



UAV teljes élettartamciklus költség becslése

(UAV koncepcionális terv, teljes élettartamciklus költség értelmezése, becslési eljárás)

Összeállították

Herendi Balázs
Koloszar Kinga
Szerecz Mátyás

irányításával a légijárművek specializáció hallgatói munkacsoportja

KIVONAT

A modern, radikálisan új technológiák, eljárások, termékek értékelésében a teljes élettartamciklus költség becslése általánosan használt megoldás. Az alábbi dokumentum az „*Disruptív technológiák kutatás-fejlesztése az e-mobility területén és integrálásuk a mérnökképzésbe*” (EFOP-3.6.1-16-2016-00014) című pályázat kereteiben készült, a 2-es számú E-learning anyag, módszertani útmutató összeállítása a nyílt innovációs közeg és platform támogatására a hibrid légi eszközök (Pl. hibrid propulziós hajtású UAV) teljes élettartamciklus költség számításáról.

Ez egy leegyszerűsített és rövid összefoglaló. Inkább ismeretterjesztő anyag, mint tudományos igényű becslési eljárás. A költségek többsége jelentősen alultervezettnek tűnik, mivel a cél egy olcsó relatív kisméretű ember nélküli repülőgép (UAV) vizsgálata volt, melyet kisköltséggel kívánnak kifejleszteni, gyártani és működtetni.

Budapest
2018



SZÉCHENYI 2020



Európai Unió
Európai Szociális
Alap



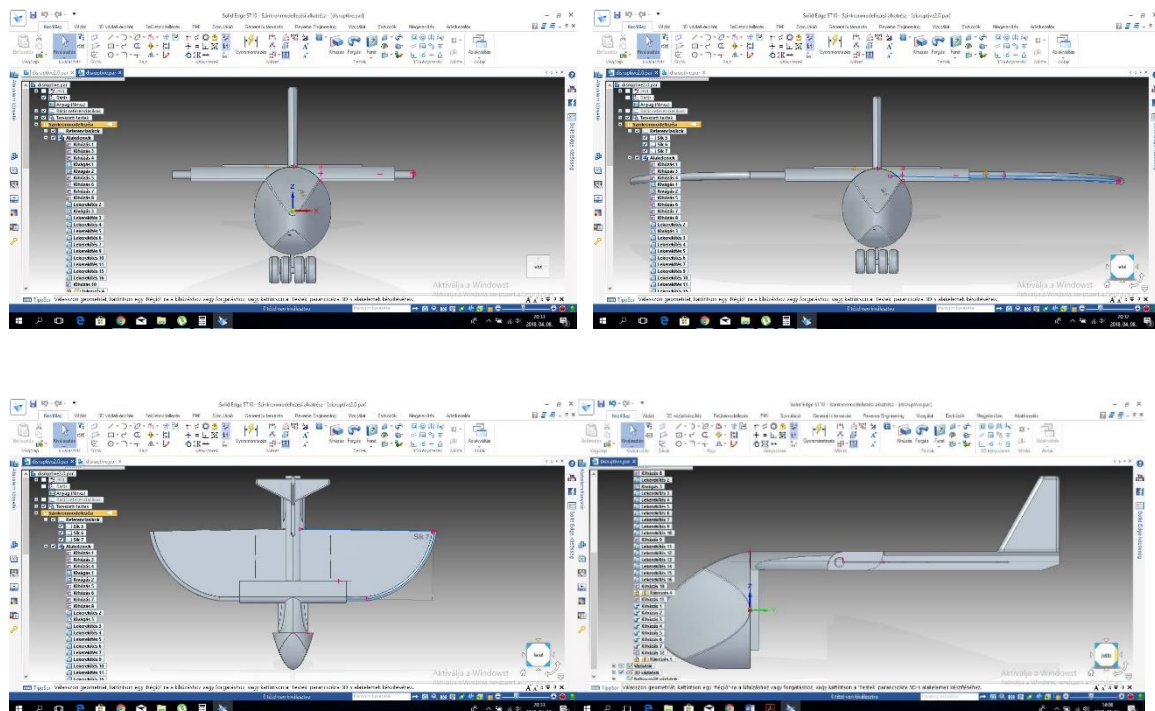
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

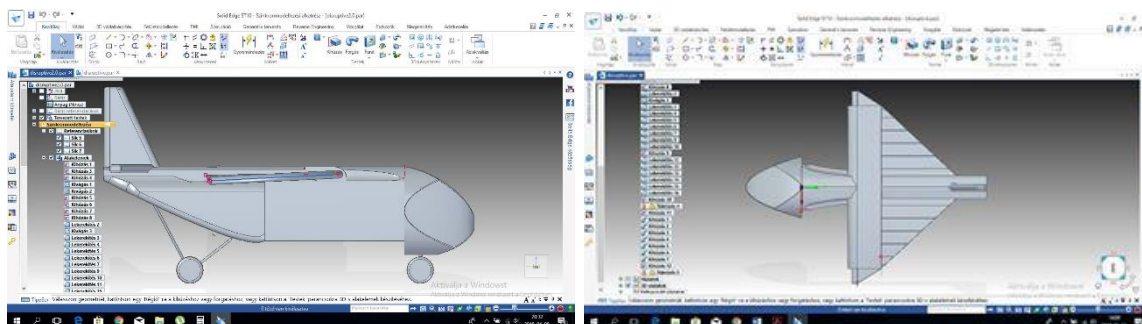
Tartalom

BEVEZETÉS	3
1 BEVEZETŐ ISMERETEK	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
1.1 INNOVÁCIÓELMÉLETI ALAPOK	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
1.2 SYSTEM ENGINEERING	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
1.3 MŰKÖDÉSI KONCEPCIÓ	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
1.4 MŰKÖDÉSI MODEL	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
2 FEJLESZTÉSI ELVEK, ELJÁRÁSOK.....	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
2.1 PARADIGMAVÁLTÁS A TERMÉKFEJLESZTÉSBN.....	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
2.2 REPÜLŐGÉPEK TERVEZÉSI SAJÁTOSSÁGAI.....	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
2.3 REPÜLŐGÉPEK FEJLESZTÉSI FOLYAMATA.....	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
2.4 NYÍLT ÉS ZÁRT INNOVÁCIÓS FOLYAMAT	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
3 FEJLESZTÉSI MÓDSZEREK, FOLYAMATOK, FILOZÓFIÁK.....	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
3.1 A FEJLESZTÉSEKET MEGHATÁROZÓ VÁLTOZÁSOK	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
3.2 FEJLESZTÉSI FOLYAMAT-MODELLEK.....	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
3.3 FEJLESZTÉSI FILOZÓFIÁK	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
3.4 KÉPESSÉGEK FEJLESZTÉSE	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
4 TECHNOLÓGIA – POLITIKA.....	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
4.1 A TECHNOLÓGIA ÉRTELMEZÉSE ÉLETTARTAMA.....	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
4.2 DÖNTÉSHOZATALI MODELLEK ALAPJAI	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
4.3 TECHNOLÓGIA AZONOSÍTÁS, ÉRTÉKELÉS, KIVÁLASZTÁS	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
ÖSSZEFOGLALÁS	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
<i>Irodalom</i>	<i>Hiba! A könyvjelző nem létezik.</i>

1 Bevezetés

Az alábbi dokumentum az „*Diszruptív technológiák kutatás-fejlesztése az e-mobility területén és integrálásuk a mérnökképzésbe*” (EFOP-3.6.1-16-2016-00014) című pályázat kereteiben készült, a 2-es számú E-learning anyag, módszertani útmutató összeállítása a nyílt innovációs közeg és platform támogatására a hibrid légi eszközök (Pl. hibrid propulziós hajtású UAV) teljes élettartamciklus költség számításáról, Dr. Rohács József témavezetésével. A feladatot egy általunk konstruált járművön végeztük el. Az alap irányelvünk egy olyan hibrid légijármű létrehozása volt, amely belföldi teherszállításra alkalmazható. A CAD rajz létrehozásához egy 20 lábas ISO konténert vettünk alapul, és aköré építettük fel a repülőgépet. Ami igazán innovatív az elgondolásunkban, hogy a szokványos merev szárny helyett egy rövidebb merev szárnyat alkalmaztunk, majd kiegészítettük egy rogallóhoz hasonló borítással, amelynek méretei, felületét egy hajlékony kompozit csővel, valamint dróthuzallal tudunk változtatni, így igény szerint a különböző repülési helyzetekhez megválaszthatóak az optimális paraméterek. A járművet két elektromos motor hajtáná, valamint a függőleges vezérsík elé egy csupán generátor üzemben működő gázturbinát gondoltunk az akkumulátorok töltéséhez. A kiterjedt műszaki számítások, szilárdsági méretezések nem képzik a pályázat tárgyát, ezért pusztán elméleti megfontolások alapján dolgoztunk. Így az elektromos motor pontos adatai, valamint az elektromos hálózat pontos felépítése nincsenek kidolgozva, de hasonló, már meglévő adatok alapján dolgoztunk.





2 Kutatás és fejlesztés

A kutatás és fejlesztés tevékenysége minden vállalatnak fontos eleme, hiszen csak így veheti fel a versenyt a többi, adott területen mozgó vállalattal szemben. Célja a kreatív tudásbázis célzott, szisztematikus bővítése és a folyamatos technikai fejlődés. Évről évre egyre nagyobb összegeket szánnak a vállalatok erre a tevékenységre. Egy-egy ilyen tevékenység költsége meghatározza a termék teljes időtartam költségének körülbelül egy harmadát így nagyon fontos előre becsülni az erre szánt és szükséges tőkét. Jelen esetünkben egy hibrid, teher-szállító, pilóta nélküli légi jármű kutatás fejlesztésének, költség becslését végezzük el.

A számviteli törvény nedvesíti a tudományos kutatás, kísérleti fejlesztés három alaptípusát:

Alapkutatás:

Az a kísérleti és elméleti munka, amelynek elsődleges célja új ismeretek megszerzése a jelenségek alapvető lényegéről és a megfigyelhető tényekről, bármiféle konkrét alkalmazási és felhasználási célkitűzés nélkül.

Alkalmazott kutatás:

Új ismeretek megszerzésére irányuló eredeti vizsgálat, amelyet elsődlegesen valamely konkrét gyakorlati cél érdekében végeznek.

Kísérleti fejlesztés:

A kutatásból és gyakorlati tapasztalatokból nyert, már létező tudásra támaszkodó, rendszeres munka, amelynek célja új anyagok, termékek és szerkezetek létrehozása, új eljárások, rendszerek és szolgáltatások bevezetése vagy a már létrehozottak vagy bevezetettek lényeges javítása.

Gyakorlatban ezeket a típusokat nem mindig határolják el egymástól, de mivel így lehet elszámolni a K+F tevékenység költségeivel mégis érdemes így felbontani. Jelen becslésünk-nél viszont ennél egyszerűbb elemekre bontjuk fel a költségeket, hiszen nem az elszámolásuk a fontos. Gyakorlatban minden K+F tevékenységnek alapvetően három költség típus az alapja, ami köré az egész projektet fel kell építeni, ez a hármas pedig a:

- bérköltség,
- anyag/eszköz költség és
- külső szolgáltatás.

Továbbiakban a tevékenységet alpontokra szedtük és külön becsültük a költségeiket. Így egy pontosabb becslést és egy tisztább képet kapunk, hogy mire is számoltuk a végén kijövő összeget.

Legelőször csak egy eredeti ötlet megszületése történik. Ehhez nem tudunk túl sok költséget rendelni. Míg az ötlet megfogalmazódik az emberben csak magában gondolkozik rajta. Esetleg ide sorolhatjuk az eredetiség vizsgálatát mikor kiderül hogy megcsinálta e már valaki vagy ránk vár a feladat. Ehhez elég egy internet hozzáférésű számítógép amivel ha feltételezzük hogy amúgy is rendelkezünk nincs költsége. Általában ez a folyamat egy-két hónapot vesz igénybe.

Ez után, már akár több emberrel megosztva az ötletet előzetes vizsgálatokat folytatva kell megbizonyosodni az ötlet működőképességéről. Ehhez elég egy-két ember maximum egy hónapos nem főállású munkája, azaz ezt még mindig lehet egyéb munkavégzés közben csinálni. Ha feltételezzük hogy internet hozzáférésű számítógépek itt is rendelkezésre állnak akkor ennek sincs plusz költsége.

Bonyolultabb számítások előtt érdemes megnézni hogy a piacon igény van e a termékre. Ehhez akár egy szakértő véleményét is kikérhetjük ami már költséggel járhat, bár ez egyáltalán nem szükséges. Mi magunk is el tudjuk végezni bár hosszabb idő alatt és lehet nem lesz annyira pontos viszont nem feltétlen jár plusz költséggel. Ez körül belül két hónapot venne igénybe plusz ember bevonása és a főállás megtartása mellett. Jelen terméknel lehet mégis a külső megbízás formáját érdemes választani hiszen várhatóan a végfelhasználók nem magánszemélyek hanem futár/szállítványozó cégek lesznek. A piackutatás külső cégnél 2-300 000 Ft.

Ez után már szakértővel egyeztetve a megvalósíthatóságot fontos megvizsgálni, így ez a pont már biztos plusz költséggel jár. Ez a szakvélemény kb 50-100 000 Ft között mozog. Ha egynél több szakvéleményt akarunk meghallgatni úgy ez az összeg értelemszerűen sokszorozódik. Ez akkor érdemes ha bonyolultabb, drágább termékről van szó, vagy ha nem bízunk az eredetileg megbízott szakértőben. Jelen esetünkben az előbbi eset nem feltétlen áll fenn így ha elsőre is jól válasszuk meg a szakértőnket, úgy a költség nem lesz nagyobb.

Mindezek után már elvégezhető egy előzetes műszaki terv, a főbb gazdasági jellemzőket figyelembe véve. Ezt szintén szakértővel való konzultálás mellett érdemes de mivel itt már nem egyszeri alkalomról van szó, viszont nem is folyamatos jelenlétről mivel elég heti pár-szor konzultálni vele, így ennek a költsége már nagyobb, kb 200 000 Ft/hó körül mozog. Azonban ha nekünk nincs elég szakértelmünk ezt a tervet szakértővel való konzultáció mellett sem elvégezni akkor itt már állandó szakképzett munkaerőt is alkalmaznunk kell. Legrosszabb esetben is elég még csak egy ilyen alkalmazott, a szakértő mellett akár, a tervek elkészítéséhez. Erre a tevékenységre így, egy hónapot lehet szánni, ami az alkalmazottnak 2-300 000 Ft/hót jelent.

Itt érdemes megemlíteni, hogy a termék teljes élettartam költségének az eddig felsorolt pontok összköltsége elenyésző százalékát jelentik, mégis meghatározzák a termék mind élettartamát, mint teljes költségét. Így a későbbi költségcsökkentés érdekében érdemes pontosan, odafigyelve, elég időt rászánva elvégezni ezeket a feladatokat. Ezek után már a laborvizsgálatok következnek.

A kutatás-fejlesztés területén egyre több jelentőséget kapnak a számítógépes szimulációs módszerek, és ezzel a virtuális prototípus fejlesztés, illetve a 3D modellterben való tervzés. Ezekkel nagy lehetőség nyílik a fejlesztési költségek csökkentésére. Elsősorban egy nagy

kapacitású számítógépre van itt szükség, amely elfogadható idő alatt lefuttatja a tervezés helyességét ellenőrző szimulációkat. Mindemellett legalább egy végelem módszeren alapuló szilárdságtani és egy véges térfogat módszeren alapuló és áramlástan szimulációs szoftver használati joga. Egy ilyen szoftver használati díja több ezer dollár nagyságrendű tétel, ami legalább 1 millió forint. A nagy teljesítményű számítógép is legalább 1 millió forintos tételt jelent darabonként, ugyanis a jelen piacon egyéni felhasználó számára elérhető legjobb processzor 828 euró = 265 231 Ft és legjobb videokártya 895 euró = 286 693 Ft, mindemellett célszerű SSD merevlemezzel (60 000 Ft körül kezdődik a használható eszköz ára) és a lehető legnagyobb RAM-mal és egyéb kiegészítőkkel ellátni a számítógépet. Erre azért van szükség, mert nagy eredményfájlokat fog létrehozni akár az ANSYS, akár a FE-MAP, vagy bármely, ilyen jellegű szoftver. Ha az ANSYS drágának bizonyul, akkor célszerű az OpenFoam programot előnyben részesíteni. Mindemellett nagyon fontos megemlíteni magát a tervező szoftvert, mint költségforrás, ugyanis akár egy Catia, akár egy Solid Edge is komoly költséget jelent. Természetesen ezekre a szoftvekre akkor van csak szükség, ha az ingyenes verziók kalibrált határán túlmutat az az igény, ami felmerül a számítógépes szimulációkkal kapcsolatban. Mindemellett lehet, hogy érdemes egy olyan külsős céget ezzel a feladattal megbízni, amely alpból is használja e dolgokat a tevékenységében, figyelve arra, hogy ne tudjon ipari kémkedést végrehajtani az általunk fejlesztett termékkel kapcsolatban. (Ez csak egy megfontolandó lehetőség). Továbbá a kutatás ezen fázisában már komoly tapasztalattal rendelkező szimulációs mérnöki munkaerőre van szükség, akiknek a bérét és a hozzájuk tartozó egyéb költséget (adókat, járulékokat figyelembe véve) legalább 800 000 Ft költség/(fő*hónap) lehet számolni.

Nagyon fontos kiemelni, hogy bármilyen, a számítógépes szimulációval elért eredményt méréssel igazolni kell, önmagában nem lehet rá alapozni, de alkalmas idő és pénz megtakarítására, HA JÓL HASZNÁLJUK, AMIÉRT A MEGBÍZOTT MÉRNÖKÖK FELELNEK, illetve a tervezési variációk sokkal gyorsabban tesztelhetőek, ugyanis a virtuális térben sokkal gyorsabban lehet egy alkatrész geometriáját vizsgálni. Mindemellett itt is felmerülnek rezsi jellegű költségek, amelyek közül a villanyszámla és az internetszámla emelkedik ki, mert ez a kettő a legfontosabb a működés szempontjából, illetve maga a villanyszámla a nagy teljesítményű számítógépek áramfelvétele miatt 300-400 ezer Ft legalább. Ha mondjuk 5 szimulációs mérnökkel és 10 számítógéppel számolunk, akkor 1 hónapra 5 millió Ft állandó költség jön ki, illetve 10 millió Ft beruházás adódik, ami tovább használható marad.

A virtuális térben optimalizált formákat szélcsatornában kell vizsgálni, ami megoldható saját szélcsatorna építésével (hosszú távon ez a kifizetődő) vagy szélcsatorna bérletével, ami főleg akkor előnyös, ha a kezdeti tőkébe nem fér bele a saját szélcsatorna építése. Viszont bérlet esetén oda kell figyelni a fejlesztő központ és a szélcsatorna közti szállítás költségére, illetve érdemes úgy festeni a repülőgép makettjét, hogy esetleges ipari kémkedés céljából elkövetett fotózás se tudja pontosan megmutatni, hogy milyen geometriát alkottunk, vagyis hogy védjük a formatervet, amely hatalmas költségek árán jött létre.

A többi kritikus egységet, pl motor, szintén laborban kell vizsgálni, viszont sokkal egyszerűbb az ilyen jellegű tesztekhez labort építeni, mert körülbelül egy elhagyott, nagyobb csarnok jellegű épület is megteszi, amelyből azért hazánkban is lehet pár darabot találni elvételre.

A tesztek végrehajtásához tesztmérnökökre is szükség van, akikkel kapcsolatban szintén felmerül minimum 800 000 Ft/(fő*hónap) költség, és szintén szükség van áramra, mérőműszereket kell vásárolni, amelyek későbbi fázisokban tovább használhatóak, illetve költeni

kell az üzemanyagra is. 1 liter kerozin ára 500 Ft körül mozog, és legalább 1000 literre szükség van ahhoz, hogy megfelelő mennyiségű mérést tudjunk elvégezni és érvényes eredményeink legyenek.

A gyárthatóságot, mint olyat, vizsgálni kell, és ennek költség vonzata van. Ebből az emelkedik ki, hogy egy gépgyártásban jártas szakembert fel kell bérelni arra, hogy az általunk kitalált alkatrészeket ellenőrizze gyártás szempontjából. Ezt havi 200 000 Ft-ból meg lehet oldani már, mert nincs szükség arra, hogy ez a szakember ott legyen végig a tervezés közben, elég, ha egy héten mondjuk 2 alkalommal néhány órás konzultációval bízzuk meg. Fontos arra is figyelmet fordítani, hogy csak akkor gyártson a mi cégünk egy olyan alkatrészt, amit felhasznál, ha azt nem tudja olcsóbban beszerezni egy külső gyártótól, illetve célszerű a konstrukciókat úgy alakítani, hogy ezekkel az alkatrészekkel költséget takarítsunk meg. A gyártás kutatásához olyan költségek kötődnek ezen felül, hogy vizsgáljuk, hogy azok az anyagok, amelyekből meg szeretnénk építeni a repülőgépet, mennyire könnyen érhetőek el hazánkban, illetve milyen költségen lehetséges importálni az adott anyagot. A kompozit anyagok, amelyek könnyen elérhetőnek számítanak.

A repülőgép légi vizsgálata során pilótaengedéllyel rendelkező személy irányíthatja csak a légi eszközt a törvényi előírások miatt, annak ellenére, hogy ez nem tartózkodik ember a jármű fedélzetén repülés közben. Mindemeltt szükséges egy légtérhasználati engedély beszerzése, amely költsége abban van, hogy egy embernek minden ügyet el kell intéznie ez ügyben, ami miatt nem tud más hasznos tevékenységet végezni a cég számára. Az ügyintézéshez jogász segítségére is szükség lehet a részünkről, ezt 100 000 Ft értékben figyelembe lehet venni, mindemeltt egy, a céget képviselő műszaki szakember jelenlétére is szükség van, és az ő kiesett ideje is 100 000 Ft értékű lehet. A pilóta órábéra 10 000 Ft, és legalább 50 repült órára szükség van ahhoz, hogy kiderüljön a vállalat számára, hogy mik azok a dolgok, amelyeket meg kell változtatni a gépen a gyártó szerint, hogy biztonságos legyen a gép repülése. Ezek után a gépet hatósági vizsgálatnak kell alá vetni, hogy biztonságosan repül-e, és meg lehet e neki adni a szertifikációt. Ehhez a hatóságnak kell a helyszínre kimenni, felszerelni a gépre azokat a berendezéseket, amelyekkel a biztonságosságot ellenőrzik repülés közben, ennek a költsége „próbálkozásoként” több millió Ft nagyságrendű.

A piaci bevezetéshez érdemes kicsit visszanyúlni a szimulációk során felhalmozódott rengeteg képhez, ugyanis ezek nagyon beszédes és látványos, az átlagos műszaki műveltségű emberek számára sokat mondó képek (a befektetők is ilyen emberek lesznek valószínűleg). Ezeket minimális költséggel lehet szép prezentációkba átvinni, amelyek hatalmas segítséget nyújtanak abban, hogy a befektetőknek eladjuk a gépet. A piaci bevezetés nagyobb költségeit inkább az hordozza a mi esetünkben, hogy megfelelően elegáns körülmények között kell azokat a találkozókat megtartani, amelyek során el kívánjuk adni, ugyanis ezt a vezető nélküli repülőgépet cégeknek lesz érdemes eladni, és nem magánszemélyeknek, így reklámozásra nincs olyan nagy szükség, vagyis nem kell a médiát igénybe venni, ami drága volna.

Ezek a kutatás fejlesztés főbb lépései. Mivel a becslésünk úgyis csak 70-80%-ig pontos így a prototípusok építése során felmerülő alapanyagárral nem foglalkozunk, annyit hozzátéve hogy ha több prototípust kell építeni egy idő után már meg tudja dobni a költségeket így érdemes erre odafigyelni. Összegezve a repülőgép kutatás fejlesztésének költsége megközelítőleg 2,700,000,000 Ft. Ha ehhez az összeghez kölcsönt is fel kell vennünk, jelenleg azoknak a kamata 2% körül jár így ez még ez esetben rájön a végköltségre.

Kutatás fejlesztés: <https://prezi.com/x1iljvucdtgk/a-kutatas-es-fejlesztes-fontossaga/>
<https://www.rsm.hu/blog/2014/08/a-kf-tevekenyseg-szamvitele> <http://vanessia.hu/index.php/vanessia-blog/item/354-gyakorlati-tudnivalok-a-k-fpalyazatokhoz-elszamolhato-koltsegek>
<https://www.marketingcommando.hu/blog/a-piackutatas-alapjai-hogyan-fogj-hozza>
<https://hu.wikipedia.org/wiki/Kutat%C3%A1s-fejleszt%C3%A9s> http://szakma.hu/data/cikk/10/692/cikk_100692/Hargitai_Judit_A_K+Fel_kapcsolatos_vagyon_es_annak_merese.pdf

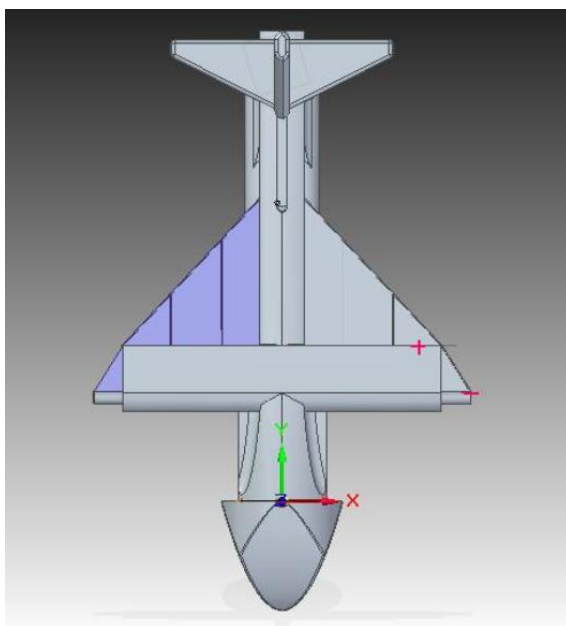
3 Gyártmányfejlesztés

A gyártmányfejlesztés során az alábbi lépéseken keresztül tudjuk megtervezni a gyártási eljárást és az ott alkalmazott anyagokat.

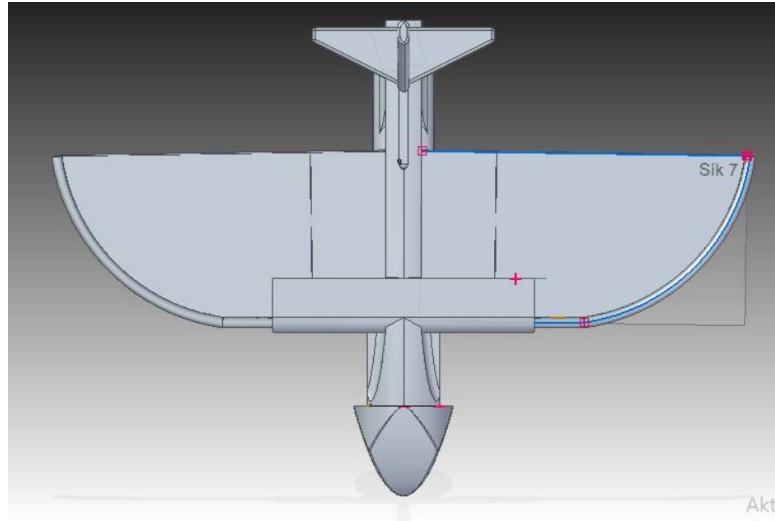
- Gyártmányötlet
- technikai megvalósítás vizsgálata
- technológia meghatározása költségekkel
- becsült gyártási volumen

A kutatás-fejlesztés részlegtől megkaptuk az általuk meghatározott kivitelt a produktumról, a szükséges modellfájlokat és tervezeteket, amit először kivitelezhetőség szempontjából vizsgálunk meg, ezt követően, hogy milyen anyagok felhasználásával lenne a legoptimálisabb megépíteni az UAV repülőgépet, illetve, hogy hogyan lenne a legcélszerűbb legyártani a különböző elemeket, majd pedig, hogy milyen gyártási lépésekből állna a gép összeszerelése.

A kapott modell fájl alapján indulunk ki az első prototípus gyártásának meghatározásához, amíg az nincs kész, módosítási javaslatot nem teszünk a fejlesztő részleg felé. Az alábbi képeken látható a modellünk növelt szárnyfelülettel, illetve csökkentett szárnyfelülettel:



Csökkentett szárnyfelülettel (behúzott szárnyal)



Növelt szárnyfelülettel

Anyagok megválasztása

Az anyagok optimális megválasztása során különböző szempontokat kell figyelembe venniük:

- könnyű, de a kívánt terhelést az előírtaknak megfelelő biztonsági tényezővel elbíró konstrukció legyen a késztermék. (repülőiparban használatos biztonsági tényező~1,5);
- mérsékelt bekerülési költsége legyen;
- kellő aeroelasztikus képességgel rendelkezzen;
- fáradásra, korrózióra ne legyen érzékeny;
- idegen testtel való ütközésre is kevésbé legyen érzékeny;
- üzemeltetési körülményeknek is meg kell feleljen (pl.: időjárási körülmények)

Természetesen fentieket és a mai korszerű UAV gyártást figyelembe véve, mindenképpen kompozit anyagokat veszünk számításba, valamint egyéb fémötvözeteket a konstrukció megerősítésére.

A szárny külön tárgyalandó, ugyanis esetében egy rugalmas, ellenálló anyagra van szükségünk, amelyet fel tudunk tekerni, amikor módosítjuk a szárny felületét, például egy kisebb, vagy egy üres konténer szállítása során.

A fémötvözetek alkalmazása során figyelniük kell az optimális súlyra és a megkívánt teherbírásra. (pl. törzs merevítés, futószárak kialakítása)

Alkalmazott kompozit elemek és szerkezetek

A gép törzse, a „pilótafülke”, a vízszintes és függőleges vezérsík, a szárny merev részénél és a teleszkópos cső esetében tudunk kompozit elemeket használni.

Fenti elemekhez, és a „pilótafülke” kialakításhoz, - mely UAV esetén az áramlástanilag optimális módon van kialakítva, embernek nem kell belefértie, csak a szükséges vezérlő elektronikának, amely segítségével a földön tartózkodó pilóta a járművet kormányozni, navigálni tudja - célszerű monolitikus kompozit szerkezetet alkalmazni, természetesen megfelelő mennyiségű fémötvözetből álló kereszt-, és hosszmerítő segítségével, hogy a megrakott

konténer által generált terhelést is könnyedén elbírja, továbbá a törzs esetében, hogy ehhez lehessen rögzíteni a konténert. Ehhez szénszálból álló kompozitot alkalmazunk, nagy szilárdságú szénszál és epoxi alapú mátrix anyag választásával. Ez rendelkezik a kellő mértékű szakítószilárdsággal és megfelelő rugalmasságot is biztosít az üzemeltetéshez. Helyenként üvegszál szövetet alkalmazunk, a még erősebb, merevebb kialakítás miatt. A villámcsapások okozta károk minimalizálása érdekében valamilyen jól vezető szál is kell tartalmazzon a szövet. (pl.: bór)

Félfélszerkezethez hasonlóan a kereszt-, és hosszirányú merevítőelemekhez alumínium-cink és titánötvözetek esetleg korrózióálló acél alkalmazása közül választunk. A titánötvözet sűrűsége majdnem fele az acélénak, így jelentős súlymegtakarítás vihető végbe az alkalmazásával, hasonló szakító szilárdság mellett. Azonban költség szempontjából túl magas a titánötvözetek beszerzési ára, így a jóval olcsóbb korrózióálló acélt választjuk a néhány darab hosszirányú merevítésre, titánötvözetet pedig a keresztirányú merevítők esetén alkalmazunk. Igyekszünk a gyártás során a merevítőelemek minimalizálására. A szárny merev részéhez valamint a vezérsíkokhoz, kevesebb merevítésre lesz szükség, itt használhatunk alumínium ötvözetet. (pl. bordákhoz)

1 m², 200g szénszövet anyag költsége: 6 134.65,- Ft + Áfa (Kalita Kft.-től)

Ehhez szükséges epoxi gyanta: 5 266.91,- Ft + Áfa / kétkomponensű szett (Kalita Kft., legolcsóbb beszerzés)

Vákuum szivattyú: 130 000,- Ft + Áfa (Ventil Kft.)

1*1*1 m titánötvözet (Ti-6Al-6V-2Sn) lemez beszerzési költsége: Egyedi árképzés ajánlatkérés alapján belföldi szállítótól

1*1*1 m rozsdamentes acéllemez beszerzési költsége: Egyedi árképzés ajánlatkérés alapján belföldi szállítótól

1*1*1m Al7075 alumínium ötvözet lemez: Egyedi árképzés ajánlatkérés alapján

A törzs belsejében lenne hely egy gázturbina kialakítására, amely szolgáltatná a villamos energiát a propellerek meghajtására alkalmazott villanymotorok és egyéb elektronikai fogyasztók részére. (pl. híradástechnika, vezérlő elektronika, kamerák)

A szárny kialakítása

A szárny és a vezérsíkok belépőélét célszerű megerősíteni alumínium-cink ötvözzel, hogy ellenállóbb legyen.

1*1*1 m 7075 T6 ötvözet, hőkezeléssel, beszerzési ára: Egyedi árképzés ajánlatkérés alapján belföldi szállítótól

A teleszkópos cső esetében, amely a szárny anyagát feszíti majd ki, illetve a szárny belépő élét is adja, valamint a merev részben a főborda szerepét is ellátja, újfent vizsgálnunk kell a titánötvözet és valamely alumínium ötvözet esetleg kompozit szerkezeti tulajdonságait és a rugalmassági értékeit is, tekintetbe véve, hogy ez kellően deformálódjon a megfelelő alak felvételéhez. Ezesetben is egy kompozit kialakítást választunk, itt biztosítani kell a kenést is a teleszkópos rész miatt, speciális irányú rétegelési technikával és erősítő szálak alkalmazásával elérhető olyan kompozit cső kialakítása amely nagyon rugalmas, ugyanakkor magas szakítószilárdsággal rendelkezik, így esetünkben is ez alkalmazandó.

A szárny kialakításához pedig egy különleges vászonszerű anyagra lesz szükségünk, amely feltekerhető, első körben célszerű kiindulni a sárkányrepülésben használatos szárny anyagból, ahol aluötvözetre van kifeszítve maga a szárny. Ez az anyag esetünkben is megfelelő lenne. Erre bizonyos poliészter alapú szöveteket használnak, elég speciális módon gyártják őket, mindenképpen rendelnünk kell, ezt nem tudjuk magunknak elkészíteni.

1 m² szárny anyag: Egyedi árképzés ajánlatkérés alapján, nagy költség!

Ezt az anyagot egy villanymotor segítségével tekernénk fel a törzs belsejében, illetve engednénk ki, amelyet a központi vezérlő elektronika segítségével a pilóta tud kontrollálni. Ezesetben minimális változásokat akár repülés közben is tud eszközölni a pilóta, reagálva az időjárási körülményekre például. Ezzel párhuzamosan a teleszkópos cső kialakítást is mozgathatjuk, hogy a szárny fesztávolsága is változzon, és folyamatosan feszes legyen az anyag.

Egyéb kialakítási lehetőség, hogy maga a szárny csak a földön legyen mozgatható, akár fizikai beavatkozással, mechanikus úton. Ez jelentős elektronikai kiépítést akadályoz meg, azonban feltételezi, hogy minden le- és felszállóhelyen van egy földi kisegítő személyzet, amely ezt a módosítást megfelelő mértékben végre tudja hajtani.

Kormányzás biztosítása

Habár nincs fizikailag pilóta a gépen, érdemes a kialakítás során a kormányrendszert hasonlóan megvalósítani egy személyzettel repült gépéhez. Vagyis a pilótafülkébe be kell vezetni a szükséges kormányfelületek visszacsatolását és kapcsolását, és onnan elektromos szervomotorok segítségével lehetséges a távolról kormányzás.

A kormányzáshoz szükséges rudazat kiépítése a repülésben már jól ismert duralumínium alkalmazásával a legoptimálisabb.

1 m, d=60 mm duralumínium kör rúd beszerzési ára: 13 800,- Ft + Áfa (Alucentrum Kft.)

Futóművek kialakítása

A futószárok kialakítása során figyelembe kell vennünk, hogy nem visszahúzzható futóról van szó, nem szükséges külön, visszahúzó és kiengedő mechanizmust gyártanunk. Előfordul olyan konstrukció is ahol maga a futószár laprugóként viselkedik a landoláskor, hiszen ekkor a legnagyobb a terhelés rajta. Ez azonban minimális csillapítással jár, így a kutatás-fejlesztés csoport más kialakítással álmodta meg a gépet. Érdemes rugóstaggal szerelni a futószárokat hogy minél jobban csillapítsanak a landoláskor. Mindenképpen valamilyen szerkezeti acélra gondolnánk először, de ezesetben a költség szempontból kevésbé jó, titán ötvözetet alkalmazunk, mert itt szükség lesz a kedvező súly, de magas szakítószilárdság miatt rá. A rugós elemhez elegendő lenne egy gázrugós elemet alkalmazni, megfelelő csillapítást végez.

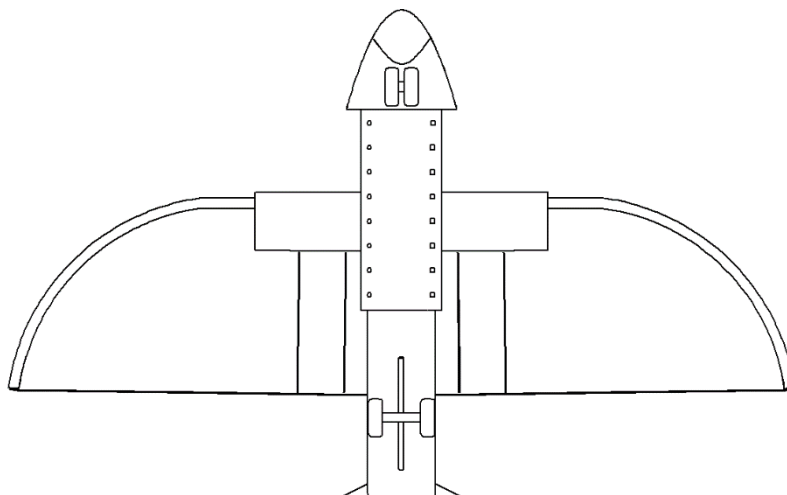
A kerékhez és az abronchhoz csak külföldi beszállítót találtunk, ezesetben kb. 400 € / db költséggel tudunk kalkulálni.

Konténer rögzítése

A konténert hevederek segítségével lehetne rögzíteni a repülőnk törzséhez, ehhez megfelelő rögzítési pontokat szükséges kialakítani a repülőgép törzsén. Ezeket a pontokat úgy kell megválasztani, hogy hossz és keresztirányú merevítő találkozásánál legyenek, ezáltal tudjuk biztosítani a megfelelő teherbírást. A rögzítési szemek, amibe a hevedert akasztani lehet, titánötvözetből készülnek, lévén szó kisebb méretű anyagokról.

Lehetséges a konténer lefedése is az útra egyfajta hálóval, ekkor is a hevederek tartanák magát a konténert, de lenne egy külső hálós borítás.

A konténer helyének meghatározásakor és kialakításakor a szabványos konténer méreteket vettük alapul, úgy, hogy akár módosítható is legyen kisebb konténerek szállítására alkalmas módon. A rögzítési pontok helyzetét mutatja az alábbi ábra:



Elektronikus kiegészítők

Hibrid technológiáról lévén szó, a törzsben elhelyezkedő gázturbina csupán az elektromos áram termelésre lenne befogva, további tolóerőt nem termel. A törzsön belül remek lehetőség adódik a különböző elektromos rendszerek és kábeleinek, valamint a gázturbina elhelyezésére, figyelembe véve, hogy a vezérlő elektronika a pilótfülkében kerülne elhelyezésre. Az ehhez szükséges anyagok és rendszerek figyelembevétele szoros együttműködést igényel a gázturbináért és villamos hajtásért felelős projekttel, ennek hiányában ezt most külön, részletekbe menően nem vizsgáljuk.

A szükséges anyagok beszerzése

Miután a megfelelő anyagokat kiválasztottuk, szükséges mérlegelni a beszerzési lehetőségeket. Számításba kell venni az adott anyag beszerzési egységárát, akár egy közeli helyszínről beszerezve, vagy pedig egy olcsóbb egységárral rendelkező, ugyanakkor távolabbi helyszínről beszerezve, extra szállítási díjért. Ugyanígy mérlegelni kell, hogy az adott anyag kezelését (hőkezelés, korrózióállóság, stb...) érdemes-e külső helyszínen megoldani, akár úgy rendelni, vagy pedig érdemes a gyártósor elejére plusz berendezéseket integrálva elvégezni magunknak a megfelelő kezelést. Nyilván ez nem csak berendezésekre és bevonóanyagokra fordított költség, hanem ehhez alkalmas, megfelelő munkaerőt is kell ezesetben párosítani, az ezzel járó költséggel együtt.

A kompozit anyagok esetében, minden bizonnyal szükségünk lesz arra, hogy saját kompozit elemeket készítő gyártósort működtessünk, egy saját csarnokban. Ezt a formák, a rétegszám és az irányultság sajátossága miatt, nem érdemes máshol legyártatni, biztos, hogy a saját üzemünkben tudjuk a leggazdaságosabban, legpontosabban elkészíteni. Valamint ha teljes életciklusra tervezünk, akkor a karbantartás és javítás során fellépő igényeket is könnyebb megoldani saját üzemből.

A csomag súlya	szállítás költség (nettó)	szállítási költség (bruttó)
0,1-3 kilóig	1.288,- Ft	1.636,- Ft
3,1-5 kilóig	1.602,- Ft	2.034,- Ft
5,1-10 kilóig	1.744,- Ft	2.215,- Ft
10,1-15 kilóig	2.029,- Ft	2.577,- Ft
15,1-20 kilóig	2.029,- Ft	2.577,- Ft
20,1-25 kilóig	2.343,- Ft	2.975,- Ft
25,1-31 kilóig	2.343,- Ft	2.975,- Ft
30,1-40 kilóig	2.742,- Ft	3.482,- Ft
40,1-50 kilóig	3.141,- Ft	3.989,- Ft
50,1-60 kilóig	3.540,- Ft	4.495,- Ft
60,1-70 kilóig	3.939,- Ft	5.002,- Ft
70,1-80 kilóig	4.338,- Ft	5.509,- Ft
80,1-90 kilóig	4.737,- Ft	6.016,- Ft
90,1-100 kilóig	5.136,- Ft	6.522,- Ft
100,1-300 kilóig	8.014,- Ft	10.178,- Ft

A kompozit szövetek beszállítójának (Kalita Kft.) szállítási díjai

Fémalkatrészek esetében már valóban érdemes megvizsgálni, hogy a kívánt korrózióállóságot és a szakítószilárdságot biztosító kezeléseket magunk végezzük el, vagy pedig így szerezzük be a nyers anyagot.

A hőkezelés és a korrózióállóság növeléséhez is speciális berendezésekre van szükség, kisebb kutakodás után, arra jutottunk, hogy csak kellően nagy számú sorozatgyártás esetén éri meg ezen gépeket beszerezni, telepíteni, majd pedig üzemeltetni és munkaerőt állítani mellé. Esetünkben jóval költséghatékonyabb, ha kezelt fémeket vásárolunk meg és kiegészítő kezelés nélkül építjük be őket a konstrukcióba.

Így ezen komponensek esetében csak a beszerzési ár és a szállítási költség jelentkezik. A szállítási költség azonban jelentős lehet, igyekszünk minél közelebbi beszállítót választani a költséghatékonyság érdekében.

Munkaerő költségei

A gyártmányfejlesztés fázisában a legnagyobb költséget mégis a mérnöki munkaórák megfizetése jelenti. A legtöbb esetben nagyon nehéz előre pontosan kalkulálni a szükséges mérnöki órák számát, hiszen felléphetnek köztes problémák, amelyek a folyamat elhúzódását jelentik és a mérnöki óradíj nem alacsony költség. Ezen felül több emberi komponense is van a gyártmányfejlesztésnek: művezetői poszt, kiegészítő, besegítő mérnökök, különböző szakemberek, technikusok. Ide sorolandó a marketing költség is, amely szintén jelentős összeg lehet, de elengedhetetlen a termék későbbi sikerét tekintve. Továbbá az elkészült prototípust üzemeltetni, szállítani és berepülni is kell majd, amihez szintén emberi erőforrásra

lesz szükség. A gyártmányfejlesztésekor nem árt külső szakembereket bevonni legalább konzultációs szinten, így ez ugyancsak további költséget generál.

4 Gyártási kialakítások

Kompozit elemek előkészítése

A kompozit elemek speciális előkészítési és gyártási folyamatot igényelnek, melyek esetében több féle technológiát kell mérlegelnünk. Az első prototípus esetében valamint csekély darabszám elkészítése esetén megfelelő lenne a kézi laminálás nedves impregnálással (wet-layup) technológia alkalmazása mely valamivel olcsóbb mint a többi gyártási metódus, de több időt és fizikai munkát igényel, nagyobb precizitással és minél jobb időkihasználással a nagy felületű darabok elkészítésekor.

Nagyobb darabszám gyártásához célszerű a modern eljárások során leggyakrabban alkalmazott pre-preg technológiát alkalmazni. Ekkor előre impregnált erősítőszálakat szükséges beszerezni, amelyet mélyhűtéssel kell tárolni ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt), ehhez megfelelő eszközöket (fagyasztószekrényeket) telepíteni kell a gyártócsarnokban, vagy közvetlen környezetében. Ezen anyag beszerzési költségét növeli a speciális szállítási körülmény, fagyasztva szállítás. Emellett az eljárás mellett nagyobb darabok elkészítése is könnyebben kezelhető, precízebb kivitelezés mellett. Az előre impregnált anyagot a megfelelő rétegezés és irányok felvitele után vákuumsomagolásba helyezzük, amely szintén speciális vákuumszakokat igényel. Ezután kerülhet az elem a hőkamrába, vagy autoklávba amely során intenzíven beindul a térhálósodás. Az autokláv alkalmazásának előnye, hogy nagyobb erővel lehet összenyomni a rétegeket a hőkezelés során, a környező nyomás módosításának lehetőségével. Ugyanakkor egy autokláv berendezés beszerzése jelentős árnövekményt jelent a sima hőkamrához képest, így a fejlesztés során egyelőre hőkamra alkalmazása mellett döntünk.

Fémötvözetek előkészítése

Mivel a fémötvözeteket kezelve rendeljük a beszállítóktól, így azok előkészítése csak logisztikai szervezést igényel.

Gyártási rendszer kiépítése

Első lépésként a gyártáshoz szükséges eszközöket kell beszerezni. Költséghatékony, ha ahol lehet előre gyártott eszközöket, szerszámokat, berendezéseket használunk. Ugyanakkor speciális alkatrészek gyártásához speciális gépeket és szerszámokat szükséges gyártani, vagy rendelni, ami rövidtávon nagy kiadást jelenthet, viszont nagy szériaszám esetén elengedhetetlen.

Az először elkészített prototípust amelyet még nem feltétlen gyártósoron készítünk el, ezután alávetjük a különböző szertifikációs eljárásoknak (ejtési teszt, szárnyak terhelhetőségének vizsgálata, teherbírási pontok megfelelősége) amelyeket a mindenkor eljáró hatóság jelöl ki a repülőgép besorolási osztályának megfelelően. Amennyiben a szükséges engedélyeket megkapjuk és az adott szertifikációs költségeket kifizettük, úgy berepülő pilóta segítségével repülési teszteken is vizsgáljuk a gép működését, üzemelését, várva a visszajelzéseket, mi

az amin esetleg még módosítani szükséges. Ha ezen lépés során is elégedettek vagyunk az eredményekkel, akkor megkezdődhet a sorozatgyártás.

A sorozatgyártáshoz alkalmas gyártósort úgy szükséges kialakítani, hogy először megállapítjuk a gyártási volument. Ehhez megfelelő képesítéssel rendelkező szakemberek szükségesek. Későbbiekben amennyire lehetséges, érdemes robotizálni a gyártósorokat, ezzel jelentősen gyorsítható a termelés sebessége, és csökkenthetők a kiadások.

Az egyes alkatrész egységek gyártásánál meg kell vizsgálni, hogy jelenleg milyen cégek vannak jelen a piacon akik ezzel foglalkoznak. (például hajtómű gyártók, elektronika gyártók). Meg kell vizsgálni, hogy itthon olcsóbb-e legyártani az adott komponens, és emiatt egy új gyártósornak felépíteni eszközökkel, vagy külföldi már jól bevált cégekkel kell elvégeztetni a munkát és behozatni. Manapság a legnagyobb repülőgépgyárak sem kizárólag maguk gyártják le a repülőgépet, hanem számos beszállítóval dolgoznak együtt.

A gyártás maga a kompozit anyagok és formák elkészítésével kezdődik. Ezzel párhuzamosan a fémötvözetek – melyek már rendelkezésre kell álljanak a beszállító által – is a gyártósor elejére kerülnek.

Ezek után kisebb egységek összeszerelése történik, majd a kész törzselemeket ellátják megfelelő kereszt merevítőkkal, ezután rögzítik a kormányvezérléshez szükséges elemeket a törzs belső részéhez, majd összeillesztik a törzs elemeit, de a pilótafülkét még nem illesztik hozzá. A vezérsíkok és a szárnyak később kerülnek rögzítésre. A szárny merev részének kialakítása megvalósítható a törzs középső részével egy elemként. A megfelelő illesztések biztosítása mellett amint a törzs elkészül, úgy beépítésre kerülhet a szárny szerkezet, a feltekert szárnyal és a teleszkópos kialakítású csővel. Majd a vezérsíkokat is installálják, végül pedig az elektronikát kötik össze, majd a pilótafülke rész is csatlakoztatásra kerül.

A gyártás során fellépő legnagyobb költség a munkaerő költsége, az anyagköltség majdnem állandó, a berendezések, gépek költsége egyszeri nagyobb beruházást jelent, azonban a munkaerő folytonos nagy anyagi terhet jelent. A gyártási volumentől függően érdemes lehet kialakítani több műszakos gyártást, ekkor azonban a munkaerő is többszöröződik, így ezt csak kellően nagy szériaszám esetén lehet aktiválni.

Összefoglalás

A teljes gyártmányfejlesztés költségelemzése rendkívül összetett feladat, hiszen a termék gyárthatósági vizsgálatán, gyártásának kialakítása és a megfelelő anyagok kiválasztásán felül, szükségesek hozzá egyedi árajánlatok bekérése a különböző beszállítóktól, akár fuvarozóktól is. Jelen tanulmány esetében egyedi ajánlatokat az egyes beszállítóktól nem kértünk be, így iránymutatás lehet maga a tanulmány egy komplett esetre. Minden anyag megválasztása során figyeltünk arra, hogy az költséghatékony legyen gyárthatóság szempontjából is. Vizsgáltuk a lehetőségeket ahhoz mérten, hogy a beszerzési költség és a szállítási költségek hogyan viszonyulnak a különböző komponensek esetében.

Egy tanulmány alapján a részkomponenseket nem megnevezve, a gyártmányfejlesztési költség az alábbi egyszerű képletre redukálható:

$$\text{Gyártmányfejlesztési költség} = C_{dd} + C_p$$

Ahol:

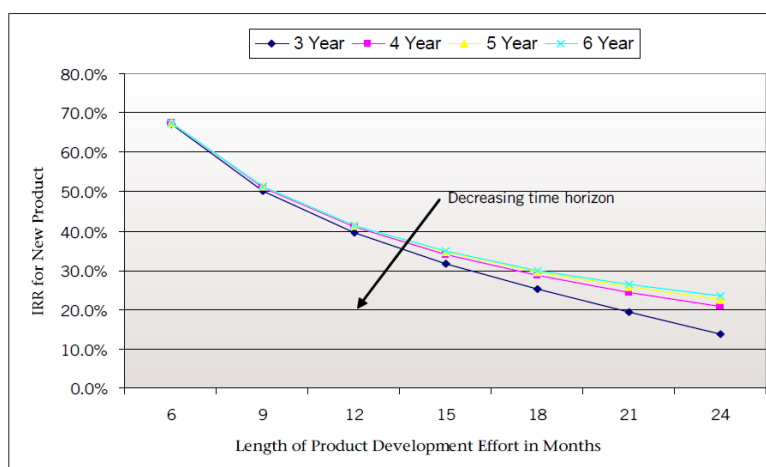
C_{dd} : termék definíció és design költsége

Cp: A termék gyártási költsége

A képletben a definíció és design költsége esetünkben összeolvad a kutatás fejlesztés és gyártmányfejlesztés bizonyos részeivel, míg a termék gyártási költsége pedig a gyártmányfejlesztés oda illő részével, valamint a konkrét gyártási költséggel.

Fentiekben részletezett költségeken kívül nagyon fontos megtalálni a megfelelő „arany közeputat” a gyártmányfejlesztésre fordított idő és pénz mértékében, hogy a megfelelő megtérülést kaphassuk. Ehhez figyelembe kell vennünk, a termék piacra kerülésének idejét. A Pivot international Co. tanulmánya alapján, a gyártmányfejlesztés idejét alapul véve a termék piacra kerülésének idejéhez képest, minél jobban le tudjuk csökkenteni a termék gyártmányfejlesztésre fordított idejét, a megtérülési ráta annál jobb eredményt mutat. Ezt igyekszik bemutatni szintén a tanulmány egy diagramja.

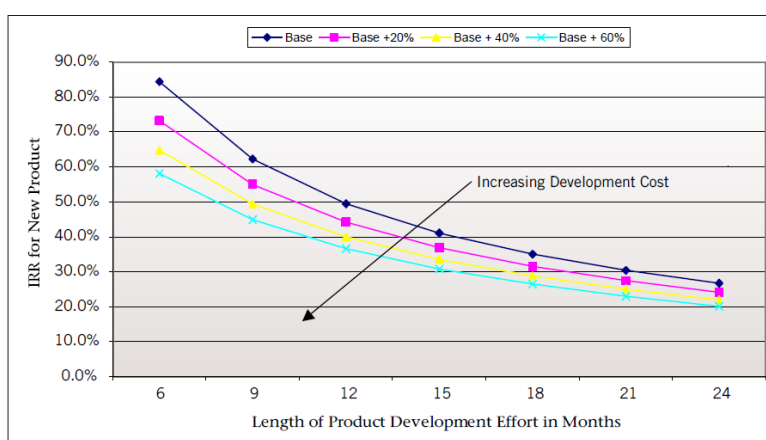
Based on 360% Annual Gross Profit to Investment Ratio



A diagram jól mutatja, hogy a túl sok fejlesztésre fordított idő csökkenti a megtérülés mértékét, nyilván a rengeteg befektetett plusz munkaóra miatt.

További érdekesség, hogy ugyanezen tanulmány során a költségkeret túllépését is vizsgálták és meglepő eredményt kaptak:

Based on 5 years for development and sales and a 480% Annual Gross Profit to Investment Ratio



A trendvonalak a különböző költségkeret túllépésének mértékei, (alapkeret, +20%, +40%, +60%) a tengelyeken a befektetett fejlesztési idő és a megtérülési mérték látható. Ezek alapján, amennyiben egy projekt fejlesztése, piacra dobása 24 hónapig tart és a költségkeretet nem lépik túl, a megtérülési ráta 27%. Míg ha a piacra dobás mindössze 12 hónap alatt történik meg, de 40%-al túllépjük a keretet a megtérülésünk akkor is 40 %.

A tanulmányból leszűrhető, hogy nagyon fontos odafigyelni a megvalósítás során arra, hogy a fejlesztés és a piacra dobás idejét lehetőleg mérsékeljük, illetve a keret némi túllépését (ha van rá mód) megengedően kezeljük a megtérülés nagyobb mértékének érdekében.

5 Gyártás

Bevezetés

Repülőgép tervezési döntései már az első pillanattól kezdve szignifikáns hatással bírnak az elkészült termék legyártási és üzemeltetési költségeire. Ezek miatt különösen fontos megérteni a költségvetési következményeit a gyártási folyamatnak, és hogy ezt minél pontosabban vegyük figyelembe a típus konfigurációjának és teljesítményének meghatározásakor.

A költségvetési szempontok figyelembe vétele különösen a koncepciók kérdések megválaszolásakor bír nagy jelentőséggel. Ezek a döntések a gép gyártási és felszerelési költségein felül az üzemeltetési költségekre is jelentős befolyással bírnak. Ennek függvényében létfontosságú a költségbecslési metódus melyet az üzemeltetők használnak egy-egy új típusuk kiválasztásakor, hogy a lehető legjobb döntést hozzák.

A következő fejezet bevezetést nyújt egy új pilóta nélküli repülőgép típus gyártási költségeinek meghatározásába.

Az indirekt költségek (melyek nem kapcsolódnak közvetlenül a repülőgép paramétereikhez, pl.: marketing és reklám költségek) ebben a részben nem kerülnek kifejtésre, de a direkt költségek részleteiben ki vannak tárgyalva. Megtalálhatók a költségek meghatározásához szükséges számítások, emellett referenciákat tartalmaz, hogy szükség esetén hol érdemes további kutatásokat végezni.

A komponensek tömege

Szárny

$$W_w = 4,22 \cdot S_{wg} + 1,642 \cdot 10^{-6} \frac{N_{ult} \cdot b^3 \cdot \sqrt{TOW \cdot ZFW} \cdot (1+2 \cdot \lambda)}{(t/c_{avg}) \cdot \cos^2 \Lambda_{ea} \cdot S_{wg} \cdot (1+\lambda)} \quad [\text{lb}]$$

Ahol: $S_{wg} = 170,87 \text{ ft}^2$ – bruttó szárnyfelület

$$N_{ult} = 5,7 -$$

maximális terhelési többes és a biztonsági tényező szorzata[1]

$$b = 29 \text{ ft} - \text{szárnyfesztávolság}$$

$TOW = 54754 \text{ lb}$ – maximális felszállótömeg –
hasonló méretű gép alapján kiindulási értéknek[2]

$$ZFW = 5260,5 \text{ lb} - \text{felszerelt üres tömeg}[2]$$

$$\lambda = 1 - \text{trapézviszony}$$

$\Lambda_{ea} = 0 \text{ fok} - \text{nyílazási szög}$

$\left(\frac{t}{c}\right)_{avg} = 0,12 - \text{szárnyprofil átlagos vastagság} - \text{NACA 2412}$

Így a merev szárny tömege : $W_w = 1002,3 \text{ lb} = 454,6 \text{ kg}$

Vízszintes vezérsík

$$W_{HT} = 5,25 \cdot S_{HT} + 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{N_{ult} \cdot b_{HT}^3 \cdot TOW \cdot MAC_v \sqrt{S_{HT}}}{(t/c)_{avg} \cdot \cos^2 \Lambda_{ea} \cdot I_{HT} \cdot S_{HTg}^{1,5}} \quad [\text{lb}]$$

Ahol: $S_{HT} = 72,4 \text{ ft}^2 - \text{vezérsík nettó felület}$

$S_{HTg} = 90,2 \text{ ft}^2 - \text{vezérsík bruttó felület}$

$N_{ult} = 5,7 -$

maximális terhelési többes és a biztonsági tényező szorzata[1]

$b_{HT} = 20,1 \text{ ft} - \text{vízszintes vezérsík fesztáv}$

$TOW = 54754 \text{ lb} - \text{maximális felszállótömeg} -$
hasonló méretű gép alapján kiindulási értéknek[2]

$ZFW = 5260,5 \text{ lb} - \text{felszerelt üres tömeg}$ [2]

$\left(\frac{t}{c}\right)_{avg} = 0,12 - \text{szárnyprofil átlagos vastagsága} - \text{NACA 0012}$

$\Lambda_{ea} = 26,7 \text{ fok} - \text{vezérsík nyílazási szög}$

$I_{HT} = 26,3 \text{ ft} -$

tömegközéppont és aerodinamikai középpont távolság

$MAC_v = 3,9 \text{ ft} - \text{középső húr hossz}$

Így a vízszintes vezérsík tömege: $W_{HT} = 411,4 \text{ lb} = 186,6 \text{ kg}$

Függőleges vezérsík

$$W_{VT} = 2,62 \cdot S_{VT} + 1,5 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{N_{ult} \cdot b_{VT}^3 \cdot \left(8 + 0,44 \cdot \frac{TOW}{S_{wg}}\right)}{(t/c)_{avg} \cdot \cos^2 \Lambda_{ea}} \quad [\text{lb}]$$

Ahol: $S_{VT} = 59,3 \text{ ft}^2 - \text{vezérsík nettó felület}$

$S_{wg} = 170,87 \text{ ft}^2 - \text{bruttó szárnyfelület}$

$N_{ult} = 5,7 -$

maximális terhelési többes és a biztonsági tényező szorzata[1]

$b_{VT} = 11,3 \text{ ft} - \text{vezérsík fesztávolság}$

$TOW = 54754 \text{ lb} - \text{maximális felszállótömeg} -$
hasonló méretű gép alapján kiindulási értéknek[2]

$\left(\frac{t}{c}\right)_{avg} = 0,12 - \text{szárnyprofil átlagos vastagsága} - \text{NACA 0012}$

$\Lambda_{ea} = 25,3 \text{ fok} - \text{vezérsík nyílazási szög}$

Így a függőleges vezérsík tömege: $W_{VT} = 185,1 \text{ lb} = 83,96 \text{ kg}$

Törzs

$$W_{fus} = (1,051 + 0,102 \cdot I_{fus}) \cdot S_{fus}$$

Ahol: $I_{fus} = I_b^2 / 2 \cdot I_b$

$$I_b = 1,91 \cdot 10^{-4} \cdot N \cdot W \cdot \frac{L}{H^2} - \text{Hajlítási index}$$

$$W = ZFW$$

$$N = 3,8 - \text{maximális terhelési többes}$$

$$L = 52,5 \text{ ft} - \text{a törzs hossza}$$

$$H = 12,4 \text{ ft} - \text{a törzs magassága}$$

$$S_{fus} = 48,9 \text{ ft}^2 - \text{a törzs keresztmetszete}$$

Így a törzs tömege: $W_{fus} = 55,3 \text{ lb}$, cargo gépre ki kell vonni a 8,5% - át, így amivel számolunk $W_{fus} = 50,6 \text{ lb} = 23 \text{ kg}$

Futómű

$$W_{gear} = 0.04 \text{ TOW}$$

Ahol: $TOW = 54754 \text{ lb} - \text{maximális felszállótömeg} - \text{hasonló méretű gép alapján kiindulási értéknek}[2]$

Így a futómű tömege: $W_{gear} = 2190,2 \text{ lb} = 993,5 \text{ kg}$

Kormányfelületek irányítása

$$W_{sc} = I_{sc} \cdot (S_{HT} + S_{VT})$$

Ahol: $I_{sc} = 3,5 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} - \text{fully} - \text{powered controls}$

$$S_{HT} = 72,4 \text{ ft}^2 - \text{vezérsík nettó felület}$$

$$S_{VT} = 59,3 \text{ ft}^2 - \text{vezérsík nettó felület}$$

Így a kormányfelületek irányításáért felelős rendszer tömege: $W_{sc} = 461 \text{ lb} = 209,1 \text{ kg}$

Műszerek és navigációs rendszer

A business jet-ekre vonatkozó átlagos súlyértéket vesszük figyelembe, ami $W_{inst\&nav} = 100 \text{ lb} = 45,4 \text{ kg}$

Elektromos rendszerek

Cargo felhasználású gépekre $W_{electrical} = 1950 \text{ lb} = 884,5 \text{ kg}$

Elektronikus rendszerek

A business jet-ekre vonatkozó átlagos súlyértéket vesszük figyelembe, ami $W_{electronics} = 300 \text{ lb} = 136 \text{ kg}$

A kitolható cső és borítás súlya

$$L_{cs} = 10,1 \text{ m} - \text{a cső hossza}$$

$D_{cs} = 0,32 \text{ m} - a \text{ cső külső átmérője}$

$d_{cs} = 0,2 \text{ m} - a \text{ cső belső átmérője}$

$V_{cs} = 0,5 \text{ m}^3 - a \text{ cső térfogata}$

$\delta_{cs} = 1464 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - a \text{ cső sűrűsége}$

$W_{cs} = 738 \text{ kg} = 1627 \text{ lb} - a \text{ cső tömege}$

$S_b = 128,2 \text{ m}^2 - a \text{ borítás felülete}$

$m_b = 3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} - a \text{ borítás } \frac{\text{tömeg}}{\text{felület}} \text{ aránya}$

$W_b = 384,6 \text{ kg} = 847,9 \text{ lb}$

Szállítmány súlya

A repülőgépet 20 lábas ISO konténer(6096x2438x2590) szállítására szeretnénk felhasználni, aminek az öntömege 2200 kg, a vele maximálisan szállítható tömeg 20300kg.

Így magának a gépnek a tömege $W = 12928,17 \text{ lb} = 5864,1 \text{ kg}$, a maximális felszálló tömege $W_{TOW} = 62532,1 \text{ lb} = 28364,1 \text{ kg}$. Ebbe az értékbe már belevettük a meghajtás tömegét, amit az ezek nélküli tömeghez választottunk hasonló felszállótömegű gép, az Alenia-C27J alapján. A meghajtást két Rolls Royce AE 2100 turboprop hajtóművel számoltuk, ami ugyan gázturbinás, de esetünkben ennek a súlya kielégítő a számításhoz. A generátorüzemben működő gázturbinát egy Boeing T60-as APU súlyával számoltuk, hiszen ezek a gépek vannak repülés közbeni üzemmódra, de nem meghajtásra tervezve.

A komponensek gyártásának az ára (\$/lb)

	Labor	Materials	Other	Total
Wing	\$609	\$204	\$88	\$900
Empennage	\$1,614	\$484	\$233	\$2,331
Fuselage	\$679	\$190	\$98	\$967
Landing Gear	\$107	\$98	\$16	\$221
Installed Engines	\$248	\$91	\$36	\$374
Systems	\$315	\$91	\$46	\$452
Payloads	\$405	\$100	\$59	\$564
Final Assembly	\$58	\$4	\$3	\$65

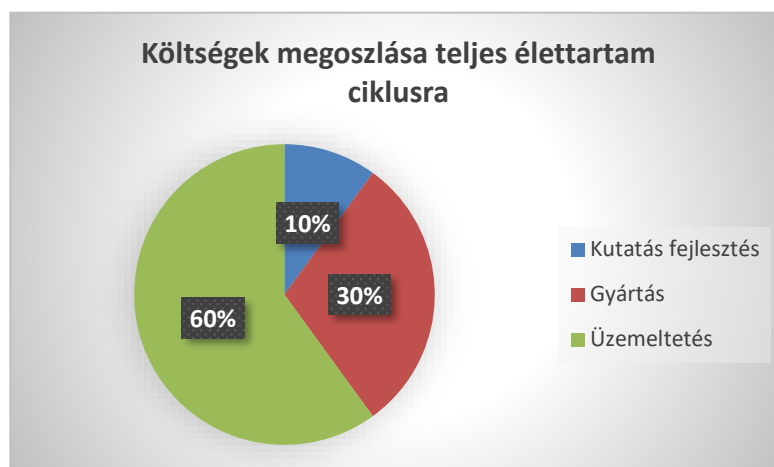
[\$]	Munka	Anyagok	Egyéb	Összes
Szárnny	610413,8	204473,6	88204,3	903091,7
Vezérsíkok	962716,9	288695,8	138979,6	1390392
Törzs	34368,27	9617,042	4960,369	48945,68
Futómű	234347,1	214635,7	35042,56	484025,4
Meghajtás	416392	337064	133344	886800
Rendszerek	885480,7	255805,5	129308,3	1270595
Összeszerelés	749833,9	51712,68	38784,51	840331,1
Összesen				5824181

6 Üzemeltetés költségei

Bevezetés:

Az üzemeltetési költségek számítása és figyelembevétele, elengedhetetlen feladat egy új repülőgéptípus kifejlesztése során. Amennyiben nem tartjuk ezt szem előtt, könnyen előfordulhat, hogy a fejlesztés végére, bár jelentős technológiai fejlődést sikerült elérnünk, és ilyen szempontból versenyképes repülőgépet terveztünk, az üzemeltetési költségek olyan magasak lesznek, hogy az üzemeltetők mégsem az általunk tervezett konstrukciót fogják megvásárolni.

Mielőtt a költségeket számítani kezdenénk, fontos tisztáznunk, hogy mit értünk az üzemeltetés költségei alatt. Üzemeltetési költség minden olyan költség, ami a repülőgép megvásárlása, valamint a leselejtezése között felmerül. Ez a költség nagyon jelentős, ha a teljes élettartam ciklus költségeit nézzük akkor akár annak a 60%-át is kiteheti



Az üzemeltetési költségek számítása összetett feladat, a teljes költség egyes komponensei nagyon sok változótól függenek, melyek a fejlesztés során még sokszor ismeretlenek, ezért a modell kidolgozásánál egyszerűsítéseket, becsléseket alkalmazunk, amellyel olyan eszközt kívánunk a repülőgép fejlesztők kezébe adni, amivel hozzávetőlegesen megbecsülhetik az üzemeltetés költségeit. Ezután a költségek időbeli változását visszamenőleg vizsgálva, megpróbáljuk a költségek jövőbeni, várható alakulását is megbecsülni.

Jelen esettanulmány kifejezetten a hibrid, vezet nélküli, könnyű szállító repülőgépek üzemeltetési költségeinek számításához kíván segítséget nyújtani. Ez sok tekintetben megegyezik, vagy csak kis mértékben tér el egy hagyományos meghajtású kisrepülőgép költség számításával, azonban néhány pontban, a konstrukcióbeli különbségek jelentős eltéréseket okoznak a költség számítás módszertanában.

7 Üzemeltetési rendszer és folyamat

Direkt költség:

A direkt költségek közé soroljuk az üzemeltetés során fellépő olyan költségeket, melyek a repülőgép végrehajtott feladatával közvetlen kapcsolatba hozhatóak. Ilyenek például az üzemanyag költségek, a személyzet bére, illetve a karbantartási költségek. Ezek a költségek elsősorban a repülőgép kialakításától függenek, ami azt jelenti, hogy már az előtervezés fázisában számításba lehet venni őket, és törekedni a minimalizálásukra, ezáltal a piacon versenyképes repülőgépet tervezni.

Erőforrások: Humán erőforrás:

Akár hagyományos, akár pilóta nélküli repülőgép költségeit számítjuk, figyelembe kell vennünk a humán erőforrások költségeit. Ennek legnagyobb részét a pilóták bére fogja kitenni, mely minden országban az átlagkereset többszöröse. Pilóta nélküli légijárművek esetében földi irányító személyzetről beszélhetünk, azonban ők egy bérkategóriába sorolható a hagyományos pilótákkal. A fedélzeten dolgozó egyéb személyzet bére alacsonyabb a pilótákénál, így ez egyszerűsítve kifejezhető annak százalékában. Jelen esetben azonban, mivel teherszállító repülőgépről van szó, a fedélzeten dolgozó egyéb személyzettől eltekinthetünk.

Egyéb erőforrás:

Az egyéb erőforrások közé soroljuk például az üzemanyagokat, melyek közül a legjelentősebb költséggel járó, a tüzelőanyag. A tüzelőanyag költsége a repülőgép erőforrásának típusától, a repülőgép felszálló súlyától és a kőolaj aktuális világpiaci árától függ leginkább. Amennyiben a repülőgép Plug-In hibrid kialakítású, számításba kell vennünk a villamos energia ellátás költségeit is. Ha a földi várakozás során a repülőgép akkumulátorait külső hálózatról feltöltjük, akkor a felszállás során így többlet teljesítményhez juthatunk. Ennek költségei az akkumulátorok kapacitásától és a helyi villamosenergia árártól függenek.

Karbantartás:

A karbantartás célja, a repülőgép műszaki alkalmasságnak a folytonos biztosítása. A karbantartások nagyrésze előre tervezhető, és tervezett. Ezek gyakoriságát és tartalmát a gyártó és a helyi illetékességű hatóság írja elő. A gyakoriság meghatározható repült órában, vagy repülési ciklusban.

A karbantartási folyamat azonban összetett, és nem mindig jósolható előre. Egyszerűsített modellekkel becsülhetjük tehát meg a karbantartás költségeit. Ezekben a modellekben, a munkabérekkel, az anyagköltségekkel és az egyéb, általános költségekkel számolunk. A karbantartást végezheti az üzemeltető cég, azonban ezt gyakran erre specializálódott cégekre bízzák, vagy akár a gyártóra. Érdekes külön választanunk a számítások során, a repülőgép és a hajtómű karbantartási költségeit, ugyanis a legtöbb esetben ezeket külön szervezetek végzik.

Javítás:

Amennyiben a rendszeres ellenőrzések során olyan rendellenességet tapasztal a karbantartó személyzet, amely javítást tesz szükségessé, az a repülőgép üzemeltetésében extra költséget eredményez, amelyet egyrészt a repülőgép kiesése okoz, másrészt a karbantartási költséghez hasonlóan a javítás költsége is anyagköltségből, munkaerőköltségből és egyéb költségekből áll. A javítások sokkal ritkábban szükségesek mint a karbantartási műveletek, a költségük azonban körülbelül háromszorosa egy karbantartás költségének.

A repülőgép kieséséből adódó költség sok tényezőtől függ, és nehezen becsülhető, az indirekt költségek közé lehet sorolni.

Egyéb:

Az egyéb költségekbe vehetünk minden felmerülő költséget, amelyek az üzemeltetés során előfordulhatnak, de az eddigi pontokba nem besorolhatóak. Egy jelentős ilyen költség, a biztosítási költség, a repülőtér- és a légtér használat.

Indirekt költség:

A direkt költségekkel ellentétben az indirekt költségek meglehetősen nehezen számíthatóak. Ezek azok a költségek melyek jelen vannak ugyan, de közvetlenül nem köthetőek egy költség tényezőhöz. Ezen költségek elemzésétől az egyszerűség kedvéért jelen módszertanban eltekintünk.

Modellek:

Erőforrások: Az erőforrások költsége a humán erőforrások költsége és az egyéb erőforrások költségeinek összegeként számítható.

$$Erőforrás_{költség} = Humán erőforrás_{költség} + Egyéb erőforrás_{költség}$$

Humán erőforrás költség: A szükséges human erőforrás legegyszerűbb esetben hajózó személyzetből és karbantartó személyzetből áll össze. A hajózó személyzet UAV repülőgép esetében földi irányító személyzetet jelent, ennek költsége azonban megegyezik a hagyományos pilóták költségeivel.

$$\begin{aligned} Humán erőforrás_{költség} \\ = Pilóta_{költség} * k + Karbantartó_{költség} * p \end{aligned}$$

Pilóta költség: Átlagosan 75 000\$/év

Karbantartó költség: Átlagosan 35 000\$/év

k: Alkalmazott pilóták száma

p: Alkalmazott karbantartó személyzet száma

Egyéb erőforrás költség: Az egyéb erőforrások költségének legnagyobb részét az üzemanyagok és a villamos energia teszik ki. A többi összetevőtől jelen vizsgálat során eltekintünk.

$$\begin{aligned} Egyéb erőforrás_{költség} \\ = Üzemanyag_{költség} + Villamos energia_{költség} \end{aligned}$$

Üzemanyag: A legnagyobb részét a tüzelőanyag teszi ki. Ezen felül a kenőolajokat és a hűtőfolyadékokat vesszük számításba

$$Üzemanyag_{költség} = Tüzelőanyag_{költség} + Olaj_{költség} + Hűtőfolyadék_{költség}$$

$$Tüzelőanyag_{költség} = ET \cdot P_T \cdot FC$$

ET: elhasznált üzemanyag tömege [kg]

P_T : üzemanyag ár [euro/kg]

FC: repülési ciklusok száma egy évben [1/év]

$$Olaj_{költség} = EO \cdot P_O \cdot AFH \cdot FC$$

EO: Óránkénti olajfogyasztás [kg/óra]

P_O : Kenőolaj ár [euro/kg]

AFH: Átlagos repült óra ciklusonként [óra]

FC: repülési ciklusok száma egy évben [1/év]

$$Hűtőfolyadék_{költség} = P_C \cdot M_C \cdot \frac{1}{C_C}$$

P_C : Hűtőfolyadék ár [euro/kg]

M_C : Szükséges hűtőfolyadék mennyisége [kg]

C_C : Előírt hűtőfolyadék csere periódus [év]

Villamos energia: A számítás során úgy vesszük, hogy a repülőgép akkumulátorait repülési ciklusonként egyszer, külső áramforrásból töltik fel.

$$Villamos\ energia_{költség} = N_a \cdot C_a \cdot P_E \cdot FC$$

N_a : Akkumulátorok száma

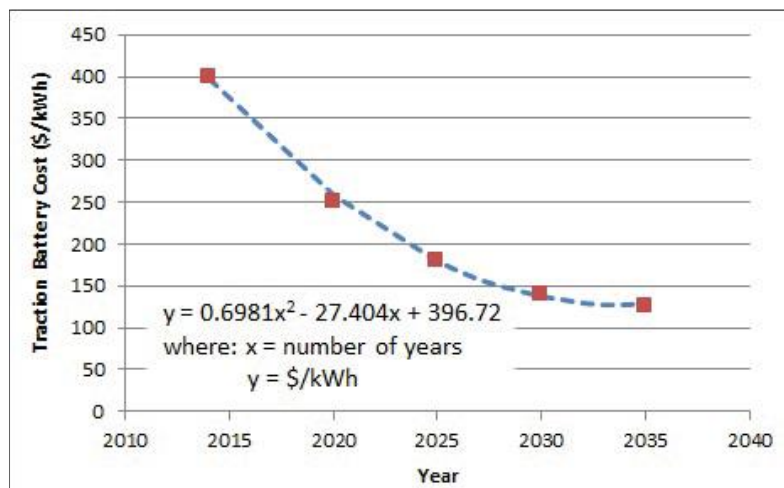
C_a : Akkumulátorok kapacitása [kWh]

P_E : Áram ár [euro/kWh]

FC: repülési ciklusok száma egy évben [1/év]

Akkumulátor: Hybrid jármű esetén az akkumulátor cseréje jelentős költségekkel járhat. Egyes elemzések szerint az akkumulátor cseréjére nincs szükség a jármű élettartama alatt. Az akkumulátor élettartama 4400 töltés/kisütés ciklus, ez 12 évet jelent ha a járművet napi szinten kell tölteni.

Az akkumulátor költségeit nehéz pontosan meghatározni, mivel kevés adat áll rendelkezésre. A jövőbeni költségek függenek a technológiától és a gyártási beruházásoktól. A jelenlegi költség 400 dollár/kWh, de ez az évek során csökken (előrejelzések szerint 20 dollárral évenként). A lenti ábra alapján számolható ki az akkumulátor költség.



Karbantartás: Mivel nem áll rendelkezésünkre megfelelő mennyiségű és minőségű adat ezért a költségek számításához meglevő modelleket használunk. Több modell alkalmazható mi a CeRAS (Central Reference Aircraft data System) választottuk. Ez a modell 2010-ben lett készítve (2015-ben frissítve), ami a többi modellhez viszonyítva frissebbnek számít.

CeRAS modell euro-ban adja meg az eredményt és elsősorban európai légitársaságok adataiból lett készítve.

$$Karbantartás_{költség} = Anyag_{költség} + Munkaerő_{költség} + Motor_{költség}$$

Anyag költség:

$$Anyag_{költség} = [OWE \cdot (0,21 \cdot FT + 13,7) + 57,5] \cdot FC$$

OWE: üzemi üres súly [t]

FT: repülési idő

FC: repülési ciklus

Munkaerő költség:

$Munkaerő_{költség}$

$$= LR \cdot (1 + B) \cdot [(0,655 + 0,01 \cdot OWE) \cdot FT + 0,254 + 0,01 \cdot OWE] \cdot FC$$

LR: munkaerő költség [euro/h] (=50 euro/h)

OWE: üzemi üres súly [t]

B: költségterhelés (terhelési ráta) (=2)

FT: repülési idő

FC: repülési ciklus

Motor költség:

$$Motor_{költség} = [N \cdot (1,5 \cdot \frac{P}{100} + 30,5 \cdot FT + 10,6)] \cdot FC$$

N: motorok száma

FT: repülési idő

FC: repülési ciklus

P: teljesítmény [kW]

Elektromos motor:

Brushless motor élettartamát a golyóscsapágyak élettartama limitálja. Ezzel nehéz számolni ezért elhanyagoljuk.

Javítás: A javítási költségeket a karbantartási költségekkel megegyező nagyságrendű

költségként számíthatjuk. Mivel a javítás költsége akár háromszorosa is lehet a karbantartási költségnek, azonban jóval ritkábban van rá szükség, éves viszonylatban a két költséget egyenlőnek tekintjük.

$$Javitás_{költség} = Karbantartás_{költség}$$

Egyéb:

Reptérhasználat

A használati költsége közé szükséges sorolnunk - a repülőeszközök üzemeltetésekor szintén fontos szerepet játszó - a gép tárolására, repterek használatára fordított költségeket. Ezen kiadások is jóval összetettebbek, mint elsőre gondolnánk. Ide tartoznak:

- parkolási/tárolási költség (parking charges)
- kifutópálya igénybevétele fel- és leszállásra (runway charges)
- biztonsági (security costs) díjak, amelyeket a repülőtereken való tartózkodásunk biztonságáért fizetnek az üzemeltetők a reptérnek
- környezetvédelmi adók (environmental charges), zaj- és légkör szennyezés végett
- navigációs adók és irányítási díjak (terminal navigation, en-route navigation fees)

A felsorolt díjak természetesen sok paramétertől függenek, legfőképpen az üzemeltetett repülőeszköz típusától, kialakításától, valamint funkcionális céljától. A reptérhasználati díjak persze változhatnak az idő folyamán, ezért költségtervezéskor tájékozódni kell az aktuális értékekről, esetleges változásokról.

Leszállási költség számítása nagy mértékben függ a reptér elhelyezkedésétől: (MTOW-max felszálló tömeg tonnában)

$$Leszállási_{költség} = \sim 8,3 * MTOW \text{ (Európa, US\$)}$$

Észak-Amerika nagyvárosok	~15 *MTOW
Észak-Amerika kisebb városok	~7 *MTOW
Közel Kelet	~4 *MTOW
Dél-Amerika	~7 *MTOW
Ázsia és Óceánia	~5-10 *MTOW fejlettségtől függően
Afrika	~5 *MTOW

UAV teljes élettartamciklus költség becslése

Magyarországi díjak táblázatba foglalva

Repülőtér	Leszállási díj [euro]	Parkolási díj [euro]	
		Nappal (06.00-22.00)	Éjszaka (22.00-06.00)
Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér	352,52	0,25/óra/1000kg	ingyenes
Debrecen Nemzetközi Repülőtér	224	0,20/óra/1000kg (első óra ingyenes)	
Nyíregyháza	9 euro/1000kg	3/nap/1000kg (szabad) (első 3 óra ingyenes) 6/nap/1000kg (hangár)	
Pécs/Pogány	19,05 euro/1000kg	3,81/nap/1000kg (első 3 óra ingyenes)	
Győr	12 euro/1000kg	4/nap/1000kg (első 3 óra ingyenes)	
Hévíz Balaton	8 euro/1000kg	3/nap/1000kg (első 3 óra ingyenes)	
Sze- ged	3,54 euro/1000kg	4/nap/1000kg (első 2 óra ingyenes)	

Navigációs/légtérhasználati díj

$$\text{Légtérhasználat költsége} = \sum_{i=1}^n rci$$

ahol: n a repülésben érintett légterek száma, rc pedig az egy légtér használatáért felszámolt díj.

$$rci = di * p * ti$$

ahol: di a távolság tényező (distance factor) az adott FIR-re, p a súlytényező (weight factor), ti arányossági tényező (unit rate), amely egy gyakran változó érték, és régiótól/országtól függ.

$$p = \sqrt{\frac{MTOW}{50}}$$

ahol MTOW értéke tonnában számítandó.

Összefoglalás

A kidolgozott módszertan ugyan nem ad pontos eredményt a hibrid, vezető nélküli könnyű szállítórepülőgép üzemeltetésének költségeiről, azonban megmutatja, hogy milyen fő komponenseket tartalmaz a teljes költség, és ezeket milyen módon tudjuk megbecsülni. A végig vezetett példán látszik, hogy a jövőben a hibrid, vezető nélküli szállítórepülőgép komoly versenytársa lehet a hagyományos, regionális áruszállító megoldásoknak.

Előrejelzés:

Az üzemeltetés költségeinek változását előre jósolni szinte lehetetlen. Az erőforrások árának változását figyelembe véve, megfigyelhetünk azonban trendeket. A humán erőforrás költségek a mindenkori munkabérekkel együtt folyamatosan emelkednek, ez az itt vizsgált üzemeltetési költségek közt is elfogadható változás becslés. Az egyéb erőforrások költségei közül a legjelentősebb a tüzelőanyag költsége, ami az olaj világpiaci árának folyamatos, és hosszútávra nem előre jelezhető változása miatt nehezen becsülhető, azonban elmondható, hogy folyamatosan növekszik. A karbantartási és javítási költségek jelentős hányadát teszik ki a munkabérek, valamint az anyagköltségek. Ezen költségek is várhatóan a bérek növekedésével arányosan fognak nőni.

Üzemeltetés

- [1] José Miguel Vasconcelos Oliveira: Development of Operating Cost Models for the Preliminary Design Optimization of an Aircraft
- [2] <http://ceras.ilr.rwth-aachen.de/trac/wiki/CeRAS/ToolsAndMethodologies/DOC>
- [3] Richard Raustad: Electric Vehicle Life Cycle Cost Analysis
- [4] <https://ais.hungarocontrol.hu/aip/2018-08-16/>
- [5] <http://airportcharges.com/>
- [6] Erdman, Theodore J.: Life-Cycle Cost Analysis for Small Unmanned Aircraft Systems Deployed Aboard Coast Guard Cutters

8 A légi jármű újrahasznosítása

Bevezetés

Az újrahasznosítás célja a Föld erőforrásainak kímélése, emellett fontos, hogy a természetbe kerülő hulladék mennyisége is csökkenjen. A repülőgépek esetében, a környezetszennyezés kritikus téma, mert számos az élővilágra veszélyes anyagot tartalmaz. A következőekben alapanyagokra bontva írjuk le, mit miért érdemes újrahasznosítani. Fontos továbbá megemlíteni, hogy újrahasznosítás költségeinek egy része visszatérül, amit a későbbiekben részletezünk.

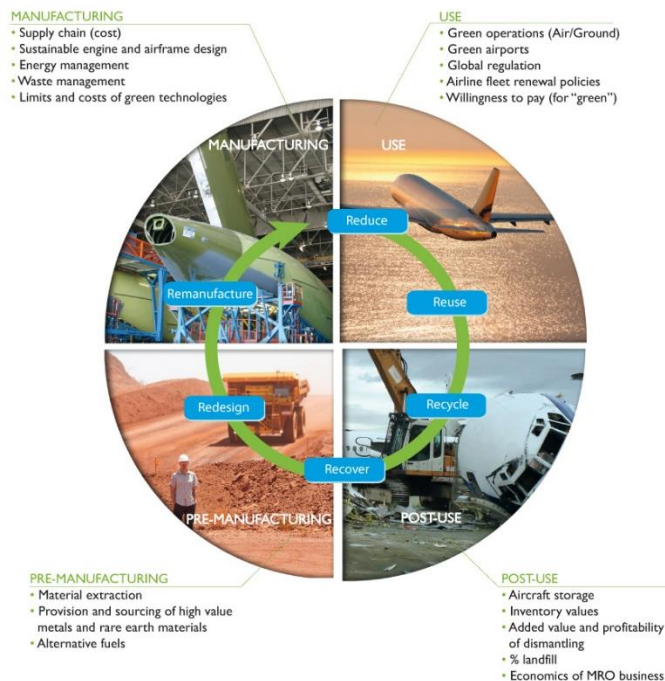
A repülőgép gyártók fontos feladatai közé tartozik a Life Cycle Management és ezen belül End of Life Management körültekintő megtervezése, mert kizárólag a gyártók ismerik a légi jármű összetételét, tulajdonságait. Ez alapján karbantartási és újrahasznosítási dokumentációkat adnak ki az üzemeltetők számára, ezen dokumentumok javaslatokat, segítségeket és kötelezően betartandó előírásokat tartalmaznak/ tartalmazhatnak.

Folyamat leírása

Repülőgép állapotának felmérése

A repülőgép állapotának felmérésével kezdődik az újrahasznosítási, illetve leselejtezési eljárás. Az összegyűjtött adatok kapcsolódnak a tevékenység típusához, az alkalmazott repülőgéphez és eszközökhöz, az időhöz és a légi járműből eltávolított anyagok mennyiségéhez és eladási árához.

Az állapot felmérés eredményétől függően döntünk a repülőgép további sorsáról. Ha a repülőgép működőképes, akkor dönthetünk az esetleges eladásról. Amennyiben a légi jármű nem felel meg az előírásoknak, le kell selejtezni. A továbbiakban ezzel a helyzettel fogunk foglalkozni. Több technológiai eljárás létezik az előregedett gépek kezelésére. A használhatatlanná vált légi járműveket tárolhatjuk (akár az úgy nevezett repülőgép temetőben), illetve célszerűbb szétbontani és a megfelelő alkatrészeit újrahasznosítani. Ez hosszútávon nem csak költségkímélő lehet, hanem nagyban lecsökkenti a környezet szennyezést is.



Újrahasznosítási eljárások

Környezetre káros és toxikus anyagok előírások szerinti leeresztése és az illetékes szervekhez való eljuttatása. Az előírások betartása itt kiemelkedően fontos az emberek testi épségének, valamint a környezet védelmének megóvása céljából. Az eljárás során figyelembe kell venni, hogy a veszélyes hulladékok elszállításának költségeit az üzemeltetőt, vagy a megbízott szervezetet terheli.

Roncsolás mentes darabolás: A megfelelő állapotú alkatrészek kiválasztása, körültekintő szétszerelése és azok értékesítése. Az üzemeltető szempontjából rendkívül fontos lépés a költségmegtakarítás végett.

Darabolás roncsolással: Azon alkatrészekből, melyeknél az előzetes vizsgálatok során megállapították, hogy sérültek vagy üzemképtelenek, haszon nem nyerhető ki. Ilyenkor a darabolással nem kell körültekintően eljárni, a cél a minél gyorsabb munkavégzés.

Újrahasznosítás folyamatának lépései

Tisztítás és fertőtlenítés: ezeket az eljárásokat az előírásoknak megfelelően mi is elvégezhethetjük, illetve rábízhatjuk erre specializálódott cégekre is.

Tartályok leeresztése

Használt tartályok:

- Üzemanyag tartály
- Hidraulikai tartály

Minden újra beilleszthető alkatrész és berendezés eltávolítása a hatóság által jóváhagyott folyamatok betartásával.

Eltávolítandó alkatrészek és berendezések:

- Hajtóművek
- (APU)
- Avionikus berendezések
- Futóművek

Repülőgép pozicionálása a szétszereléshez

A fenn maradt légi-jármű szerkezetet rögzítjük, a biztonságos szétszerelés csak ezután kezdődhet meg. Szükséges lehet daruk használata, illetve emelőbakokkal való stabilizálás. Ezek után állványzatokkal könnyíthetjük meg a szétszerelést.



Diagnosztika

A darabolás előtt az alkatrészek állapotának alapos felmérése, anyag feltérképezés szükséges. Az értékelési tesztek számos kritérium szerint kell elvégezni. A vizsgálati eszközökkel pontos képet kaphatunk az eladható alkatrészek listájáról.

Megfigyelő-rendszer

A megfigyelő-rendszer magába foglalja a kiértékelte adatok feldolgozását és a bontási folyamatok dokumentumba foglalását. Az összegyűjtött adatok kapcsolódnak a tevékenység típusához, az alkalmazott eszközökhöz, az időhöz és a légi járműből eltávolított anyagokhoz. A művelet költségeit itt becsüljük meg, mind a kiadásokat, mind a befolyó összegeket. Fontos figyelembe venni az aktuális árfolyamot és a piaci viszonyokat.

Bontási folyamat

- Különböző szétszerelési módok és ahhoz kapcsolódó követelmények azonosítása.
- Szárny eltávolítása: vágása és alkotóelemeinek válogatása
- Függőleges vezérsík eltávolítása
- Fő teherviselő elem elszeparálása a frontfelület szelvényétől (általában a pilóta-fülke, de itt a vezérlő egységet magába foglaló térrész (elektromos rekesz)).
- Az elemek eltávolítása a hidraulikus rekesztől
- Anyagok csoportosítása típusonként és előkészítésük a hasznosításra vagy eltávolításra, illetve a szállításra

Különféle eszközök és berendezések

Különböző eszközöket alkalmazunk az alkatrészek szétszedésére, eltávolítására. Felhasználásukat az idő-fogyasztás alapján kell értékelni a biztonsági követelményeknek megfelelően.

- Plazmavágó: nagyobb méretű, nagy szilárdságú alkatrészek roncsolásos darabolásához.
- Sarokcsiszoló, flex
- Nagy nyomású vízzel vágó szerszám (2000bar)
- Hidraulikus erővágó
- Kézi szerszámok (villáskulcs, csavarhúzó, lemezvágó, fűrész)
- Mobil emelőgép, targonca

Alkatrészek szétválasztása és tárolása

A különböző elemek, alkatrészek adott anyag szerinti kategóriába sorolása és aszerinti tárolása. Az előző fejezetek szerinti legfontosabb anyagok:

- alumínium
- acél
- titán
- szénszálas és üvegszálas kompozit
- vászon
- egyéb (műanyag (szigetelések, belső burkolatok), kábelek (réz), gumi stb.)

Az előbb említett anyagokat, ha lehetséges a megfelelő technológiával kell újrahasznosítani a továbbiakban.

Pénzügyi vonatkozás

Nyeréséget termelő eljárások

A roncsolás mentesen eltávolított és az előírásoknak megfelelően biztonságosan használható alkatrészek értékesítésével profitot termelhetünk. Ezeket a nyereségeket csak közelítő eljárásokkal lehet meghatározni az árfolyam és a piaci viszonyoktól függően. Ilyen meghatározási módszer a következő:

- Működőképes hajtómű teljes egészében eladható, ez a légi jármű legdrágább alkatrésze
- X tömegű anyag és annak adott árfolyamának szorzata meghatározza a profitot
- Például alumínium esetén: $7969,7 \text{ kg} * 0,7 \text{ \$/kg (jelenlegi ára)} = 5570,9 \text{ \$}$, tehát ha a felhasznált alumínium teljes mennyisége újrahasznosítható lenne, akkor ez az összeg profitként értelmezhető.

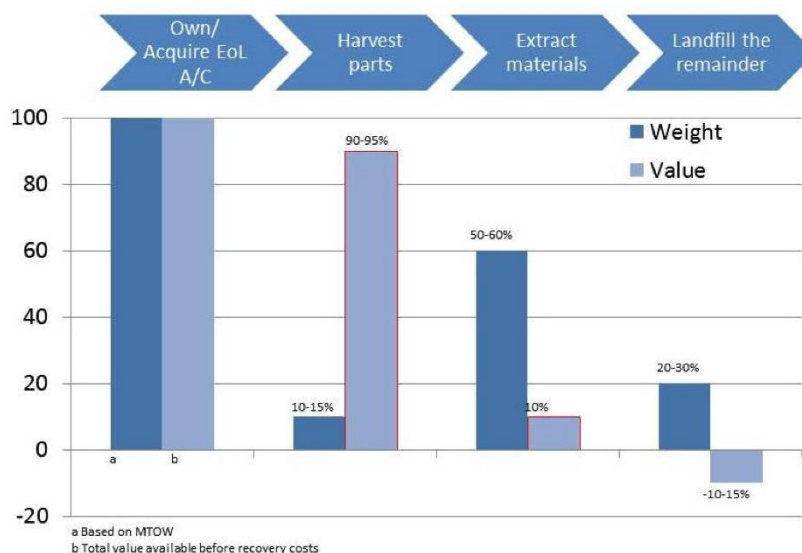
Veszteséges eljárások

Minden szállítás, telephely bérlet, munkabér, rezsi, szerszám és berendezés költség vesztésként jelenik meg a költségbecslés során. A költségbecslés a szükséges idő, lebontandó anyagok meghatározásával állapítható meg. Illetve ide sorolhatóak azok az eljárások, amelyek nem termelnek profitot, de veszteséget sem, mint adott alkatrész elajándékozása egyetemeknek vagy iskoláknak, illetve kutatási célokra.

Költségek a repülőgép teljes élettartalmára

A pforzheim-i műszaki egyetem és a MORE AERO GmbH német cég tanulmánya alapján megállapítható, hogyan alakul a repülőgép újrahasznosítási folyamata.

Ahogy a diagram mutatja, a használható alkatrészek a repülőgépek tömegének 10-15%-át teszik ki és ez teszi ki az újrahasznosításból származó bevétel jelentős részét, 90-95%-át. A kinyert anyagok a légi jármű tömegének legnagyobb részét alkotják (50-60%), de ez csak csekély, 10%-os megtakarítást hoz. A fennmaradó rész földi hulladékként való tárolása számunkra költségekkel fog járni.



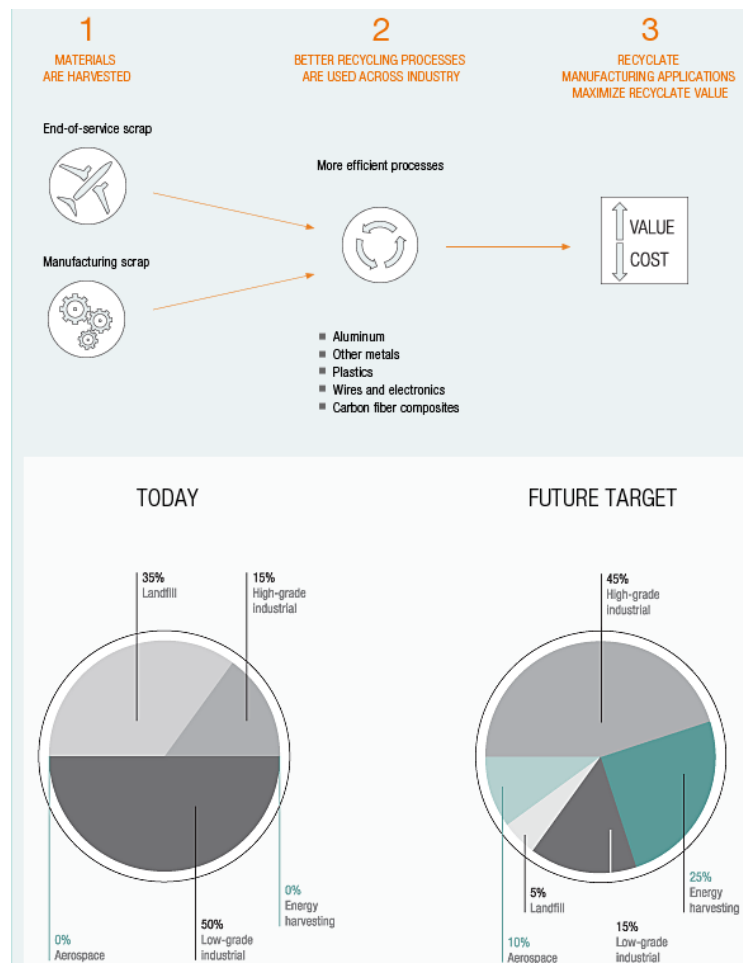
Újrahasznosító cég alkalmazása

Amennyiben újrahasznosító cégre bízunk a repülőgép bontását figyelembe kell vennünk a következőket:

- Elérhető távolságra legyen, mert ezzel jelentős szállítási költségek takaríthatóak meg.
- A bontó kapacitása
- A bontó minősítése: engedélyek, megfelelő minősítésű személyzet
- A repülőgép típus bontásához szükséges eszközök, berendezések és infrastruktúra

Jövőbeni célok

Legfőbb cél a nem újra felhasználható, illetve magára hagyott alkatrészek, anyagok hányadának minimalizálása. Ezt a tervezés során lehet a leghatékonyabban megvalósítani, oly módon, hogy a gyártásból a nem újrahasznosítható anyagok felhasználását csökkentik. Ez maga után vonja a magas minőségű gyártástechnológia alkalmazását, illetve annak fejlesztését (pl.: új kompozit technológia alkalmazásakor a repülőgépeken használt kompozit anyagokat az újrahasznosítás során mobiltelefonok, laptopok és más eszközök gyártásakor lehet felhasználni). Ezzel együtt az újrahasznosítás hatásfoka növekszik, tehát az újra felhasználásból származó bevétel is nő, a kiadások viszont csökkennek.



Összegzés

Az újrahasznosítás számos előnnyel rendelkezik, ezért érdemes vele foglalkozni. Néhány példa erre, mint:

- Energiatakarékosság alumínium teljes kitermelési folyamatához képest (90%-kal csökken a kezdeti értékhez képest)
- Az anyagok (például alumínium) újrahasznosítása repüléstechnikai célokra másodlagos nyersanyagokként
- Az anyagi erőforrások megtakarítása másodlagos nyersanyag felhasználásával
- A szárazföldi hulladékok jelentős csökkenése (nagyjából 66%-kal)
- Környezetvédelem (például toxikus és veszélyes anyagok megfelelő tárolása)
- Az emberek biztonságának biztosítása
- A repüléstechnikai alkatrészek és berendezések szükséges megbízhatóságának és biztonságának biztosítása

9 Források

Kutatás fejlesztés:

<https://prezi.com/x1iljvucdtgk/a-kutatas-es-fejleszt-es-fontossaga/>
<https://www.rsm.hu/blog/2014/08/a-kf-tevekenyseg-szamvitele>
<http://vanessia.hu/index.php/vanessia-blog/item/354-gyakorlati-tudnivalok-a-k-fpalyazatokhoz-elszamolhato-koltsegek>
<https://www.marketingcommando.hu/blog/a-piackutatas-alapjai-hogyan-fogj-hozza>
<https://hu.wikipedia.org/wiki/Kutat%C3%A1s-fejleszt%C3%A9s>
http://szak-ma.hu/data/cikk/10/692/cikk_100692/Hargitai_Judit_A_K+Fel_kapcsolatos_vagyon_es_annak_merese.pdf

Gyártás

http://www.halley.hu/apollo.php?kat_nev=Apollo%20Wings
http://pt.bme.hu/~vas/Publik%E1ci%F3k_OTKA_K100949/H52_J49_Szakdolgozat_T%F3th_2013.pdf
<https://www.vikingair.com/sites/default/files/documents/Viking%20Twin%20Otter%20Series%20400%20Technical%20Specifications%2010-15%20Revision.pdf>
[https://en.wikipedia.org/wiki/Load_factor_\(aeronautics\)#Design_standards](https://en.wikipedia.org/wiki/Load_factor_(aeronautics)#Design_standards)
https://www.southampton.ac.uk/~jps7/Aircraft%20Design%20Resources/weight/Component%20Weights_files/enginewt.gif

Karen Willcox (MIT Aerospace Computational Design Laboratory)-Cost Analysis

Üzemeltetés

- [1] José Miguel Vasconcelos Oliveira: Development of Operating Cost Models for the Preliminary Design Optimization of an Aircraft
- [2] <http://ceras.ilr.rwth-aachen.de/trac/wiki/CeRAS/ToolsAndMethodologies/DOC>
- [3] Richard Raustad: Electric Vehicle Life Cycle Cost Analysis
- [4] <https://ais.hungarocontrol.hu/aip/2018-08-16/>
- [5] <http://airportcharges.com/>
- [6] Erdman, Theodore J.: Life-Cycle Cost Analysis for Small Unmanned Aircraft Systems Deployed Aboard Coast Guard Cutters

Újrahasznosítás

http://www.env-isa.com/wp-content/uploads/2014/07/Conference_wheel.jpg

<http://www.mdpi.com/2313-4321/2/4/21/htm>

https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_4_08/article_02_1.html

<https://www.airspacemag.com/flight-today/we-recycle-15694361/>

<http://airlines.iata.org/analysis/aircraft-recycling-the-life-and-times-of-an-aircraft>