódó megnövekedett terhelést, mindezt a szerkezeti tömeg és térfogat indokolatlan növelése nélkül, megfelelő tapadást biztosítva száraz és nedves talajviszonyok esetén is. [22.]

További elvárások a **szárnymechanizációkkal** szemben, hogy a szerkezeti tömeg indokolatlan növelése nélkül tegyék lehetővé, hogy a lehető legkisebb sebességgel legyen képes leszállni, illetve speciális légi feladatait végrehajtani a repülőgép. Elvárás az is, hogy a kormányfelületek és mozgatásaik a sérülésből adódó károokra lehetőség szerint érzéketlenek, multiplikáltak legyenek. A szárnyon lévő mechanizációk működtetése, az egyes rendszerek kiesése esetén pedig, korlátozások mellett ugyan, de képesnek kell lennie a másik feladatainak átvételére.⁶¹

A könnyű repülőgép kategórián belül fontos felhasználói előny az **autonóm működést kialakító, segítő környezet, berendezés**. A repülőtéren kívüli üzemelés, a minimális külső tényezőtől függés egy katonai eszköz felhasználhatóságának jó mérőeszköze. Az autonómia megítéléséhez és reális szinten való maximalizálásához ismerni kell a külső függőségi viszonyokat.

Külső függőségi tényezők, nem prioritási sorrendben:

- Megfelelő minőségű és mennyiségű üzemanyag, kenőanyag;
- fegyverzet utántöltése;
- oxigén feltöltés;
- levegő;
- szerviz-alkatrész;
- elektromos indítás;
- a földi mozgást biztosító vontató autó;
- megfelelő minőségű felszállópálya;
- megfelelően kivilágított leszállópálya;
- külső navigációs eszközök;
- teher-bepakolás eszközei;
- téli előmelegítés;
- nyári hűtés;
- okmányoló rendszer.

A felmerült külső függőségek egy része reálisan nem csökkenthető. Az **üzemanyag** és kenőanyag szükségessége alapfeltétel, de logisztikai könnyebbséget ad, ha a repülőgépek és a

⁶¹ A fékszárnyak működésképtelenné válása esetén a csűrők kis mértékű kitérítésével vegye át a szerepét, az integrált digitális műszerek a pilótát a szükséges változásokról tájékoztassák.

földi vezetési pont közötti adat alapú kommunikáció nyomon tudja követni az üzemanyag fogyasztását. Az üzemanyag ellátással szembeni kitértség csökken könnyen elérhető egységes üzemanyag felhasználásával.⁶² A **fegyverzeti** anyag szállítása esetén is hasonló helyzet áll elő, bár a felhasznált mennyisége miatt a repülőgép terhelhetősége, szállítótere alkalmassá teheti saját eszközeinek szállítására. Az **oxigén** ellátás megoldható oxigén generátoron keresztül is, ami a külső jármű, tartály használatának mellőzését lehetővé teszi. A repülőgép rendszereinek (indítás, földi kormányzás, futómű működtetés, fékezés, szárnymechanizációk működtetése) tervezésénél figyelembe lehet venni, hogy a levegő utántöltés saját erőből vagy akkumulátorról is megoldható legyen. [22.]

Az elektromos **külső tápforrású indítás** is kikerülhető nagyobb akkumulátorok használatával vagy kézi áttételek felhasználásával. A repülőgép kis távolságú **földi moztatása** saját erőből, a kis szerkezeti tömeg miatt a pilóták erejéből is megoldható. A felszállópályák alkalmassága alapvetően a futóművek alkalmasságát jelenti, amelyekkel az úthibákat tolerálhatja, kavics felverődéseket minimalizálhatja. A repülőgép **légi tájékozódását** különböző egymástól független műhold rendszerek egyidejű használatával, nagy pontossággal és rendszer kiesési érzéketlenséggel lehet kialakítani. A magasság pontos meghatározásával – és a hozzá kötött fedélzeti számítógépes rendszerrel – ismeretlen területre, pontra is végre lehet hajtani precíziós megközelítést rossz időjárási viszonyok között. A számítógépes háttéradatbázisok feltöltésével és naprakészen tartásával a kis magasságú repülés automatizálható, illetve a pilóta számára jelentős segítséget jelent.

Az autonómiának nemcsak kényelmi eszköze a **fűtés, a fűtési képesség**, hanem a technikai eszköz és a személyi állomány működési hatásosságát is meghatározza. A repülőgép konstrukciós kialakításánál figyelembe vehető nagyobb akkumulátorral megoldható, ami előmelegít, illetve a fedélzeti elektromos rendszerre kötött klíma-kompresszorral, motor indítás nélkül is képes hűteni vagy szellőztetni.

Az integrált műszerrendszerekről az előre programozott feladat előtt és után elektronikusan letölthető a repülés összes adata, így a **dokumentálási háttér** is rendezhető.

A könnyű repülőgépek kategóriájában a katonai felhasználást jól segítő része az autonómia kialakítása, fejlesztése a fenti példákkal javítható.

⁶² SFC – Single Fuel Conception – Egységes Üzemanyag Koncepció melyet a V.4. fejezetben tárgyalok

A repülési feladatok egyik kiemelten érzékeny része a pilóta. Az adott feladat tervezésénél hosszú felkészülési idő biztosított, viszont a levegőben kialakult repülési és harci feladat tekintetében csak igen rövid idő áll a pilóta számára a reagálásra. A felmerült problémákra adott válasz hatékonysága erősen függ a pilóta környezetétől. A környezet kialakításának pedig egyik helyes eszköze a megfelelő **ergonómiai tervezés**. A karok és kacsolók megfelelő (esetleg más típusoknál már megszokott) elhelyezése, a pilóta számára nem fárasztó kéztartása, a kezelő gombok egy kezelőszervre, nem zsúfolt elhelyezése mind előnyös kialakítás a pilóta számára.⁶³ A vészhelyzeti eljárásokhoz kötődő tennivalók könnyű elérhetősége, színekkel történő elkülönítése, esetleg az integrált kijelzőn megjelenő felirat vagy piktogram vagy a hangutasítás egyaránt megkönnyíthetik a pilóta helyes döntését.

Ha a repülőgép belső kialakítása változtatható rendszerű, akkor a különböző feladatok ellátását is megkönnyíti. A **modul rendszerű változtatható ülés-kiosztás** könnyen megvalósítható a padlózatán különböző rögzítési helyek kialakításával. Ezzel a kialakítással szabályozni lehet a VIP kialakítás nagyobb lábtér létrehozását, több személy elhelyezését, az ajtólövész oldalirányú ülését, illetve a teher poggyász vagy a szállításhoz szükséges tér szabadon hagyását.[23.]

A belső tér kialakítása a repülőiparban már megszokottan megfelelően a minimális tömegű kialakításra törekszik, de emellett fontos elemként megjelenik a kárpit anyagok **tűz és lángállósága** is. A katonai felhasználás kiemelt figyelmet fordít a sérülésekből származó tűz, és a mérgező gázok minimalizálására, illetve elvezetésére.

IV. 5 Összefoglalás és részkövetkeztetések

A katonai és polgári repülőgépek követelmény rendszerükben, feladataikban jelentősen eltérnek egymástól. A feladatok ellátásának optimalizálása tervezési sajátosságokat hoz, melyek feltárása egy többcélú katonai könnyű repülőgép fejlesztését segíti. Vizsgálatom szerint a katonai és polgári repülőgépek a tervezési rendszere azonos alapokra épül, de különböző szempontok szerint optimalizáltak és különböző szerkezeti kialakításokat valósítanak meg. Mindenképpen érdemes már a tervezés korai fázisában ezen szempontokat figyelembe venni.

⁶³ HOTAS – Hands On Throttle-And-Stick – Kezek a gázkaron és a botkormányom

A katonai, polgári, harci és felfegyverzett repülőgépek fogalmát definiálva a kialakítás környezetét könnyebben lehet meghatározni. Fő különbségként a katonai ellentevékenységből származó sérülések megelőzését, hatásainak csökkentését és a kitűzött feladatok ellátását találjuk. A felderíthetőség csökkentésével, RWR és MAWS használatával a megelőzés, a multiplikálással, árnyékolással, fail-safe szerkezetek alkalmazásával a károsodás hatásainak csökkentését szolgálják. Az autonóm üzemelés vagy legalább is az arra való törekvés, a tehertér, az ajtó kialakítása, a fedélzeti műszerek, berendezések meghatározása a feladat ellátását szolgálja.

A hálózatközpontú hadviselés lényege, hogy egyetlen rendszerbe fogja az érzékelőket, a döntéshozókat és a fegyverrendszereket, eredményessége pedig a döntési fölény kialakításán múlik. A modern technikai háttér valós idejű adattovábbítást és optimális eszköz-felhasználást biztosít.

A kabinba beépített berendezésekkel szemben elvárás, hogy a pilóta munkáját segítse, megkönnyítse. Ilyenek lehetnek a botkormányról vezérelt integrált műszerek, berendezések, az integrált és kivetített műszerek.

A személyzetet és utasokat mentő berendezések a katonai felhasználásnál nagyobb figyelmet kapnak. Az irányított zuhanásnál a sérüléseket aktív és passzív berendezésekkel lehet csökkenteni. Az ejtőernyő kézenfekvő és jól használható mentőberendezés, de felhasználásának korlátja a minimális nyitási magasság és a légi jármű elhagyása. A katapultülések modern rendszerei szinte minden körülmények között biztosítják a személyzet mentését, de hátrányként jelentkezik a jelentős tömegük. A könnyű repülőgépek katapult rendszere például a CKC-94-es típus, amely csak 28 kg tömegű és 7 méteres minimális nyitási magassággal, 400 km/h sebességig biztosítja a pilóták mentését. A polgári repülésben elterjedt az egész repülőgépet mentő ejtőernyő, a GRS rendszer. A mentő kapszulánál, nagy tömegű szerkezeti részeket leválasztva a pilóták magasabb védettsége mellett a mentendő tömeget csökkentették.

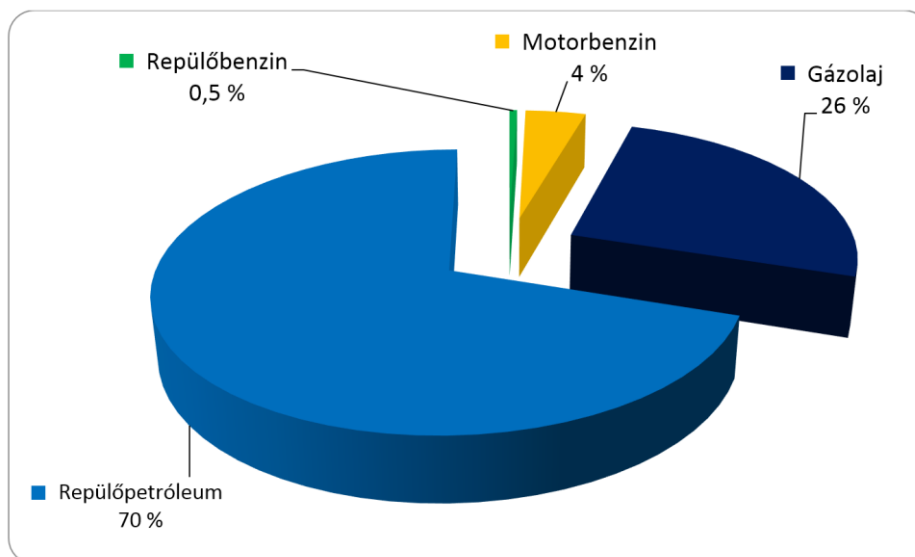
Az autonóm működés függőségi viszonyait meghatározva és az egyes esetekre megválaszolva, a repülőgép kitettsége, önálló feladatvégrehajtó képessége javítható.

Ilyen kitettségi rendszer az üzemanyag-ellátás is, amelyre a NATO egységesített üzemanyag-koncepciót adott ki, amelynek célja a teljes katonai rendszerben egyetlen, kerozin alapú hajtóanyag távlati bevezetése.

V. FEJEZET. A TÖBBCÉLÚ KATONAI KÖNNYŰ REPÜLŐGÉP MEGHAJTÁSI RENDSZER MEGVÁLASZTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

V.1 A kerozinüzemű meghajtásrendszerek vizsgálata és az SFC

A NATO egységesített üzemanyag-koncepciót hozott létre⁶⁴a katonai üzemanyagok logisztikai kezelésének megkönnyítésére. A koncepció célkitűzése, hogy hosszútávon csak egy üzemanyagot, a repülő petróleumot (kerozint) használja minden katonai felhasználó. Az alap elképzelés szerint így az előállítás, szállítás, raktározás és egyéb kezelés is jelentősen egyszerűsödne. A teljes katonai alkalmazásban (földi, vízi, légi) a kerozin adja az összes tüzelőanyag-felhasználás közel két harmadát. A repülőbenzin felhasználása ezzel szemben alig teszi ki a fél százalékot. Több hadseregben már elindult az üzemanyagok egységesítése. [101.]



38. ábra. A Magyar Honvédségben felhasznált hajtóanyag típusok megoszlása [102.]

Az egységesített üzemanyagok bevezetése mellett szól az is, hogy az ólom tartalmú üzemanyagok (elsősorban 100LL repülőbenzin) környezetszennyező hatásuk miatt egyre erősebb törvényi korlátozás alatt állnak. Részint ezeket próbálják ólompótló adalékokkal helyettesíteni, de a repüléshez szükséges speciális viszonyoknak megfelelő üzemanyagot nem tudják kiváltani. Ez a tendencia is hosszútávon a benzin teljes eltűnését prognosztizálja a repülőiparból.

⁶⁴ SFC – Single Fuel Conception – egységes üzemanyag koncepció – NATO STANAG 4362

A dízelmotor katonai alkalmazhatósági szempontokból is sok jó tulajdonsággal rendelkezik. A gyújtási rendszer hiánya a mágneses teret csökkenti, ami a fedélzeti műszerek egyszerűsödéséhez, megbízhatóságához, pontosságuk növekedéséhez vezet.

A motor kialakításának sajátossága kedvező katonai előnyöket hordoz. Jó hatásfoka miatt a legalacsonyabb a teljesítményre vonatkoztatott hőkibocsátása, a gázturbinához és az Otto-motorhoz képest a legalacsonyabb a kiáramló gáz, kipufogógáz mennyisége, hőmérséklete. Ezek a sajátosságok mind a kedvező védettséget biztosítják, illetve a felderíthetőséget nehezebbé teszik.

A műszaki tulajdonságain és katonai felhasználási lehetőségein túl az SFC mégis egy logisztikai kérdés. Az előállítás, szállítás, raktározás eseteiben felmerült szervezési, kezelési esetekre az erők és eszközök optimális felhasználását célozza. (Nem kell több különböző üzemanyag-töltő autót tartani, kevesebb ellenőrzési mintát kell levenni, adminisztrációban nem kell szétválasztani.) A koncepció általános érvényű, kiterjed a repülőgépektől kezdve, a közúti közlekedésen át, az objektumfűtésre és a konyhák melegítő készülékéig minden területre. A NATO által meghatározott egységes üzemanyag-koncepció irányelv, amelyet a tagországok lehetőségeik szerint vesznek figyelembe, és törekszenek megvalósítására.

V.2 A repülőgép dízel erőforrás lehetőségei és fejlődése

A dízelmotor, mostanra küszöbölte ki azokat a hiányosságait, amivel ismét korszerű katonai repülőeszközök részévé válhat, ezért mindenképpen érdemes megvizsgálnunk alkalmazási területeit. Termodinamikai alapon hatásfoka közel 10%-kal jobb az Otto-motornál és a gázturbinánál is. [28.] A gázturbina jelentős hátránya, hogy részteljesítményeken a hatásfok jelentősen csökken, ami sok alkalmazási kört ellehetetlenít.

Az első és a második világháború közötti időszakban, nagy számban gyártottak repülőgép dízelmotorokat. Ezek fejlesztése azonban – a gázturbinás hajtóművek megjelenésének hatására – az ötvenes évektől elsorvadt. Napjaink műszaki fejlődésének eredményeit figyelembe véve elmondható, hogy a repülő-dízelmotor gyártás mégsem szűnt meg, sőt újraéledt. Az 1990-es években a civil kisméretű repülőgéppiac ismét rátalált a kerozinnal is üzemeltethető dízelmotorokban lévő lehetőségekre. Alapvetően négy tényező együttállása segítette a kisméretű repülőgépre való visszatérést. A sport és könnyű repülőgépek

piacán egy jelentős törés mutatkozott, amelyet egy új technológia bevezetésével akartak újra lendületbe hozni. A hanyatlásnak része volt az európai repülőbenzin áremelkedése és a kerozinhoz képest jelentős árkülönbsége is. A felhasználható üzemanyag elérhetősége, illetve az ólomtartalom miatt környezetvédelmi korlátozása is korlátozó tényezőnek számított. Legfőképpen pedig a személyautók számára fejlesztett dízelmotorok jelentős fejlődése került előtérbe, ahol a megbízhatósági szint, teljesítmény-tömeg arány már a repülés számára elfogadható értékekre növekedett.

A katonai repülésben az új stratégiák, eszközök megjelenése hosszú távon is létjogosultságot biztosít a korszerű dízelmotorok számára. Az aszimmetrikus hadviselés körülményei között, a gerillák elleni harctevékenységek során a légifölény megléte mellett alkalmazott könnyű támadó, felderítőgépek, célmegjelölő gépek, trénerek és a pilóta nélküli gépek (UAV-k) mind a kis teljesítményű – 500 kW-ig – dugattyús motorok alkalmazását igénylik.

A dugattyús motorok létjogosultságát a repülésben egyértelműen igazolja az a tendencia, amelyet a hajtóművek fejlődésében tapasztalunk. A dugattyús motor a második világháború végéig intenzív fejlődésen esett át, ahol a ma ismert konstrukció-, teljesítmény- és fogyasztás-paramétereket erősen megközelítette. A gázturbinák fejlődése hozzávetőleg 1942-től lekötötte a katonai kapacitásokat. A sugárhajtás nagy teljesítménye és relatív alacsony tömege, illetve a légcsavar szerkezeti, aerodinamikai korlátainak hiánya lehetőséget adott a vadászrepülőgépek sebességi határának – a hangsebességnek – átlépésére. A jelentős sebesség ugrás a vadászgépek fejlődésében stratégiai előnnyel, a légifölény megszerzésével kecsegtette az összes fejlesztő államot. Ennek az előnynek az elérése döntően felemésztette a fejlesztési költségeket, és meghatározta a katonai gondolkozásmódot. A második világháború után a katonai fejlesztések visszaestek, és csak a hidegháború időszakában lódultak meg újra. A gázturbina és a gázturbinás sugárhajtómű megjelenésével és fejlődésével a dugattyús motor háttérbe szorult, fejlődése stagnált, csak a polgári célú kisgépes fejlesztésre szorítkozott. A magas fejlesztési költség kevés eladott darabszámra oszlott meg, amely a termék árát növelte, és ezáltal az eladhatóságát csökkentette. A jóléti társadalmak fejlődésével ez a tendencia megfordult, és az ipar saját célra is képes volt új termékeket előállítani, kutatásokat finanszírozni. Az ipari fejlődés itt egy jelentős fordulatot vett. Az ezt megelőző időszakban a hadiiparból vették át a fejlesztéseket a civil területekre, míg ma már egyértelműen látjuk, hogy a meglévő önálló katonai fejlesztések mellett számos újdonságot a civil területről hasznosít a hadipar.

Dr. Rudolf Diesel, a róla elnevezett motor működési elvét és elméletét 1893-ban publikálta és 1897-ben sikeresen meg is építette első prototípusát. A hajtómű elterjedése és repülőgépbe történt sikeres beépítése még jócskán váratott magára. A repülőgép dízelmotorok már az első világháború előtt és alatt is használható módon léteztek⁶⁵, mégis elterjedésük Németországban a versailles-i fegyverkezést korlátozó szerződés időszakában, a két világháború közti idősakra tehető. [103.]

Az FO-3 soros, öthengeres dízelmotort 1926-ban mutatták be a Berlieni Nemzetközi Repülési Kiállításon. A továbbfejlesztett FO-4-es motor került a Junkers F-24-be, amely első repülését 1929-ben Dessau és Köln között teljesítette. Motorteljesítménye 530 kW (720 LE) volt, 1700-as fordulatszámom. A Jumo 4, majd Jumo 204⁶⁶, és 205, kétütemű, feltöltéses, hathengeres, ellendugattyús, vízhűtéses repülőgép motorok 530kW-os (720 LE) teljesítménye 730 kW-ra (1000 LE) nőtt, és a fordulatszám is 1700-ról 3000 fordulat/percre emelkedett. A Jumo 206 pedig már elérte az 880 kW-ot (1200 lóerőt). A teljesítmény-tömeg arány is jelentősen javult, a korábbi 0,77 kW/kg-ról 1,16 kW/kg-ra. A Jumo 207-es volt az első, ami a turbófeltöltőnek köszönhetően elérte a 10 000 méteres magasságot. A Junkers dízelmotorokat főként a nagy hatótávolságú haditengerészeti hidroplánoknál és léghajóknál alkalmazták széles körben. 1937 és 1943 között összesen mintegy 1000 darab ellendugattyús Junkers dízelt építettek különböző repülőgéptípusokba. [112.]

A BMW 1938-ban készített dízel repülőgép motorot. A B.M.W. – Lanova 114 V-4 típusjelzésű kilenc hengeres léghűtéses csillagmotorja 480 kW-os (650 LE) teljesítményt 2200 fordulatszámom adott le. A Daimler-Benz A.G. V elrendezésű tizenhat hengeres, vízhűtéses feltöltetlen dízel motorja (Mercedes-Benz DB 602) 970 kW-os (1320 LE) teljesítményt adott le, 1650 fordulatszámom. A feltöltő hiányában, a teljesítmény-tömeg aránya azonban csak 0,5 kW/kg volt.

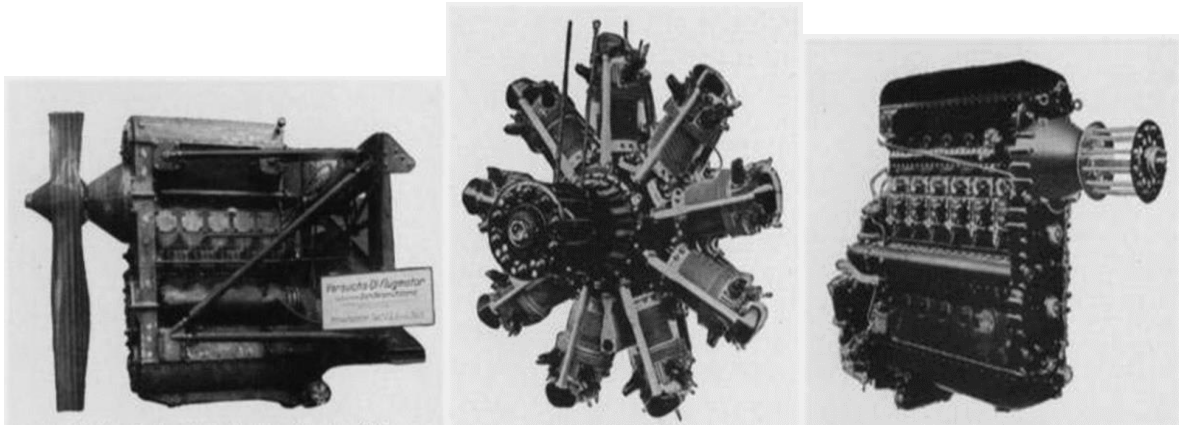
Az Egyesült Államokban a Packard DR-980 típusjelzésű léghűtéses csillag motorot 1929-ben építették meg. 1934-ben a Guiberson A-918 típusjelzésű motor, 1940-ben az A-1020-as repülőgép-dízel motor gyártása következett. [103.]

Angliában, 1933-ban a Bristol Phoenix típusjelzéssel építettek repülőgép-dízel motorot. A kilen chengeres, léghűtéses, csillag motor 470 kW-os (635 LE) volt, 2100 fordulatszámom. A

⁶⁵ Junkers gyár MO-3, MO-8, FO-2 típusú motorokat gyártott

⁶⁶ Legjobb fogyasztása a mai napig kiválónak számító 210 g/kWh volt [103.][104.]

Napier Culverin 12 hengeres kétütemű ellendugattyús dízelmotor, 530 kW-os (720 LE) teljesítményét 1700-as fordulatszámon adta le.



39. ábra. Junkers FO-3 (1926), Bristol Phoenix (1933), Napier Culverin (1935) dízelmotorok
[103.],[105.]

A Szovjetunióban, 1939-től a háború végéig 1500 darabot gyártottak a 61 literes lökettérfogatú Csaromszkij ACh-30 repülőgép-dízelmotorból, amelyet bombázó repülőgépekbe építettek be. A korábban Otto-motorral szerelt Pe-8 típusú négymotoros bombázó repülőgép hatósugarát 50%-kal növelte meg a dízelmotor beépítése. [106.] A világháború előtt és alatt fejlesztett dízel repülőgép-motorok adatai összefoglaló táblázatot a 4. függelékben találják.

A második világháború lezárultával a repülőgép-dízelmotorok fejlődése is megtorpant. A dugattyús repülőmotorok fejlesztése ekkortól háttérbe szorult. A fejlesztési kapacitásokat a hangsebesség áttörésének reményében a sugárhajtóműre összpontosították. A repülő-dízelmotorok irányába az érdeklődés a világháború végeztével lényegében megszűnt, csak szórványosan találunk fejlesztéseket. Alapvetően a rossz teljesítmény-tömeg arány és az alacsony élettartam miatt, a rosszabb hatásfok ellenére is a légcsavaros gázturbinák irányába fordultak a tervező intézetek és az alkalmazó nagyvállalatok. A dízelmotorok fejlesztése a civil szektorban folytatódott és erősödött meg, döntően a szárazföldi teher- és személyautó, a vasúti és a vízi járművek erőforrásaként.

A 21. század dízel repülőmotorjai és követelményrendszere

Mára számos olyan repülőgép típus megvásárolható **dízelmotorral, ami hatóságilag elfogadott típus-alkalmassági bizonyítvánnyal rendelkezik és így kereskedelmi célú**

repülést is folytathat. Az első típus-alkalmassági engedéllyel rendelkező sorozatban gyártott motort 2002-ben a német Thielert cég gyártotta. Az 1,7 literes négyütemű, négyhengeres folyadékhűtéses turbófeltöltött motor az A-osztályú Mercedes személyautókba készítették, amely kerozin és gázolaj üzemre egyaránt alkalmas. A Centurion 1.7, 135 lóerős erőforrását a Cessna 172-es, és a Piper Cherokee típusokba építették be, amellyel a Lycoming O-320-as motorját váltotta fel. Érdekessége, hogy az üzemeltetési utasítása nem korlátozza az utazó teljesítményét. [107.]



40. ábra. Diamond DA-42-be épített Thielert Centurion 1.7 dízelmotor [108.]

Az Ausztriában gyártott Diamond repülőgépek, a DA-40 illetve a két hajtóműves DA-42 is a Thielert Centurion 1,7 motorjával is készültek. A DA-40 légi üzemeltetési utasítása megengedi a dízel, kerozin, illetve a vegyes üzemeltetést is azzal a megjegyzéssel, hogy + 5 °C alatt tisztán kerozin használandó⁶⁷. A gyakorlati tapasztalatok szerint a 15–20 literes óránkénti fogyasztás (65%-os terhelés mellett) jóval kedvezőbb, mint a benzines vetélytársak 35–40 liter körüli fogyasztása. A jelentős üzemanyagár-különbség alapvetően meghatározza a gazdaságosságot. A 100LL repülőbenzin és a Jet A-1 kerozin árának az aránya Európában az adótartalom miatt kettő az öthöz, míg az Egyesült Államokban ez az arány kiegyenlítettebb. [108.]

⁶⁷ A dízelolaj parafinosodása miatt a hideg hatására szemcsék válhatnak ki és dugulást okozhatnak.

Ország	Német	Német	Német	Német	Ausztria	USA	Német	Francia	Olasz	Anglia
Gyártó	Thieler	Thieler	Thieler	Thieler	Austro engine	DeltaHawk	RED Aircraft GmbH	SMA Engines	CMD	Wilksch Airmotive
Típus	Centurion 2.0	Centurion 2.0s	Centurion 4.0	Centurion 4.0	AE300	DH200A4	RED A03 v13	SR305-230	GF56	WAM-161
Teljesítmény	99/135	114/155	257/350	123/168	147/200	368/500	169/227	220/300	120/163	
Nyomaték	410	473	1066	513	n.a.	1100	n.a.	n.a.	416	
Löklet térfogat	199 l	199 l	3996	1991	n.a.	6134	4988	5560	n.a.	
Tömeg	134	134	272,2	185	148	372	195	300	153	
Méret	778/816/636	778/816/636	900/770/670	n.a.	n.a.	840/650/800	820/930/750	n.a.	n.a.	
Fogyasztás	214	220	215, 75 %-on	198, 75 %-on	240	215, 95 %-on	n.a.	n.a.	300, 100 %-on	
Sűrítési viszony	18	18	18,5	n.a.	n.a.	16,5	n.a.	n.a.	n.a.	
Feltöltés	turbó	turbó	turbó oldalként	turbó	turbó	turbó oldalként	turbó	turbó	turbó intercooler	
Henger szám, kialakítás	4 soros	4 soros	8 v motor	4 soros	4 v motor	12 v motor	4 boxer	6 boxer	4 soros	
Hűtés	folyadék	folyadék	folyadék	folyadék	folyadék	folyadék	folyadék	folyadék	folyadék	
Szabályzó rendszer	FADEC 14/28 V	FADEC 14/28 V	FADEC 28 V	EEC	n.a.	FADEC	n.a.	n.a.	MCU	
Üzemanyag	Dízel, Jet A-1	Dízel, Jet A-1	Jet A, Jet A-1	Jet A-1	Dízel, Jet A-1	Dízel, Jet A-1	n.a.	Dízel, Jet A-1	Jet A-1	
Gyártás kezdete	2006	n.a.	2006	2008	n.a.	2010	1998	2008	2005	
Repülőgép típus	Da-40, C-172	n.a.	C-206	DA-40, DA-42	n.a.	Yak-52	C-182, TB-20	n.a.	n.a.	
Típusalkalmassági	FAA 2006	2010	2010	2009	2016	-	2002	-	-	
Megjegyzés	-	-	-	-	két ütemű	két ütemű	-	két ütemű	két ütemű	

6. táblázat. A repülésben alkalmazott modern dízelmotorok adatai. [107.],[108.],[109.],[110.]

A repülőgép dízelmotorok reneszánszukat élik. Számos gyártmány létezik világszerte, amely az új trendeknek megfelelően a repülésben helyet kér magának. A 6. táblázatban összefoglalva láthatjuk néhány motor paramétereit. Az adatokból leszűrhetünk általános tapasztalatokat, és magyarázatot kereshetünk a felmerült kérdésekre. Bár látható, hogy a repülőmotor-fejlesztés alapvetően ma már az autó iparra támaszkodik, mégis kimondhatjuk, hogy a repülés és a katonai repülés sajátos követelményt támaszt, amely a változatlan motorok alkalmazását nem teszi észszerűvé a repülőgépeken.

A repülőgép motorokkal szemben támasztott legfőbb követelmények [26.],[27.]:

1. Nagy üzembiztonsági szint.
2. Minél nagyobb teljesítmény-tömeg arány, komplex egységként kezelve a fogyasztással, hiszen a repülőgép magával vitt üzemanyag súlyával egy egységet alkot.
3. A motor magasságtűrése, ahol a légköri nyomás csökkenésével a motor teljesítménye ne, vagy csak minél kisebb mértékben csökkenjen.
4. A motor geometriai méretei, szerkezete idomuljanak a repülőgép lehetőségeihez, minél kisebb homlokellenállást adjon, járása legyen kiegyensúlyozott, rázásmentes, ferde helyzetben – fejjel lefelé is működjön üzembiztosan.
5. Szabályozási rendszere ergonomikus legyen, a pilótát minél kevésbé vonja el más feladatoktól, és a változásokat minél gyorsabban és nagy pontossággal kövesse le.⁶⁸
6. Felhasznált üzemanyaga legyen jó minőségű, mérsékelt árú, könnyen elérhető, lehetőség szerint környezetbarát és „tűzbiztos”.
7. A motor élettartama, szerviz intervalluma minél magasabb, meghibásodása jól prognosztizálható legyen.
8. Üzemeltetése összességében legyen minél gazdaságosabb.

A katonai célú felhasználás további követelményei a repülőgép motorokkal szemben:

9. A szerkezeti kialakítása a külső behatások ellen legyen minél érzéketlenebb, egy találat a harc során minél kevesebb kárt okozzon.
10. Feleljen meg a NATO egységes üzemanyag-koncepciójának, minél kevésbé legyen hajlamos robbanásra, fedélzeti tűzre.

⁶⁸ Gázkar, légcsvár állítás, keverék szegényítés, hűtő zsáluk

11. Hang és kibocsátott hőszugárzása, minél nagyobb védeltséget biztosítson a gép felderítése ellen.

A repülőmotorokkal szembeni követelmények kielégítésére az első többlet követelmény a magas üzembiztonsági szint, hosszas magyarázatra nem szorul, hiszen könnyen belátható, hogy az elért fejlesztési eredmények mit sem érnek, hogyha az egész gép – pilóta – feladat hármását kockáztatja a motor meghibásodásával, jóval nagyobb kár-kockázat valósul meg, mint a földi járművek esetén. Itt jegyzendő meg, hogy az elmúlt évtizedekben ezen a területen volt a legnagyobb változás. A világháború előtti kétütemű ellendugattyús dízelek nagy hátránya a relatív rövid és kiszámíthatatlan élettartam-ciklus volt. A szerkezeti anyagok és a minőségbiztosítás elméletének fejlődésével ezek a hátrányok folyamatosan csökkentek.

A teljesítmény-tömeg arány viszont kulcsa lehet minden trend változásnak. Alapvetően három részre bontjuk ezt a területet. A teljesítmény növekedés, a súly csökkentés, és a fogyasztás csökkentés hármására. A teljesítmény növekedés lehetőségei jól körülhatárolhatóak.

$$P_e = \frac{2n z p_e A_s}{i \cdot 60 \cdot 100} [kW]$$

A dugattyús motorok effektív teljesítményére (P_e) vonatkozóan képlet alapján látjuk, hogy a teljesítmény növelésére a fordulatszám növelésén (n), a hengerszám növelésén (z), az effektív középnyomás (p_e) növelésén, a hengertérfogat (A_s) növelésén és az ütemszám (i) csökkentésén keresztül van lehetőségünk. [28.] A hengerszám növelése és a hengertérfogat növelése kézenfekvő megoldás, de óhatatlanul a motortömeg növekedésével jár, amely a teljesítmény-tömeg arányunkat nem javítja. Megjegyzendő, hogy a hengerszám változtatása az egyenletes járásra jelentős kihatással van. A soros hat és nyolc hengeres, a V elrendezésű hat és nyolc hengeres és többszöröseik kivételével a motorban kiegyenlítettlen tömegek maradnak, amelyek motor rázáshoz vezetnek. [28.]

Az ütemszám csökkentésével négyütemű helyett kétütemű motor alkalmazásánál, ahol adott fordulatszám mellett kétszerannyi munkaütem megy végbe időegység alatt, a tengelyteljesítmény is megnő. A valóságban mégsem éri el a kétszeres térfogatra vett teljesítményarányt, mert a rosszabb minőségű töltéscsere és a kisebb mennyiségű közeg alacsonyabb hűtési képessége miatt rosszabb hatásfokot eredményez. **Dízel motoroknál a**

teljesítmény növelés határát a hőterhelés, míg Otto-motoroknál az öngyulladás adja.⁶⁹

[21.] A helyi hűtés, mint kulcskérdés nehezen tervezhető és kontrolálható. A 8. táblázat alapján is jól látható, hogy a hűtési módozatok lényegében kizárólag a folyadékűtésre szorítkoztak, annak nagyobb tömege ellenére is. (Itt jegyzendő meg, hogy a repülőiparban egyébként elterjedt csillagmotorok fejlesztésével ma már nem találkozunk.) A jobb, pontosabb hőelvezetés érzékeny helyekről – szeleptányér, dugattyútető, hengerfal – nemcsak a hűtőrendszer, de a kenési rendszer hőelvonó képességét is fokozottan igényli. A kétütemű motorok repülésben való elterjedése mégis a gazdaságosság miatt gyenge. A kétütemű Otto-motor fogyasztása az átöblítéskor veszendőbe menő üzemanyag miatt rosszabb, míg ez a veszteség a kétütemű dízeleknél nem áll fenn. [26.]

A maximális fordulatszám növelése teljesítmény növekedéssel jár, viszont a szerkezeti egységek nagyobb terheléséhez, alacsonyabb élettartamához vezet. Másik korlátozó tényező a hajtómű másik egysége, a légcsavar. A légcsavar-átmérő csökkentése jelentős hatásfok romlással jár, míg növelésének a légcsavarvég szuperszonikus áramlási viszonyai szabnak határt. A fordulatszám növelése a kerületi sebesség vészes növekedésével fenyeget, melyet a motor és a légcsavar közé épített lassító áttétellel küszöböl ki. Ez az áttétel ismét tömegnövekedéssel jár, amely a kényes teljesítmény-tömeg arányt veszélyezteti.

A kifejezetten kis fordulaton járó dízelmotor a Diesel körfolyamatot közelíti, a modern nagy fordulató dízelmotorok pedig a Sabathé körfolyamat szerint működnek. A hőközlés nem csak állandó térfogaton, hanem az égési sebesség relatív lassúsága miatt, állandó nyomáson is folytatódik. Ez azt is jelenti, hogy hatásfok szempontjából a gyorsjárású motorok a nagyobb teljesítmény, teljesítmény-tömeg arány mellett rosszabb hatásfokon dolgoznak. Így lehetséges, hogy a világháború előtt épített dízelek a maival hasonlatos fogyasztás, hatásfok értékeket értek el. A hatásfok javítását fel kellett áldozni a teljesítmény-tömeg javítása érdekében. [26.]

A repülésben effektív teljesítmény növelése a leginkább fontos. Ezen a területen a legtöbb fejlesztési lehetőség az effektív középnyomás növelésével adódik.⁷⁰ Az effektív középnyomás növelése megvalósítható a pozitív terület növelésével, a negatív terület csökkentésével illetve a kettő egyidejű alkalmazásával. Az Otto-motoroknál a kompresszió viszony behatárolt a kopogásos égés miatt, 8,5–9 felett (üzemanyagtól függően) bekövetkezhet

⁶⁹ A repülésben fontos, hogy magasság növekedésével a hőmérséklet csökkenésével a dízel motorok számára kedvezőbb hűtési viszonyok alakulnak ki.

⁷⁰ Az effektív középnyomás az indikátor diagram munkaterületének átlagolt értéke.

a keverék öngyulladás, ami nem tervezett üzemmódhoz és a motor károsodásához vezethet. A dízelmotoroknál a kompresszió viszony növelése és a végnyomás növelése jelentősen javítja a teljesítményt és a hatásfokot is.

A szívási kezdeti nyomás növelése – az égéshez többlet levegő bevitele – a feltöltők alkalmazása jelentősen növeli az effektív középnyomást. Feltöltésnél a kompresszió végi nyomás és az égési végnyomás növekedésével a pozitív terület növekszik, a negatív terület pedig csökken, pozitívvá válik. A dízelmotoroknál a nagyobb nyomásviszony miatt az effektív középnyomás és a hatásfok is magasabb. **A feltöltők alkalmazása repülőmotoroknál egyébként is kívánatos, hiszen a magasság változásával a teljesítmény csökkenés jól kompenzálható.** A dízelmotor feltöltésből adódó teljesítmény korlátját nem az öngyulladás, hanem a hőterhelés jelenti, amely a magasság növekedéséből adódó hőmérséklet-csökkenéssel kedvezően befolyásolja üzemüket. [28.]

A feltöltéshez kötődve, a dízelmotorok esetén hátrányként elmondható, hogy a feltöltő meghibásodása esetén nagyobb magasságban, az öngyulladásához szükséges nyomás és hőmérséklet hiányában a motor leállhat. Ugyanígy érvényes ez a folyamat egy nagyobb magasságon történő motorindításra, illetve újraindításra is. Az Otto-motorok esetében csak teljesítmény csökkenéssel jár a turbó feltöltés meghibásodása. A turbófeltöltő alkalmazása a repülő dízelek esetében további tömegnövekedést nem okoz, hiszen a fajlagosan jó teljesítmény elérése miatt egyébként is használnánk feltöltőt. (lásd 8. táblázat).

A műrepülés során speciális, a földtől eltérő folyadék „vízszintek”, viszonyok alakulnak ki. A motor kenési, hűtési és üzemanyag-ellátási rendszerét is ezt figyelembe véve kell kialakítani. A repülőgép alaprendeltetésének megfelelően speciális szerkezeti megoldásokat, illetve üzemeltetési korlátozásokat kell alkalmazni.

A modern dízelmotorokat olyan elektromos szabályozási rendszerekkel tervezik, amelyek a pilótát minél kevésbé terhelik, vonják el egyéb feladataitól, illetve a hibázási lehetőségét csökkentik. A számítógéppel szabályozott motor a változások gyorsabb érzékelését, beavatkozását és bonyolultabb szabályozási görbéket tud megvalósítani.

A Thilert Centurion 1.7 motornál egy úgynevezett FADEC⁷¹ rendszert alkalmaznak. A motoron elhelyezett légcsavarszög-állítás automatikus, amely együtt dolgozik a motor

⁷¹ FADEC – Full Authority Digital Engine Control – Teljeskörű digitális motorvezérlés

számítógép szabályozott rendszerével. A motor teljesítmény szabályozása egyetlen gázkar jellegű potenciométerrel történik. Melegítés után gombnyomásra egy automata végzi el a motor működőképességének az ellenőrzését különböző üzemmódokon. [106.] A motor számítógéppel monitorozott rendszere a jellemzőket szelektálva, súlyozva képes a felhasználó tudomására hozni és ezen adatokat tárolni. A tárolt adatok alapján a motor élettartama, esetleges meghibásodása jobban prognosztizálható, a meghibásodásokhoz pontosabban behatárolt utasításokat képes adni.

A repülőiparban a felhasznált üzemanyaggal kapcsolatban sajátos feltételrendszer alakult ki. A kereskedelmi és a sportrepülésben egyaránt fontos az üzemeltetési költségek, az üzemanyag árának alacsony szinten tartása – természetesen minél nagyobb teljesítmény mellett. A kerozin, a dízelolaj és a repülőbenzin árak jelentősen eltérnek egymástól. 2010. novemberében a repülőbenzin ára 550 és 620 Ft között, a kerozin 220,- Ft, és a dízel olaj ára pedig 330,- forint körül alakult. [111.]

A repülőbenzin 100LL jelzésében is Low Leaded, vagyis alacsony ólomtartalmú. Az európai utakról kitiltott ólomtartalmú üzemanyagokkal szemben a légi járművek üzemeltetése kapott az üzemanyag cseréjére. Az ólomtartalmú üzemanyagok jelentős környezetkárosító hatással bírnak, amelynek visszaszorítása ezért egyre fontosabb feladat.

A repülőbenzin logisztikai biztosítása a jelentősen kisebb mennyiség miatt nehezebb feladat, mint a közúti közlekedésnél. A finomítás, szállítás, tárolás, minőség-ellenőrzés a személyi biztosítás, dokumentálás a kis mennyiség és magasabb követelmény miatt rossz határfokkal, drágábban valósul meg.

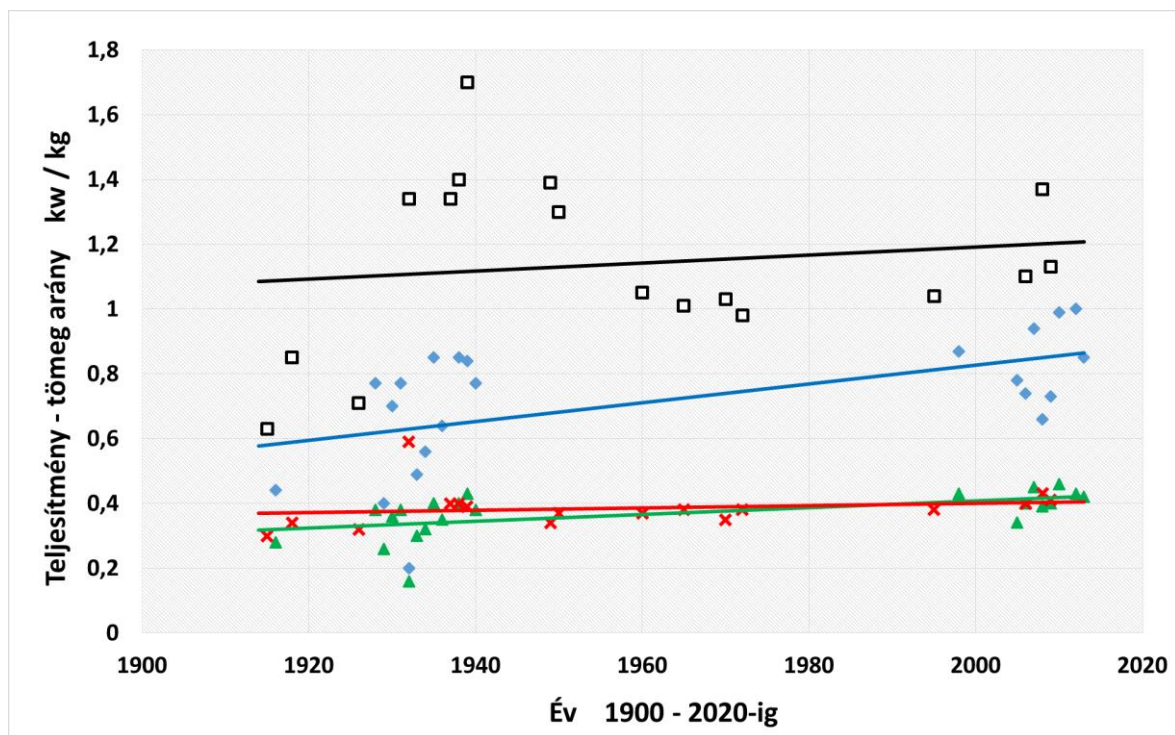
A fenti árkülönbségekből jól látható, hogy a repülőgép üzemóra költségeit is befolyásolja a választott üzemanyag⁷². Ez alapján is látható, hogy a kis teljesítményű hajtóművek terén is a kerozin alkalmazása a célszerű. [102.],[25.]

A dugattyús motorok esetében a felhasznált üzemanyag ismét csak meghatározó, hiszen egy találat esetén a benzinnel a robbanási hajlama jóval magasabb a kerozinénál és a gépen a tűz terjedése is intenzívebb, amely jelentős kockázati tényezőt hordoz magában.

⁷² II.1. pontban a gazdaságossági vizsgálatnál külön tárgyalva (lásd, 11. 12. ábra)

Dízelmotorok felhasználása a repülésben

A XX. és XXI. században a repülőgépmotorok fejlődése több konstrukciós megoldás mellett párhuzamosan haladt. A dízelmotorok repülésre fejlesztése jó hatásfokuk ellenére hosszú időre megtorpant, amelynek fő oka a magas szerkezeti tömegük volt. A technika és az anyagok fejlődésének köszönhetően mára a benzin üzemű motorokhoz képest a lemaradást jelentősen ledolgozták. Az egyes motorok repülésben történő felhasználhatóságának egyik megfelelő módja a teljesítmény-tömeg arányú összevetés, amelyet a 41. ábrán végeztem el.



41. ábra. A dugattyús repülőgépmotorok teljesítmény-tömeg aránya a XX. és XXI. században. [Készítette: Hennel Sándor őrgy.]

A 41. ábra diagramját a 7. függelékben⁷³ szereplő dízel- és benzinmotorokat tartalmazó táblázat alapján hoztam létre. A felső két görbe az egyes dízelmotorok (kék színnel jelölve) és benzinmotorok (fekete színnel jelölve) teljesítmény-tömeg arányát ábrázolja a tervezés évének megfelelően. A dízelmotor a szerkezeti tömeg okozta hátrányt a hosszabb repülési távolságokon a fogyasztással képes ellensúlyozni. A pontsorokhoz húzott „lineáris trend függvények”⁷⁴ mutatják a fejlődés ütemét, illetve a két egyenes egymást közelítő jellege a benzin és dízel motorok teljesítmény-tömeg aránya közötti különbség csökkenését. A jelenséget

⁷³ A 7. függelék táblázatát a [86.],[87.],[88.],[90.],[91.],[112.] alapján készítettem.

⁷⁴ A 7. függelékben megadott adatok alapján az excel program rajzolta.

megvizsgálva, műszaki háttérként egyértelműen tudjuk azonosítani az eltérő motorcsaládok fizikai határait, maximális teljesítmény határolásának okát. A **benzinmotoroknál** a teljesítmény növelés határa az **öngyulladásos égés megjelenése, míg a dízelmotorok esetében a hőterhelhetőség szab határt.** A nagyobb hőterhelést elviselő szerkezeti anyagok fejlődésében a megmunkálás, a speciális kohászati eljárások és a minőségbiztosítás miatt az évtizedek alatt jelentős változással, javuló feltételeket lehetett elérni.

A tömeg megítélésében a felhasználói szempontok a meghatározók, elsődlegesen a **teljes tömeget kell figyelembe venni, a motor és az üzemanyag összességét.** A kutatott könnyű repülőgép kategória esetében a LAAR és LIMA programok követelményei szerint 5,5 óra maximális repülési idővel számoltam. Vizsgált esetünkben a 41. ábrán a szerkezeti tömeghez hozzáadtam az elhasznált üzemanyag tömegét, és így a teljesítmény, tömeg arány különbség jelentősen csökkent. Zöld színnel jelöltem a dízelmotor, míg pirossal a benzinmotor üzemanyaggal növelt teljesítmény-tömeg görbáját. A fogyasztás különbség miatt, az **5,5 óra repülési időt figyelembe véve, a benzinmotorok teljesítmény-tömeg aránya megegyezik a dízel motorokéval,** a piros és a zöld görbék metszik egymást. A hosszabb távú repülőgép felhasználás azonban egyértelműen a dízelmotor javára billenti a mérleget. **A pontsorhoz húzott trendvonalak metszik egymást, ami azt jelenti, hogy 5,5 óra repülési idő esetén a teljesítmény-tömeg arány a dízel motorok esetében kedvezőbb.**

V.3 A hibridmeghajtás lehetőségének vizsgálata

Az elektromos jármű meghajtás ötlete a gépjárművekkel közel egyidős. Sok jó tulajdonsága ellenére elterjedésének korlátja elsősorban a hajtóanyag energia sűrűségére és a tárolási körülményeire vezethető vissza. A dugattyús motorokhoz használt üzemanyagok – dízel olaj, benzin, kerozin, stb. – energia sűrűsége jóval, nagyságrendekkel magasabb az elektromos tároló rendszereknél.⁷⁵ A hőerőgépek kritikus pontja az üzemanyag előállítása volt, azonban sok évtizedes folyamatos fejlesztés után mára az ipari rendszerek ezen feladat megoldását kialakították. A nyersolaj és földgáz bányászata technológiájában kidolgozott, a speciális kitermelési viszonyokra a fejlesztések további lehetőségeket tartogatnak. A nyersolaj szállítása, lepárlása, a minőség biztosítása és a felhasználóhoz való eljuttatása már működő rendszer napjainkban. A fosszilis energia hosszú távú elérhetősége – széleskörű elterjedése miatt – a

⁷⁵ A 9. táblázat alapján a dízelolaj és a LiFePO₄ akkumulátor között 30 szoros az energia sűrűség aránya

következő évtizedekre biztosított, de mindenképpen véges, az alternatív energiahordozók keresése szükséges és indokolt. Élhető környezetünk fenntartása és évszázados távlatokban való megőrzése miatt a környezetvédelmi szempontok mind inkább tudatosan egyre nagyobb nyomattal kerülnek előtérbe. Célul tűzhető ki, hogy fogyasztás csökkentéssel és a különböző rendszerek sajátosságaiból adódó előnyöket optimálisan tudjuk vegyíteni, egyúttal a hátrányokat minimalizálni. A nagy eladási darabszámok miatt az autóiipar kiváló termékeket fejleszt. Érdemes megvizsgálni a személyautó-gyártásban már ígéretes eredményeket elért alternatív, vegyes – hibrid – hajtások repülésbe és a katonai repülésbe átültetésének lehetőségeit. A különböző szerkezeti megoldások értékeléséhez érdemes elsőként megvizsgálni a belsőégésű és az elektromos megoldások közötti fizikai különbséget. Az 9. táblázat különböző anyagok és az elektromos energia tároló rendszerek térfogatra és tömegre vonatkoztatott energia sűrűségét, fizikai jellemzőit mutatja.

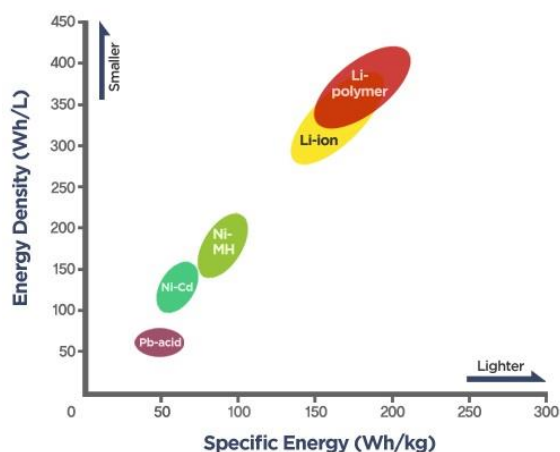
Anyag	Térfogatra vett energiasűrűség	Tömegre vett energiasűrűség
Urán U-235	4.7×10^{12} Wh/l	2.5×10^{10} Wh/kg
Bór	38,278 Wh/l	16,361 Wh/kg
Dízel olaj	10,942 Wh/l	13,762 Wh/kg
Benzin	9,700 Wh/l	12,200 Wh/kg
Feketeszén	9444 Wh/l	6667 Wh/kg
Földgáz (cseppfolyós)	7,216 Wh/l	12,100 Wh/kg
Propán (cseppfolyós)	7,050 +/-450 Wh/l	13,900 Wh/kg
Metán	6,400 Wh/l	15,400 Wh/kg
Etanol	6,100 Wh/l	7,850 Wh/kg
Hidrazin	5,426 Wh/l	5,373 Wh/kg
Termit	5,114 Wh/l	1,111 Wh/kg
Metanol	4,600 Wh/l	6,400 Wh/kg
Hidrogén (folyékony)	2,600 Wh/l	39,000 Wh/kg
Hidrogén-peroxid	1,187 Wh/l	813 Wh/kg
LiFePO4	970 Wh/l	439 Wh/kg
Fa	700 +/-200 Wh/l	3154 +/-1554 Wh/kg
Hidrogén (150 bár)	405 Wh/l	39,000 Wh/kg
Secondary Lithium - Ion Polimer	300 Wh/l	130 - 1200 Wh/kg
Secondary Lithium-Ion	300 Wh/l	110 Wh/kg
Szárzjég	248 Wh/l	159 Wh/kg
Nikkel-metál-hidrid	100 Wh/l	60 Wh/kg
Lendkerék	210 Wh/l	120 Wh/kg
Jég olvadása	92.6 Wh/l	92.6 Wh/kg
Folyékony nitrogén	68 Wh/l	55 Wh/kg
Ólom akkumulátor	40 Wh/l	25 Wh/kg
Propán (Gáz - 1 bar)	28.1 Wh/l	13,900 Wh/kg
Sűrített levegő	17 Wh/l	34 Wh/kg
Szuper kondenzátor	14,1 Wh/l	10,1 Wh/kg
Hidrogén (1bár, 15°C)	2.7 Wh/l	39,000 Wh/kg

7. táblázat. Energiahordozók térfogatra és tömegre vett energiasűrűsége. [113.]

A kialakítási környezet jelentős befolyással lehet a teljes szerkezeti tömegre, térfogatra. Természetesen az előbbi összefoglaló táblázat csak a fizikai kiinduló alapot mutatja be anélkül, hogy a felhasználáshoz szükséges szerkezeti térfogatok és tömegek megjelenének abban. Ennek megfelelően számot tudunk vetni különböző konstrukciók egyes közlekedési eszközök sajátosságainak megfelelő felhasználási lehetőségeivel, például a repülésben kiemelten érzékeny tömeg által határolt szerkezeti megoldásokkal. Az atommeghajtású repülőgéphordozókban és tengeralattjárókban alkalmazott meghajtások, egyelőre elképzelhetetlenek egy pilóta nélküli légitűzárónél vagy közúti gépjárműnél. Ezen kialakítások viszonyai a tanulmány kereteit meghaladó további értékelést igényelnek.

Akkumulátorok fajtái

Akkumulátor	Feszültség [V]	Töltési-kisütési ciklusok	On-kisülés [%/hó]	Energia sűrűség [Wh/kg]	Hatékonyság [%]
Ólom	2,0	500-800	3-4	30-40	70-92
Zárt ólom	2,0		-	-	70-92
Nikkel-kadmium (NiCd)	1,2	1500	20	40-60	70-90
Nikkel metál-hidrid (NiMH)	1,2	1000	20	30-80	66
Lítium-ion (Li-ion)	3,7	1200	5-10	160	99,9
Lítium-polimer (Li-polymer)	3,7	500-1000		130-200	99,8



8. táblázat. Elektromos energia tárolására szolgáló akkumulátorok térfogat energia sűrűsége, specifikációi. [114.],[115.]

Általánosságban kijelenthetjük, hogy az energiát tároló akkumulátorok sok helyet foglalnak, és relatív nagy szerkezeti tömeget jelentenek. Az elmúlt évtizedben a mobiltelefonok, GPS-ek, zenei lejátszók elterjedése miatt az akkumulátorok jelentős fejlődésen mentek keresztül, ami a gépjárművek hibrid hajtásait már elérhető távolságba hozta. Az elektromos akkumulátorok energiasűrűsége napjainkban a dízelolajhoz viszonyítva két nagyságrend, a régebbi ólom akkumulátorok esetében három nagyságrend különbséget mutat. Üzemeltetés és felhasználói problémaként említhetjük még a feltöltés, kisütés viszonylagos lassúságát és a jelentős árukat is. A felmerült és kiforróban lévő problémák ellenére a gépjárműiparban a hibrid hajtások fejlődése megindult.

A **hibridautó** olyan autó, amely a meghajtásához szükséges energiát több, egymástól eltérő elven működő erőforrásból nyeri. [35.] Ezen hibrid rendszerekben a gyakorlati megvalósítás során legtöbbször a belsőégésű motor és a villanymotor kombinációja jelenik

meg. Az elektromos meghajtás legjelentősebb problémája a szükséges energia tárolásban rejlik. Ez az energiatárolási környezet adja talán az egyik legnagyobb előnyét is a rendszernek, hiszen az energia visszaforgathatóan tárolható, szemben a fosszilis energiahordozókkal. A kémiai alapú energia a jármű gyorsításával mozgási energiává alakul, majd egy része a fékezés során visszatermelhető, tárolható. Ez a megoldás az égés során előállított energiákra nem érvényes, az égés nem reverzibilis folyamat. A vegyes hajtás másik nagy előnye a csúcsrajáráthatóság, tehát a fosszilis aggregátot a lehető legjobb hatásfokon lehet üzemeltetni, a hajtáshoz nem szükséges energia pedig tárolható. A villamos hajtások teljesítmény-maximumának határa a dízelmotorokéhoz hasonlóan, a hőterheléstől, melegedéstől, kialakított hűtési rendszertől függ. A maximális terheléssel járatott motorok a megadott adatokat csak rövid ideig, esetenként csak percekig, másodpercekig képesek tartani.

A **soros hibridhajtások** esetében a belsőégésű motor nem közvetlenül az autót, hanem egy generátort hajt, amely elektromos áramot termel, ez akkumulátorban (kondenzátorban) tárolódik, majd egy villanymotor meghajtja a kerekeket. A soros rendszernél a belsőégésű motor üzemmódjával a többszörös energiaátalakítás és az akkumulátor töltési-kisülési veszteségei folytán a belsőégésű motor teljesítménye tovább csökken. Előnyként jelentkezik, hogy kizárólag villanymotor-meghajtás miatt sebességváltóra nincs is okvetlenül szükség. A villanymotor tág fordulatszám-tartományban is jó hatásfokkal működik. A tisztán elektromos hajtáshoz képest a hatótávolság rugalmasan megnövelhető, de a lehetőségét magában hordozza a kizárólag elektromos felhasználásnak is. [35.] Ezen hajtáslánc felhasználásának jó példája az Opel Ampera. (5. függelék 31. sor)

A **párhuzamos hibrideknél** a belsőégésű, és a villanymotor egyszerre vagy külön-külön is részt vehet a hajtásban. A fosszilis aggregát a kerekeket hajthatja, illetve részterheléseken az energiatárolókat is töltheti. Az elektromos hajtás képes lejtmenetben az akkumulátorra visszatáplálni. Az energiatároló egységek feltöltésének harmadik módja a 220 voltos elektromos hálózat, amely a garázsban, parkolóban, speciális utcai töltőpontokon vagy akár a munkahelyeken is elérhető. A hibrid sajátosság, hogy a kisegítő berendezéseket (pl. légkondicionáló, szervokormány) nem a belsőégésű motor hajtja meg, hanem az állandó feszültségű akkumulátor-egység, így az elektromos berendezések a belsőégésű motor változó fordulatszámától eltérően, állandó sebességgel, vagyis nagyobb hatásfokkal, hosszabb élettartammal, kisebb tömegeből működtethetők. [116.] A ma kapható hibridautók többsége a párhuzamos rendszer elvén működik, példaként hozhatók a Lexus RX 450h, illetve a Toyota Prius típusok. (5. függelék 2., 6. sor)

A párhuzamos hajtású hibridautók esetében általában az induláskor az elektromotor kapcsolódik be és a belsőégésű motor hidegállapotából előmelegítés elkezdődik. Nagyobb teljesítményű gyorsításkor mindkét motor hajtja az autót, lakott területen kívül pedig alapvetően a belsőégésű motor szolgáltatja a hajtáshoz szükséges energiát, de előzésnél vagy hegymenetben bekapcsolhat és rásegíthet a villanymotor is.

A *start-stop funkció* a hagyományos rendszerek működése mellett üzemanyagot takaríthat meg. A közlekedési lámpa zöld jelzésére várakozás során a motor automatikusan leáll és a fékpedál felengedésével automatikusan újraindul, csökkentve ezzel az üresjáratit időt. Bár felhasználásuk erősen korlátozott, de a hatásfok javítása miatt megemlítendő a gépjárműre épített napelemes töltés, és a kipufogó rendszer hőmérséklet különbségéből adódó termo-elektromos töltés is.⁷⁶

A belsőégésű motor alacsony fordulatszámon kis forgatónyomatékot ad le, és egy hagyományos járműben relatív nagy lökettérfogatú motorra van szükség ahhoz, hogy az autó megindulhasson, rugalmasságot, komfort érzetet adjon. A villanymotor alacsony fordulaton nagy nyomaték leadására képes, így e kiegészítő hajtás kiválóan alkalmas arra, hogy kis fordulaton kiegészítse vagy helyettesítse a belsőégésű motorból nyerhető teljesítményt.

A hibrid autók piacán 2015-ben legelterjedtebb⁷⁷ típusokat az 5. függelék foglalja össze. A táblázatban zöld színnel a hibrid, pirossal a dízel, sárgával az elektromos, feketével a benzin üzemű autókat jelöltem. A táblázatból láthatjuk, hogy a vizsgált típusok teljesítmény, tömeg, fogyasztás értékei hogyan változnak az üzemanyagfajta és a hajtás módozat függvényében.

Összességében a hibrid hajtású autókról elmondható, hogy jelentős üzemanyag-megtakarítással üzemeltethetők. Számszerű meghatározása, illetve ezeknek hivatkozása viszont jelentős körültekintést igényel, a terhelés, használati üzemmód jelentősen befolyásolja azt. A városban belül, a hagyományos gépjárművek esetén a dugókban álló, lassan araszoló autók, üresjáratit fogyasztása – üzemkészsége miatt – jelentős többlet fogyasztást eredményez. Szélsőértéket vizsgálva, alapjáraton egyhelyben állva, a 100 km-re eső fogyasztás végtelen, hiszen nem tartozik hozzá megtett távolság, de alapjáratit üzemanyag-fogyasztás igen. Ebben az esetben a hibrid autó fogyasztása viszont nulla. A tisztán autópálya-használatot tekintve, a

⁷⁶ A termo elektromos töltés a BMW típusokon jelent meg elsőként (5. függelék 18, 20. sor)

⁷⁷ A 5. Függelékből láthatjuk, hogy szinte minden világszerte elterjedt autópálya-használatot foglalkozik a hibrid autó fejlesztéssel, gyártással

hibrideknél a szerkezeti tömeg növekedése miatt az üzemanyag-felhasználás akár még növekedhet is.

A hibrid meghajtáshoz hasonlóan érdemes megvizsgálni a **teljes egészében elektromos meghajtású autókat is**. Ebben az esetben a hagyományos belsőégésű motoros meghajtás helyét egy arányaiban nehéz akkumulátor és egy könnyű elektromotor vette át. A Tesla S model P85D típus esetén a két tengelyen megadott 162 kW-os és 345 kW-os (221 és 470 LE) villanymotor 3,1 másodperces gyorsulással juttatja a 2105 kg-os autót 100 km/h-ra. Elgondolkodtató, hiszen a 85 kWh-ás lítium-ion akkumulátor 100 km/h sebesség mellett, 400 km feletti hatótávolságot ígér. [117.] (Az akkumulátor tömege 600 kg körüli.) Az elektromotor sajátosságából adódóan, az azonnal rendelkezésre álló nyomaték és az összes keréken megjelenő hatalmas teljesítmény mellett nem meglepő az első osztályú sportkocsikat verő gyorsulás. A tömeg- és a hatótávolság-adatok viszont ezen hajtás sajátosságainak továbbgondolását igénylik. Az elektromotor kis térfogata és kedvező tömege⁷⁸ a kiegészítő és segédberendezések elmaradása – generátor, önindító, gyújtás, akkumulátor, hűtő, hűtőfolyadék, termosztát, vízpumpa, légszűrő, olajszűrő, olaj, sebességváltó, tengelykapcsoló, differenciálmű, kardántengely, üzemanyag és üzemanyagtartály – az akkumulátor tömegnövekedése mellett sem engedi a gépjármű össztömegét jelentősen a kategória átlaga fölé nőni. A meghajtás kialakítása természetesen visszahatással van a formatervezésre és az aerodinamikai kivitelre is. Az óriási teljesítmény ellenére nagy felületű, nagy ellenállású hűtőkkel nem kell megtörni a karosszéria áramvonalait, ez ugyanis jelentős légellenállás növekedést okozna. A repülésben használt tartósan nagy sebességek esetén ez kellemes változást eredményezne.

A **Tesla a P85D modellel** impozáns példát teremtett az autóiiparban felhasználható elektromos meghajtások fejlesztéséhez. A városi környezetben az alapjáratú fogyasztás hiánya a környezetvédelem, por, szénmonoxid, zaj, rázkódás csökkenés előnyeit hozza. A jó formaterv, a kellemes minőségű anyagok és a 21. századi vezeték nélküli internet alapú érintőképernyős kijelzők majdnem feleltetik az alap hiányosságokat. A 3,1 másodperces gyorsulási érték és a közel 500 kW-os motor csupán pillanatokig használható, hiszen a 400 km-es hatótávolság 110 km/h-ás sebesség mellett megközelítőleg 25 kW teljesítményt igényel. Hosszabb, kevésbé fejlett területeken (elektromos gyorsított hiányában) az utazás ugyanakkor

⁷⁸ az elektromotor tömege hozzávetőlegesen egyharmada a belsőégésű motornak

megnehezül. Az akkumulátor töltési ideje 30 perc és 30 óra között változik (átlagosan 3óra) a kiépített infrastruktúrától függően. A hagyományos erőforrású autók esetén az utastér fűtését a motor hulladék hőjével oldják meg. Az elektromos hajtás esetén az akkumulátorokat terhelő elektromos fűtésről kell gondoskodni. A 40°C külső környezeti hőmérséklet esetén az akkumulátorok terhelése miatt a megtehető távolság 10-15%-kal csökken a -10°C-hoz képest.

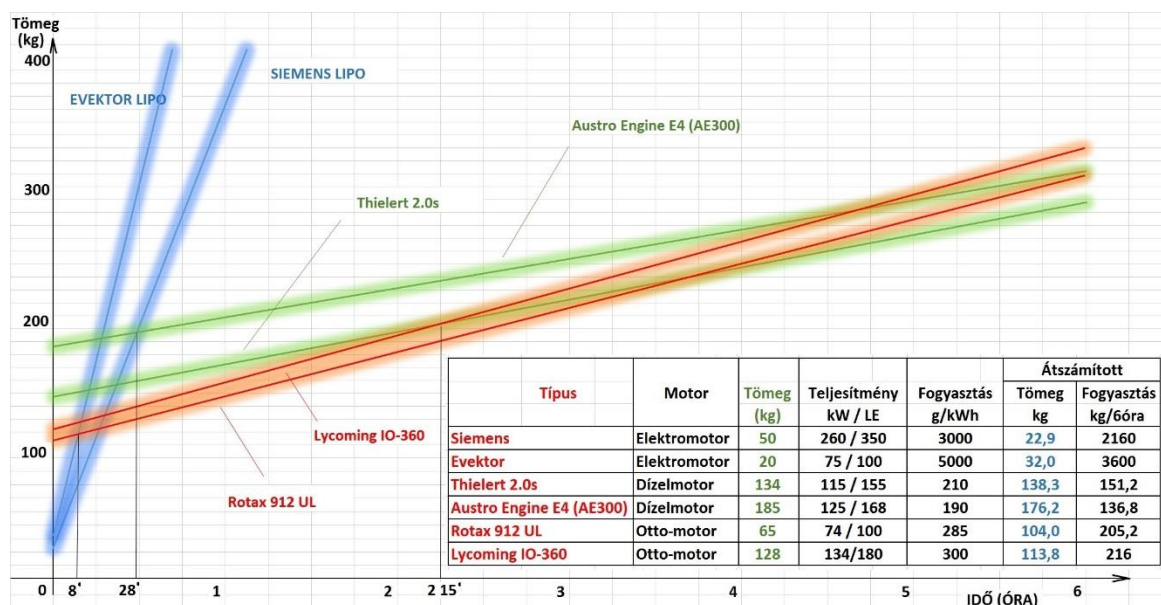
Érdekes és fontos megvizsgálni a **hibrid hajtások gazdaságossági összetevőit**. A személygépjárművek üzemeltetési költsége alapvetően két fő részre bontható. Az első rész **állandó költségeket** jelent, amely a használat mértéktől független. Ilyen például a vételár vagy törlesztőrészlet, az amortizáció, a garázsbérlet, az adó és a biztosítás költsége. A másik nagy csoport a használathoz kötött **változó költségek**. Ilyen az üzemanyag-költség, a karbantartás költsége, vagy akár az autómosás. (Az egy km-re vonatkoztatott költséget nyilván úgy lehet minél alacsonyabban tartani, ha az évi használatnak a mértékét a reálisan elérhető maximumon tartjuk. Így válik érthetővé a gondolat, hogy érdemes egy 40 milliós autóval, Teslával taxizni.) A normál, hétköznapi használatban évi 20-30 000 kilométeres használat mellett a fent említett üzemanyag-fogyasztással, a hibrid és teljes elektromos megoldások egyelőre nem tudják kompenzálni a magas, megnövekedett vételár hányadot. A repülésben a gazdaságossági számvetést hasonló módon végezhetjük, mint azt a II.1. pontban már részletesen tárgyaltam.

Összességében a hibridhajtású autókról elmondhatjuk, hogy alacsony üzemanyag-fogyasztással használhatók, ennek megfelelően a helyi⁷⁹ negatív környezeti hatásokat csökkentik (korom, szénmonoxid, zaj). Az egyéb felmerült költségek miatt a gazdaságosságuk már kevésbé egyértelmű. Az egyéb infrastruktúrális és megszokott kényelmi viszonyaira viszont egyértelműen mondhatjuk, hogy a hibrid hajtások fejlesztése megkezdődött, jó irányban halad, de még vannak megoldandó feladatok.

Az autóipar vívmányait látva meg kell vizsgálni a **repülőgépipar lehetőségeit a hibrid hajtások területén**. A tömeggyártás miatt fellendülő autóipar a hibrid hajtások területén mérföldkövet jelentett. A dugattyús motorok gyengébb hatásfokát és az elektromotorok energiatárolási problémáit egymáshoz közelítve egy bonyolultabb, de jobb hatásfokú rendszert hoztak létre. Az autóiparban a gyorsan megjelenő nyomaték – részterheléseken is jó hatásfok – a jelentős gazdaságossági mutatók javulásának háttere. Az elektromotorok segítségével a kis

⁷⁹ Az elektromos áram termelés az erőműben szennyezi a környezetet, és az elhasznált akkumulátor is környezetkárosító

fordulatszámokon azonnal megjelenő teljesítmény, a repülésben nehezen konvertálható előny. A kiegészítő elektromos hajtásoknál tárolt és visszatáplált elektromos energia és a maximális felszállóteljesítmény megnövelése és kihasználása azonban, a repülés és a katonai repülés számára is jelentős előnyöket hozhat.



42. ábra. A benzin-, dízel- és az elektromos motorok adott repülési időhöz szükséges tömegdiagramja. (készítette: Hannel Sándor őrnagy.)

A repülésben fontos, hogy a tömeg kérdését mindenképpen a motor és fogyasztás együtteseként értelmezzük. A 42. ábrán a benzin-, dízel- és az elektromos motorok adott repülési időhöz szükséges tömegét és az ebből készített diagramot, valamint táblázatot láthatjuk. A motorok különböző teljesítménye miatt, egy egységesített 120 kW-os (160 LE) teljesítményre átszámítva mutatom be a szerkezeti tömeget, valamint az átszámított tömegadatokat és a változásokat. A 42. ábra táblázatából látható, hogy a motor szerkezeti tömegét arányosítottam a 120 kW-hoz, a fogyasztást pedig a görbék jellege miatt 6 óra üzemidőhöz számoltam. Az Otto-motorok alacsonyabb tömege mellett a rossz fogyasztás néhány óra után⁸⁰ elveszíti a tömegelőnyét. (Megjegyzendő, hogy a vizsgálat a hibrid hajtások jellegét vizsgálja, az alacsony mintaszám miatt nem reprezentatív, a 41. ábra dízel-Otto összehasonlításához képest még kedvezőbb eredményeket ad a dízel javára.) Az elektromos meghajtások esetén látható, hogy a tömegre vonatkoztatott „fogyasztás” nagyon magas, sokszorosa a belsőégésű motorokénak, a motor tömege viszont jóval kisebb. Ez a szerkezeti

⁸⁰ A Thielert és a Rotax esetén 2 óra 15 perc, de az Austro Engine, Lycoming vonatkozásában 6 óra szükséges.

tömeg különbség ésszerűen felhasználhatóvá teszi rövid ideig tartó terheléseknél, vagy csúcsra járatásnál, forszírozott üzemmódoknál. A 42. ábrából látható, hogy ez az időtartam 8–28 percnél éri el a dugattyús motorok szintjét. Ez az egyik oka, hogy a modell repülőknél, kisméretű drónoknál gyakran az akkumulátoros energiatárolási és hajtási megoldás kerül felhasználásra. Az **elektromos hajtások felhasználásának korlátját** is látjuk a diagramban, ahol a napjainkban elérhető energiatárolási rendszerek miatt, a huzamosabb tisztán elektromos hajtás jelentős többlet tömeg növekedéssel jár.

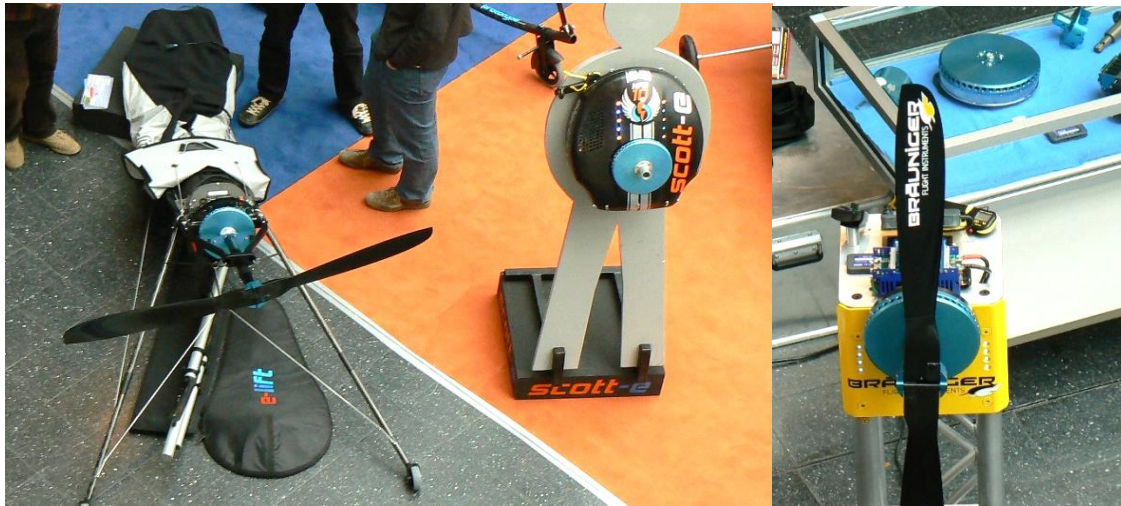
Elektromos hajtású repülőgépek a 2013-as Friedrichshafen-ben megrendezett kisméretű repülő kiállítás sztárjai voltak. Alapvetően három csoportban jelentek meg, úgy, mint tisztán elektromos hajtású, napelemmel töltött, és hibrid hajtású egységek.

A tisztán elektromos hajtásnál a csehországi Evector gyár EPOS repülőgépébe épített akkumulátor hajtómű egysége okozott meglepetést, hiszen a kétüléses repülőgép számára a 60 kW-os (80 LE) maximális teljesítményű motor, egy órás tiszta repülési időt biztosított mindössze 117 kg (100 kg-os akkumulátor és 17 kg-os villanymotor) hajtási egység tömege mellett.



43.ábra. Epos, tisztán elektromos hajtású repülőgép 1 óra repülési idővel
[Hennel Sándor őrnagy saját gyűjteménye]

Szintén meglepetésként jelent meg az elektromos meghajtású sárkányrepülőkhöz és siklóernyőkhöz használható háti motor is. A repülés szabadsága, a csönd és a természet közelsége, az irányíthatóság és rugalmas felhasználás, valamint a nagyobb berepülhető távolság ellentételek egymással. Ezen a területen az elektromos hajtás fontos előnyt mutat a zajszint csökkentésével. A szükségszerűen „bekapcsolható tolóerő” könnyű repülést, a behajtható légsavár pedig a korábbi konstrukciókkal szemben alacsony ellenállást eredményez.



44. ábra. Elektromotorral hajtott siklóernyő és sárkányrepülő
[Hennel Sándor őrnagy saját gyűjteménye]

Hasonló meghajtási rendszerben az Airbus Group 2014-ben a berlini légi kiállításon bemutatta ez első csőlégsaváros, tisztán elektromos meghajtású repülőgépet, az E-FAN-t. A két darab, egyenként 30 kW-os (~40 LE) törzsön kívülre elhelyezett villanymotor közel egy órán keresztül képes a levegőben tartani a repülőgépet, mindenféle károsanyag-kibocsátás nélkül. A felszálláshoz a futókereket hajtó 6 kW-os (~10 LE) elektromotor ad segítséget. Ezzel a koncepció repülőgéppel az Airbus megkezdte a menetelését ahhoz a célhoz, hogy 2050-re 70–80 személyes utasszállító elektromos repülőgépet építsen. [112.]



45. ábra. A berlini légi kiállításon bemutatott E-FAN [112.]

A 2013-ban, Friedrichshafen-ben megrendezett kisgépes repülőkiállítás a napelemes repülőgépek terén is újat hozott. A PC-Aero GmbH az Electra One Solar típusú repülőgépet mutatta be, amelynek a szárnyfelülete napelemekkel volt borítva. A maximális felszálló tömege 300 kilogramm volt, amelynek harmadát, 100 kg-ot akkumulátor tesz ki, és a hajtást egy 16 kW-os (25 LE) villanymotor adja.



46. ábra. Napelemes, akkumulátoros energia tárolású repülőgépek a Friedrichshafen-i repülőkiállításon [Hennel Sándor örnagy saját gyűjteménye]

A Sunseeker Duo (a 46. ábrán jobbról látható) az első kétüléses napelemes repülőgép. A segédmotorral szerelt vitorlázógép 22 méter fesztávolságú szárnyán helyezkedik el a napelem rendszer, a szárny, törzs és a farok részben pedig az akkumulátorok. A 25 kW-os (34 LE) elektromotor önálló felszállásra és emelkedésre teszi képessé a 280 kg üres tömegű gépet.



47. ábra. A napelemes töltésű, tisztán elektromos hajtású Solar Impulse 2 [118.]

Az Impulse 2 közel 72 méteres szárnyfesztávolsága 270 m² felületű napelem telepítését tette lehetővé, így az egy fős személyzet a robot pilóta segítségével **folyamatos repülésre képes**. Az éjszakai repülés során a 4 darab 41 kWh-os akkumulátor, míg nappal a napelemek töltik és hajtják a 4 darab 13 kW-os (17,4 LE) villanymotor által a repülőgépet. 2300 kg-os tömegével 12 000 méteres csúcsmagasságra képes. Habár utazó sebessége 90 km/h, de a felszálló sebessége 36 km/h-ja és maximális sebesség 140 km/h-ja rugalmas repülést enged. Az első éjszakai átívelő repülés a korábbi típusal 2010-ben történt, a világ számos pontját bejárta, hiszen a föld is körbepülhető vele.

A villamos hajtású könnyű repülőgépek növekvő száma jól mutatja az elektromos meghajtási rendszer iránti megnövekedett érdeklődést. Természetesen a korlátozott hatótávolság és teljesítmény továbbra is problémát jelent a tisztán elektromos hajtású könnyű repülőgépek esetében. Ez utóbbi problémakörre is megoldást jelenthet a **hibrid repülőgép hajtások alkalmazása**, ahol az elektromos hajtásrendszert valamilyen belső égésű hőerőgéppel (gázturbina, dízelmotor, Otto-motor) kombinálva alkalmazzák. Hibrid meghajtású könnyű repülőgép konkrét megvalósítására még csak kevés gyártó vállalkozott.

A napjainkra megépített hibrid meghajtású könnyű repülőgép típusokra az egyik legjobb példa a Pipistrel szlovén cég által fejlesztett, **Panthera típusú repülőgép**, amely négy főt szállít, 200 csomós (360 km/h) sebességgel, 1000 mérföldes (1600 km) távolságra, mindössze óránkénti 10 gallonos (38 liter) fogyasztással.[119.]



48. ábra. Hibrid hajtású Pipistrel, Panthera típusú repülőgépe [119.]

A Minnesotai Állami Egyetem és a Bolognai Állami Egyetem közös hibrid repülő-meghajtási rendszer fejlesztésére irányuló kutatási programot kezdett. A célkitűzés nem annyira az elektromos repülőgép-meghajtás belső égésű hőerőgéppel történő kombinált alkalmazását, mint a korszerű turbófeltöltött gépjárműves dízelmotorok elektromos segédhajtással történő kiegészítését tűzte ki célul. [120.],[121.] A program során tehát egy elektromos-, illetve dízelmotoros meghajtás kombinációján alapuló hibrid repülőgép meghajtási rendszer került kialakításra. A már széles körben alkalmazott gépkocsi hibrid meghajtású rendszerektől eltérően, az akkumulátorok tömege a repülőgépes hibrid rendszerekben jóval alacsonyabb. Ennek következtében korlátozott az elektromos meghajtás alkalmazásának ideje is, amely elsősorban a repülőgép felszálló üzemmódjára, illetve a vész-üzemmódra szorítkozik.

Az amerikai–olasz egyetemi kutatócsoport tevékenysége során eredetileg gázturbinás könnyű repülőgépből, illetve könnyű helikopterből alakítottak ki a gépjármű dízelmotorral felszerelt repülőgépet. A beépített dízelmotor csúcsteljesítménye és az elektromos segédhajtás beépítése akkora teljesítményt adott, mint a gázturbinás meghajtás. Habár a beépített dízelmotorok fajlagos tömeg-teljesítmény mutatói kedvezőtlenebb értéket adtak a gázturbinánál, ezt jelentős mértékben ellensúlyozta a dízelmotor fele akkora üzemanyag-fogyasztása. Vizsgálatuk szerint a 740 kW (1000 LE) teljesítmény alatti gázturbinák effektív hatásfoka meglehetősen kedvezőtlen ⁸¹, és ebben a kategóriában messze alatta marad a korszerű turbófeltöltéses dízelmotorok gazdaságosságának.

⁸¹ A gázturbinák hatásfoka nagymértékben függ a méretétől

Az amerikai–olasz egyetemi kutatócsoport kísérletei során alkalmazott elektromos meghajtást az autóipar a versenysport szektorából vette át. A rendszer össztömege 26 kg, maximális teljesítménye 60 kW (80 LE), amely mintegy 7 másodperc időtartamig áll rendelkezésre, természetesen kisebb teljesítménnyel, hosszabb ideig is üzemelhet. A rendszer 600 V feszültségű és váltóáramú, hatékonyan alkalmazható a repülőgép felszálló teljesítményének növelésére, illetve – a dugattyús hőerőgép esetleges meghibásodása esetén – önálló vészüzemi hajtásként is. Az elektromos energia tárolása lítium-ion akkumulátorban történik. A könnyű repülőgépek gázturbinás, illetve Otto-motoros hagyományos meghajtási rendszereit jelenleg is kiegészíti egy generátor, egy indítómotor, továbbá az indítómotor működtetéséhez szükséges akkumulátor. Az olasz–amerikai kutatócsoport felhívja a figyelmet arra, hogy az általuk alkalmazott elektromos segédhajtási rendszer nemcsak a dízelmotor csúcsteljesítményét képes megnövelni, hanem a segédhajtás „reverzibilis üzemre is képes elektromos motorja generátorként is üzemel, egyúttal indítómotorként is rendelkezésre áll”. [120.],[121.] A repülőgép dízelmotor üzemanyag támogatására felépített elektromos segédhajtás ilyen módon nem csak a dugattyús hőerőgép csúcsteljesítményének növelésére képes. A kettős üzemű indítómotor-generátorként funkcionáló forgó villamosgép felhasználásával csökkentette a repülőgép fedélzetén lévő villamosgépek számát, csökkentve a fajlagos tömegét.

Az amerikai–olasz kutatócsoport elvégezte egy **Pilatus PC-6/B2 típusú légszavaros-gázturbinás könnyű repülőgép** átalakításának tervezését dízel-elektromos hibrid hajtására. A repülőgép eredeti üzemanyagtartály térfogata 515 kg kerozin tárolását tette lehetővé. Az eltávolított PT6A-27 típusú légszavaros gázturbina 500 kW (680 LE) teljesítményű, 153 kg szerkezeti tömegű hajtómű volt. A helyette beépített dízelmotor 440 kW (600 LE) teljesítményű, amelyet a 60 kW (80 LE) teljesítményű elektromos segédhajtás tesz a gázturbinával azonos felszálló teljesítményűvé. Azonos hatótávolság esetén a hibridhajtás 265 kg-mal kevesebb üzemanyagot fogyasztott, mint a gázturbinás változat. A dízelmotor 300 kg-os tömege közel kétszerese a gázturbináénak (153 kg). Összeségében ez 103 kg felszálló tömegcsökkenést jelent. Maximális hatótávolságú repülés esetén a repülőgép felszálló tömege 103 kg-mal csökken a gázturbinás alapváltozathoz képest. A tömegcsökkenés, továbbá az elektromos segédhajtás pozitív dinamikai jellemzői következtében az eredetileg 440 méteres felszálló úthossz 330 m-re csökkent, ami katonai szempontból különösen fontos STOL felszállási tulajdonságot biztosít a hibrid könnyű repülőgép számára.

Az amerikai–olasz egyetemi kutatócsoport elvégezte egy **Agusta-Bell AB 212 típusú könnyű helikopter** átalakításának tervezését is hibrid (dízel-elektromos) meghajtási rendszerre. A helikopter 2 db 170 kg szerkezeti tömegű P&W PT6T-3B gázturbinája egyenként 765 LE teljesítmény leadására képes. A maximális hatótávolság teljesítéséhez a helikopter üzemanyagtartályaiban eredetileg 720 kg kerozint tároltak. A dízelmotorok beépítése következtében – azonos hatótávolság mellett – mindössze 460 kg kerozinra van szükség, ami 260 kg tömegcsökkenést eredményez. Azonban a beépített 2 db 440 kW (600 LE) teljesítményű turbó-dízelmotor összességében egyenként 340 kg tömegű⁸², ami meghaladja a gázturbinák szerkezeti tömegét. Összességében az átalakított helikopter hasznos terhelhetősége 93 kg-mal csökkent, ami a szállítható személyek (14 fő) számának egy fővel történő csökkentését eredményezte. A repülőgép átalakításhoz képest különbségként jelent még a helikopter szerkezetébe beépített tengelykapcsoló, amely indításkor a dinamikus terheléseket csökkenti. A hasznos terhelhetőség tekintetében mutatkozó hátrányt a gyakorlatban jelentős mértékben ellensúlyozta a helikopter rotorjával immár nemcsak gázdinamikai kapcsolatban álló dízelmotor fokozott reagáló-képessége és kisebb üzemi zaja. [120.],[121.]



49. ábra. A Minnesotai Állami Egyetem és a Bologna-i Állami Egyetem közös fejlesztési programjában alkalmazott hibrid repülő-meghajtási rendszer elemei: belsőégésű motor, elektromos motor-generátor, vezérlő elektronika, lítium-ion akkumulátor [120.]

A katonai alkalmazás tekintetében fontos jellemzője a dízel-elektromos hibrid rendszernek, hogy az átalakítás eredményeképpen létrejött hibridüzemű könnyű repülőgép – az eredeti gázturbinás típussal összevetve – az erőforrás harci sérülésállósága (repsz, lövedék) tekintetében jóval ellenállóbb. Hő- és zajkibocsátása – ezáltal felderíthetősége – jelentősen csökkent, emellett az üzemanyagtartály térfogatának jelentős csökkenése is növeli a harci

⁸² A 2×60 kW teljesítményt biztosító elektromos hajtással együtt

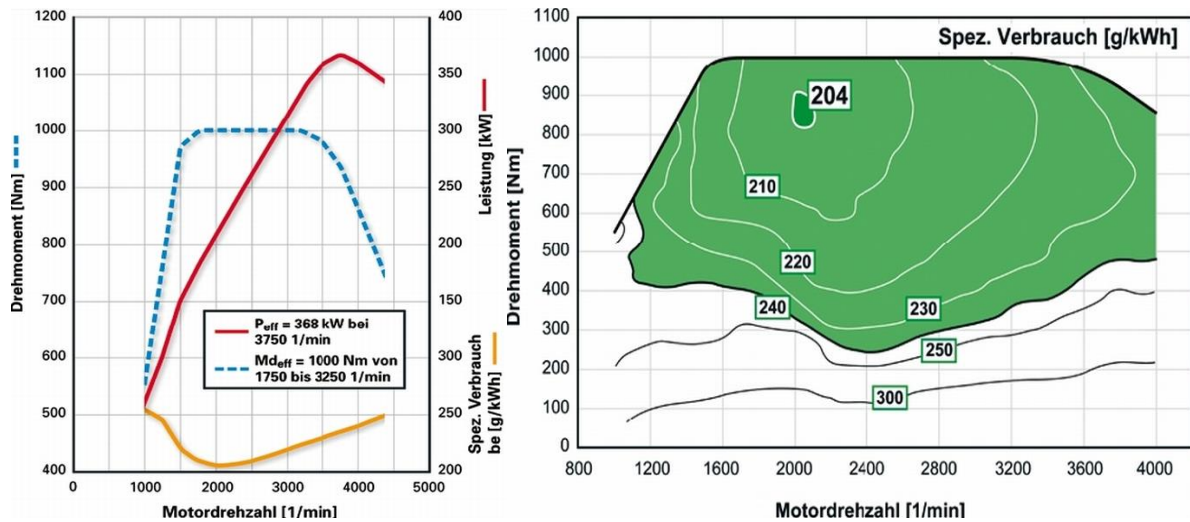
túlélőképességét. Polgári alkalmazás vonatkozásában jelentős előnye a dízel-elektromos hibrid repülőeszközöknek, hogy jelentősen kisebb üzemanyag fogyasztásuk következtében károsanyag-kibocsátásuk mértéke is jelentősen csökken. Igaz ugyan, hogy ez a tulajdonság elméletileg a 750 kW alatti gázturbinák dízelmotorokkal való felváltása esetén is jelentkezne, azonban – amint azt az amerikai–olasz kutatócsoport eredményei is bizonyítják – az elektromos segédhajtás többlet-teljesítménye nélkül a dízelmotor nem képes elérni a gázturbina teljesítményszintjét.

A fenti példák ellenére azt mondhatjuk, hogy **szemben az autóparral, a repülésben a tisztán elektromos vagy hibrid hajtások kevésbé hoztak jó eredményeket.** Ennek döntő oka lehet a repülésben, annak jellegéből adódó szerkezeti tömeg probléma, illetve az üzemeltetési forma, ahol a városi közlekedéshez hasonlóan, üresjáratú idő lényegesen kevesebb van. A repülőgép minimális sebesség alatti tartománya teljes egészében kiesik, ami a gépjárműves hibridhajtások legjelentősebb üzemterülete. A lejtmenet- visszatermelés lényegében nem használható, hiszen ezzel a siklási képesség jelentősen romlana.

Az autós és a repülőgépes hibrid hajtás azonos elveken működik, de a két terület sajátosságai miatt vannak eltérések. A különbség egyrészt a magasságból és annak változásából illetve a repülési feladat jellemzőiből adódik. A repülési magasság változásával a légkör nyomása, sűrűsége, hőmérséklete is változik. A levegő nyomása 1000 méteren a tengerszintinek a 89%-a, 5500 méteren az 50 %-a, míg 10 000 méteren csak a 26%-a. A belsőégésű motorok teljesítménye lényegében⁸³ ennek megfelelően csökken emelkedés közben. Az elektromos hajtás teljesítménye nem függ a magasságtól, így a repülőgép csúcsmagassága növelhető, ami a légellenállás csökkenésével további teljesítmény igény csökkenést jelent.

A repülésben felhasznált hibrid hajtásoknak fontos előnye a fő meghajtó egység fajlagos fogyasztás optimalizálása. Az elektromos hajtás töltésével, a teljesítmény optimalizálható a terhelés a minimális fogyasztási zóna közelében lehet tartani.

⁸³ a túltöltött dugattyús motorok magasság tűrő képessége jobb, de a teljesítmény csökkenés ott is fennáll



50. ábra. Az Audi 6.0 TDI teljesítmény, nyomaték, fogyasztás

Az 50. ábrából látható az Audi 6.0 TDI motor fogyasztás viszonyainak változása a fordulatszám és a terhelés függvényében. Látható, hogy 15-20%, de egyes esetekben akár 50%-os fogyasztás eltérés is lehet az egyes üzemmódok között. A kiegészítő elektromos hajtás segíthet a szükséges teljesítmény és az optimális fogyasztás viszonyokat közelíteni.

A hibrid hajtás vizsgált hátrányai miatt a repülésben való felhasználása egyelőre limitált. A hibrid hajtásos **katonai repülés azonban** a polgári felhasználási környezethez képest annyi eltérést tartogat, amiben érdemes egyéb előnyös lehetőségei után is kutatni. Kézenfekvő ötletként adódik a tábori illetve szükség repülőtérrel üzemelés megkönnyítése, hiszen önálló földi táplálást nem igényel. A nagyméretű elektromos akkumulátoroknak köszönhetően a fedélzeti rendszerek ellenőrizhetőek, javíthatóak, működtethetőek motorindítás nélkül is, hiszen a saját hálózat használata elégséges. Az ismételt hajtómű indítások, műszaki karbantartás miatt több órás javítási rendszer ellenőrzések, önálló téli fűtés, előmelegítés és nyári kabin hűtés teljesen **autonóm működést tesz lehetővé.**

A katonai repülésben előforduló tágabb üzemmódok⁸⁴ szükségszerűen az optimális terheléstől, fordulatszámától tartós és lényeges eltérést hozhatnak. A hibrid hajtás teljesítmény rásegítésével, illetve az energia visszatáplálással (50.ábra) optimális üzemmód közel tudja tartani a belsőégésű motort. Az adott feladathoz igazodva felderítési-, járőrözési-, várakozási légtérben az eltöltött idő az elsődleges szempont, így kis sebességgel, a motor alacsony

⁸⁴ fel- és leszállás, légi harc, várakozás, harcászati alkalmazás

terhelése mellett kerül felhasználásra. Ilyenkor az elektromotor teljes egészében átveheti a hajtást, vagy az akkumulátorok töltésére is fordítható a rendelkezésre álló teljesítmény.

A tömeg-teljesítményben megjelenő jelentős - jó hatásfokú – növekedés, reálisan lehetővé teszi a hibrid egység forszírozott üzemmódját, **csúcsrajáráthatóságát**. A megjelent többlet teljesítmény lerövidíti a felszállási úthosszt. A forszírozott üzemben a rövid ideig megjelenő teljesítmény tartalék, jelentős katonai előnyököt hozhat a maximális sebesség növelésével. Az ellentevékenységgel terhelt terület elhagyása, a repülőgépről kezdeményezett támadáshoz való gyorsítás, a légi manőverezésben megjelenő sebességtartomány növelése, illetve az őrzáratozásból a beavatkozásig tartó elérési idő lerövidítésének kiváló megoldása lehet egy elektromos segéd hajtás.

A műveleti területek felett végzett tevékenység során kiemelt fontossággal jelenik meg a **repülőgép meghajtási rendszerének duplikálása**, multiplikálása, a multiplikált rendszerek egymástól való magas szintű függetlenítése. Az ellenséges tevékenységből származó sérülések a magas műszaki megbízhatóságú rendszerezésének többszörözését is megkívánják.

A hibrid hajtás egy magas függetlenséggel rendelkező hajtást többszöröző rendszer, amellyel az egy belsőégésű motorral rendelkező elektromos hajtással kiegészülő egység is többmotoros üzeműnek tekinthető. A fő meghajtás lánc meghibásodása esetén a párhuzamos rendszer akár 30 percen keresztül üzemelve, a kritikus területet elhagyva, megfelelő leszállóhely kiválasztásával jelentősen javítja a repülőgép és személyzetének túlélési esélyeit. Hibrid meghajtásról lévén szó, teljesen különálló rendszert üzemeltetve az energia tárolás alapja is eltér, tehát egy hajtóanyag hibájából, elfolyásából adódó meghibásodás vagy a tartályok sérülése sem vezet teljes üzemképtelenséghez.

A katonai felhasználásban a nagy tömegű és térfogatú akkumulátorok az ellentevékenységből származó sérülések csökkentésére, úgynevezett **árnyékolásra is kiválóan felhasználhatók**. Adott esetben különösen érzékeny területeket nem feltétlenül kell páncélozással védeni, mert szerkezetileg megoldható a kisebb műszaki kiesést okozó elemek fedésbe helyezéssel való védelme is.

A katonai alkalmazás során jelentős előnyt ad az **alacsony zajszint is**, amely az elektromos és az emberi felderíthetőség terén kedvező feltételeket teremt. Ellenséges terület felett, frontvonal átlépéseknél felderítési területek felett az elektromos hajtást kihasználva a zajszint időlegesen jelentősen csökkenthető. A felderíthetőség csökkenésével természetesen az

ellentevékenységeknek a mértéke is jelentősen csökkenhet, a sikeres feladat végrehajtás esélye pedig nőhet.

Az elektromos hajtás alkalmazása **hőkibocsátás csökkenésével** jelentősen rontja a felderíthetőséget, rakéta célra vezethetőséget. (Egy esetleges rakéta besugárzás, indítás esetén az automatikus tolóerő szabályozás a motor teljesítményt csökkenti, vele azonos időben az elektromos hajtás terhelését pedig a szükséges mértékig növelheti.) A hő-rávezetésű rakéták találati pontossága ezen módszerrel jelentősen csökkenthető.

V.4 Összefoglalás és részkövetkeztetések

A repülésben használt dízelmotorok fejlesztése már az első és második világháború időszakában is jelentős eredményeket hozott. Nagyobb szerkezeti tömegük ellenére, de kedvező fogyasztásuk miatt elsősorban nagytávolságú repülésekhez, hidroplánokhoz, bombázó repülőgépekhez használták tömegesen. A dízelmotorok fejlesztését a második világháború után, a gázturbinák felé forduló figyelem megtörte. Az 1990-es években a kerozin hajtotta dugattyús motorok fejlesztése, alkalmazása újra fellendült. Számos személyautó motort fejlesztettek tovább repülési célokra. Az elterjedt típusoknak jelentős száma típusalkalmassági engedélyt is szerzett, amellyel kereskedelmi repülést is folytathatnak. (lásd. 6. táblázat.)

Ha a repülésben használt dugattyús motorokkal szemben támasztott követelményeket, kiegészítjük a katonai követelményekkel, objektív módon szabunk irányt a mára kifinomult autómotorok repülőgépmotorrá való továbbfejlesztésére. Az Otto- és dízelmotorok fejlődésénél az 43. ábrán látható, hogy a teljesítmény-tömeg arány különbség mostanra lecsökkent, de még mindig megmaradt. A szerkezeti tömeg és a felhasznált üzemanyag tömegének⁸⁵ összegzésével viszont megfordul, a dízelmotorok így már kedvezőbb teljesítmény-tömeg arányt mutatnak. A katonai felhasználásban ezeken túlmenően további előnyök azonosíthatók.

A jelentős fejlődés ellenére az elektromos hajtások esetében a repülésben való felhasználásnak legerősebb korlátja a tárolt energiasűrűség. Az autóiparban használt hibrid akkumulátorok energiatároló képessége közel 30-ad része a dízel olajénak. A hibrid rendszerek felhasználása a repülésben részint a fogyasztáscsökkentést, részint a különböző rendszerek sajátosságaiból adódó előnyök optimális kihasználását, egyúttal a hátrányok minimalizálását

⁸⁵ LAAR és LIMA program által előírt 5,5 óra repülési idő esetén

célozza. A tisztán elektromos hajtású autók előnyei alapján a repülésben is megkezdődtek a fejlesztések. Az 44. ábra alapján látható, hogy rövid idejű működtetésre az elektromos, közepes időtartamban az Otto-motor és hosszú repülési idő esetén a dízelmotor az előnyösebb tömegű. A felhasználás jellege miatt, az autóiparhoz képest a repülőgépiparban használt hibrid meghajtások kevésbé hoztak jó eredményeket, viszont a katonai területen számos előnyük található. A kitelepült viszonyok között a saját nagy méretű energiatároló az üzemelés **autonómiáját** megnöveli. A tágabb katonai üzemmódok miatt, az elektromotor felhasználásával, könnyebben lehet a belsőégésű motor üzemanyag fogyasztását optimalizálni, **a belsőégésű motor hatásfokát javítani. A védettséget és repülésbiztonságot** növeli a két, egymástól független hajtási rendszer használata. A hajtás egyes elemeit az ellentévékenységből származó sérülések elkerülésére, egymás **árnyékolására** is fel lehet használni. Az alacsonyabb **hőkibocsátás** és **zajsztint** a repülőgép felderíthetőségét javítja, és a rakéta célra vezethetőségét csökkenti.

VI. FEJEZET. A TÖBBCÉLÚ KATONAI KÖNNYŰ REPÜLŐGÉP KONCEPCIÓJA

VI.1 A manőverezési képesség hatása a repülőgép kategória megválasztására

A British Aerospace vállalat a SABA⁸⁶ koncepció kidolgozásánál harctéri szimulációt végzett, melynek eredményeként meghatároztak a szárazföldi egységek támogatására egy manőverezési követelményt. Koncepciójuk szerint a jó felhasználhatósághoz egy teljes irányváltást, 180°-os fordulót 5 másodperc alatt kellett megtenni. [122.]

A nagy manőverezési képesség alapvető elvárás a harctéri felhasználási környezetben, amely alacsony szárny felületi terheléssel érhető el. A felületi terhelés az adott repülőgép szárny felülete és a tömegének a hányadosa. A felületi terhelés csökkentése a szárny felületének a növelésével vagy a repülőgép tömegének csökkentésével érhető el. A szárnyak felületének növelése szerkezetileg további tömeg növekedéssel jár, illetve a repülőgép légellenállását jelentősen növeli. Természetesen a megnövekedett légellenállás a szintén kívánatos maximális sebesség értékeket rontják, amely leginkább hajtómű teljesítmény növekedéssel ellensúlyozható. Azonban ezen hajtómű teljesítmény növelés ismét a szerkezeti tömeg növekedését okozza, amit a szerkezeti kialakítással ismét kompenzálni kell.

A manőverezési sebesség⁸⁷ alatti sebesség tartományban a szárny felületi terhelése meghatározó a forduló sugarra, ezzel együtt a manőverezési képességre. A manőverezési sebesség feletti sebesség tartományban a fordulósugarat (a szerkezet és a pilóta által) a maximálisan elviselhető terhelési többlet határozza meg. A vízszintes- és függőleges irányú manőverek értékelése, jellege és eredménye megegyezik. [20. 292-297. oldal]

Bár a British Aerospace szimulációs vizsgálata számszerű eredményeket hozott, konkrét tapasztalatok már a II. világháború óta rendelkezésre álltak e tekintetben. Számos légi harc tapasztalata ugyanis az volt, hogy a kisebb tömegű repülőgépek fordulékonyasága kedvezőbb helyzetbe segítette a pilótákat. [123.]

Összességében elmondható, hogy az aerodinamikai és repülésmechanikai viszonyok miatt a könnyű repülőgépek alkalmazása manőverezési szempontból is előnyös.

⁸⁶ SABA – Small Agile Battlefield Aircraft – Alacsony sebességű harctéri repülőgép

⁸⁷ Az a sebesség, amely alatt a kormányok maximális kitérítésével a repülőgépet a levegőben összetörni nem lehet.

VI.2 A koncepció első hazai megfogalmazódása

Az 1990-es évek közepén, a rendszerváltást követő katonai és gazdasági változás után új ötlet fogalmazódott meg egy nyugállományú vadászpilótában. Dinka Tibor nyugállományú ezredes, két repülőgéptervező mérnök kollégájával, Feldmajer Artúrral és dr. Hennel Sándorral új repülőgépterven dolgozott. Az agrárfordulat miatt munka nélkül maradt mezőgazdasági pilóták sorsa adta az alapötletet. Félő volt, hogy a pilóták magas szintű szakmai képzettsége és évtizedes gyakorlata elvész, mindamellett a Magyar Honvédség strukturális és gazdasági váltások előtt állt. A rendszerváltás időszakára jellemző politikai függetlenségi törekvésekkel egyidőben tehát időszerűnek látszott egy hazai gyártású könnyű repülőgép létrehozása. Az elképzelés szerint olyan könnyű repülőgéppel kellett volna a magyar hadsereget felszerelni, amely függesztményeinek megfelelően, többcélú eszközként szolgálhatna.

A kitűzött feladatokat és a repülőgéppel szembeni elvárásait a következők szerint határozták meg:

- Bomba, rakéta és csöves tűzfegyvereivel alacsonyan repülve, precíziós csapásmérő erőként szerepelhessen. (A mezőgazdasági repülésben használt repülési magasság 3-15 méter, amellyel bőven a légtér-ellenőrző radarszint működési határa alatt repül.)

- Felderítő-repülőgépként speciális felderítő-konténert használjon (radar, video, éjjellátó, hang- és sugárfelderítő).

- Alapkiképzési célra is alkalmazható legyen.

- Szállítógépként, 5–800 kg tömegű utánpótlás szállítására legyen alkalmas.

- Szerkezeti tömege ne haladja meg a 790 kg-ot.

- Maximális felszálló tömege ne haladja meg a 1600 kg-ot.

- Maximális vízszintes sebessége érje el a 250 km/h-t.

- Hatótávolsága érje el az 1500 km-t.

- Szerkezeti kialakítása biztosítsa a +3,8 és -1,52 G túlterhelhetőséget.

A repülőgép legnagyobb előnye a viszonylag alacsony árban és fenntartási költségeiben rejlett volna, és bár nyilvánvalóan nem voltak azonosak a képességeik, de egyetlen vadászrepülőgép árából 120 darab ilyen könnyű repülőgépet lehetett volna előállítani. Más szempontból megközelítve úgy fogalmazták, hogy még a rá indított rakéta áránál is olcsóbb lett volna ez a repülőgép.

A tervet politikai vezetők és magasabb katonai döntéshozók elé terjesztették megfontolásra, de az elképzelés végül nem valósult meg.⁸⁸

Visszatekintve jól láthatjuk, hogy ez a terv meghaladta a korát. Mára már egyre több haderő foglalkozik hasonló koncepció alapján repülőgépek rendszerbe állításával. A gyártók részéről az ötlet mindig fennállt, hiszen el akarják adni a terméküket, de felhasználói oldalról mostanában jelent meg az igény könnyű repülőgépekkel való szárazföldi csapatok támogatására. A keleti blokkban, a hidegháború időszakában minden ipari berendezés hadianyag volt, illetve gyorsan átalakíthatóvá tették katonai célokra, ezért a kisebb repülőkre, helikopterekre is készültek rakéta függesztési blokkok.

Az elmúlt másfél évtizedben a nemzeti védelmi feladatok tovább bővültek, és további teret nyitottak a fejlesztési programok számára. Európai Uniós tagságunkkal a határvédelem is új feladatokat kapott. Ezek megoldására, a hatékonyság növelésére a rendszerbe állítandó és jelen tanulmányban kidolgozott koncepció szerinti könnyű repülőgép jó alternatíva lehet.

VI.3 A Többcélú Katonai Könnyű Repülőgép koncepciójának részletes leírása

A hidegháború befejeztével és a rendszerváltást követően, hazánk katonai státusza és feladatköre jelentősen megváltozott. Megváltozott az ország gazdasági helyzete, környezete, amely már egy költséghatékony, és nem közvetlenül csak a honvédelemhez köthető feladatokat hozott magával. Új kihívások, veszélyek és fenyegetések jelentek meg a térségben és a NATO szövetségi környezetében. A következő időszakban ezekre kell készülnünk.

Az általam kidolgozott katonai-polgári, vegyes felhasználású, többfeladatú könnyű katonai repülőgép (TKKR) koncepciójának vizsgálatára komplex módon került sor az értekezés fejezeteiben. A koncepció kialakítására a fejezetek részeredményei alapján a jelen VI.3. alfejezetben került sor.

A komplex vizsgálat során figyelembe vettem a katonai célra alkalmazott könnyű repülőgépek eddig megépített típusait és azok felhasználási koncepcióit, illetve a meg nem

⁸⁸Dr. Hannel Sándor és Dinka Tibor nyugállományú ezredes beszámolója alapján.

épített katonai könnyű repülőgépek beszerzési tenderek műszaki követelmény-rendszeréből kikövetkeztethető koncepcióit is (értekezés I. fejezet). A saját koncepció kidolgozása szempontjából legfontosabb nemzetközi példák az amerikai LAAR és LIMA programok, de figyelemre méltó a napjainkban zajló COMBAT DRAGON II. program is, amelyeket jelen fejezetben ismertetek.

Az értekezés II. fejezetében a koncepció megvalósíthatóságának szempontjából vizsgáltam a könnyű repülőgépek alkalmazásához kötődő katonai és polgári igényeket. A polgári igények kielégítésének alapja a profitmaximalizálás. A felhasználói igények alapvetően ezt elérendőként fogalmazódnak meg. (A kategóriában megfogalmazott személy- és teherszállítási képesség igénye 6-8 fő utas befogadóképessége és 1000-1500 kg terhelhetőség.) A hazai képességek jelen állapot szerinti feltárása után, a gyárthatóság felső korlátait a könnyű kategória felső szegmensére, 2500–3000 kg maximális felszálló tömegű repülőgépre helyeztem. A kérdőíves kikérdezésre adott válaszok (Evasys) figyelembe vételével a hazai katonai felhasználás esetén 15 darab, míg a polgári alkalmazás szempontjából mintegy 30 darab repülőgéppel lehet ellátni a meghatározott feladatokat. Statisztikai adatok értékelésével megvizsgáltam és bizonyítottam, hogy hazai és nemzetközi viszonyok között létezik olyan mennyiségű érdekelt szereplő az állami-, illetve a polgári célú repülés területén, amely hazai viszonyok között racionálissá teheti a TKKR koncepció szerint kifejlesztendő többfeladatú könnyű katonai repülőgép fejlesztését, gyártását. Elvégeztem a hazai háttérpar elemzését is, bizonyítva, hogy a könnyűrepülőgép kategórián belül lehetséges egy a TKKR koncepció szerinti többfeladatú katonai könnyű repülőgép kifejlesztése és hazai gyártása. Szintén saját koncepcióm gyakorlati megvalósíthatóságának alátámasztása érdekében végeztem el az értekezés III. fejezetében a könnyű katonai repülőgép hazai fejleszthetőségének, gyárthatóságának és üzemeltethetőségének megvalósíthatósági vizsgálatát. A hazai mérnök és kutatói háttérrel szintén megfelelő színvonalúnak találtam egy többfeladatú katonai repülőgép fejlesztésére. Az értekezés VI. fejezetében már a TKKR koncepció szerint kialakítandó repülőgép műszaki megvalósításának lehetőségeit vizsgáltam, olyan konstrukciós elveket elemezve, mint a repülőgépek közötti kommunikáció és feladatmegosztás, a konténerizáció. A konténerizáció lehetőségeit felhasználva, fegyvernemen átívelő módon bemutattam, hogy kis méret esetén, jól használható a feladatmegosztáson alapuló szerkezeti kialakítás. Az egységes méret, tömeg, elektromos ellátás kialakítása lehetőséget biztosít ugyanakkor más felhasználók és szakterületek részére is, hogy saját feladataikra optimalizált fejlesztésüket, kialakításukat megtegyék.

Külön fejezetben (V. fejezet) történt meg a lehetséges meghajtásrendszerek – elsősorban a könnyűrepülőgép kategóriában előforduló Otto- és dízel üzemű dugattyús repülőgépmotorok - vizsgálata, illetve a hibridmeghajtás lehetőségének vizsgálata. Napjainkban jellemzővé vált ugyanis az a fejlesztési trend, hogy könnyű repülőgép kategóriában, a kerozinnal üzemeltethető dízelmotor – elsősorban alacsony fajlagos fogyasztása miatt - egyre inkább kiszorítja az alacsonyabb hatásfokú, benzinüzemű Otto-motorokat. Katonai alkalmazás szempontjából kiemelendő, hogy a NATO egységesített üzemanyag-koncepciót hozott létre a katonai üzemanyagok logisztikai kezelésének megkönnyítésére, amelynek alapján a hadszíntéren egységesen kerozin üzemanyag kerül felhasználásra. Ilyen üzemanyaggal a kis teljesítmény-kategóriába tartozó dugattyús repülőgépmotorok közül csak a dízelmotorok képesek üzemelni. Ezt a dízelüzemű repülőgép-erőforrások beépítésére vonatkozó trendet - a repülőgép-erőforrások tömeg- és teljesítményadatainak táblázatos és diagramos elemzésével - sikerült számszerű adatokkal is alátámasztanom, így a dízelmotor alkalmazása saját koncepcióm elemévé vált. Kutatásaim alapján a hibrid hajtáslánc alkalmazásának az alábbi előnyei lehetnek egy katonai célra fejlesztett könnyűrepülőgépen: időszakos teljesítménynövelés, felderíthetőség csökkenése, a védettség és a túlélőképesség növekedése, autonóm üzemeltethetőség. Ezeket a többlet-képességeket más megoldással lényegében nem lehet megvalósítani, így a hibrid hajtást is beemeltem a saját, TKKR koncepció alkalmazott szerkezeti elvei közé. Végül a VI. fejezetben a koncepció főbb elemeit táblázatos formában összegeztem.

A koncepció hasznosíthatóságát - a haderőben, és a polgári alkalmazás területén egyaránt megvizsgálva - gazdaságossági elemzéssel bizonyítottam. A kérdőíves kikérdezés módszerével egy, a szakterület értékelésére alkalmas szakmai közeggel is megvizsgáltattam a katonai-polgári, vegyes felhasználású, többfeladatú könnyű katonai repülőgép (TKKR) koncepció alapjait. A TKKR koncepció szerint kifejlesztendő repülőgép főbb megvalósítandó technikai adatait a Kesselring módszer segítségével határoztam meg. A többparaméteres rendszerek vizsgálatára több különböző, teljes értékű eljárás létezik. Az egyes változatok az egyszerűbbtől a pontosabbig, a különböző feladatok sajátosságainak megfelelően alkalmazhatóak. Esetünkben az eljárás kidolgozása és a tervezéshez, a gazdasági számításokhoz szükséges kiinduló adatok létrehozása volt a cél. A Kesselring módszer alkalmazása tehát nem az alternatívák összehasonlító mérését célozza, hanem ezen keresztül egy új termék műszaki paramétereinek célszerű meghatározását szolgálja. Vizsgált esetünkben (IDA) a repülőgép maximális felszálló tömege a 2500 kg-ot nem haladja meg, míg üres tömege

1500 kg kell, hogy legyen. Utazósebessége utazó magasságon el kell, hogy érje a 420 km/órát. A 370 kW-os (500 LE-s) erőforrás jó hatásfoka és alacsony fogyasztása miatt 2600 km hatótávolságot biztosít. A Kesselring-módszerrel meghatározott IDA repülőgép paraméterei a VI. fejezetben, a 11. táblázatban kerültek felhasználásra és összevetésre más koncepciók paramétereivel.

A katonai és polgári feladatok ellátására alkalmas könnyű többcélú repülőgép hazai előállítására véleményem szerint reálisan megvalósítható. A repülőgépeket 70-80%-ban hazai fejlesztésben, gyártásban létrehozva, az alacsony előállítási költség, valamint a polgári és állami szektor költségmegosztása, a civil szektor számára vonzóvá teheti ezt a koncepciót.

A koncepciónak olyan könnyű repülőgép felelne meg, amelyik **vegyes feladatok** ellátására alkalmas, polgári oldalról az utas- és légiszállítási, míg katonai részről kiképzési, légi szállítási, felderítési, könnyű csapásmérési feladatokat is el tud látni.

Az ilyen vegyes felhasználású könnyű repülőgép viszonylag alacsony előállítási és fenntartási költségekkel lenne rendszerbe állítható. Maximális felszálló tömege a 2500 kg-ot nem haladná meg, mindamelllett, hogy 800–1000 kg hasznos terhelhetőségű lenne, maximális sebessége pedig 5000 méter magasságon elérné a 420 km/h sebességet. A géptörzs méretét illetően, az ideális kereskedelmi tevékenység folytatásához, térfogatában és szerkezetében hat utasülöhely kialakítását kellene, hogy biztosítsa. A repülőgép futóművének kialakítása során ugyanakkor törekedni kellene arra, hogy tegye lehetővé a szűk, illetve rossz talajminőségű területről is a repülőgép biztonságos fel- és leszállását, adott esetben országról történő üzemelését. A koncepció alapján kidolgozott repülőgépterveknél figyelembe kell venni a NATO egységesített üzemanyag-koncepciójához igazodó meghajtást, és minden olyan műszaki megoldást, amely a katonai, illetve a polgári feladatok ellátását egyaránt megkönnyíti (autonóm üzemelés, lövedékállóság, alacsony felderíthetőség, zaj, hő, és radar kép, stb.).

A rendszerben tartás időszakára számolva az Evasys rendszerben kitöltött kérdőíves válaszoknak megfelelően 15 darab katonai és 30 darab polgári repülőgép üzemeltetése fedné le a jelentkező feladatokat. A rendszerbeállítást követő nemzetközi érdeklődés a következő tíz évben további 220 repülőgép eladását valószínűsíti.⁸⁹ Összességében a koncepcióm szerinti gyártás megközelítően 280 repülőgép előállítását célozza.

⁸⁹ III.2. fejezetben részletesen tárgyalva.

A vegyes felhasználású repülőgép koncepciójának fő célkitűzése, hogy alacsony előállítási és üzemeltetési költséggel tudják a polgári és a katonai felhasználók repülési feladataikat, vagy azok egy meghatározott körét ellátni. Az elgondolás legnagyobb előnye, hogy megvalósulása esetén hazai viszonyok között találna választ a felmerült igényekre, kérdésekre, amellyel egyben képes lenne alternatívát is adni a nemzetközi piac számára. Hátrányként kezelhető, hogy a fejlesztés jelentős költségekkel jár, amely utóbb ugyan – álláspontom szerint – megtérül, de kezdetben kétségtelenül anyagi befektetést kíván. [124.]

Az általam kutatott vegyes felhasználású repülőgép koncepciójának legfőbb ismérveit, a megjelent kihívásokra adott válaszait az alábbi táblázatban foglaltam össze.

Új kihívások	Lehetséges válaszok	Értekezésben elérhetősége
Alacsony üzemeltetési költség	<ul style="list-style-type: none"> - gazdaságosság, költséghatékonyság - könnyű repülőgép - katonai-polgári vegyes felhasználhatóság - tartalékos rendszerbe integrálás - hazai fejlesztés - hazai gyártás - dízel üzem, magas hatásfok - hibrid üzem - többfeladatúság 	<ul style="list-style-type: none"> II.1 pont II.2, II.3 pont I.2, VI.1 pont VI.1 pont III.1, III.2 pont III.1, III.2 pont V.2 pont V.3 pont IV.3 pont
Alacsony vételi ár	<ul style="list-style-type: none"> - könnyű repülőgép - hazai gyártás 	<ul style="list-style-type: none"> II.2, II.3 pont III.1, III.2 pont
Hazai iparosítás	<ul style="list-style-type: none"> - hazai fejlesztés - hazai gyártás - hazai műszaki, pilótaképzés 	<ul style="list-style-type: none"> III.1 pont III.1 pont III.1 pont
NATO elvárások	<ul style="list-style-type: none"> - aszimmetrikus hadszíntéri feladatok - Single Fuel Conception (SFC) – dízel meghajtás 	<ul style="list-style-type: none"> II.3 pont V.1 pont
Katonai követelmények	<ul style="list-style-type: none"> - hazai katonai követelmények - hálózatközpontú, többfeladatú, 	<ul style="list-style-type: none"> II.3 pont IV.2, IV.3 pont
Sebesség (hadműveleti)	<ul style="list-style-type: none"> - aerodinamikai kialakítás - hajtómű-teljesítmény 	<ul style="list-style-type: none"> IV.1 pont IV.1 pont
Sebesség (harcászati)	<ul style="list-style-type: none"> - szerkezeti terhelhetőség 	<ul style="list-style-type: none"> IV.1 pont
Támogató képesség	<ul style="list-style-type: none"> - fegyverzet használatára alkalmasság 	<ul style="list-style-type: none"> IV.1 pont
Kiképzési képesség	<ul style="list-style-type: none"> - kétkormányos, - jó kezelhetőség, „jóindulatú” repülési képességek 	<ul style="list-style-type: none"> II.3, IV.1 pont II.3, IV.1 pont
Védettség	<ul style="list-style-type: none"> - relatívan magas sebesség, kis repülési magasság - feladat megosztás - repülőtéren kívüli üzemeltetés - nagy süllyedési sebesség, toló légcsavar - sérülés következményeinek csökkentése, mentő berendezések - alacsony hőkibocsátás, sérülékenységi, dízelmotor - hibrid hajtás árnyékolása 	<ul style="list-style-type: none"> IV.1 pont IV.2 pont III.3 pont IV.1 pont IV.4 pont IV.1, V.2 pont IV.1, V.3 pont
Hatótávolság	<ul style="list-style-type: none"> - szerkezeti kialakítás - dízelmotor 	<ul style="list-style-type: none"> IV.1 pont V.2 pont
Levegőben tölthető idő	<ul style="list-style-type: none"> - dízelmotor 	<ul style="list-style-type: none"> V.2 pont
Harcászati előnyök	<ul style="list-style-type: none"> - modern fedélzeti berendezések - köteléken belüli feladat megosztás 	<ul style="list-style-type: none"> IV.4 pont IV.2 pont
Terhelhetőség	<ul style="list-style-type: none"> - könnyű kategóriában megoldható feladatok 	<ul style="list-style-type: none"> II.3 pont
Szállítási képesség	<ul style="list-style-type: none"> - teherszállítási képesség - személyszállítási képesség - konténerizáció 	<ul style="list-style-type: none"> II.1 pont II.1 pont IV.3 pont
Autonóm működés, logisztikai háttér	<ul style="list-style-type: none"> - hibrid hajtás - fedélzeti berendezések - repülőtéren kívüli üzemeltetés 	<ul style="list-style-type: none"> V.3 pont IV.4 pont III.3 pont
Környezetvédelem	<ul style="list-style-type: none"> - hibrid meghajtás - jó hatásfokú (dízelmotor) 	<ul style="list-style-type: none"> V.3 pont V.2 pont

9. táblázat. A TKKR koncepcióban felmerült kihívások és lehetséges megoldásainak összefoglalása. [készítette: Hannel Sándor őrgy.]

VI.4 A koncepcióra vonatkozó kérdőíves kikérdezés

A koncepció alapjainak tudományos léptékű igazolása az interjúkészítés és a kérdőíves kikérdezés módszerével, statisztikai és matematikai alapon, interdiszciplinárisan a társadalomtudományokban bevett módszerként, alkalmasnak mondható. A vizsgálat elvégzésének szűkítő tényezői, az idő és az anyagi források korlátozottsága miatt a kérdőíves kikérdezés módszerét választottam.[125.],[126.]

A módszer alkalmazásának célkitűzése a koncepció helyességének, megalapozottságának megerősítése vagy megcáfolása, gyenge pontjainak keresése, numerikus alakú megjelenítése volt. A kérdőív-kitöltés, értékelés technikai háttérét az Evasys rendszer adta, amely az oktatásban elterjedt, éppen az oktatás hatékonyságának mérésére hozták létre. [127.] A világháló segítségével nagy mennyiségű adatot, anonim módon tud kezelni, és a feltett szöveges kérdésekre pontozásos és kifejtős rendszerben objektív értékelést ad. A kutatás során az információ szükségletet két összefüggő tudományos módszer, a kérdőív-kitöltés és a hólabda módszer segítségével végeztem. [128.] Az első körben a szakmai tapasztalatom, megelőző kutatásaim, a felkutatott szakirodalmak alapján kértem fel szakembereket a válaszadásra és a kérdőív kitöltésére. A szakemberek körét a vizsgált terület sajátosságainak megfelelően jelöltem ki: a katonai repülőműszaki terület vezetői, tervezői, oktatói, repülőgép-vezető és helikopter-vezető, vezetői szintjeit, és a polgári cég tulajdonos, üzemeltető, döntés-előkészítő szintjét kértem fel válaszadásra. A polgári légi közlekedés vállalkozóit a Nemzeti Közlekedési Hatóság által kiadott Légi üzemeltetők listája, illetve a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, Kereskedelmi légiszállítási üzemeltetők listája alapján válogattam, működési profiljuk szerint. [129.]

A megkérdezettek körét és megoszlását a 6. táblázat tartalmazza. A kérdőív kitöltésére 56 főt szólítottam meg, amelyből 26 fő töltötte ki a kérdőívet, ami 46,4%-os válaszadási hajlandóság. A relatív magas válaszadási arány mutatja a repülő szakmabeliek szakma iránti elkötelezettségét, érdeklődését és a téma aktualitását.

	Szakterülete	Helye	Fő	Ideje
1.	Szakirányú tudományos kutató	Budapest, Szolnok	17	2017.12-2018.04.
2.	Katonai vezető, döntéshozó	Budapest HM I.	1	2017.12.
3.	Katonai szakirányú vezető	Szolnok	3	2017.12.
4.	Katonai szakirányú döntés előkészítő	Budapest HM I., VK	8	2017.12-2018.04.
5.	Katonai légügyi hivatali szakértő	Budapest HM I.	4	2017.12-2018.04.
6.	Repülőmérnök	Budapest, Kecskemét,	7	2017.12-2018.04.
7.	Repülőgép vezető	Kecskemét	5	2017.12-2018.04.
8.	Helikopter vezető	Szolnok	2	2017.12.
9.	Polgári, repülőipari vállalkozó	Budapest, Tököl	9	2017.12-2018.04.

10. táblázat. A kérdőíves kikérdezés módszer megkérdezettjei

A második körben a hólabda-mintavétel [130.] módszer alkalmazásával, az általam nem ismert, de a szakma – már első körben megkérdezettjei – által javasolt szakembereket kerestem meg a kérdőív kitöltésével. A „bizalmi elvnek” megfelelően a szakértők szakmai kompetenciáját az ajánlások, a szakirányú végzettségük, a szakmai tapasztalatuk és a szakirányú beosztásuk alapozta meg. A második körben az újonnan megkérdezett személyeket is megkértük szakértők ajánlására, akiket szintén felkértünk a kérdőív kitöltésére. Az Evasys rendszerben megjelölt kérdéseket a 6. függelék tartalmazza.

A kérdésekre 0 és 10 közötti skálán lehetett választ adni, az adott kérdéshez meghatározott két szöveges szélsőérték között. A kérdőív három kérdéscsoportban, 25 kérdést tett fel. Az első témakör a gazdaságossági viszonyokra kérdezett (költséghatékonyság, üzemeltetési költség, beszerzési ár) hazai és nemzetközi katonai, polgári repülőeszközök esetén. A második kérdéscsoport a 2700 kg maximális felszálló tömegű repülőgépeknek katonai alkalmazhatóságát, hazai gyárthatóságát vizsgálta. A harmadik kérdéscsoport kifejtős formában értékelte a válaszadók megközelítésében a LAAR koncepció harcászati és gazdasági előnyeit, a vizsgált kategóriában a tartalékos rendszer alkalmazását, illetve a dízelmotorok felhasználhatóságát.

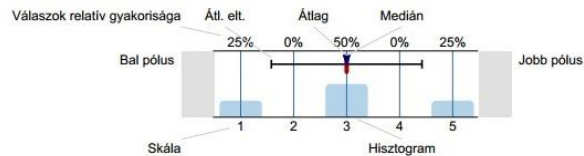
NKE-MBI
FELMÉRÉSEK ()
Válaszadók száma = 26



Felmérés eredmények

Jelmagyarázat

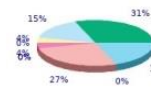
Kérdésszöveg



n=mennyiség
átl.=átlag
md=Medián
elt.=Átl. elt.
tart.=tartózkodás

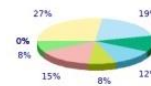
1.

1.1) Korunk katonai repülésében mennyire fontos a **költséghatékonyság**?



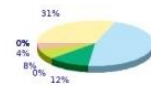
ajánlatlan
1 álló
n=26
átl.=7
md=7,5
elt.=1,85

1.2) A **hazai katonai** repülésében mennyire fontos a **költséghatékonyság**?



ajánlatlan
1 álló
n=26
átl.=7,69
md=8
elt.=2,09

1.3) A **hazai polgári** repülésben mennyire fontos a **költséghatékonyság**?



ajánlatlan
1 álló
n=26
átl.=8,81
md=9
elt.=1,33

51. ábra. Az Evasys rendszer által kérdésekre adott értékelés formai megjelenése (7. függelék)

A válaszadók véleménye az adott kérdéshez kötődően a válaszok átlag értékében volt megjeleníthető. Az egyes kérdésekre adott válaszok átlagánál egyetlen esetben sem mutattak 4,4-es értéknél rosszabbat, ami azt jelenti, hogy a válaszadók többsége a feltett kérdésekre a választ nem zárta ki. A válaszok többségénél az átlag 7 és 8 érték körül alakult, ami a kérdés megerősítését jelenti. Azon kérdések esetén, ahol a megerősítés gyengébb⁹⁰ volt, további értékelésre van szükség, illetve a kimagaslóan magas értékek⁹¹ is elemzésre szorulnak. (Az Evasys rendszerben megjelent teljes numerikus értékelést a 7. függelék tartalmazza.)

⁹⁰ Az ábrán piros színnel jelölve.

⁹¹ Az ábrán kék színnel jelölve.

1.7-es kérdés – „Korunk katonai repülőgépeinél mennyire fontos az alacsony beszerzési ár?” A válaszok átlaga 6,2, amely azt jelenti, hogy a válaszadók fontosnak érzik a beszerzési árat. Az 1.8-as kérdés a hazai katonai repülőgépek beszerzési árának fontosságát vizsgálja. Itt az átlag 7,7, ami egyértelműen mutatja, hogy a megkérdezettek a hazai viszonyokat a beszerzési ár szempontjából sokkal érzékenyebbnek gondolják.

2.3-as kérdés – „Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700 kg) repülőgép esetén különleges jogrendben légi fölény nélkül a katonai repülésben megjelenő feladatok ellátásáról?” A válaszok átlaga 4,5 pont volt, amely azt mutatja, hogy a legnehezebb katonai környezetben (különleges jogrendben és légi fölény nélkül) a felhasználási területe erősen korlátozott, de bizonyos feladatokra így is alkalmas. A szakértői vélemény figyelembe veszi, hogy a kategóriának megfelelően a repülőgép védelme alacsony, illetve nem rendelkezik ugyanazon képességekkel, mint egy vadász-, vagy csatarepülőgép. A vizsgált kategória esetében a légi fölény kivívása meghatározó a felhasználás, és az alkalmazhatóság szempontjából.

A **2.7-es kérdésben**, amely földi célok elleni alkalmazhatóságra vonatkozott, a válaszok átlaga 4,8 pont lett. Ez azt mutatja, hogy a kategória átlagos képességeket tud felmutatni, nem éri el egy csatarepülőgép, vagy vadászrepülőgép szintjét. Ez az átlag a koncepciónak megfelelő, hiszen az alap feltételezés az volt, hogy az aszimmetrikus hadviselésben kisebb, olcsóbb erő kifejtés szükséges. (Ennek a logikának megfelelően került a Cessna 208B 2 db függesztett rakétával rendszeresítésre Afganisztánban.)

A **2.8-as kérdés** a légi őrzőjárat során történő beavatkozási képességre vonatkozott. Itt a válaszok átlaga 4,7 pont. A kategóriának megfelelően a harci repülőgépekhez képest a kisebb sebességtartomány az őrzőjáratozásból való bevetési képességet is jelentősen csökkenti, de bizonyos feladatok ellátására alkalmasnak találja. (Konvoj kísérés, határvédelem, esetleg tengeri kalózkodás stb.)

A **2.9-es kérdésben** a repülőgépek közötti feladatrendszer megosztásról szólt; a válaszok átlaga 4,9 pont. Az 1-től 10-ig terjedő értékelési rendszerben ez az érték az elképzelhető, megvalósítható, alkalmazható értéket jelenti, kiemelkedő erősség nélkül.

A kérdőíves szakértői kikérdezési rendszerben a 1.3-as és az 1.6-os kérdések kimagaslóan magas pontszámot kaptak, amely szintén magyarázatot érdemel.

Az **1.3-as kérdés** – „A hazai polgári repülésben mennyire fontos a költséghatékonyság?” A válaszok átlaga 8,8 pont, ami egyértelműen mutatja, hogy a megkérdezettek szerint a polgári repülésben a nyereségorientált vállalatok fő célkitűzése a magas költséghatékonyság elérése, a profit maximalizálása (a reálisan elérhető legmagasabb nyereség a cél). Az 1.2-es kérdéssel összevetve, ahol a hazai katonai költséghatékonyságnál a válaszadók átlaga csak 7,7 pont volt, látható, hogy a katonai repülésnél ez alacsonyabb prioritással jelenik meg. Az 1.1-es kérdésnél a nemzetközi katonai repülés költséghatékonyságánál csak 7,0 pont lett az átlag. Ez alapján vélelmezhető, hogy a válaszadók úgy gondolják, hogy Magyarországon fontosabb a költséghatékonyság, mint más, gazdagabb országokban.

Az **1.6-os kérdés** – „A hazai polgári repülőgépeknél mennyire fontos az alacsony üzemeltetési költség?” A válaszadók az előzőleg 1.3-as kérdésnél tárgyalt módon szintén kiemelkedően fontosnak tartják a hazai polgári repülés esetén az alacsony üzemeltetési költséget, a hazai katonai üzemeltetési költségeket kevésbé, és még kevésbé értékelték fontosnak nemzetközi vonatkozásban.

A **2.12-es kérdésre**, – amely szerint „Hány ilyen repülőgépet vásárolna a Magyar Honvédség részére?” – a szakértők válaszának átlaga 15 darab repülőgép beszerzése volt. (Itt jegyzendő meg, hogy a kérdésre adott válaszok nagy szórást mutattak, a darabszám meghatározása széles skálán mozgott, nem alakult ki egyértelmű szakértői vélemény.)

A **3.1-es 3.2-es és 3.3-as kifejtési lehetőséggel feltett kérdésekre** beérkező válaszok széles körben eltértek, a normál eloszlásuk a laposodó széleken is erős volt. A teljesen szélsőségesen elvetők, és a maximálisan egyetlen irányként megfogalmazók száma magas volt. Ezen tapasztalat mindenképpen a téma érzékenységét, vitaképességét mutatja. A beérkezett válaszok alapján a Többcélú Katonai Könnyűrepülőgép Konceptió tartalékos rendszerbe illeszthetőségére szintén széles spektrumban érkeztek kifejtett válaszok, amely nyomán az eredeti koncepciómat meg nem változtatva, de további kutatási irányként megjelölve hagytam meg ezen területet.

A válaszok formai és terjedelmi sajátosságai miatt, a függelékben a többi eredménytől eltérő módon nem jelenítettem meg, az eredeti formát tördeléssel a hitelesség kedvéért nem akartam módosítani.

VI.5 Katonai könnyűrepülőgép koncepciók összehasonlítása

Az LCBAA⁹² koncepció

Az LCBAA kifejezés a Low Cost Battlefield Attack Aircraft – Alacsony Költségű Harctéri Támadó Repülőgép kezdőbetűiből álló betűszó. Ahogy a kifejtés is mutatja a koncepció lényege egy olyan támadó repülőgép létrehozása, amely a harctéren a szárazföldi csapatok támogatására hivatott és alacsony költségvetéssel üzemeltethető. A koncepciót az Egyesült Államok légierijénél alakították ki. Természetesen az alacsony költségvetés csökkenő képességeket is jelentett. A koncepció fő vonulata azonban, hogy a légifölény kivívása után a műveletek légi támogatása nem igényel a légifölény kivívásával azonos mértékű és képességű eszközállományt. Az elfogási, a légi harc képesség és a gyors beavatkozás lehetősége az F-14-es Tomcat, 35 800 kg-os maximális felszállótömegű és 2,3 Mach maximális sebességű vagy az F-15 Eagle 30 800 kg maximális felszállótömegű és 2,5 Mach maximális sebességű elfogó vadászrepülőgépek feladata. A gyakorlatban a légifölény kivívása után a szárazföldi erők támogatását részben ezekkel a repülőgépekkel oldották meg, amelyre teljesen alkalmasak voltak, de az erőkifejtés erősen eltúlzottá vált, költséghatékonysága új repülőgép fejlesztését igényelte.

Az 1980-as évek elején egy amerikai repülőgép-tervező, Burt Rutan szorgalmazására elindult el az ARES⁹³ néven ismerté vált repülőgép fejlesztése, amely az állami szereplők visszalépése után végül a tervező saját finanszírozásában valósult meg. A tervező többi repülőgépét ismerve láthatjuk, hogy nem idegenkedik az újszerű megoldásoktól: az ARES különlegessége, hogy törzse aszimmetrikus kialakítású. (A repülőgép technikai adatai a 1. függelékben található.) A repülőgép az LCBAA koncepció alapján épült, és első repülése 1991-ban volt, bár későbbi gyártására, rendszeresítésre nem került. [131.],[132.]

⁹² LCBAA – Low Cost Battlefield Attack Aircraft – Alacsony Költségű Harctéri Támadó Repülőgép

⁹³ ARES – Agile Responsive Effective Support – Gyors Reagálású Hatékony Támogató

A SABA⁹⁴ koncepció

A SABA szó jelentése Small Agile Battlefield Aircraft azaz Alacsony Sebességű Harctéri Repülőgép. A koncepció az 1980-as évek második feléből, 1987-ből az angliai British Aerospace gyártótól származik. A koncepció kidolgozásával készültek megelőzni az állami, a hadsereg részéről megjelent igényt és beszerzés kiírását. Az elvárás a szárazföldi csapatok támogatása a harcban, amely során az ellenséges helikopterek, kis sebességű légi járművek, helyből felszálló csapatszállító légi járművek, drónok pusztítása. Technikai kialakításban kis tömegű, nagy mozgékonyágú, olcsó repülőgép volt az elvárás.

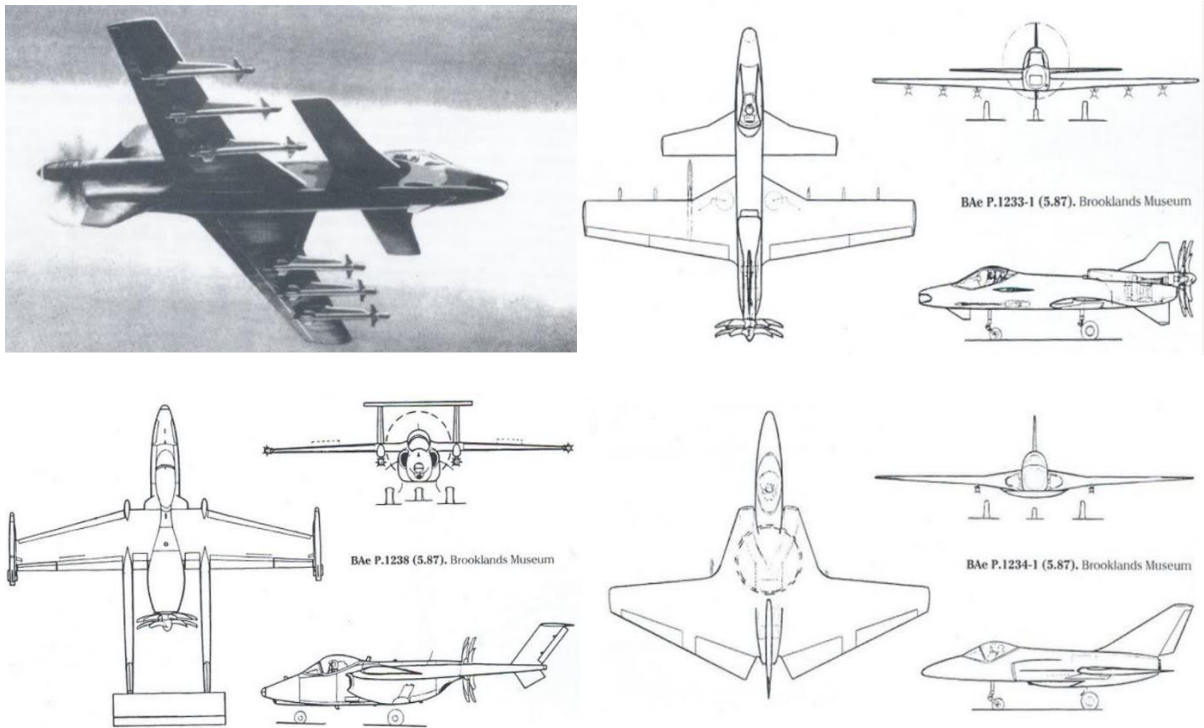
A szárazföldi csapatok támogatására olyan repülőgépet akartak tehát létrehozni, amely a kivívott légifölény mellett elsődlegesen képes a harctéren az ellenséges könnyű légi járművek elhárítására. Másodlagos feladatként a földi erők pusztítását jelölték meg.

A kitűzött célokra olyan repülőgépet, repülőgépeket fejlesztettek, amelyek kis szerkezeti tömegük mellett nagy manőverezési képességgel rendelkeznek, sebességük azonban megmarad szubszónikus, azaz hangsebesség alatti tartományban.⁹⁵ A kis szerkezeti tömeg a szárny felületi terhelését csökkenti, és ezen keresztül a manőverezési képességet is jelentősen befolyásolja. A manőverezési képességek harctéri alkalmazhatóságát lemodellezve, $180^\circ/5$ sec ($36^\circ/\text{sec}$) értéket határoztak meg. A teljes ellentétes repülési irány felvételéhez 5 másodperc időtartamot írtak elő, amely a szöggyorsulások miatt a gyakorlatban nem azonos a $36^\circ/\text{sec}$ értékkel.

A koncepcióban szintén megjelent a költséghatékonyság, a repülőtéren kívülről való üzemeltethetőség, minden időjárási körülmények- és minden napszakban való üzemeltethetőség, és a hosszú órjáratozási légtérben tartás igénye.

⁹⁴ SABA – Small Agile Battlefield Aircraft – Alacsony sebességű harctéri repülőgép

⁹⁵ A P.1233-1 esetében 740 km/h maximális sebességet jelent.



53. ábra. A SABA szerint tervezett BAe P.1233-1, P1238, P1234-1 repülőgépek. [122.]

A British Aerospace SABA koncepciója alapján azonban nem kerültek végül sorozatgyártásba a fenti repülőgépek sem. (Ezért nem kerültek be a jelen értekezés történelmi áttekintés fejezetébe sem.) Habár a NATO érdeklődéssel tekintett ezen angol útkeresés felé, a vállalat a jelentős további anyagi ráfordítások miatt nem tudta a repülőgép fejlesztését tovább folytatni. [122.]

A LAAR program

A program követelményrendszerét az I.3. fejezetben részletesen tárgyaltam, de mint a koncepciók összevetése során, itt is érdemes a LAAR programot egy másik szemszögből is megvizsgálni. Az Amerikai Egyesült Államok Légierője 2009-ben programot indított felderítési és könnyű csapásmérési feladatok ellátására alkalmas repülőgép beszerzésére. E program nevének rövidítése a LAAR szó, azaz Light Attack/Armed Reconnaissance (Könnyű Felfegyverzett Támadó Felderítő) repülőgép. A program 2009. júliusában indult, a rendszerbe állítást 2013-ra tervezték, de a beérkezett pályázatok, és a csapatpróbák után a projekt egy

korlátozó kongresszusi döntés miatt a kitűzött célok elérése nélkül átalakult⁹⁶. A terv létjogosultságát a 2003-as iraki és afganisztáni háború adta, ahol egy kevésbé költséges, és az addig alkalmazott típusok kiváltását, leváltási megoldását keresték a szárazföldi csapatok támogatására, levegő-föld csapásmérésre a légifölény alatt tartott területekre. Korábban az ilyen feladatokat A-10 Thunderbolt, F-16 Fighting Falcon és F-15E Strike Fighter repülőgépekkel oldották meg. A program célkitűzése 100 darab gép beszerzése, rendszerbe állítása volt.

A LAAR program hazánkat is érintette, 2010-ben a Magyar Honvédség haditechnikai kutatás-fejlesztésért felelős szervezete, a HM FHH Haditechnikai Intézet felkérést kapott a LAAR programhoz kötődő NATO K+F munkacsoportban való részvételre (amellyel végül nem élt).⁹⁷

A programra több esélyes pályázó is volt, úgy mint, az AT-6B Hawker Beechcraft, a PC-9 Pilatus, az AT-802U Airtractor, az EMB-312, EMB-314 Tucano, Super Tucano, az OV-10X Bronco, M-346 Alenia Aermeccchi. A LAAR program az amerikai közbeszerzési közlönyben a Federal Business Opportunities-ben [45.] részletes követelményrendszert határozott meg a vásárláshoz. A meghatározott adatok, jól körülhatárolható koncepciót mutattak, és jó alapot képeztek az összehasonlításra.

A program a kongresszusi döntés után átalakult, és LIMA néven új koncepció alapján folytatódott.

A LIMA program

A LIMA követelményrendszere jelentősen változott. Elvárás volt immáron a 6 utas szállítási képesség, a 850 kg-os teherszállítási képesség, a 91 cm-es széles tehertér-ajtó, a minden napszakban IFR/VFR képesség, az új vagy nagyjavított hajtómű és sárkányszerkezet, a kerozin- és autonóm üzemeltetés, valamint a 1600 km-es hatótávolság. Ezeknek a követelményeknek megfelelően kerültek beszerzésre a Cessna 208B Caravan típusú repülőgépek, amelyek Afganisztánban 2 darab szárny alá rögzített 50 kg-os Hellfire rakétával látják el szolgálatukat. [134.]

⁹⁶ A kongresszus hiányolta az erősebb versenyhelyzetet, túl kevés pályázat futott be a megadott határidőig.

⁹⁷ Dr. Hegedűs Ernő mk. őrnagy, 2011-től HM FHH Haditechnikai Intézet főmérnök főtiszt szóbeli közlése alapján. (Budapest, 2014. 03.)

Jól láthatóan a földi csapatok támogatásának igénye megmaradt, de csökkentett harci igények mellett. A páncélozás már csak a pilótát közvetlenül védő ülésrészt korlátozódik, a katapult ülés nem követelmény, a fegyverrendszerek lényegesen gyengébb képességeket kívánnak. A két darab lézer vezérlésű rakéta 8 kilométeres hatótávolsággal képes a háttérből a szárazföldi erők által (lézerrel) megjelölt célokat a kézi lőfegyverek hatótávolságán kívülről támogatni. Megjelent további igényként a személy és teherszállítás képessége is, mely a szerkezeti kialakítást alapvetően befolyásolja. [133.]

Combat Dragon II program

A **Combat Dragon II. felfegyverzett könnyűrepülőgép-program** célja könnyű harci repülőgépek beszerzése, illetve alkalmazási lehetőségeinek gyakorlati kipróbálása, beleértve a háborús tapasztalatszerzést is. A program napjainkban indult újra, és már a nevében is a vietnámi háború kiszolgált repülőgépét, az A-37 Dragonfly-t idézi. Fő támogatója James N. Mattis tengerészgyalogos tábornok, jelenlegi amerikai honvédelmi miniszter, aki már 2010-ben szorgalmazta könnyű felfegyverzett repülőgép típus rendszerbe állítását. Az erre irányuló tender előkészítése jelenleg is folyamatban van. A tender követelményei között szerepel az APKWS 70 milliméteres Hydra lézeres irányítású rakéták, illetve precíziós irányított bombák hordozásának képessége, az éjszakai bevethetőség, az optikai felderítő és célzó-rendszereket tartalmazó FLIR-kupola beépítése, katonai frekvencián üzemelő, titkosított rádióberendezés hordozása képi információ átadására is alkalmas átviteli teljesítménnyel, illetve a korszerű önvédelmi rendszerek beépítésének lehetősége (pl. infracsapda szóró).

Kísérleti céllal két **OV-10G Bronco könnyűrepülőgép** korszerűsítésére került végül sor, amelyek 2016. tavaszától az amerikai különleges műveleti erők parancsnokságának alárendeltségében hajtottak végre feladatokat. A két korszerűsített OV-10G Bronco a kiterjedt tesztek követően áttelepült a közel-keleti térségbe, ahol Szíriában és Irakban az ISIS elleni harcokban vettek részt.

A North American OV-10 Bronco két hajtóműves légsaváros gázturbinás könnyű harci repülőgépet már a vietnámi háború során is bevetették. A pilóta és a megfigyelő is katapultálható üléseket kapott. A törzs hátsó része a LIMA koncepciónak megfelelően egy 3 m³ teher teret tartalmaz, 1500 kilogramm rakományt, 5 felfegyverzett katonát vagy két hordágyon fekvő sebesültet szállíthat a fedélzetén. A repülőgépet 7,62 milliméteres géppuskákkal, illetve nem irányítható rakéta blokkokkal is felszerelték. Ellátták AIM-9 Side

Winder légi harc rakéták indítására alkalmas sínekkel is. A két Garrett T-76 légszűrős gázturbina egyenként 700 LE teljesítményű, amellyel a repülőgép STOL felszállási képességgel rendelkezik. Lézeres célmegjelölő berendezéssel is felszerelték, így alkalmassá vált felderítő, célmegjelölő, könnyű földi támogató, illetve MEDEVAC, továbbá könnyű szállító és futár feladatok végrehajtására is. Külső póttartályokkal mintegy 5 órán át képes a levegőben maradni. A repülőgép hajtóműveinek indításához semmilyen külső energiaforrást nem igényel, ez pedig elősegíti az üzemeltetését akár tábori repülőterekről is. [135.]

	LCBAA	SABA	LAAR	LIMA	DRAGON II	DINKA	TKKR
A rövidítés kifejtése	Low Cost Battlefield Attack Aircraft – Alacsony Költségű Harctéri Támadó Repülőgépp	Small Agile Battlefield Aircraft – Alacsony sebességű harctéri repülőgépp	Light Attack/Armed Reconnaissance – Könnyű Felfegyverzett Támadó Felderítő	Light Mobility Aircraft – Könnyű Mobilitású Repülőgépp	Combat Dragon II.	(A koncepciót kitlaló neve alapján)	Többcélú Katonai Könnyű Repülőgépp
Ország	USA-légerő	Anglia-BAE British Aerospace	USA- légerő	USA-légerő	USA-tengerészgyalogság	Magyarország	Magyarország
Fejlesztés/program éve	1981-1991	1987	2013	2015	2018	1993	2018
Repülőgépp típusok	ARES	P.1233-1, P.1238 P.1234-1	AT-6 Hawker Beechcraft, EMB-314 Super Tucano	Cessna 208B Grand Caravan	OV-10G Bronco	n.a.	IDA
Időjárás - napszak	IFR – VFR, nappal, éjtel	IFR – VFR, nappal, éjtel	IFR – VFR, nappal, éjtel	IFR – VFR, nappal, éjtel	IFR – VFR, nappal, éjtel	VFR, nappal	IFR – VFR, nappal, éjtel
Maximális felsz. tömeg	2770 kg	4950 kg	2950-5400 kg	3629 kg	6552 kg	1600 kg	2500 kg
Terhelhetőség	1460 kg	460 kg	815 kg – 2200 kg	850 kg	3425 kg	600–800 kg	1000 kg
Maximális sebesség	750 km/h	740 km/h	330-600 km/h	344 km/h	452 km/h	250 km/h	420 km/h
Hatótávolság	1100 km	n.a.	1667 km - 2855 km	1600 km	2224 km	1500 km	2600 km
Teljesítmény	13,12 kN	3360 kW	1200 kW	500 kW	1550 kW	195 kW	370 kW
Repülési idő	n.a.	4 óra	5,5 óra	5,5 óra	n.a.	10 óra	8 óra
Személyzet	1 fő	1 fő	2 fő	2 fő	2 fő	2 fő	2 fő
Szállított személyek	-	-	-	12 fő	5 fő	-	6 fő
Feladat	CAS	CAS, légijárművek elleni tevékenység	CAS, felderítés	CAS, légiszállítás	CAS, felderítés	Kiképzés, CAS	CAS, felderítés, légiszállítás
Védettség	Üz. tank páncélozva, NOE, nagy repülési sebesség, kerozin alacsony gyulladáspontja, katapult, katonai tervezés	NOE, nagy repülési sebesség, kerozin alacsony gyulladáspontja, katapult, elhárító rendszerek, katonai tervezés	Hmú, pilóta páncél, kiáramló gázhűtő, NOE nagy repülési sebesség, kerozin alacsony gyulladáspontja, katapult, rakéta-elhárító rendszerek, katonai tervezés	NOE, pilóta páncél, kerozin alacsony gyulladáspontja, rakéta-elhárító rendszerek	NOE, nagy repülési sebesség, kerozin alacsony gyulladáspontja, rakéta-elhárító rendszerek, katonai tervezés	NOE	NOE, dízel jó túlélési esélyei, kis hő kibocsátás, kerozin alacsony gyulladáspontja, hibrid elemek árnyékolás, katapult, rakéta-elhárító rendszerek, katonai tervezés
Manőverezés	40 fok/sec	36 fok / sec	műrepülhető	+3,8, -1,52 G	n.a.	+3,8, -1,52 G	+6, -2 G
Fegyverzet	25 mm-es gépágyú	Levegő- levegő rakéta fedélzeti gépágyú	Levegő-föld irányított és nem irányított rakéta, bomba, fedélzeti gépágyú	Levegő-föld irányított rakéta, bomba, fedélzeti gépágyú	Levegő-föld irányított és nem irányított rakéta, bomba, fedélzeti géppuska	Géppuska, 200 kg bomba terhetés	Levegő-föld irányított és nem irányított rakéta, bomba, fedélzeti géppuska
Üzemanyag	Kerozin	Kerozin	Kerozin	Kerozin	Kerozin	Benzin	Kerozin
Tehertér/útas tér	-0,1 m ³	-0,1 m ³	~0,1 m ³	9,6 m ³	3 m ³	~1,0 m ³	5 m ³
Tervezési koncepció	Katonai	Katonai	Katonai	Polgári	Katonai	Polgári	Katonai és polgári
Katonai-polgári felhasználhatóság	99%-1%	99%-1%	90%-10%	10%-90%	80%-20%	20%-80%	50%-50%
IFR – Instrument Flight Rules – Műszeres repülési szabályok, VFR – Visual Flight Rules – Látva repülési szabályok, CAS – Close Air Support – Kis távolságú légitámogatás, NOE – Nap Of the Earth – Földközeli repülés							

1.1. táblázat. A katonai könnyű repülőgépek koncepciójának összehasonlító táblázata. (Hennel Sándor őrmagy összeállítása)

A 11. táblázat balról jobbra időrendi sorrendben jeleníti meg a nemzetközi és hazai koncepciókat könnyű katonai repülőgépek alkalmazására. A nemzetközi példákban megjelenő Combat Dragon II. program erős miniszteri támogatással mutatja a vizsgált terület aktualitását, illetve a különböző megoldások keresésének időszerűségét. A számos tervezett és megvalósult elképzelés egyben azt is mutatja, hogy a múltban és a jelenben is fontos volt az érintett kihívásokra megoldást keresni.

A 11. táblázatból látható, hogy a LIMA program megjelenésével a könnyű repülőgépek tűztámogatási képessége mellett megjelent a személy- és teherszállítás igénye is. A LAAR átalakulásával a harci képességek csökkenésével azonos időben egyéb logisztikai feladatok is megjelentek. A fegyverzet mennyisége és minősége is kisebb lett, és a védelmi rendszerek, így a páncélozás is csökkent.

Azonosságként mutatkozik a könnyű repülőgépek koncepcióiban, hogy a védettséget a földközeli repülésben a terep domborzati és tereptárgy takarásában manőverezés mellett találják meg, illetve a kiegészítő elhárító rendszerek felhasználásával és a sérülések hatásának csökkentésével kívánják megoldani. Szintén általános egyezésnek tekinthető, hogy a légijármű koncepcióknál minden esetben határozott elvárás a minden időjárásban és napszakban való bevethetőség. Elvárás továbbá a hosszú levegőben töltött idő is, amivel akár őrző- vagy várakozási légtérből képesek a repülőgépek szükség szerint hatékonyan beavatkozni.

Továbbá általánosan elmondható, hogy az egyes repülőgépek tervezési koncepciójában egyértelműen elhatárolható a katonai vagy polgári igények kiszolgálási szándéka. Az utas vagy tehertér kialakítása a polgári igények alapvető kielégítése, amelyen keresztül a vegyes felhasználás reálisan létrejöhethet.

A TKKR koncepciót megvalósító könnyű repülőgép önkéntes tartalékos haderővel kapcsolatosan felmerülő hasznosíthatóságáról egy új koncepciót állítottam fel. E szerint katonai és polgári feladatok ellátására alkalmas könnyű többcélú repülőgép hazai fejlesztését, gyártását, alkalmazását tűztem ki célul. Ezen repülőgépek többségében magántulajdonban lennének, és üzemeltetésüket is alapvetően a civil szektor végezné. A kötelező honvédségi kiképzésben és ezzel a speciális katonai feladatok gyakorlásában azonban, a polgári pilótáknak és a repülő műszakiaknak is rendszeresen részt kellene venniük. A mindennapokban pedig, – főfoglalkozású vállalkozóként – civil repülési feladatokat hajtánának végre nyereségorientált piaci vállalkozás keretében. Az állam (a Magyar Honvédség) a repülőgépek tulajdonosával vagy üzemeltetőjével szerződést kötne adott katonai feladatok rendszeres ellátására. Valós

alkalmazásnál és konkrét együttműködési feladatokban, szerződésüknek megfelelően meghatározott díjazásért vennének részt. A típusajátosságokból adódó alacsony üzemeltetési költség, a kereskedelmi repülésből adódó jártasság megszerzése és fenntartása, magas költséghatékonyságot eredményez. Az alap és a speciális feladatok nagy részét a pilóták a kereskedelmi repülés során is képesek elsajátítani és jártasságukat szinten tartani. Fontos szempont, hogy a vegyes felhasználásnak köszönhetően a költségek jelentős része nem a haderőt terhelné, és mégis magas szakmai felkészültséget eredményezne a pilóták és műszakiak részéről. Az együttműködési szerződésben az is kötelezően kiköthető lenne, hogy a minél szélesebb körű kiképzettségi szint elérése érdekében, a polgári repülés bizonyos részét speciális katonai eljárásoknak megfelelően kelljen végrehajtani (például: éjszaka, földközeli repüléssel, vagy éjjellátó készülék alkalmazásával).

Számos jól működő példát látunk, amelyben a tartalékos rendszer egyes pozitív elemei megfontolandók, követendő példák lehetnek. Magyarországon ma is létező eljárás például a polgári technikai eszközök összeírása, lajstromba vétele: ez az összeírás azt a célt szolgálja, hogy különleges jogrend bevezetése esetén az állami feladatok zökkenőmentes ellátása érdekében ezen eszközöket fel lehessen használni, képességeik, elérhetőségük ismert legyen az állam számára. Az elrendelt feladatoknak és a jogszabályban rögzített feltételeknek megfelelően – amennyiben az állam él ezen eszközök konkrét felhasználásával, kisajátítja azokat – a tulajdonos pedig a jogszabálynak megfelelően kártalanítást kap. Az összeírás egyelőre alapvetően a közlekedési eszközökre fókuszál (teherautók, buszok, terepjárók), de minden, az iparban fellelhető hadi felhasználásra alkalmas, illetve az ipar hadi termelésre történő átállítását segítő eszközre kiterjedhet. A fent ismertetett koncepcióban a repülőgépek felhasználása a tartalékos rendszerben az előzőkhöz hasonló logikára is elképzelhető. A légi járművet a tulajdonos szándékával megegyezően lajstromba veszik, és a tulajdonos, mint tartalékos katona együttműködési szerződést köt az állammal. A képességek fenntartására, speciális képességek megszerzésére saját eszközét használja állami koordináció alatt (behívott szolgálat), üzemelteti, amiért az állam a költségeit részben vagy egészben megtéríti. A tartalékos katona tehát eszközével együtt vonul be szolgálatának teljesítésére.

A tulajdonos gazdasági motiválása különböző módokon történhet meg. A kormányzat – mint a tartalékos katonáknak – gazdasági segítséget nyújt, például a hazai légijármű ÁFÁ-ját elengedi, valamely adók megfizetése alól mentesíti, vagy a légijárművet előre meghatározott szerződés szerint piaci áron bérlé.

Lehetséges gazdasági megoldásként merülhet fel, hogy a gyártás államilag támogatott formában történik, amitől a repülőgép vételára jelentősen csökken, és a profit orientált résztvevők számára az üzemeltetési költség is jelentősen csökken.

Dr. Simicskó István⁹⁸ 2011-ben a tervezetre adott válaszelevelében elmondta, hogy: „Az önkéntes tartalékos rendszer szervezeti felépítésére vonatkozó tervek nem számolnak légijárművekkel felszerelt alegységekkel, azonban ez nem zárja ki, hogy a tartalékos szervezetek – különösen az országos hatáskörű katasztrófavédelmi zászlóaljok – feladataik végrehajtásához ilyen jellegű logisztikai támogatást kapjanak a Magyar Honvédség hivatásos haderő kötelékéből. **Kvázi elvi megközelítésben az Ön által felterjesztésre javasolt könnyű repülőgép típus is alkalmas lehet az előzőekben említett feladatok támogatására.**”

Takács Attila dandártábornok⁹⁹ a tervezetre adott válaszelevelében azt is, elmondta, hogy az eszköz és tulajdonos együttes szerződéses és bevonultatása nem egyértelműen megvalósítható, mivel a tulajdonos többségében nem egy adott személy, hanem egy cég. Ettől függetlenül a nemzetgazdaságból történő honvédelmi célú rendelkezésre állás biztosítása megvalósítható (szolgáltatásra kötelezéssel vagy szolgáltatási szerződéssel). Az ÖTR területvédelmi elven szervezett eleme vonatkozásában jelenleg megfogalmazott hadművelési követelmények nem tartalmazzak ugyan repülő képességet, de távlati célként elképzelhető annak szükségessége.

VI.6 A Többfeladatú Katonai Könnyű Repülőgép koncepciója szerinti vegyes felhasználású repülőgép gyártásának és alkalmazásának várható kihatásai

A Többfeladatú Katonai Könnyű Repülőgép koncepciója szerinti vegyes felhasználású repülőgép gyártásának és alkalmazásának az alábbi várható hatásaival számolhatunk:

- A Magyar Honvédség alacsony anyagi ráfordítással megfelel számos újonnan megjelent elvárásnak, hosszú távon szavatolja ezen eszközök elérhetőségét, bevethetőségét.
- A polgári, kereskedelmi célú repülést a részint átvállalt, megosztott költségek miatt jelentősen előnyösebb piaci helyzetbe segíti. Katalizátora lehet a magyar repülőipar fejlődésének.

⁹⁸ 2011-ben Parlamenti Államtitkár, az Önkéntes Tartalékos Rendszer kiépítését végzi

⁹⁹ MH Hadkiegészítő, Felkészítő és Kiképző Parancsnokság parancsnoka

- A hazai rendszerbeállítás és a koncepció alkalmazása külföldi vásárlási igényeket is generál.
- Az oktatás, kutatás, fejlesztés hazai forrásokból, itthon tudna olyan műszaki eredményeket felmutatni, amelyek nemzetközi szinten is piacképesek.
- A gyártás és alkalmazás katonai és polgári oldalon egyaránt munkahelyteremtő hatású.
- Az egyéb állami szereplők részére is lehetőséget biztosít feladataik költséghatékony ellátásához. (Rendőrségi, határvédelmi feladatok, katasztrófavédelem, önkormányzati légi fotózás, VIP szállítások.)
- A hazai repülőgépek gyártása stratégiaileg is csökkenti az állami kitettséget, függetlenséget szavatol más országoktól, cégektől.

VI.7 Összefoglalás és részkövetkeztetések

A jelen értekezésben tárgyalt repülőgép-koncepció egy lehetséges választ ad a megváltozott társadalmi, gazdasági és harcászati és hadviselési oldalon megjelent kihívások, fenyegetések és veszélyek egyes kérdéseire. A repülőgépek gazdaságos üzemeltetése mind a katonai, mind a polgári működés meghatározó elemei. A katonai felhasználás szempontjából a manőverezőképességet jelentősen javítja a könnyű kategóriájú repülőgépek alkalmazása. A Többcélú Katonai Könnyű Repülőgép koncepciójában az állammal kötött együttműködési szerződés alapján civil pilóták és műszakiak vesznek részt saját tulajdonú repülőgépeikkel a kiképzésben, és a katonai feladatok ellátásában. Polgári foglalkozásukban, azaz a mindennapokban, a saját nyereségorientált vállalkozásuk feladatait végzik. A katonai és polgári feladatok ellátására egyaránt alkalmas, optimális kialakítású repülőgép hazai fejlesztésben szükséges, megvalósítható, és gazdaságosság szempontjából is előnyös lenne. A katonai és polgári feladatok ellátására reálisan olyan repülőgépet kellene kialakítani, amelynek maximális felszálló tömege nem haladja meg a 2500 kg-ot, emellett 800–1000 kg hasznos terhelhetőségű, maximális sebessége eléri a 420 km/h-t, és a törzs lehetővé teszi hat utas ülőhelyének kialakítását. A fejlesztésnek figyelembe kell vennie a katonai és polgári célú repülőgépek előnyeit, és lehetőség szerint fel is kellene használni ezek tanulságait.

A könnyű kategóriába tartozó különböző programok és koncepciók összehasonlításával látható, hogy a TKKR koncepció olyan új elemeket tartalmaz, amely miatt a nemzetközi léptékekben is piacképes szegmens lehet.

Hazai gyártás esetén, tízéves távlatban a kérdőíve kikérdezés és szakmai becslés alapján 280 repülőgép gyártását kellene megcélozni, amelyből 15 darab katonai, 30 darab polgári és hozzávetőlegesen 220 darab külföldi értékesítésre kerülhetne.

A koncepció számos más területen is pozitív hatást hozna: az ipar, az oktatás, a munkahelyteremtés területeit érdemes ilyen szempontból kiemelni, a katonai és stratégiai előnyökön túl.

Bár a koncepció alap megfogalmazása már a rendszerváltás után megjelent, mégsem valósult meg. Az új gazdasági lehetőségek most véleményem szerint új lehetőséget is kínálnak.

A koncepció alátámasztását, ellenőrzését a kérdőíves kikérdezés módszerével végeztem, ahol a hazai repülőszakma elismert képviselőit az Evasys rendszer használatával, a jelen értekezésben tárgyalt koncepció számos aspektusáról kérdeztem. Az interneten anonim kitöltést követően az Evasys rendszer diagramokat készítettem, amelyeket az elismert szakemberek által megfogalmazott tanulságokkal, szempontokkal együtt beépítettem a dolgozatba. A kérdőíves kikérdezés módszerén kívül a releváns szakemberek felkutatásában a „hólabda módszert” használtam. Azzal, hogy a Magyarországon élő, kiemelkedő elméleti és gyakorlati tapasztalattal rendelkező repülőszakemberek jelentős részéhez eljutott a jelen disszertáció szerinti koncepció, és az azzal kapcsolatban nekik feltett gondolatébresztő kérdéssor, valamint megkaptam a válaszukat is, objektív módon győződhettem meg a szakma visszajelzéséről, témához való hozzáállásáról, ami nagyon nagy segítséget jelentett mind a koncepció megalapozottságát, mind további fejlesztési irányait illetően.

A kifejtések között számos konstruktív válasz, kritika és kérdésselvetés érkezett, amelyeket az értekezésemben bedolgoztam, az új felmerült kérdésekre pedig a vizsgálatomat kiterjesztettem.

ÖSSZEFOGLALÓ VÉGKÖVETKEZTETÉSEK

A katonai és polgári repülőgépek követelmény rendszerükben, feladataikban jelentősen eltérnek egymástól. A speciális feladatokra optimalizálás tervezési sajátosságokat hoz, amelyek feltárása egy többcélú katonai könnyű repülőgép fejlesztését segíti. Vizsgálatom szerint a katonai és polgári repülőgépek tervezési rendszere azonos alapokra épül, de különböző szempontok szerint optimalizáltak és különböző szerkezeti kialakításokat valósítanak meg. Ezen szempontokat mindenképpen érdemes integrálni már a tervezési folyamat kezdeti lépéseibe.

Jelen értekezésemben megvizsgáltam a múltban alkalmazott könnyű repülőgépeket. Sorra vettem mind a polgári, mind a katonai tervezésű, felfegyverzett modelleket, megjelenésüket, műszaki paramétereiket, tervezési koncepciójukat. Az Egyesült Államokban megindított LAAR könnyű repülőgép beszerzési programot, valamint a LIMA programot ismertettem a hozzájuk kötődő követelményrendszerekkel. A LAAR, illetve a LIMA program – álláspontom szerint – mintája lehet a magyarországi civil-katonai vegyes felhasználású könnyű repülőgép fejlesztésének, rendszerbe állításának.

Amint az a felhasználói igények kutatása alapján kiderült, a katonai és polgári légijárművek feladatrendszere több ponton is eltérő, így a hazai viszonyoknak megfelelően azonosítottam a különböző felhasználói feladatköröket. A két feladatcsoport műszaki követelményei alapjaiban eltérnek, ezen megoldások utólagos kialakítása pedig nem, vagy csak jelentős veszteségek árán lehetséges. Így a vegyes felhasználású repülőgépek koncepcióalkotása során, majd a tervezési folyamat alatt is figyelembe kell venni ezeket a speciális műszaki szempontokat.

A katonai követelményeket alapvetően hazánk honvédelmi igényei és a NATO-tagságunkból származó feladatok határozzák meg. A katonai célú légijárművek száma nem csökkenthető a rendelkezésre állás kényszere miatt, a repülőgépek alacsony repült óra száma a hatékony felhasználást jelentősen rontja.

A polgári igények kielégítésének alapja a profit maximalizálás. Költséghatékonyságot az alacsony repült óra költséggel, ezáltal a magas éves repült óraszámmal lehet elérni. A felhasználói igények is alapvetően ezen irányelv mentén fogalmazódnak meg. Ebből következik, hogy a költséghatékonyság javításának egyik kedvező módja lehet a polgári-

katonai vegyes felhasználás megvalósítása, hiszen így az éves repülési óraszám emelhető, miközben ezáltal a repültórak költsége is csökkenthető.

A hazai repülőgépgyártás beindításának jó alapjai lehetnek a hazai repülőgépipari cégek és az autóiipari beszállítói háttér. Az autóiipari cégek hazai beszállítói háttérének minősége olyan szintre emelkedett, hogy termékeik teljes egészében megfelelnek a repülésben elfogadott AS/EN 9100-as minőségbiztosítási rendszernek. Bár korábban a fejlesztések és gyártmányok egy részét az autóiipar vette át a repülőgépiparból, napjainkban ez már fordítva történik. Hazai léptékekben is meg van tehát a lehetőségünk a gyártásban lévő autómotorokat a repülőgépgyártásban felhasználni, természetesen a megfelelő továbbfejlesztések végrehajtásával.

Magyarország rendelkezik megfelelő repülőgép üzemeltetési, fejlesztési, gyártási tapasztalattal, és számos különböző oktatási szinten és szakterületen képez ma is repülési szakembereket. A hazai mérnök és kutatói háttér is megfelelően magas színvonalú egy többcélú katonai repülőgép fejlesztésére. Az alapanyag-előállítás, fémbányászat, olvasztás, ötvözés területén azonban külföldi behozatalra van szükség.

A jelen értekezésemben megfogalmazott koncepció szerint a könnyű repülőgépek polgári-katonai vegyes felhasználása Magyarországon a lehető leggazdaságosabb módon elsősorban az Önkéntes Tartalékos Rendszerben történne. Egy, az állammal kötött együttműködési szerződés alapján a civil pilóták és műszakiak saját tulajdonú repülőgépeikkel vennének részt a katonai kiképzésben, és az egyéb katonai feladatok ellátásában. Polgári foglalkozásukban tehát a saját vállalkozásuk feladatait végeznék, miközben az állammal kötött szerződésük értelmében rendszeresen részt vennének hadgyakorlatokon és katonai vagy egyéb állami feladatok végrehajtásában.

A katonai és polgári feladatok ellátására olyan repülőgép koncepcióját alakítottam ki, amelynek maximális felszálló tömege nem haladja meg a 2500 kg-ot, és emellett 8–1000 kg hasznos terhelhetőségű, maximális sebessége a 420 km/h-t éri el, a törzs pedig hat utas ülőhely-kialakítását teszi lehetővé. Alkalmazandó erőforrásként elsősorban a dízel motorokat javasoltam, tüzelőanyagként pedig a kerozint jelöltem meg, mivel taktikai, logisztikai, valamint a NATO elvárásoknak ezek felelnek meg leginkább. A hatásfokot, és ezáltal a fogyasztást, mint gazdasági és taktikai szempontot figyelembe véve pedig, szintén e két műszaki tényező tekinthető a legalkalmasabbnak.

A motorok közül tehát továbbra is a dízelmotorok töltenek be kiemelkedően fontos szerepet a repülőiparban. A második világháborút megelőző időszakban, ahol különösen fontos volt a nagy hatótávolság, jelentős fejlődést értek el a bombázó, szállító, és haditengerészeti repülőgépekbe való beépítésük révén. A hibrid hajtású motorok energiatárolási problémája, és a viszonylagosan rossz energiasűrűsége egyelőre megoldandó műszaki nehézségeket jelent, ugyanakkor számos előnyös katonai tulajdonságuk miatt mégis a hibrid hajtású repülőgépek jelentős térnyerése prognosztizálható a következő évtizedekre.

Jelen értekezésben azt is megvizsgáltam, hogy más területekre milyen hatással lenne egy vegyes felhasználású könnyű repülőgép esetleges rendszerbeállítása. A koncepció – álláspontom szerint – számos területen pozitív hatást hozhat; elsősorban az ipar, az oktatás, a munkahelyteremtés területeit érdemes kiemelni a katonai és stratégiai előnyökön túl. Mindezekon túlmenően, az egyéb állami célú felhasználások egyidejű költséghatékonnyá tétele is hatékonyan megvalósulhatna (rendőrségi, határvédelmi feladatok, katasztrófavédelem, sugárfelderítés, légifotózás, VIP szállítások).

Egy repülőgépfeljesztési koncepció kialakításánál nem vitásan meg kell vizsgálni olyan hosszú távú változásoknak a lehetséges következményeit is, mint a globális felmelegedés, egyéb éghajlati változások, társadalmi-politikai-szociológiai tendenciák, túlnépesedés stb. Ezen vizsgálatok elvégzésére azonban tanulmányom keretei között nincsen lehetőségem, de további kutatási irányokat jelölhet ki.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Tézis

A szakirodalom és a könnyűrepülőgép-építés nemzetközi tapasztalatainak felhasználásával bizonyítottam a többfeladatú katonai könnyűrepülő-kategória iránti **igény globális fennállását, és gazdaságosságát**. A Kesselring módszer segítségével meghatároztam egy a többfeladatú katonai könnyűrepülőgép **főbb technikai adatait**.

2. Tézis

Kérdőíves szakértői kikérdezés módszerével és a hazai háttérpar elemzésével támasztottam alá, hogy a hazánkhoz hasonló ipari kapacitással rendelkező nemzetek számára is **lehetséges egy többfeladatú könnyű katonai repülőgép hazai fejlesztése és gyártása**. Vizsgáltam és igazoltam a gépjármű ipar és a könnyű repülőgép-gyártás jelenkori szinergia-potenciálját, és rámutattam ennek koncepcionális hatásaira. Azonosítottam a releváns műszaki és konstrukciós kialakítási lehetőségeket is, bizonyítva a megvalósíthatóságot.

3. Tézis

Repülőgép erőforrások műszaki paramétereinek táblázatos és diagramos elemzésével mutattam rá arra a **fejlődési trendre**, amely alapján a **könnyű repülőgép kategóriában tartós üzemvitelnél** a kerozinnal üzemelő dízelmotor **mindjobban kiszorítja az Otto-motorokat**.

4. Tézis

A **katonai alkalmazású könnyű repülőgép-kategóriában vizsgáltam, táblázatos és diagramos matematikai módszerű elemzésével igazoltam a hibrid hajtáslánc előnyeit**, amelyek kimutathatók az időszakos teljesítménynövelésben, fogyasztás csökkenésben, a felderíthetőség, a védettség és a túlélő képesség javításában, és az autonóm üzemeltetésben is.

5. Tézis

Elsőként dolgoztam ki olyan **katonai-polgári vegyes felhasználású könnyűrepülőgép koncepcióját**, amely megfelel a LAAR és LIMA programokban szereplő koncepcionális megfontolásoknak, és **összehangolja a katonai és a polgári alkalmazói igényeket**. A kérdőíves kikérdezés módszerével támasztottam alá a koncepció megvalósíthatóságát.

AJÁNLÁSOK AZ ÉRTEKEZÉS FELHASZNÁLÁSÁRA

Kutatásom egyik releváns célkitűzéseként ajánlom az értekezést a témát érintő szakirodalom háttér kibővítését szolgáló alapként, a stratégiával, katonai tervezéssel, műszaki fejlesztéssel foglalkozók, felsőoktatási intézmények tanulói és doktoranduszai számára.

Kutatásomat ajánlom felhasználásra a repülőgép-fejlesztés sajátosságainak előzetes koncepció alkotásához, tervezési irányelvek és konkrét szerkezeti elemek és megoldások megfontolásához.

A TKKR koncepciónak a bizonyított tézisek alapján létjogosultsága van, a hazai és nemzetközi piacon hiánypótló eszközként tud megjeleníteni. Tervezését, fejlesztését, gyártását és rendszerbe állítását ajánlom a terrorizmus elleni harc, a határvédelem, valamint a tengeri kalózkodás elleni küzdelem feladatköreiben.

AJÁNLÁSOK A TOVÁBBI KUTATÁSOKRA

A koncepcióm felállítása során számos területet megvizsgáltam, és több helyen az értekezés terjedelme illetve a különböző tudományterületek indokolatlanul mély érintése, az interdiszciplináris megközelítés miatt további kutatási irányok merültek fel.

A könnyű repülőgép alkalmazási koncepcióját alapvetően a katonai terület összefüggéseiben vizsgáltam, míg a polgári területen csak a nyereségorientált vállalkozásokat vizsgáltam. A további felhasználók számára a saját szakterületnek megfelelő kialakítás kutatása, tervezése további feladatként marad fenn.

A kutatás irányait érdemes kiterjeszteni a könnyű kategórián kívülre, és további közlekedési eszközökre, felszerelésekre, objektumokra.

A hálózatközpontú hadviselés, az információ alapú társadalom, a különböző funkciójú társadalmi rendszerek összekötése, a kritikus infrastruktúrák védelme egyaránt kiemelt jelentőségű lesz a jövőben. Az aszimmetrikus és a hagyományos hadviselésben is ezen csomópontok kiemelten veszélyeztetett területek, a katonai felhasználásban, egy könnyű

katonai repülőgép fejlesztésénél előzetes felkészülést kíván, további kutatási területeket határoz meg.

A repülőgépek szükség-leszállóhely felhasználása a repülőgépek védetségét számottevően növeli. Hazánkban, a folyamatban lévő autópályaépítések lehetőséget biztosítanak ilyen képességek kialakítására. A már meglévő közforgalmú útszakaszok felmérése, kijelölése terhelhetőségének, állapotának vizsgálata, értékelése, az útgazdálkodási tervek vizsgálata, szükség szerinti módosítása további kutatást igényel.

A repülésben a tömeg és a hajtáshoz szükséges energia kérdése központi helyen van. Az adott energiahordozókban rejlő energiasűrűség és annak kinyeréséhez a technikai út az adott anyag felhasználási területeit behatárolja. A nukleáris energia felhasználása napjainkban csak anyahajó méretű közlekedési eszközökben elképzelhető, de a technika fejlődésével a méreteik is csökkeni fognak. A szállító repülőgépek méretnövekedései tendenciája megfigyelhető, ami trend-szerűen közös metszéspontot ad. Ezen szakterületen végzett kutatások erősítésével a reálisan elérhető és felhasználható szerkezeti kialakítások érhetők el.

A hajtóművek teljesítmény-, tömeg- és élettartam vizsgálata felhasználói oldalról jelentős eredményekkel kecsegtet. A vizsgálatok gyakorlati igazolásához, elvégzéséhez mindenképpen ipari háttérű labor szükséges.

A kérdőíves szakmai kikérdezés során beérkezett válaszok, a Többfeladatú Katonai Könnyű Repülőgép Konceptió tartalékos rendszerbe illeszthetőségét, széles spektrumban értékelték. A kifejtett válaszok alapján a tartalékos rendszerbe illeszthetőségről az eredeti koncepciómat meg nem változtatva, de az erősebb alátámasztottságához további kutatási irányként jelölöm meg.

TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

Könyvrészlet

HENNEL Sándor: **Helikopterekkel végrehajtott köteles kirakási harcéljárások alkalmazása** in Turcsányi Károly – Hegedűs Ernő A légideszant II. Ejtőernyős-, helikopter- és repülőgépes deszantok a modernkori hadviselésben (1945-2010) Püedlo Kiadó Nagykovácsi 2010 ISBN: 978 963 249 124 0.

Lektorált, Magyarországon megjelenő idegen nyelvű szakmai folyóiratcikkek

HENNEL Sándor: **The scope of application for passenger and crew rescue equipment in military-civilian light multipurpose aircraft** – Repüléstudományi Közlemények ISSN 1417-0604 XXV. évfolyam 2013.2. szám.

Lektorált, Magyarországon megjelenő magyar nyelvű szakmai folyóiratcikkek

HENNEL Sándor: **Légi járművek repülőtéren kívüli szükségleszállóhelyeinek harcászati korlátai, alkalmazhatósága, kialakulásának körülményei** – Repüléstudományi Közlemények ISSN 1417-0604, 2010.04.16.

HENNEL Sándor: **Helikopterekkel végrehajtott harcéljárások a speciális erők érdekében** – Honvédségi szemle ISSN 2060-1506 64. évfolyam 6. sz. - 2010. november.

HENNEL Sándor: **Dízelmotorok felhasználhatóságának lehetőségei a katonai repülésben** - – Honvédségi Szemle ISSN 2060-1506 65.évfolyam 5. szám 2011. szeptember.

HENNEL Sándor: **A Magyar Honvédség önkéntes tartalékos rendszerébe illeszthető többcélú, könnyű repülőgép koncepciója** – Repüléstudományi közlemények ISSN 1417-0604, 2011. 2. szám.

MÉHES Lénárd – HEGEDŰS Ernő – HENNEL Sándor: **Pilóta nélküli légi járművekhez kötődő szaktevékenységek a HM Logisztikai Ellátó Központnál** - Sereg Szemle ISSN 2060-3924, 2011. április.

HENNEL Sándor: **Többfeladatú könnyű repülőgép vegyes katonai-polgári alkalmazásának gazdaságossági vizsgálata** – Katonai Logisztika ISSN 1588-4228, 2012.1. szám.

HENNEL Sándor: **Repülőgép dízelmotorok hazai használatának és fejlesztésének lehetőségei** - Katonai Logisztika ISSN 1588-4228 2012. 3. szám.

HENNEL Sándor – OZSVÁTH Sándor: **Légijárművek mentőberendezései és azok jövőbeni fejlesztési irányai** - Katonai logisztika ISSN 1588-4228, 2013.1. szám.

HENNEL Sándor: **Katonai és polgári repülőgépek tervezési sajátosságai, eltérései** - Repüléstudományi Közlemények ISSN 1417-0604 XXV. 2012. 2. szám.

HENNEL Sándor: **A GANZAVIA GAK-22 DINO könnyű repülőgép, mint a polgári-katonai többfeladatúságra való törekvés egyik példája a 90-es években** - Katonai Logisztika ISSN 1588-4228 2015/2. szám.

HENNEL Sándor: **Repülőgépek hibrid meghajtási lehetőségei könnyű, többcélú katonai felhasználás esetén** - Katonai Logisztika ISSN 1588-4228 24. évfolyam 2016/1. szám.

HENNEL Sándor – KELECSÉNYI István: **Kiképző repülőgépek a Magyar Honvédségnél – a Jak-52-estől a Zlin gépcsaldig, kitekintéssel a jövő lehetőségeire** Haditechnika ISSN 0230-6891 ISSN 1786-996X LI. évfolyam 6. szám 2017/6.

Nem lektorált, szakmai idegen nyelvű cikk Magyarországon megjelenő folyóiratban

HENNEL Sándor: **Analysis of the capacity of the Hungarian aviation industry** - biztonságpolitika.hu ISSN 2062-4379 2013.

Nem lektorált, szakmai magyar nyelvű cikk Magyarországon megjelenő folyóiratban

HENNEL Sándor: **A légi szállítás technikai igénye a SASKAROM hadművelet tükrében** - www.biztonsagpolitika.hu ISSN 2062-4379 2010.

HENNEL Sándor: **Katonai és polgári légijárművek vegyes felhasználása** - MRT Évkönyv 2011 (Magyar Repüléstörténeti Társaság) ISSN 1416-5287.

HENNEL Sándor: **A dízelmotorok reneszánsza a repülésben és a katonai felhasználásának lehetőségei** - MRT Évkönyv 2011 (Magyar Repüléstörténeti Társaság) ISSN 1416-5287.

Nem szakmai könyv, folyóiratcikk

HENNEL Sándor: A koronaőrök egyenruházata és viselete in FAZAKAS László, HEGEDŰS Ernő, HENNEL Sándor: A Szent Korona Őrzése Koronaőrseg, koronaőrök Heraldika Kiadó, 2002. ISBN 963 9204021, 201-211. oldal.

HENNEL Sándor: A Magyar Koronaőrök Egyesületének története in FAZAKAS László, HEGEDŰS Ernő, HENNEL Sándor: A Szent Korona Őrzése Koronaőrseg, koronaőrök Heraldika Kiadó, 2002. ISBN 963 9204021. 231-236. oldal.

HENNEL Sándor: Visszaemlékezések, életrajzok in FAZAKAS László, HEGEDŰS Ernő, HENNEL Sándor: A Szent Korona Őrzése Koronaőrseg, koronaőrök Heraldika Kiadó, 2002. ISBN 963 9204021 243-257. oldal.

RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK

ACN (Aircraft Classification Number)	Repülőgép osztályozási szám
COIN (Counter-Insurgency)	Felkelők elleni műveletek
CAS (Close Air Support)	Kis távolságú légitámogatás
DME (Distance Measuring Equipment)	Távolságmérő berendezés
EO/IR sensor (Electro-Optical and Infrared)	Elektro-optikai és infravörös érzékelők
EWS (Electronic Warning System)	Besugárzás jelző rendszer
FAC (Forward Air Controller)	Előretolt repülésirányító
FADEC (Full Authority Digital Engine Control)	Teljeskörű digitális motorvezérlés
FLIR (Forward Looking Infrared)	Infravörös távcső
GPS (Global Positioning System)	Globális helymeghatározó rendszer
HAC (Hungarian Aerospace Cluster)	Magyar Repülési Klaszter
HAIF (Hungarian Aviation Industry Foudation)	Magyar Repülőipari Alapítvány
HOTAS (Hands On Throttle-And-Stick)	Kezek a gázkaron és a botkormányom
HUD (Head Up Display)	Kivetített képernyő
ICAO (International Civil Aviation Organization)	Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet
IED (Improvised Explosive Device)	Improvizált, házi készítésű robbanóeszköz
IFF (Identification friend or foe)	Barát ellenség azonosítás
IFR (Instrument Flight Rules)	Műszeres repülési szabályok
ILS (<u>Instrument</u> Landing System)	Műszeres leszállító rendszer
IMC (Instrument Meteorological Conditions)	Műszeres meteorológiai körülmények
K+F+I	Kutatás, Fejlesztés, Innováció
LAAR (Light Attack/Armed Reconnaissance)	Könnyű támadó felfegyverzett, felderítő

LCBAA (Low Cost Battlefield Attack Aircraft)	Alacsony Költségű Harctéri Támadó Repülőgép
LCN (Load Classification Number)	Terhelés osztályozási szám a repülőgépre
MAWS (Missile Approach Warning System)	Rakéta közeledtére figyelmeztető rendszer
MEDEVAC (Medical Evacuation)	Egészségügyi kiürítés
MFD (Multi- Function Display)	Többfunkciós kijelző
NATO (North Atlantic Treaty Organisation)	Észak-atlanti Szerződés Szervezete
NCW (Network Centric Warfare)	Hálózatcentrikus Hadviselés
NDB (Non-directional <u>Beacon</u>)	Körsugárzó Irányadó
NOE (Nap Of the Earth)	Földközeli repülés
NVG (Night Vision Google)	Éjjellátó szemüveg
PCN (Pavement classification number)	Burkolat osztályozási szám
RWR (Radar Warning Receiver)	Besugárzásjelző, radar befogás jelző
SABA (Small Agile Battlefield Aircraft)	Alacsony sebességű harctéri repülőgép
SFC (Single Fuel Conception)	Egységes Üzemanyag Koncepció
STOL (Short Takeoff and Landing)	Rövid fel-és leszállási képesség
TKKR	(többcélú könnyű katonai repülőgépek)
VFR (Visual Flight Rules)	Látva repülési szabályok
VMC (Visual Meteorological Conditions)	Látva repülési meteorológiai körülmények
VOR (VHF Omni directional Range)	VHF Körsugárzó Rádióirányadó
VTOL (Vertical Take-off and Landing)	Függőleges fel és leszállási képesség
UAV (Unmanned Aerial Vehicle)	Pilóta nélküli léggépjármű

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1.] BAKOS Ferenc: Idegen szavak és kifejezések szótára - Akadémiai Kiadó Budapest 1986. ISBN 963 05 4262 5.
- [2.] 2015. évi CLXX. törvény az egyes közlekedéssel összefüggő törvények módosításáról
- [3.] TOMCSÁNYI Pál: Általános Kutatásmódszertan, Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet, Budapest 2000. ISBN 963 86097 0 2.
- [4.] SZTERNÁK György: A fegyveres küzdelem megvívása, Hadtudományi Szemle 2017. X. évfolyam: (1) pp. 113-125.
- [5.] RESPERGER István: Az aszimmetrikus hadviselésre adható válaszok Honvédségi Szemle 145. évfolyam, 2017. évi 1. szám, pp. 24-43
- [6.] SZENES Zoltán: Katonai kihívások a 21. század elején.
http://www.zmne.hu/kulso/mhtt/hadtudomany/2005/4/2005_4_5.html 2012. 11. 26.
- [7.] TURCSÁNYI Károly – HEGEDŰS Ernő: A légideszant I. Pueblo Kiadó, Nagykovácsi 2008. ISBN: 978963673861
- [8.] TURCSÁNYI Károly, HEGEDŰS Ernő: A légideszant II. Ejtőernyős-, helikopteres- és repülőgépes deszantok a modernkori hadviselésben (1945-2010). Püldo Kiadó, Budapest, 2010. ISBN: 978 963 249 124 0
- [9.] FM 100-5 Hadműveletek tábori kézikönyv – A Magyar Honvédség Vezérkarának kiadványa. Budapest, 1997.
- [10.] Légi Műveletek Doktrínája - Re/419 - A Magyar Honvédség Kiadványa 2015.
- [11.] Légi Szállítási Műveletek Doktrína - Re/418 - A Magyar Honvédség Kiadványa 2015
- [12.] Magyar Honvédség Légierő Doktrínája
- [13.] http://www.repulestudomany.hu/tanszek/letoltes/nemzeti_legugyi_stratgia.pdf
2018.04.15.
- [14.] <http://www.kormany.hu/download/d/c1/b0000/Irinyi-terv.pdf> 2017.12.10.
- [15.] http://www.e-met.hu/files/cikk3529_Lenner_MESZ_2015.pdf 2017.12.10.
- [16.] <http://www.honvedelem.hu/cikk/61339> 2017.12.04.
- [17.] FILDING John: Introduction to Aircraft Design Cambridge University Press 1999 tizenkettedik kiadás 2010.
- [18.] <http://www.parlament.hu/documents/static/biz39/bizjkv39/HOB/1207031.pdf>
2018.04.10.
- [19.] RÁCZ Elemér: Repülőgéptervezés, Tankönyvkiadó, Budapest 1955

- [20.] RÁCZ Elemér: A repülés mechanikája, Tankönyvkiadó, Budapest 1953
- [21.] HENNEL Sándor: Repülőgép sárkány- és rendszer ismeret I. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980
- [22.] HENNEL Sándor, MEGYERI Miklós: Repülőgép sárkányszerkezet és rendszerismeret II. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.
- [23.] HENNEL Sándor, MEGYERI Miklós: Repülőgép sárkányszerkezet és rendszerismeret III. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987 ISBN 963 10 2951 4
- [24.] ÓVÁRI Gyula: Merev- és forgószárnyas repülőgépek szerkezetana III. rész
A sárkány rendszerei - Magyar Néphadsereg Kilián György Repülő Műszaki Főiskola
- [25.] TITTEL J. Steven: Cost, capability, and the hunt for a lightweight ground attack aircraft
University of Kansas, 2009.
- [26.] BRODSZKY Dezső: Repülőgép hajtóművek I. dugattyús motorok Tankönyvkiadó
Budapest, 1952
- [27.] BROUWERS P. Alex: 150 and 300 kW lightweight diesel aircraft engine study
<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19800011788.pdf> 2017.06.10.
- [28.] PÁSZTOR – SZOBOSZLAI: Kalorikus gépek üzeme, Műszaki könyvkiadó,
Budapest, 1967.
- [29.] KROES J. Mitchael WILD W. Thomas: Aircraft Powerplant Seventh Edition 2002.
Columbus, ISBN 0-02-801874-5
- [30.] Jane's All the World's Aircraft 2003-2004. Couldson, UK, 2005.
- [31.] JACKSON Paul: Jane's All the World's Aircraft 2009-2010. Couldson, UK, 2009
- [32.] VASS Balázs: Repülőgépek, helikopterek, rakéták – Műszaki Könyvkiadó Budapest
1982 ISBN 963 10 4394 0
- [33.] <https://gama.aero/home/europe-en/> 2017.10.12.
- [34.] SZABÓ József: Repülési lexikon - Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991
- [35.] EMÓDI István, TÖLGYESI Zoltán, ZÖLDY Máté: Alternatív járműhajtások - Maróti
Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft ISBN 9639005738 Budapest 2006
- [36.] DAVIES Glyn - TEDDY Petter: The History Press. (2014) ISBN 978 0 7524 9211 7.
- [37.] Miloš Brabenec: Csapás a harmadik dimenzióból. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest,
1972. 135-136. o
- [38.] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:An_air-to-air_left_side_view_of_an_O-2A_aircraft_flying_over_the_Empire_Range_near_Howard_Air_Force_Base,_Panama_DF-ST-85-09231.jpg 2016.12.21

- [39.] HENNEL Sándor: Katonai és polgári repülőgépek tervezési sajátosságai, eltérései - Repüléstudományi Közlemények ISSN 1417-0604 XXV. 2012. 2. szám
- [40.] https://forum.warthunder.com/uploads/monthly_2017_09/SF260TP_turboprop_basic_trainer_aircraft_Alania_Aermacchi_Italy_Italian_aviation_defence_industry_007.jpg.864d2d8a5070a89fb112b0e6ece3f13e.jpg 2018.03.20.
- [41.] <http://www.airliners.net> 2018.03.20.
- [42.] <http://www.hollilla.com/reader.php?action=thread&thread=3420033&offset=270> 2018.04.12.
- [43.] <http://sobchak.wordpress.com/2010/03/15/ac-208b-combat-caravan-iraqi-air-force/> 2011.03.20.
- [44.] <http://www.defenseindustrydaily.com/bird-dogs-for-the-iraqi-air-force-03578/> 2011.03.20.
- [45.] https://www.fbo.gov/index?print_preview=1&s=opportunity&mode=form&id=b30065477e7b9159bb2687f2cc2a3667&tab=core&tabmode=list 2018.04.12.
- [46.] MILOS Brabenec: Csapás a harmadik dimenzióból. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1972.
- [47.] KENYERES Dénes: Mi-8 típusú közepes szállítóhelikopterek a Magyar Haderőben 1969-2009. Kecskemét, 2010.
- [48.] TBM-850 Direct Operating Costs www.tbm850.com 2011.01.15.
- [49.] CIVIL AIR PATROL <http://www.gocivilairpatrol.com> 2017.05.10.
- [50.] TURCSÁNYI Károly, KENDE György, GYARMATI József: Haditechnikai eszközök összehasonlításának korszerű módszerei és ezek alkalmazása Tanulmány HM 2002. évi kutatási terv 6.1 program
- [51.] KINDLER József, PAPP Ottó: Komplex rendszerek vizsgálata, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977
- [52.] BÉKÉSI Bertold - KAVAS László - ÓVÁRI Gyula: Harcászati repülőgépek összehasonlítására használható matematikai módszerek Repüléstudományi Közlemények 2005 2. szám.
- [53.] <http://drseres.com/tavoktatas/fejezetek/11/szakerto.htm> 2012.02.12.
- [54.] HENNEL Sándor: Légi járművek repülőtérén kívüli szükségleszállóhelyeinek harcászati korlátai, alkalmazhatósága, kialakulásának körülményei - Repüléstudományi Közlemények ISSN 1417-0604, 2010.04.16.
- [55.] HENNEL Sándor: Dízelmotorok felhasználhatóságának lehetőségei a katonai repülésben - Honvédségi Szemle ISSN 2060-1506 65.évfolyam 5.szám 2011. szeptember

- [56.] <http://www.airport-data.com/aircraft/photo/000115542.html> 2017.12.08.
- [57.] <https://www.statista.com/statistics/272049/worldwide-vehicle-sales-of-volkswagen-since-2006/> 2018.03.08.
- [58.] <http://haif.org/Downloads.html> 2017.10.08.
- [59.] http://www.haif.org/company_data.html 2018.03.10.
- [60.] <http://airportal.hu/repulogepgyarat-epit-pecsen-magnus-aircraft/> 2018.03.04.
- [61.] HAJDÚ Ferenc, – SÁRHIDAI Gyula: A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézetől a HM Technológiai Hivatalig. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 2005
- [62.] <http://genevation.hu/hu/genpro> 2018.03.18.
- [63.] http://www.rubicon.hu/magyar/oldalak/1938_marcius_5_daranyi_kalman_meghirdeti_a_gyori_programot/ 2017.12.04.
- [64.] <https://red-aircraft.com/> 2018.03.10.
- [65.] Raikhlin RED-3 dízelmotor <http://bizavnews.ru/230/8852> 2017.12.05.
- [66.] GanzAvia Dino <https://www.skybrary.aero/index.php/DINO> 2017.11.10
- [67.] SÁRHIDAI Gyula: A GAK-22 Dino kisrepülőgép, in Haditechnika 1994/3. szám HU ISSN: 0230-6891
- [68.] A GAK-22 Dino repülőgép ismertetése GanzAvia Kft. Budapest 1995.
- [69.] <http://www.avia-info.hu/kep.php?KeresettSzo=HA-YACT&Sorszam=2> 2017.11.10.
- [70.] <http://archiv.repulnijo.hu/2012/01/23/muzeumba-kerul-denever-a-korai-magyar-uav/>
- [71.] Dr. PALIK Mátyás: Pilóta nélküli repülés – Nemzeti Közszerológiai Egyetem, Budapest, 2013
- [72.] https://gama.aero/wp-content/uploads/GAMA_2017_AnnualReport_ForWeb.pdf
- [73.] <http://www.sixdaywar.co.uk/> 2010.01.17.
- [74.] STEIGER ISTVÁN: Repülőgépek Műegyetemi Kiadó 1999 Azonosító 70878
- [75.] http://www.bud.hu/sajtoszoba/kozlemenyek/?article_hid=800 2010.03.14.
- [76.] FÖLDI PÁL: Luftwaffe - Anno Kiadó Budapest ISBN 963 9199 575
- [77.] <http://www.lostplaces.de/autobahn-notlandeplaetze-nlp.html> 2010.03.20.
- [78.] http://www.israeli-weapons.com/history/six_day_war/SixDayWar.html 2010.03.20.
- [79.] http://www.acig.org/artman/publish/article_260.shtml 2010.03.20.
- [80.] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Aut%C3%B3p%C3%A1lyasz%C3%BCks%C3%A9g%C3%BCI%C5%91t%C3%A9r> 2010.03.20.
- [81.] <http://www.urbanlegends.hu/2008/02/nemzeti-veszhelyzet-autopalyan-leszallo-repulok/> 2010.03.14.
- [82.] http://www.panzerbaer.de/archiv/bw_notlandeplatz_ahlhorn-a.htm 2010.03.20.

- [83.] FI István: Utak és környezetük tervezése 2002. Budapest Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Épületmérnöki Kar Út és Vasútépítési Tanszék
- [84.] MIKE Spick – RIPLEY Tim: Korszerű harci repülőgépek Kossuth Könyvkiadó 1993 ISBN 963 09 3683 6
- [85.] 1247/2016. (V. 18.) Korm. határozat az Integrált Közlekedésfejlesztési Operatív Program éves fejlesztési keretének megállapításáról
- [86.] HENNEL Sándor: Katonai és polgári repülőgépek tervezési sajátosságai, eltérései - Repüléstudományi Közlemények ISSN 1417-0604 XXV. 2012. 2. szám
- [87.] ÓVÁRI Gyula: Biztonság- és repüléstechnikai megoldások katonai helikopterek harci túlélőképességének javítására Repüléstudományi Közlemények 2005/2 pp. 1-14.
- [88.] PETÁK György, SZABÓ József: A Gripen – Petit Real Könyvkiadó Budapest, 2003.
- [89.] SZTERNÁK György: Gondolatok a hatásalapú- és a hálózatközpontú katonai műveletekről, Hadtudományi Szemle, 1. évfolyam 3. szám, 2008, ISSN 2060-0437,
- [90.] http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/West_Germany/Wiesel_AWC.php
2017.12.05.
- [91.] https://en.wikipedia.org/wiki/Wiesel_AWC 2017.12.03.
- [92.] ÓVÁRI Gyula: Autorotálni, katapultálni vagy lezuhanni? Haditechnika 1992/4. szám
HU ISSN: 0230-6891
- [93.] CABS-brochure
- [94.] <http://www.youtube.com/watch?v=QmlArptnHKg> DA-40 légzsák
2012.12.03.
- [95.] Légzsák <http://www.avweb.com/eletter/archives/avflash/211-printable.html> 2012.12.03.
- [96.] <http://www.emtjets.com> 2012.12.03.
- [97.] <http://www.zvezda-npp.ru> 2012.07.10.
- [98.] <http://www.ejection-history.org.uk> 2012.07.10.
- [99.] <http://www.galaxy.lead-crm.eu> 2012.06.30.
- [100.] <http://www.ejection-site.com> 2012.12.03.
- [101.] Single Fuel Conception: NATO STANAG 4362
- [102.] BABOS Sándor, SZATHMÁRI Gábor: A Magyar Honvédség hajtóanyag beszerzésének vizsgálata, a gazdaságosság és a kőolaj világpiaci folyamatainak tükrében
<http://www.regiment.hu/files/9/10404/9.pdf> 2011.06.14.
- [103.] <http://enginehistory.org/Piston/Diesels/diesels.shtml> 2011.04.16.
- [104.] GASTERSTADT Dr.: Development of the Junkers-diesel aircraft engine
Technical memorandums national advisory committee for aeronautics Washington May, 1930

- [105.] <http://www.junkers.de.vu> 2011.05.12.
- [106.] <http://www.asisbiz.com> 2011.05.10.
- [107.] <http://www.centurion.aero> 2011.05.10.
- [108.] <http://en.wikipedia.org/wiki/Thielert> 2011.05.12.
- [109.] <http://www.deltahawkengines.com> 2011.05.18.
- [110.] <http://www.austroengine.at> 2011.05.18.
- [111.] <https://www.iaopa.eu/fuelprices> 2018.03.25.
- [112.] <http://www.scientificamerican.com/article/impossible-electric-airplane-takes-flight/>
2016.01.15
- [113.] https://wiki.xtronics.com/index.php/Energy_density 2016.01.27.
- [114.] <http://slideplayer.hu/slide/1944864/> 2016.01.27.
- [115.] <http://www.energaitaly.it> 2016.01.27.
- [116.] KLINGEBIEL Maria: Hibrid hajtások, tüzelőanyagcellák, alternatív tüzelőanyagok
Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft Budapest 2009. ISBN 9639005983
- [117.] <http://www.teslamotors.com/models> 2016.01.15.
- [118.] <http://www.solarimpulse.com> 2016.01.27.
- [119.] <http://www.panthera-aircraft.com/> 2016.01.27.
- [120.] PIANCASTELLI L., DAIDZIC N. E., FRIZZIERO, ROCCHI: Analysis of automotive diesel conversions with KERS for future aerospace applications. University of Bologna, Italy - Minnesota State University, USA
- [121.] PIANCASTELLI L., PEZUTTI E., FRIZZIERO: KERS applications to aerospace diesel propulsion. ARPN Journal Of Engineering And Applied Sciences, vol. 9, no. 5, may, 2014. http://www.arnjournals.com/jeas/research_papers/rp_2014/jeas_0514_1106.pdf
- [122.] <http://www.abovetopsecret.com/forum/thread186160/pg1> 2018.04.26.
- [123.] TOBAK Tibor Pumák földön-égen – Lap és Könyvkiadó Kft. Budapest 1989
- [124.] HENNEL Sándor: A Magyar Honvédség önkéntes tartalékos rendszerébe illeszthető többcélú, könnyű repülőgép koncepciója - Repüléstudományi közlemények ISSN 1417-0604, 2011.2. szám.
- [125.] TÓTH József: A repülőműszaki állomány kompetencia alapú képzésének és felkészítésének elemzése Doktori Értekezés 2017 Budapest Nemzeti Közszolgálati Egyetem
- [126.] TURCSÁNYI Károly, SZEGEDI Péter, TÓTH József: A katonai repülőműszaki tiszti kompetenciák felmérése integrált kutatási módszerrel, Repüléstudományi Közlemények XXVIII. évfolyam 2016/2 p 153-164
- [127.] http://web.uni-miskolc.hu/files/2394/evasys_trening_tananyag.pdf 2018.03.10.

- [128.] HÉRA Gábor, LIGETI György: Módszertan bevezetés a társadalmi jelenségek kutatásába, Osiris Kiadó, Budapest, 2006, p 371., ISBN 963 389 788 2, ISSN 1218 9855
- [129.] <http://www.nkh.gov.hu/web/legugyi-hivatal/nyilvantartasok> 2018.03.05.
- [130.] GYENGE Balázs: Marketingkutatás, jegyzet, Szent István Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar Marketing Intézet, Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, 2009, p. 193., 159.
- [131] <https://www.scaled.com/portfolio/ares/> 2018.04.26.
- [132.] <http://nationalinterest.org/blog/the-buzz/ares-the-light-attack-aircraft-america-needed-never-happened-19939> 2018.04.26.
- [133.] http://www.beechcraft.com/customer_support/technical_publications/docs/technical/208BPHCUS-01_Section_2.pdf 2018.04.26.
- [134.] <https://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/lima.htm> 2017.10.18.
- [135.] PIKE John: Imminent Fury - Combat Dragon II
<https://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/imminent-fury.htm> 2018.04.26.

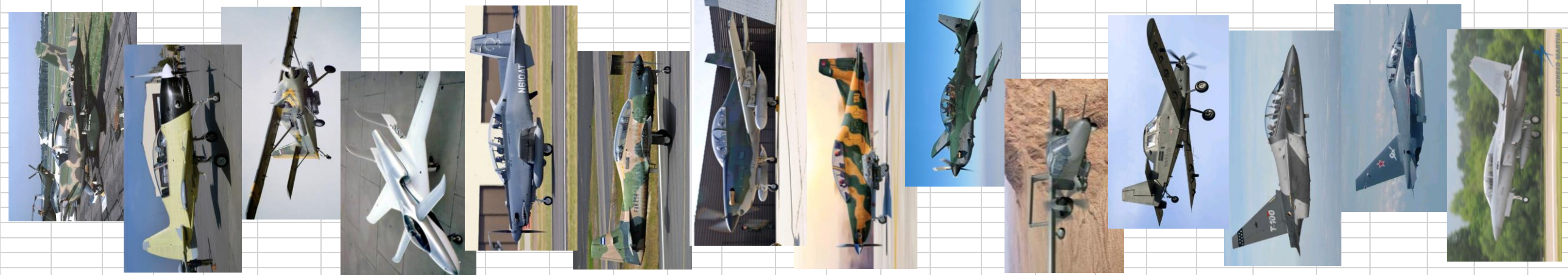
FÜGGELÉK

1. függelék. Könnyű katonai felhasználású repülőgépek technikai adatai [Hennel Sándor őrnagy összeállítása]

1 kts = 1,82 km/h
1 ft = 0,3048 m



Gyártó	Skyleader	Socata	Marchetti	Irkut Co	Diamond	Technoavia	Cessna	Scaled/ Northrop	PZL	Raytheon	Pilatus	Embraer	Pilatus	KAI KA-1	Cessna	Turkish Aerospace	Ahrlac	Embraer	Boeing	Boeing	FMA	Air Tractor	Alenia Aermacchi	Raytheon	Textron	Irkut Co.	Boeing/ Saab	Martin	
Típus	UL-39	235	SF-260C	Yak-152	Dart-450	SM-92	O-2B	ARES	PZL-130	AT-6B	PC-21	EMB-312	PC-9	KA-1	AC-208B	TAI	Ahrlac	EMB-314	OV-10D	OV-10A (X)	IA 58	AT-802U	M-346	Leonardo	AirLand	Yak-130	T-X	KAI T-50	
Név	ALBI II	Rallye				Finist	Skymaster		Orlik	Hawker Beechcraft		Tucano		Woongbi	Combat Caravan	Hürkus		Super Tucano	Bronco	Bronco	Pucara			T-100	Scorpion				
Ország	Cseh	Francia	Olasz	Orosz	Ausztria	Orosz	USA	USA	Lengyel	USA	Svájc	Brazil	Svájc	Korea	USA	Török	Dél Afrika	Brazil	USA	USA	Argentina	USA	Olasz	USA/Olasz	USA	Orosz	USA/Svéd	S Korea	
Első repülés		1959	1964	2016	2016	1993	1967-2010	1990		2000	2002	1980	1984	1991	1982	2013	2014	1999	1965	1965	1969	1990	2004		2013		2016		
Hossz	7,71 m	7,24 m	7,1 m	7,72 m	10,75 m	9,13 m	9,07 m	8,9 m	9,3 m	10,16 m	11,23 m	9,86 m	10,14 m	10,26 m	11,46 m	11,17 m	10,5 m	11,38 m	13,41 m	12,67 m	14,25 m	10,95 m	11,49 m		13,87 m	11,49 m		13,14 m	
Szárnyfesztáv	7,22 m	9,74 m	8,35 m	8,82 m	11,74 m	14,6 m	11,63 m	10,65 m	10 m	10,19 m	9,1 m	11,14 m	10,125 m	10,59 m	15,88 m	9,96 m	12 m	11,14 m	12,19 m	12,19 m	14,5 m	18,06 m	9,72 m		14,58 m	9,84 m		9,45 m	
Üres súly	400 kg	570 kg	762 kg	8,82 m	1330 kg	1430 kg	1292kg	1310 kg	1825 kg	2135 kg	2270 kg	1810 kg	1725 kg	1910 kg	2145 kg		2000 kg	3,200 kg	3,127 kg	3127 kg	4020 kg	3700 kg	4610 kg		5761 kg	7250 kg		6,470 kg	
Felszálló súly	890 kg	1050 kg	1200 kg	1490 kg	2300 kg	2350 kg	2449kg	2765 kg	2950 kg	2950 kg	3100 kg	3175 kg	3200 kg	3310 kg	3629 kg		4400 kg	5,400 kg	6,552 kg	6552 kg	6800 kg	7257 kg	9500 kg		9979 kg	10290 kg		12,300 kg	
Hajtómű		O-360	O-540	Red-A03	AI-450S	M14P	IO-360	JT1 5D	PT6A-25C	PT6-68D	PT6A-68B	PT6A-25C	PT6A-62	PT6A-62	PT6A-114A	PT6A-68T	PT6A-66	PT6A-68C	Garrett T76	T76-G-410	TA XVIG	PT6A-67F	F124-GA-200	F124-GA-200	TFE731	AI-222-25	GE F404	GE F404	
Hajtómű teljesítmény		180 Le	260 LE	500LE	495 LE	360 LE	2x210 Le	13,2 kN	750 LE	1600 LE	1600 LE	750 LE	1150 LE	950 LE	675 LE	1600 LE	950 LE	1600 LE	2x1040 LE	2 x 715 LE	2 x 978 LE	1600LE	2x28kN	2x28kN	2x18kN	2 x 25 kN	49/79 kN	53/78,7kN	
Min. sebesség	90 km/h	92 km/h	110 km/h	100 km/h	61 kts	100 km/h				185 km/h	170 km/h	124 km/h	128 km/h		113 km/h	143 km/h	115 km/h	148 km/h		143 km/h	169 km/h	176 km/h		176 km/h					
Max. sebesség	400 km/h	240 km/h	295 km/h	500 km/h	250 kts	230 km/h	322 km/h	750 km/h	550 km/h	585 km/h	685 km/h	457 km/h	593 km/h	574 km/h	344 km/h	574 km/h	504 km/h	590 km/h	463 km/h	452 km/h	500 km/h	394 km/h	1059 km/h	1070 km/h	833 km/h	1060 km/h	12,500 m	14,630 m	
Csúcsmagasság		3600 m	5790 m	4000 m	7000m	3000 m	5490m	10670 m	10,000 m	9400 m	11580 m	9150 m	11580	11580	7600 m	10577 m	9450 m	10668 m	9159 m	7315 m	1000 m			13630 m	14000m	12,500 m	14,630 m		
Hatótávolság		1300 km	2200 km	1500 km		1380 km	2132 km	1100 km	2200 km	1667 km	1333 km	2112 km	1537 km	1333 km	1982 km	1478 km	2030 km	2855 km	2224 km	927 km	3710 km	2414 km	2722 km	1960 km	4074 km	2100 km	1850 km		
Terhelhetősége				+9 / -7	+7 / -4					+7 / -3,5	+8/-4	+6 / -3	+7/-3,5		+7 / -3,5		+7 / -3,5				+6 / -3					+8 / -3		+8/-3	
Darab ár										4,2 m USD		0,9 m USD		7 m USD				9-14m USD				16,9 m USD	20 m USD		20 m USD				
Ár éve										(1981)		(1981)										(2012)			(2013)				
Forrás	Friedrichshafen airshow	Jane's, airliner.org	Flying Magasin 1984	eng.irkut.com	diamond-air.at	airwar.ru	nationalmuseum.af.mil	militaryfactory.com	wikipedia.org	airforce-technology.com	airliners.net	airforce-technology.com	wikipedia.org	wikipedia.org	cessna.txtav.com	tai.com	ahrlac.com	airforce-technology.com	wikipedia.org	militaryfactory.com	Jane's	airforce-technology.com	wikipedia.org	airforce-technology.com	wikipedia.org	eng.irkut.com	flightglobal.com	wikipedia.org	



2. függelék. A magyar repülő ipar [58.]

	Raw materials / Special Materials	Prototyping / Rapid prototyping	Education/Training	R&D/Engineering/Testing	Consultancy/People Management	Assembling/Integration	Onboard instruments	Satellite Communication	Maintenance/Repair/Overhaul	Wire harnesses	Laser Technology	Production/Processing/Assembly	ICT	Interiors	Manufacturing of precision parts	Avionics/ Simulators/ Control Systems	Auxiliary Systems/ Tooling	Airports/ Airport Infrastructure	Space - Aerospace Subsystems/ Components	Composites	Aircraft manufacturing	Other	Certificates
Anton Ltd.	X			X								X											AS 9100
Avana Industries Ltd.						X							X							X	X	Mould manufacturing	AS 9100
Aviatic Ltd.				X		X	X	X	X				X			X							AS 9100
Avana Industries Ltd.						X														X	X	Mould manufacturing	AS 9100
Aviatic Ltd.				X		X	X	X	X				X			X							AS 9100
BHE Bonn Hungary Electronics Ltd.			X	X	X	X	X	X				X	X			X				X		UAS Technology	AS 9100
BorsodiMihely Ltd.				X								X											AS 9100
CAD-Terv Ltd.				X															X				AS 9100
CAE Engineering Ltd.			X	X											X							Flight simulators	AS 9100
Coopim Ltd.						X						X			X								AS 9100
Department of Aeronautics, Naval Architecture and Railway Vehicles, Budapest University of Technology and Economics				X												X							AS 9100
eCon Engineering Ltd.				X																			AS 9100
Eltec Holding Ltd.				X						X													AS 9100
EMP Elektro-MetallPaks Ltd.				X						X	X												AS 9100
Fault Tolerant Systems Research Group Ltd.				X											X	X							
Fly-Mix Ltd.		X		X			X		X			X											
Gravitás 2000 Ltd.				X			X					X			X								AS 9100
Halley Ltd.																					X		
Hilase Ltd.										X												Special measuring instruments	AS 9100
HM Arzenál Inc.		X						X	X	X		X											ISO 9001:2009 ISO 14001:2004 ISO/IEC 27001:2005 AQAP 2110:2006
Hungaro-Copter Ltd.		X										X			X						X		ISO 9001:2009
Macher Ltd.				X						X		X											AS 9100
Magnus Aircraft Ltd.																				X	X		AS 9100
Magyarnet Lp.	X											X			X							Lost-wax casting	AS 9100
OmikronDokk Ltd.	X	X		X								X		X						X	X		
Ostorházi Ltd.								X				X								X	X	Special coatings/linings	
Produktum Ltd.								X				X											
Rea-Tech Ltd.			X	X								X											AS 9100
SGF Ltd.				X												X							
Sky Soft Ltd.				X			X						X										
SkyCruiser Autogyro Ltd.						X															X		
Technoplast Group Ltd.		X		X								X			X					X		Rapid prototyping	AS 9100
TKI-Ferrit Ltd.	X	X		X				X				X			X					X			AS 9100

3. függelék. A GAK-22 Dino repülőgép fő technikai adatai [66.]

Fesztávolság:	7,7 m
Hosszúság:	6,1 m
Szárnyfelület:	14,04 m ²
Üres tömeg:	430 kg
Maximális felszálló tömeg:	720 kg
Üzemanyag:	80 kg
Motor típusa:	Lycoming O-235 H2C
Felszálló teljesítmény:	86 kW (115 LE)
Maximális sebesség:	195 km/h
Utazó sebesség:	180 km/h
Repülési távolság:	700 km
Felszállási úthossz:	235 m
Terhelhetőség:	+6g/-4g

4. függelék. A világháború előtt és alatt fejlesztett dízel repülőgépmotorok adatai [111.],[112.],[113.]

Típus	Ország	Év	Gyártó	Teljesítmény (kW/LE.)	Fordulatszám (ford/perc)	(hengerszám) kialakítás	Feltöltés	Hűtés	Tömeg arány kw/kg
MO-3	Német	1913	Junkers	n.a.	n.a.	4 ellendugattyús	n.a.	n.a.	n.a.
Mo-8	Német	1914	Junkers	260/350	n.a.	6	n.a.	n.a.	n.a.
FO-2	Német	1916	Junkers	370/500	2400	6 ellendugattyús	n.a.	n.a.	0,44
FO-3	Német	1926	Junkers	610/830	1200	5	n.a.	n.a.	n.a.
FO-4, Juno 4	Német	1928	Junkers	530/720	1700	6 ellendugattyús	n.a.	n.a.	n.a.
Juno 204	Német	1931	Junkers	570/770	1800	6 ellendugattyús	n.a.	vízűtéses	0,77
Juno 205	Német	1935	Junkers	514/700	2500	6 ellendugattyús	n.a.	vízűtéses	n.a.
Juno 205	Német	n.a.	Junkers	650/880	3000	6 ellendugattyús	n.a.	vízűtéses	n.a.
Juno 206	Német	n.a.	Junkers	880/1200	n.a.	6 ellendugattyús	n.a.	vízűtéses	n.a.
Juno 207	Német	1939	Junkers	735/1000	3000	6 ellendugattyús	feltöltött	vízűtéses	1,15-0,84
BMW- Lanova 114 V-4	Német	1935	BMW	480/650	2200	9 csillag	feltöltött	vízűtéses	n.a.
DB 602	Német	1933	Daimler-Benz	970/1320	1650	V 16	n.a.	vízűtéses	0,49
DR-980	USA	1929	Pacard	165/225	1950	9 csillag	n.a.	léghűtéses	0,77
A-980	USA	1931	Guiberson	136/185	1925	9 csillag	n.a.	léghűtéses	n.a.
A-918	USA	1934	Guiberson	186/253	2100	9 csillag	n.a.	léghűtéses	n.a.
A-1020	USA	1940	Guiberson	228/310	2150	9 csillag	n.a.	léghűtéses	0,77
Bristol Phoenix	Angol	1933	Bristol	470/635	2100	9 csillag	feltöltött	léghűtéses	n.a.
	Angol	1930	Beardmore	430/585	900	n.a.	n.a.	léghűtéses	0,2
Culverins	Angol	1935	Napier & Sons	530/720	1700	6 ellendugattyús	n.a.	vízűtéses	0,64
Condor	Angol	1933	RollsRoyce	350/480	1900	12	n.a.	vízűtéses	0,56
P-1	Angol	1929	Sunbeam-Coatalen	76/104	1500	6	n.a.	vízűtéses	n.a.
9-A	Francia	1930	Clerget	73/100	1800	9 csillag	n.a.	léghűtéses	n.a.
Clerget 14 F-01	Francia	1937	Clerget	690/940	2400	14 csillag	n.a.	n.a.	n.a.
16-H	Francia	1939	Clerget	1470/2000	n.a.	16	feltöltött	vízűtéses	0,85
Salmon SH 18	Francia	1934	n.a.	440/600	1700	18 csillag	n.a.	vízűtéses	0,85
n.a.	Francia	n.a.	Jalbert-Loire	117/160	n.a.	4	n.a.	vízűtéses	n.a.
n.a.	Francia	n.a.	Jalbert-Loire	170/235	n.a.	6	n.a.	vízűtéses	n.a.
16-H	Francia	n.a.	Jalbert-Loire	440/600	2400	16 H elrendezés	n.a.	vízűtéses	0,8
ZOD 260-B	Cseh	1933	Zbrojovka	191/260	1560	9 csillag	n.a.	léghűtéses	0,7
Fiat ANA	Olasz	1930	Fiat	160/220	1700	6	n.a.	vízűtéses	0,4
M-40	Szovjet	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	12 V elrendezés	feltöltött	vízűtéses	n.a.

5. függelék. Hibrid személygépjárművek fő műszaki adatai [Készítette: Hennel Sándor örmagy]

	Gyártó	Típus	Gyártás Éve	Teljesítmény kW / LE	Teljesítmény megoszlás (LE)	Nyomaték megoszlás (Nm)	Akkumulátor típus, kapacitás	Áram V	Löketterfogat cm ³	Fogyasztás Vegyes	Fogyasztás Város l/100km	Fogyasztás Országút	CO2 g/km	Gépkoesi tömeg kg	Ár Euro
1	Lexus	Rx350	2013	204 / 277	-	-	-	-	3450	10,7	14,4	8,5	250	2050	47.000
2	Lexus	Rx450h	2013	220 / 300	249+167	317+335	2,4 kWh	288	3450	6,3	6,5	6	145	2185	72.000
3	Lexus	GS450h	2013	254 / 345	289+200	345+275	1,3kWh	288	3450	6,2	6,5	5,4	145	1895	48.000
4	Lexus	GS300	2013	225 / 306	-	-	-	-	3450	10,6	14,3	8,4	250	-	55.000
5	Lexus	LS600h	2013	327/445	394+224	520+300	NiMH 1,87 kWh	288	4969	8,6	-	-	199	2265	142.000
6	Toyota	Prius +	2013	100 / 136	100+82	207+142	1,3kWh	202	1790	4,1	3,8	4,2	96	1645	25.000
7	Toyota	Yaris Hybrid	2013	74 / 101	-	-	-	-	1490	3,7	3,7	3,4	85	1085	15.000
8	Toyota	Yaris 1,3VVTi	2011	73/99	-	125	-	-	1329	6,6	4,7	5,4	124	1000	18.000
9	Toyota	Auris Hybrid	2013	100 / 136	-	-	-	-	1790	3,8	3,9	3,7	89	1385	19.000
10	Toyota	Auris	2013	108 / 147	-	-	-	-	1790	6,6	8,6	5,4	155	1355	18.500
11	Toyota	Camry Hybrid	2013	149 / 203	-	-	-	-	2490	6,8	7,1	5,7	178	1555	41.000
12	Toyota	Camry	2013	133 / 181	-	-	-	-	2490	9,6	10,5	9	230	-	26.000
13	Honda	Jazz Hybrid	2013	75 / 102	88+14	124+78	0,58 kWh	101	1340	4,5	4,6	4,4	104	1258	16.000
14	Honda	Jazz	2013	66 / 90	-	-	-	-	1190	5,3	6,6	4,6	123	1130	10.800
15	BMW	3 Hybrid	2013	250/340	-	-	-	-	2980	5,9	5,3	6,4	139	1730	50.000
16	BMW	335i xDrive	2012	225/306	-	400	-	-	2979	11,6	6,3	8,2	193	1550	61.000
17	BMW	330d	2012	190/258	-	560	-	-	2993	6	4,3	4,9	129	1515	60.000
18	BMW	7 Active Hybrid	2012	235/320	300+20	450+210	Li-ion 0,4kWh	120	2980	6,8	6	7,2	158	1945	100.000
19	BMW	740d dízel	2012	230/313	-	-	-	-	2990	5,7	6,9	4,9	149	1840	100.000
20	BMW	X6 Active Hybrid	2011	300/408	-	-	-	-	4390	9,9	10,8	9,4	231	2165	131.000
21	BMW	X6 dízel	2012	280/381	-	740	-	-	2993	9	7	7,7	204	2125	116.000
22	BMW	X6 benzín	2012	300/407	-	600	-	-	4390	17,5	9,6	12,5	292	2165	130.000
23	Peugeot	3008 dízel-elekt.	-	147/200	-	500	-	-	2000	-	-	-	-	-	-
24	Peugeot	3008 1,6 THP	2012	115/156	-	240	-	-	1598	9,9	5,6	7,1	167	1434	33.000
25	Peugeot	3008 ST2.0 HDI	2009	110/150	-	340	-	-	1997	7,1	4,7	5,6	146	1504	33.000
26	Citroen	DS5 dízel-Hybrid	2013	147/200	163+37	500+300	NiMH	-	2000	4,1	4	4,2	107	1635	43.000
27	Citroen	DS5 THP200	-	-	-	275	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	Mercedes-Benz	E300 dízel-elekt.	2012	170/231	-	-	-	-	2140	4,3	4,3	4,3	112	1745	-
29	Mercedes-Benz	E300 dízel	2010	170/231	-	540	-	-	2987	8,9	5,5	6,8	179	1725	64.000
30	Mercedes-Benz	E300 benzín	2011	185/252	-	340	-	-	3498	9,9	5,9	7,4	174	1715	66.000
31	Opel	Ampera	2011	110/150	150 (86)	370 (86)	Li-ion 16 kWh	240	1398	1,2	1,2	1,2	27	1635	45.000
32	Tesla	Roadster	2010	211/288	-	400	Li-ion 53 kWh	375	-	-	-	-	-	1240	118.000

2. [Folytatás]

2.11 Mi a véleménye a **honvédség tartalékos rendszerébe, vegyes tulajdonú (polgári - honvédségi)** könnyűrepülőgépeket bevonni? aggályos szükséges

2.12 Hány ilyen repülőgépet vásárolna a Magyar Honvédség részére?

5 db

5-10 db

10-15 db

15-20 db

20-30 db

30-50 db

50 db felett

2.13 Mi a véleménye az egyszerre katonai és polgári feladatokra is bevonható repülőgépek gyártásának hazai **iparra való hatásáról**? hatástalan legjobb

3.

3.1 Mi a véleménye a LAAR koncepció gazdasági és harcászati előnyeiről (könnyű repülőgép alkalmazása aszimmetrikus konfliktusban)?

3.2 Mi a véleménye a dízel motorok elterjedésének üteméről a könnyű repülőgép kategóriában?

3.3 Hatékonyak tartja e a tartalékos állományú pilóták és műszaki személyzetek bevonását könnyű repülőgépekkel végzett kiképzésbe és katonai feladatok végrehajtásába?



7. függelék. A dugattyús repülőgépmotorok teljesítmény-tömeg arány táblázata

[készítette: Hennel Sándor őrgy]

DÍZEL REPÜLŐGÉP MOTOROK ADATAI

Gyártó		Thilert	Thilert	Thilert	Austro Engine	DeltaHawk	RED Aircraft	SMA Engines	CMD	Wilksch Airm	Junkers	Junkers
Típus		Centurion 2.0	Centurion 2.0s	Centurion 4.0	AE300	DH200A4	RED A03 v13	SR305-230	GF56	WAM-161	FO-2	Jumo 204
Teljesítmény	kW / LE	99	114	257	123	147	368	169	220	120	370	570
Tömeg	kg	134	134	272	185	148	372	195	300	153	841	740
Fogyasztás	g / kWh	214	220	215	198	240	215	210	210	300	240	240
Ideje	év	2006	2013	2006	2008	2012	2010	1998	2008	2005	1916	1931
Teljesítmény arány	kW / kg	0,74	0,85	0,94	0,66	0,99	0,99	0,87	0,73	0,78	0,44	0,77
Telj. arány + 5,5 óra túza	kW / kg	0,40	0,42	0,45	0,39	0,43	0,46	0,43	0,40	0,34	0,28	0,38

Gyártó		Junkers	Daimler-Benz	Pacard	Guiberson	Beardmore	Napier & Son	RollsRoyce	Clerget	Salmson	Zbrojovka	Fiat
Típus		Jumo 207	DB 603	DR-981	A-1021		Culverins	Condor	16-H	SH 18	ZOD 260-B	Fiat ANA
Teljesítmény	kW / LE	735	970	165	228	430	530	350	1470	440	191	160
Tömeg	kg	875	1980	214	296	2150	828	625	1729	518	273	400
Fogyasztás	g / kWh	210	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Ideje	év	1939	1933	1929	1940	1930	1935	1933	1939	1934	1933	1930
Teljesítmény arány	kW / kg	0,84	0,49	0,77	0,77	0,20	0,64	0,56	0,85	0,85	0,70	0,40
Telj. arány + 5,5 óra túza	kW / kg	0,43	0,30	0,38	0,38	0,16	0,35	0,32	0,40	0,40	0,36	0,26

BENZIN ÜZEMŰ REPÜLŐGÉP MOTOROK


Gyártó		Le Rhone	Liberty	Whirlwind	Double Wasp	Twin Wasp	Bristol	Bristol	AVIA	Ivcsenko	Svetson	Svetson
Típus		C-9	12 - A	J-5	R - 2800	R - 1830	Hercules	Hercules	M337	AI-14 FR	AS-62M	AS-82T
Teljesítmény	kW / LE	82	305	164	1492	895	962	962	156	224	746	1417
Tömeg	kg	129	356	231	1064	664	761	761	148	217	567	1020
Fogyasztás	g / kWh	320	320	320	320	320	320	320	320	350	350	410
Ideje	év	1915	1918	1926	1939	1939	1939	1939	1960	1970	1950	1949
Teljesítmény arány	kW / kg	0,63	0,85	0,71	1,4	1,34	1,7	1,7	1,05	1,03	1,3	1,39
Telj. arány + 5,5 óra túza	kW / kg	0,30	0,34	0,32	0,40	0,40	0,39	0,39	0,37	0,35	0,37	0,34

Gyártó		Vednyejev	Vednyejev	Continental	Continental	Lycoming	Rotax					
Típus		M-14 V26	M-14 PF	TSIO-520-C	360 CB	IO-360	912 UL					
Teljesítmény	kW / LE	242	298	212	168	134	74					
Tömeg	kg	245	218	209	143	128	65					
Fogyasztás	g / kWh	290	290	300	300	300	285					
Ideje	év	1970	2008	1965	2006	1995	2006					
Teljesítmény arány	kW / kg	0,98	1,37	1,01	1,10	1,04	1,13					
Telj. arány + 5,5 óra túza	kW / kg	0,38	0,43	0,38	0,40	0,38	0,41					

Készült : 6. táblázat, 4. függelék, Vass Balázs Repülőgép-, helikopter- és hajtóműtípusok, www.continental.com, www.machinedesign.com alapján

8. függelék. Az kérdőíves kikerdezés módszerének eredménye az Evasys segítségével.

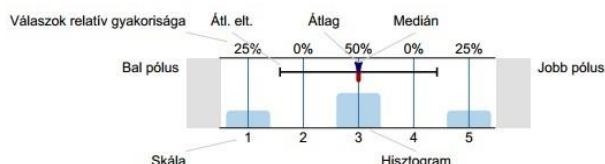
NKE-MBI
FELMÉRÉSEK ()
 Válaszadók száma = 26



Felmérés eredmények

Jelmagyarázat

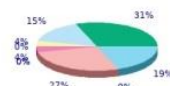
Kérdésszöveg



n=mennyiség
 átl.=átlag
 md=Medián
 elt.=Átl. elt.
 tart.=tartózkodás

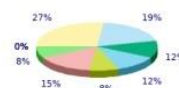
1.

1.1) Korunk katonai repülésében mennyire fontos a **költséghatékonyság**?



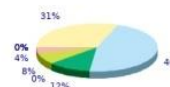
egyetlen nem
 1 álló
 n=26
 átl.=7,5
 md=7,5
 elt.=1,85

1.2) A **hazai katonai** repülésében mennyire fontos a **költséghatékonyság**?



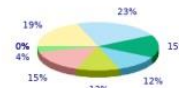
egyetlen nem
 1 álló
 n=26
 átl.=7,69
 md=8
 elt.=2,09

1.3) A **hazai polgári** repülésében mennyire fontos a **költséghatékonyság**?



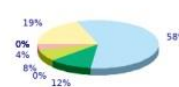
egyetlen nem
 1 álló
 n=26
 átl.=8,81
 md=9
 elt.=1,33

1.5) A **hazai katonai** repülőgépeinél mennyire fontos az alacsony **üzemeltetési költség**?



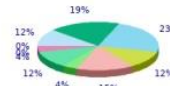
egyetlen nem
 1 álló
 n=26
 átl.=7,65
 md=8
 elt.=1,9

1.6) A **hazai polgári** repülőgépeinél mennyire fontos az alacsony **üzemeltetési költség**?



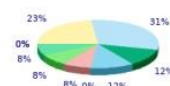
egyetlen nem
 1 álló
 n=26
 átl.=8,69
 md=9
 elt.=1,26

1.7) Korunk katonai repülőgépeinél mennyire fontos az alacsony **beszerzési ár**?



egyetlen nem
 1 álló
 n=26
 átl.=6,23
 md=7
 elt.=2,03

1.8) A **hazai katonai** repülőgépeinél mennyire fontos az alacsony **beszerzési ár**?



egyetlen nem
 1 álló
 n=26
 átl.=7,73
 md=9
 elt.=2,31

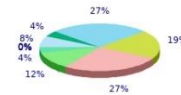
1.9) A hazai polgári repülőgépeinél mennyire fontos az alacsony **beszerzési ár**?



1 álló n=26
 átl.=7,65
 md=8
 elt.=1,81

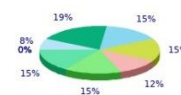
2.

2.1) Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700kg) repülőgép esetében katonai repülésben megjelenő feladatok ellátásáról?



Jatra n=26
 átl.=5,96
 md=6
 elt.=1,51

2.2) Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700kg) repülőgép esetében **minősített helyzetben kivívott légifőlény mellett** a katonai repülésben megjelenő feladatok ellátásáról?



Jatra n=26
 átl.=5,88
 md=6
 elt.=1,97

2.3) Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700kg) repülőgép esetében **minősített helyzetben légifőlény nélküli** a katonai repülésben megjelenő feladatok ellátásáról?



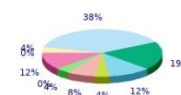
Jatra n=26
 átl.=4,46
 md=4
 elt.=2

2.4) Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700kg) repülőgép esetében **hazai** katonai repülésben megjelenő feladatok ellátásáról?



Jatra n=26
 átl.=6,5
 md=6,5
 elt.=1,96

2.5) Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700kg) repülőgép a **megfigyelési, határvédelmi, rendvédelmi** feladatok ellátására?



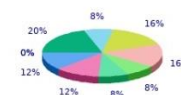
Jatra n=26
 átl.=7,19
 md=8
 elt.=2,42

2.6) Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700kg) repülőgép esetében a **gerillaharc, terrorelhárítási és tengeri kalózkodás** feladatok ellátásáról?



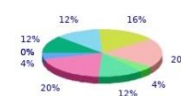
Jatra n=26
 átl.=6
 md=7
 elt.=2,58

2.7) Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700kg) repülőgép **földi célok elleni** támadásának felhasználhatóságáról?



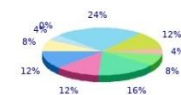
Jatra n=25
 átl.=4,84
 md=5
 elt.=2,43

2.8) Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700kg) repülőgép esetében a **légi őrzérből beavatkozási képességeiről**?



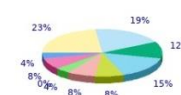
Jatra n=25
 átl.=4,72
 md=5
 elt.=2,19

2.9) Mi a véleménye a könnyű repülőgépek közötti **feladatkör megosztás lehetőségeiről** (pl.: egyik gépen a lokátor és felderítő rendszer, másik gépen a fegyverzet)?



Jatra n=25
 átl.=4,92
 md=5
 elt.=2,78

2.10) Mi a véleménye könnyű (MTOW 2700kg) katonai repülőgép hazai **gyárthatóságáról**?



5 n=26
 átl.=7,23
 md=8
 elt.=2,69

2.11) Mi a véleménye a honvédség tartalékos rendszerébe, vegyes tulajdonú (polgári - honvédségi) könnyűrepülőgépeket bevonni?



2.12) Hány ilyen repülőgépet vásárolna a Magyar Honvédség részére?



2.13) Mi a véleménye az egyszerre katonai és polgári feladatokra is bevonható repülőgépek gyártásának hazai iparra való hatásáról?



Profil

Alegység: **NKE**
 Tanár neve: **NKE-MBI**
 Kurzus neve: **FELMÉRÉSEK**
 (A felmérés neve)

A profilvonalban használt értékek Átlag

1.

1.1)	Korunk katonai repülésében mennyire fontos a költséghatékonyság ?	egyáltalán nem		mindenek felett álló	n=26	átl.=7,00	md=7,50	elt.=1,85
1.2)	A hazai katonai repülésében mennyire fontos a költséghatékonyság ?	egyáltalán nem		mindenek felett álló	n=26	átl.=7,69	md=8,00	elt.=2,09
1.3)	A hazai polgári repülésben mennyire fontos a költséghatékonyság ?	egyáltalán nem		mindenek felett álló	n=26	átl.=8,81	md=9,00	elt.=1,33
1.4)	Korunk katonai repülőgépeinél mennyire fontos az alacsony üzemeltetési költség ?	egyáltalán nem		mindenek felett álló	n=26	átl.=6,81	md=7,00	elt.=1,47
1.5)	A hazai katonai repülőgépeinél mennyire fontos az alacsony üzemeltetési költség ?	egyáltalán nem		mindenek felett álló	n=26	átl.=7,65	md=8,00	elt.=1,90
1.6)	A hazai polgári repülőgépeinél mennyire fontos az alacsony üzemeltetési költség ?	egyáltalán nem		mindenek felett álló	n=26	átl.=8,69	md=9,00	elt.=1,26
1.7)	Korunk katonai repülőgépeinél mennyire fontos az alacsony beszerzési ár ?	egyáltalán nem		mindenek felett álló	n=26	átl.=6,23	md=7,00	elt.=2,03
1.8)	A hazai katonai repülőgépeinél mennyire fontos az alacsony beszerzési ár ?	egyáltalán nem		mindenek felett álló	n=26	átl.=7,73	md=9,00	elt.=2,31
1.9)	A hazai polgári repülőgépeinél mennyire fontos az alacsony beszerzési ár ?	egyáltalán nem		mindenek felett álló	n=26	átl.=7,65	md=8,00	elt.=1,81

2.

2.1)	Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700kg) repülőgép esetében katonai repülésben megjelenő feladatok ellátásáról?	nincs megoldható feladat		bármilyen feladatra alkalmas	n=26	átl.=5,96	md=6,00	elt.=1,51
2.2)	Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700kg) repülőgép esetében minősített helyzetben kivívott légitűrlény mellett a	nincs megoldható feladat		bármilyen feladatra alkalmas	n=26	átl.=5,88	md=6,00	elt.=1,97
2.3)	Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700kg) repülőgép esetében minősített helyzetben légitűrlény nélküli a katonai	nincs megoldható feladat		bármilyen feladatra alkalmas	n=26	átl.=4,46	md=4,00	elt.=2,00
2.4)	Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700kg) repülőgép esetében hazai katonai repülésben megjelenő feladatok ellátásáról?	nincs megoldható feladat		bármilyen feladatra alkalmas	n=26	átl.=6,50	md=6,50	elt.=1,96
2.5)	Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700kg) repülőgép a megfigyelési, határvédelmi, rendvédelmi feladatok	nincs megoldható feladat		bármilyen feladatra alkalmas	n=26	átl.=7,19	md=8,00	elt.=2,42
2.6)	Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700kg) repülőgép esetében a gerillaharc, terrorelhárítási és tengeri kalózkodás	nincs megoldható feladat		bármilyen feladatra alkalmas	n=26	átl.=6,00	md=7,00	elt.=2,58
2.7)	Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700kg) repülőgép földi célok elleni támadásának felhasználhatóságáról?	nincs megoldható feladat		bármilyen feladatra alkalmas	n=25	átl.=4,84	md=5,00	elt.=2,43
2.8)	Mi a véleménye a könnyű kategóriájú (MTOW 2700kg) repülőgép esetében a légi őrzérből beavatkozási képességeiről?	nincs megoldható feladat		bármilyen feladatra alkalmas	n=25	átl.=4,72	md=5,00	elt.=2,19
2.9)	Mi a véleménye a könnyű repülőgépek közötti feladatok megosztás lehetőségeiről (pl.: egyik gépen a lokátor és felderítő rendszer,	nincs megoldható feladat		bármilyen feladatra alkalmas	n=25	átl.=4,92	md=5,00	elt.=2,78
2.10)	Mi a véleménye könnyű (MTOW 2700kg) katonai repülőgép hazai gyárthatóságáról?	esélytelen		biztosan megvalósítható	n=26	átl.=7,23	md=8,00	elt.=2,69
2.11)	Mi a véleménye a honvédség tartalékos rendszerébe, vegyes tulajdonú (polgári - honvédségi) könnyűrepülőgépeket bevonni?	aggályos		szükséges	n=26	átl.=4,88	md=5,00	elt.=3,04
2.13)	Mi a véleménye az egyszerre katonai és polgári feladatokra is bevonható repülőgépek gyártásának hazai iparra való hatásáról?	hatástalan		legjobb	n=24	átl.=7,29	md=8,00	elt.=2,71

9. függelék. A GRS mentőernyő technikai adata [99.]

Típus	biztonsági együttható	GRS 6 750 SDS 140m ²	GRS 6 840 SDS 245m ²	GRS 6 960 SDS 245m ²	GRS 6 1200 SDS 245m ²	GRS 6 1300 SDS 245m ²
A kupola teljes biztonsági együtthatója 1,25 x 1,21	K =	(• 1,08)	1,5	1,5	1,5	1,5
Legnagyobb megengedett felszálló tömege (MTOW)	K= 1,25	• 750 kg	840 kg	960 kg	1200 kg	1300 kg
Legnagyobb megengedett sebesség (VNE)	K= 1,21	• 250 km/h	268 km/h	250 km/h	250 km/h	250 km/h
Max. zuhanási teszt sebesség MTOW + 25 % terhelés	K = 1	270 km/h	268 km/h	305 km/h	305 km/h	305 km/h
Teszteredmények						
Átlagos idő a teljes kupola nyílásig, 95 km / h sebesség (MTOW)	sec.	6,3 sec.	6,4 sec.	6,4 sec	6,5 sec	6,6 sec
Teljes idő a kupola nyílásig (MTOW, VNE)	sec. kg	5,3 sec. 750 kg	5,8 sec. 840 kg	5,9 sec. 960 kg	6,0 sec. 1200 kg	6,0 sec. 1300 kg
Maximális üzemi nyitási dinamikus terhelés (VNE, MTOW)	kN	28,8 kN 3,9 G	26,5 kN 3,2 G	28,7 kN 3,1 G	40,3 kN 3,4 G	45,7 kN 3,6 G
Süllyedési sebesség tenger szinten (MTOW)	m/sec.	7,0 m/sec.	5,6 m/sec.	6,0 m/sec.	6,7 m/sec.	7,0 m/sec.
Kupola						
Felület		140 m ²	245 m ²	245 m ²	245 m ²	245 m ²
Zsinórok és cellák száma		28	40	40	56	64
Névleges átmérő		1x13,1 m	1 x 15,6m	1 x 15,6m	1 x 15,6m	1 x 15,6m
Rakéta						
Gyújtás – mechanikus gyújtás		Dupla				
Rakéta kezdeti húzóerő		770 N/ sec. / 78 kg/sec.				
Legnagyobb húzóerő		1400 N / 142 kg				
A rakéta és kihúzó rendszer tömege		2,62 kg				
Működési idő (- 40 °C do + 60°C)		1 sec. ± 0,2 sec.				
Csere ciklus 6 év		élettartam 30 év				
Méretetek						
Soft pack B1	LxWxD	440x280x230	660x265x250	700x315x230	700x315x230	700x315x230
Soft pack B2	LxWxD	360x380x200	580x270x270	690x380x210	690x380x210	690x380x210
Felfüggesztő rendszer	Hossz tömeg	1 x 6 m 0,4 kg	1 x 8 m 1,2 kg	1 x 8 m 1,2 kg	2 x 8 m 1,7 kg	2 x 8 m 1,7 kg
GRS Teljes tömege	Soft B Soft B2	14,8 kg ---	26,9 kg ---	--- 27,9 kg	--- 31,4 kg	--- 32,0 kg