

Procjena troškova održavanja zrakoplova Diamond DV20 Katana

Aušić, David

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:837438>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-05**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

David Aušić

**PROCJENA TROŠKOVA ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA
DIAMOND DV20 KATANA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 6. travnja 2020.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**
Predmet: **Eksploatacija i održavanje zrakoplova**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5646

Pristupnik: **David Aušić (0135248755)**
Studij: **Aeronautika**
Smjer: **Pilot**
Usmjerenje: **Civilni pilot**

Zadatak: **Procjena troškova održavanja zrakoplova Diamond DV20 Katana**

Opis zadatka:

U radu je potrebno analizirati troškove životnog vijeka zrakoplova uz poseban osvrt na elemente troškova eksploatacije zrakoplova, odnosno udjela troškova održavanja u troškovima eksploatacije. Potrebno je opisati poznate metode za procjenu direktnih operativnih troškova zrakoplova, koje se uglavnom primjenjuju za velike komercijalne zrakoplove s mlaznim motorima. Na primjeru zrakoplova Diamond DV20 Katana, postaviti metodu za procjenu troškova održavanja kao dijela troškova eksploatacije zrakoplova.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

izv. prof. dr. sc. Anita Domitrović

**Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti**

**PROCJENA TROŠKOVA ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA DIAMOND
DV20 KATANA**

**COST ASSESSMENT OF DIAMOND DV20 KATANA AIRCRAFT
MAINTAINANCE**

Mentor: izv.prof. dr. sc. Anita Domitrović

Student: David Aušić

JMBAG: 0135248755

Zagreb, rujan 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

Ovim putem zahvaljujem se mentorici izv.prof. dr. sc. Aniti Domitrović na ukazanoj pomoći i povjerenju prilikom pisanja završnog rada, ali i kroz cijelo dosadašnje fakultetsko obrazovanje.

Zahvaljujem se svim djelatnicima Hrvatskog zrakoplovnog nastavnog središta na suradnji kako bi završni rad bio što bolji i kvalitetniji.

Na kraju se želim zahvaliti svojoj obitelji bez čije potpore ne bih uspio.

Zagreb, rujan 2020.

SAŽETAK:

Održavanje zrakoplova neizostavan je dio sigurnog korištenja zrakoplova. Održavanje dolazi uz određene troškove koje snosi operater ili sami vlasnik zrakoplova. Na temelju analize poznatih metoda za izračun troškova održavanja velikih komercijalnih zrakoplova te prilagodbom za lagani, sportsko rekreativni zrakoplov, izvedena je metoda kojom je moguće odrediti troškove održavanja lakog zrakoplova. Za konkretan primjer određivanja troškova održavanja uzet je zrakoplov Diamond DV20 Katana.

KLJUČNE RIJEČI: održavanje, troškovi, metode za izračun, laki zrakoplov

SUMMARY:

Aircraft maintenance is indispensable part of safe usage of aircraft. Maintenance comes with certain expenses that are paid by operator or the owner of the aircraft. Analysing known operating cost methods used for large commercial aircrafts and adjusting them for light – sport aircraft, new method has been made which makes determining cost method possible. Airplane Diamond DV20 Katana is used for an example.

KEYWORDS: maintenance, expenses, cost method, light aircraft

Sadržaj

1. Uvod.....	2
2. Elementi troškova eksploatacije i održavanja zrakoplova.....	3
2.1 Troškovi životnog vijeka zrakoplova.....	3
2.2 Troškovi eksploatacije zrakoplova	5
2.2.1 Direktni operativni troškovi [DOC]	6
2.2.2 Indirektni operativni troškovi [IOC]	7
3. Metode za procjenu operativnih troškova	8
3.1 ATA metoda	8
3.2 DOC System metoda	9
3.3 AEA metoda	10
3.4 Eastlake Model	11
4. Procjena troškova održavanja kao dijela troškova eksploatacije.....	15
4.1 Prilagođena metoda za male zrakoplove	15
4.2 Procjena troškova temeljena na Eastlake modelu	19
5. Zaključak.....	24
Literatura	25
Popis slika	27

1. Uvod

Održavanje zrakoplova predstavlja skup aktivnosti kojima je cilj održavanje ploidbenosti zrakoplova kako bi se njime mogle provoditi sigurne i učinkovite operacije. Osim što zrakoplov mora biti siguran, s ekonomskog stajališta on mora biti i isplativ. Troškovi održavanja zrakoplova inače iznose oko jedne petine same cijene zrakoplova, no mogu iznositi i puno više. Pod troškove koje snosi operater (vlasnik) zrakoplova uz one same nabave zrakoplova ulaze i mnogi drugi poput troškova održavanja, tj. planiranih i neplaniranih popravaka, troškovi tehničke dokumentacije, troškovi obuke, troškovi informatičke podrške za održavanje, troškovi prostora, poglavito hangara i slični.

Predmet ovog završnog rada je procjena troškova održavanja zrakoplova, te prilagodba poznatih metoda za lagani zrakoplov, u konkretnom slučaju za Diamond Katanu DV20.

Rad je strukturiran u 5 poglavlja :

1. Uvod
2. Elementi troškova eksploatacije
3. Metode za procjenu operativnih troškova
4. Procjena troškova održavanja Diamond DV20 Katane
5. Zaključak.

Nakon uvodnog dijela, u drugom poglavlju slijedi upoznavanje sa općenitim troškovima koje sa sobom donosi vlasništvo zrakoplova ukoliko se želi ispravno i redovno koristiti.

Treće poglavlje detaljnije opisuje poznate metode izračuna operativnih troškova zrakoplova koje se primjenjuju u velikoj avijaciji.

Četvrto poglavlje govori o prilagodbi poznatih metoda za izračun troškova laganog zrakoplova, te o izravnim vrijednostima vezanim za avion DA20.

U zaključku se donose završna razmatranja o izračunima troškova održavanja koji su provedeni.

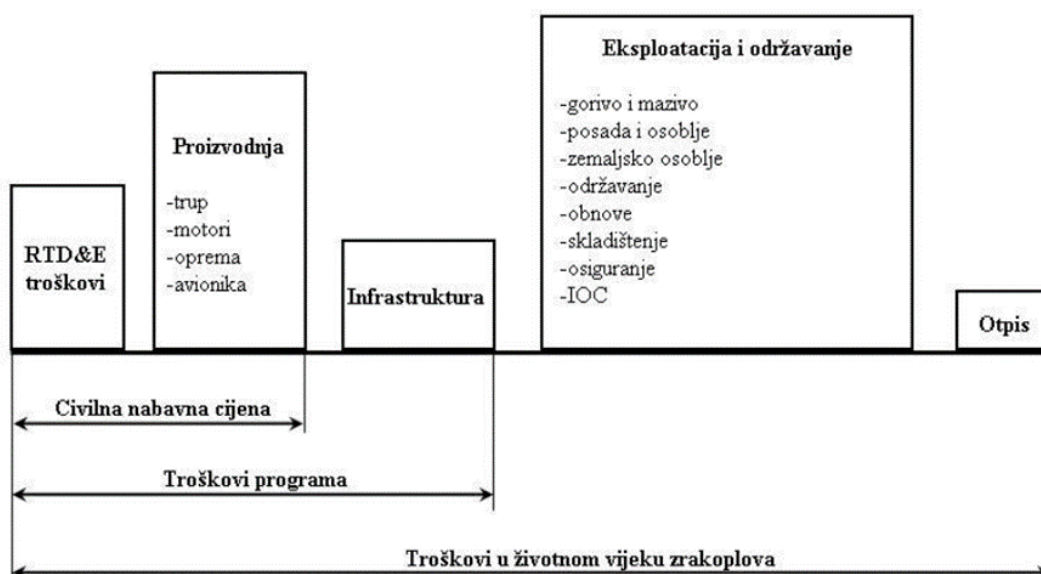
2. Elementi troškova eksploatacije i održavanja zrakoplova

Eksploatacija zrakoplova u širem smislu predstavlja onaj dio životnog vijeka zrakoplova u kojem se zrakoplov koristi za obavljanje raznih zrakoplovnih operacija. Eksploatacija i održavanje su međusobno prožeti jer svaki zrakoplov u eksploataciji mora propisno održavati radi same tehničke ispravnosti, odnosno održavanja ploidbenosti. U ovom poglavlju obrađuju se vrste raznih troškova održavanja i eksploatacije zrakoplova.

2.1 Troškovi životnog vijeka zrakoplova

Životni vijek zrakoplova može se podijeliti u nekoliko faza: [1]

1. Istraživanje, razvoj i ispitivanje zrakoplova (engl. *Research, Development, Test, Evaluation – RDTE*)
2. Proizvodnja zrakoplova (engl. *Acquisition Cost – ACQ*)
3. Eksploatacija i održavanje (engl. *Operations Cost – OPS*)
4. Otpis, tj. Rashodovanje (engl. *Disposal Cost – DISP*)



Slika 1. Elementi troškova ciklusa u životnom vijeku zrakoplova

Izvor: [1]

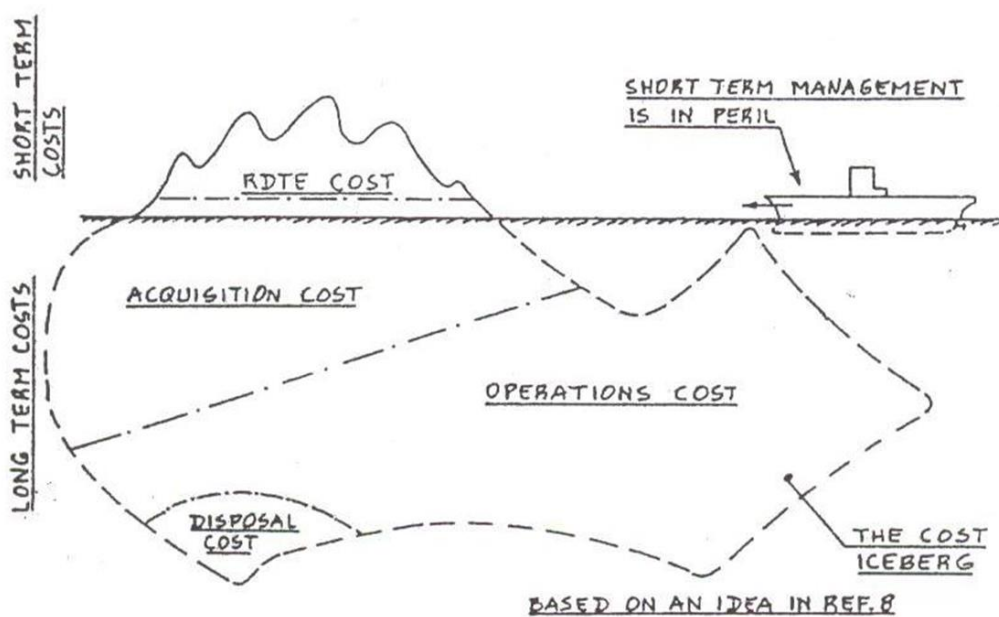
Na slici 1 prikazani su ukupni troškovi u životnom vijeku zrakoplova te se jasno vidi kako su Eksploatacija i održavanje zrakoplova najveći dio troška. Prilikom razmišljanja o kupnji zrakoplova prvo što je primjetno samo je ona prva civilna nabavna cijena (ukoliko se radi o privatnom vlasniku), što je samo jedan dio stvarnog troška.

Ukupni troškovi se sastoje od troška istraživanja, testiranja, proizvodnje, nabave, korištenja zrakoplova. [1]

$$LCC = C_{RTDE} + C_{ACQ} + C_{OPS} + C_{DISP}$$

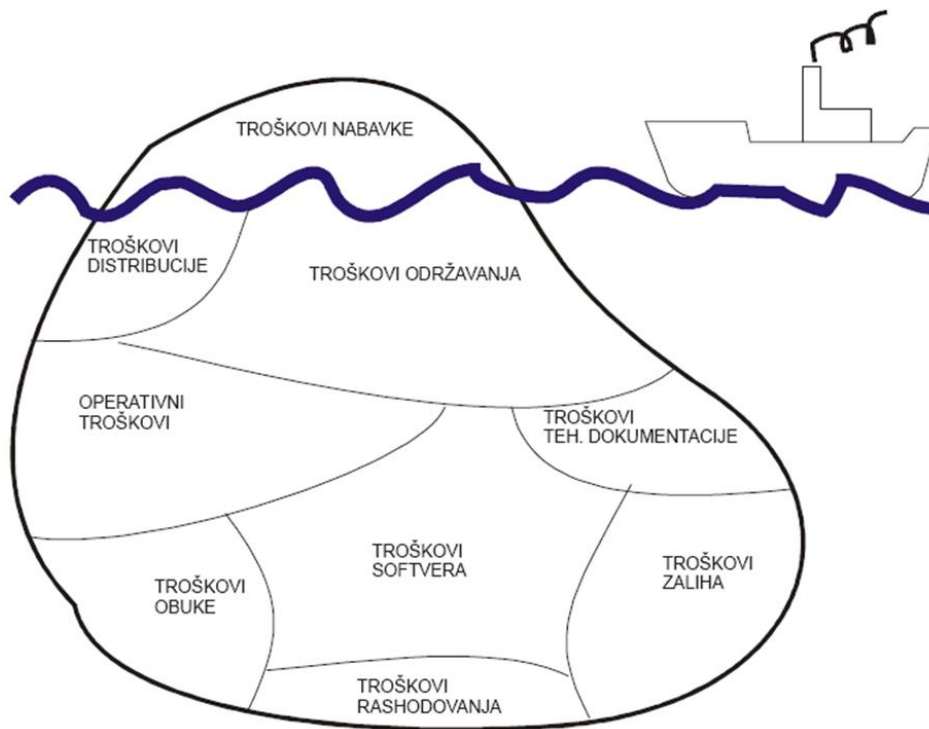
gdje su:

- C_{RTDE} – troškovi istraživanja, testiranja i certificiranja
- C_{ACQ} – troškovi nabavke
- C_{OPS} – operativni troškovi
- C_{DISP} – troškovi održavanja nakon upotrebe



Slika 2: Troškovi održavanja s aspekta proizvođača

Izvor: [1]



Slika 3: Troškovi održavanja s aspekta operatera

Izvor: [1]

Troškovi održavanja se mogu vizualizirati uspoređujući ih sa ledenim brijegom. Na prvi pogled vidljiv je samo mali dio ukupnih troškova koji dolaze sa nabavkom zrakoplova no većinski dio troškova je ispod vode. Na Slici 2 vidljivi su naizgled nepostojeći troškovi održavanja prilikom kupnje s aspekta proizvođača zrakoplova. Slika 3 prikazuje troškove koji dolaze uz nabavku zrakoplova koje snosi operater zrakoplova. [1]

2.2 Troškovi eksploatacije zrakoplova

S obzirom da najveći dio ukupnih troškova otpada upravo na troškove eksploatacije i održavanja zrakoplova, taj dio je i ekonomski najbitniji, ali i najvarijabilniji. Ukoliko se zanemare privatni vlasnici kojima zrakoplov ne služi za materijalnu dobit, ukupni prihod zrakoplova mora biti veći od tih troškova kako bi zrakoplov bio ekonomski isplativ.

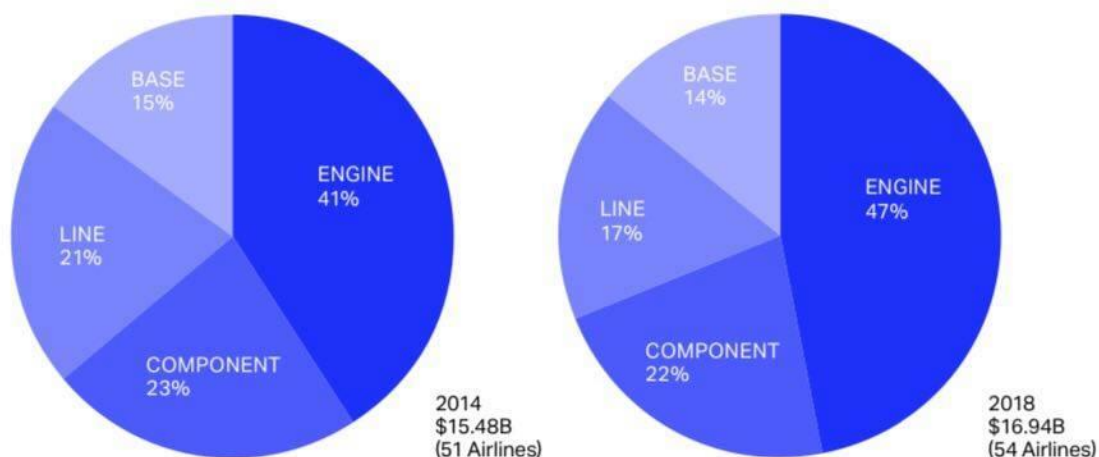
Troškovi eksploatacije zrakoplova dijele se na : [1]

- Direktne operativne troškove (engl. *Direct Operating Cost – DOC*)
- Indirektne operativne troškove (engl. *Indirect Operating Cost – IOC*)

2.2.1 Direktni operativni troškovi [DOC]

Direktni operativni troškovi (DOC) prema definiciji predstavljaju samo troškove isključivo povezane sa zrakoplovom. Direktni operativni troškovi uključuju: [1]

- troškove letačkog osoblja
- troškove goriva
- troškove održavanja strukture, sustava i pogonskog sustava
- troškove amortizacije
- troškove kamata
- troškove najma zrakoplova
- troškove osiguranja zrakoplova
- navigacijske i aerodromske naknade



Slika 4: Evolucija Direktnih Operativnih troškova FY2014 & FY2018

Izvor: [2]

Na slici 4. prikazana je promjena Direktnih operativnih troškova koja je blaga ali postojana u razmaku od 4 godine.

Troškovi održavanja motora i nabavke rezervnih dijelova su i dalje najveći dio direktnih operativnih troškova (47% i 22% - 2018.god). [2]

2.2.2 Indirektni operativni troškovi [IOC]

Indirektni operativni troškovi (IOC) su nadopuna Direktnih operativnih troškova. DOC su vezani uz troškove samog aviona, IOC su troškovi koji se povezuju s putnicima i oni su različiti od kompanije do kompanije. Prilikom dizajniranja moguće je ograničiti se samo DOC jer IOC prema definiciji ne ovisi o samom zrakoplovu. IOC se mogu podijeliti na tri grupe troškova : [1]

- Troškovi vezani za zrakoplov i njegovu eksploataciju (zemaljska oprema, hangar, kabinsko osoblje, prihvat i otprema)
- Troškovi vezani za prijevoz putnika (osiguranja putnika, rezervacija i prodaja karata, catering)
- Troškovi vezani za prijevoz robe (osiguranje robe, skladištenje robe, transport do skladišta, iskrcaj i ukrcaj).

Za kompaniju koja prometuje redovne letove, IOC su otprilike jednakog iznosa kao DOC. U slučaju charter letova, IOC je nešto niži od DOC. [3]

3. Metode za procjenu operativnih troškova

U ovom dijelu rada opisane su metode za procjenu direktnih operativnih troškova. Poznate metode se uglavnom koriste za procjenu troškova velikih komercijalnih zrakoplova s mlaznim motorima. Većina metoda za procjenu direktnih operativnih troškova nastala je u početku od strane udruženja zračnih prijevoznika ili od samog proizvođača zrakoplova. Neke od najpoznatijih su: [1]

- *Air Transport Association of America (ATA)*
- *American Airlines (AA)*
- *Association of European Airlines (AEA)*
- *Fokker*
- *National Aeronautics & Space Administration (NASA)*
- *Boeing*

3.1 ATA metoda

Jedna od metoda je i ATA (*Air Transport Association of America*) metoda proračuna direktnih operativnih troškova. Radi se o metodi proračuna operativnih troškova koja datira još iz 1944. godine te se zasniva na Douglas DC-S serije aviona. U vrijeme nastanka ove metode, zračni prijevoz se većinom odvijao pomoću klipnih motora dok su danas češće korišteni turbinski pogonjeni motori. Tijekom godina metoda je modificirana u skladu s promjenama te se i dalje može koristiti uz blage promjene troškova letačke posade i održavanja motora.

U te troškove ulaze troškovi pilota i kabinskog osoblja, goriva, troškovi održavanja zrakoplova (kako same konstrukcije tako i zrakoplovnih sustava), troškovi osiguranja zrakoplova. Troškovi održavanja ovise o različitim elementima. Sama klasifikacija zrakoplova tijekom vaganja mase aviona, broj i vrsta motora koji se koriste, kao i polumjer krakova elise. Još jedna bitna stavka je i mogućnost nabave rezervnih dijelova.

Najvarijabilniji dio ATA DOC metode su upravo troškovi održavanja. tj. količina posla i vremena utrošenog na održavanje. Tehnološki napredak zrakoplovnih sustava koje

dovodi do povećanja sigurnosti, kao i nova *fly by wire* tehnologija, uzrokuju konstantno mijenjanje parametara. [4]

Prema ATA metodi direktni operativni troškovi se računaju prema: [1]

$$\text{DOC}_{\text{MAINT}} = C_{\text{lab/ap}} + C_{\text{lab/eng}} + C_{\text{mat/ap}} + C_{\text{mat/eng}} + C_{\text{amb}}$$

gdje su:

- $C_{\text{lab/ap}}$ – troškovi radne snage koji su potrebni za održavanje konstrukcije i sustava BEZ motora u USD/NM
- $C_{\text{lab/eng}}$ – troškovi radne snage koji su potrebni isključivo za održavanje motora u USD/NM
- $C_{\text{mat/ap}}$ – troškovi materijala za održavanje konstrukcije i sustava zrakoplova BEZ motora u USD/NM
- $C_{\text{mat/eng}}$ – troškovi materijala za održavanje motora u USD/NM
- C_{amb} – režijski troškovi održavanja u USD/NM

3.2 DOC System metoda

Najčešće korištena metoda procjene direktnih operativnih troškova u civilnom zrakoplovstvu je upravo DOC system metoda. Zračni prijevoznici pomoću ove metode mogu odabrati optimalni zrakoplov koji odgovara njihovim zahtjevima, no vrlo je zastupljena i kod proizvođača te zrakoplovnih inženjera koji ju koriste u svrhu izrade optimalnog dizajna. Pomoću nje se određeni operativni troškovi mogu predvidjeti još prilikom samog projektiranja zrakoplova.

Ukoliko se izabere DOC system metoda, potrebno ju je prilagoditi zadanim zrakoplovnim sustavima. Prilikom uspoređivanja i odlučivanja za određeni dizajn, dozvoljeno je promatrati samo one troškove koji su direktno vezani za sustav zrakoplova. Koriste se operativni troškovi vezani uz amortizaciju zrakoplova, gorivo, održavanje, pouzdanost rada sustava te trošak rezervnih dijelova zrakoplova. [5]

Osnovna formula DOC System metode za izračun direktnih operativnih troškova glasi: [1]

$$\text{DOC}_{\text{sys}} = \text{Depr}_{\text{sys}} + \text{Fuel}_{\text{sys}} + \text{DMC}_{\text{sys}} + \text{DR}_{\text{sys}} + \text{SHC}_{\text{sys}}$$

gdje su:

- **Depr_{sys}** – trošak amortizacije sustava
- **Fuel_{sys}** – trošak goriva
- **DMC_{sys}** – trošak održavanja sustava
- **DR_{sys}** – trošak pouzdanosti rada sustava
- **SHC_{sys}** – trošak rezervnih dijelova

Troškovi održavanja sustava su dosta komplicirani za odrediti te uz troškove rezervnih dijelova zauzimaju najveći dio ukupnih troškova. Uobičajeno su razdvojeni u dvije grupe troškova, onih za redovno održavanje (*maintenance*) i onih za popravak (*repair*). Prilikom projektiranja zrakoplova koji još nije bio terenski testiran ti podaci nisu bili predstavljeni, niti ih je lako predvidjeti. Zbog toga se prilikom početaka projektiranja koristi komparativna metoda koja uspoređuje novi projektirani zrakoplov sa već postojećim sustavom

DOC System metoda je u mogućnosti predvidjeti operativne troškove još tijekom projektiranja te pokazuje kako su sama cijena sustava i njegova amortizacija veliki dio troškova, sama masa sustava uzrokuje veće potrebe za gorivom što smanjuje mogući plaćeni teret (*payload*), te na kraju kako sve veća kompleksnost zrakoplovnih sustava uzrokuje visoke troškove održavanja. DOC System metoda je imala veliki uspjeh kada je bila pretvorena i u računalni program što omogućuje brze i jednostavne izračune. [5]

3.3 AEA metoda

AEA (*Association of European Airlines*) metoda je metoda za predviđanje operativnih troškova koja je nastala u Europi 1980.-ih godina. Razlika od prethodno spomenutih metoda je da su prethodne bile razvijene za mlazne (turbo-mlazne) zrakoplove, dok AEA metoda pruža mogućnost obrađivanja podataka i za turbo prop zrakoplove, što je velika prednost. Od 1989. godine dolazi za zrakoplove srednjeg i dugog doleta, „*medium range*“ i „*long range*“. [3] [1]

Ova metoda uključuje troškove amortizacije, kamata, osiguranja, goriva, održavanja, letačkog i kabinskog osoblja, naknada i pristojbi. [1]

$$C_{\text{doc}} = C_{\text{DEP}} + C_{\text{INT}} + C_{\text{INS}} + C_{\text{F}} + C_{\text{M}} + C_{\text{C}} + C_{\text{FEE}}$$

gdje su:

- C_{DEP} – troškovi amortizacije
- C_{INT} – troškovi kamata
- C_{INS} – troškovi osiguranja
- C_{F} – troškovi goriva
- C_{M} – troškovi održavanja
- C_{C} – troškovi letačkog i kabinskog osoblja
- C_{FEE} – troškovi naknada i pristojbi

3.4 Eastlake Model

Ova metoda je zasnovana na modificiranoj verziji DAPCA-IV modela procjene operativnih troškova. Ova metoda se bavi kako izračunom operativnih troškova tako i predviđanjem troškova samog dizajna i proizvodnje aviona.

Jedna od važnijih stavki prilikom kupnje aviona je upravo ukupan trošak njegova vlasništva. Ova metoda te brojeve donosi u obliku odnosa između ukupnih troškova vlasništva i održavanja te sati naleta aviona. Spomenuti model je temeljen na stvarnom iskustvu vlasnika zrakoplova. Primarni unosi su broj sati godišnjeg naleta, cijena goriva, količina novca koji je posuđen za nabavu zrakoplova, osiguranje zrakoplova i sl. Ovaj model je zasnovan na pretpostavci da za jedan sat leta je potrebno 0.3 sati održavanja. Metoda je predstavljena za vlasnike koji su ujedno i piloti pa u model većinom nije uračunat trošak letačke posade. Troškovi hangara, godišnjih inspekcija, te remont (*overhaul*) motora su uključeni u model. Krajnji trošak je na kraju izražen u jedinici dolara po letačkom satu. [6]

Broj letačkih sati po godini varira od par stotina do tisuću sati (avioni korišteni za obučavanje), a za prosjek se uzima 300 sati u godini.

U nastavku se navode dijelovi troškova koji se uzimaju u obzir, sukladno metodi.

1. Troškovi održavanja

$$C_{AP} = F_{MF} \times R_{AP} \times Q_{FLGT}$$

gdje su:

- F_{MF} - odnos satova održavanja i sati naleta (vidi ispod)
- R_{AP} - Prosječna satnica mehaničara (inače 53\$-67\$/h----kod nas mora biti manja satnica vidi s profesoricom)
- Q_{FLGT} - broj letačkih sati u godini

2. Odnos sati održavanja i sati naleta

$$F_{MF} = 0.30 + F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8$$

gdje su:

$F_1 = -0,15$ ukoliko održavanje provodi vlasnik, a $=0$ ukoliko ga provodi mehaničar

$F_2 = 0$ za motor s laganim pristupom, $=0.02$ za motor s teškim pristupom

$F_3 = 0$ za ne pokretni stajni trap i $=0.02$ za uvlačiv stajni trap

$F_4 = 0$ ukoliko VFR radio nije instalirana i $=0.02$ ukoliko je opremljen VFR radiom

$F_5 = 0$ ukoliko IFR radio nije instaliran i $=0.04$ ukoliko je opremljen IFR radiom

$F_6 = 0$ ukoliko integralni spremnici za gorivo nisu instalirani i $=0.01$ ukoliko su takvi spremnici instalirani

$F_7 = 0$ za jednostavni sustav zakrilaca i $=0.02$ za kompleksni sustav zakrilca

$F_8 = -0.10$ za LSA letjelice i $=0$ za one koje spadaju pod 14 *CFR Part 23*

3. Troškovi skladištenja

Zrakoplovi se moraju skladištiti u hangaru te je za pretpostavku u SAD-u koristi cijena od 250\$ po mjesecu (R_{STOR}).

$$C_{STOR} = 12 \times R_{STOR}$$

4. Godišnji troškovi goriva

$$\begin{aligned} C_{\text{FUEL}} &= \text{BHP}_{\text{CRUISE}} \times \text{SFC}_{\text{CRUISE}} \times Q_{\text{FLGT}} \times R_{\text{FUEL}} / 6.5 \\ &= \text{FF}_{\text{CRUISE}} \times Q_{\text{FLGT}} \times R_{\text{FUEL}} \end{aligned}$$

gdje su:

$\text{BHP}_{\text{CRUISE}}$ – Uobičajena konjska snaga tijekom krstarenja

$\text{SFC}_{\text{CRUISE}}$ – Uobičajena potrošnja goriva prilikom krstarenja

$\text{FF}_{\text{CRUISE}}$ – Uobičajeni protok goriva po satu tijekom krstarenja

R_{FUEL} – Cijena goriva u \$/galonu

5. Godišnji troškovi osiguranja

$$C_{\text{INS}} = 500 + 0.015 \times C_{\text{AC}}$$

C_{AC} = osigurana cijena zrakoplova

Ukoliko se radi o zrakoplovu novog dizajna, C_{AC} je jednak nabavnoj cijeni novog zrakoplova

6. Godišnji troškovi inspekcije

$$C_{\text{INSP}} = 500\$$$

7. Godišnji troškovi remonta (*overhaul*)

Motor zrakoplova zahtjeva redovni remont ovisno o njegovom TBO (*time between overhaul*). Npr. *Lycoming* i *Continental* motori inače imaju TBO od otprilike 2000 sati. Ukoliko je trošak cijelog remonta očekivanih 10 000\$, dolazimo do jednostavnog broja od 5\$ po satu leta.

$$C_{\text{OVER}} = 5 \times N_{\text{pp}} \times Q_{\text{FLGT}}$$

gdje je: N_{pp} – broj motora

8. Otplata kredita na godišnjoj bazi

$$C_{\text{LOAN}} = 12 \times P_i / [1 - 1/(1+i)^n]$$

Gdje su:

P – temeljni iznos novca posuđen

i- Mjesečna kamata

n- broj rata izražen u mjesecima (u tom slučaju npr. 15 godina bi bilo 15 x 12= 180 rata)

Navedenim stavkama dolazimo do konačne formule godišnjih troškova:

$$C_{\text{YEAR}} = C_{\text{CAP}} + C_{\text{STOR}} + C_{\text{FUEL}} + C_{\text{INS}} + C_{\text{INSP}} + C_{\text{COVER}} + C_{\text{LOAN}}$$

I na kraju, podatak o konačnom iznosu godišnjih troškova potrebno je podijeliti s brojem letačkih sati iste godine kako bi se dobila konačna cijena jednog letačkog sata zrakoplova.

$$C_{\text{HR}} = C_{\text{YEAR}} / Q_{\text{FLGT}}$$

4. Procjena troškova održavanja kao dijela troškova eksploatacije

U ovom poglavlju predstavljen je izračun troškova održavanja kao dijela troškova eksploatacije zrakoplova DV20 Katana na dva načina uz dva različita izvora podataka.

Diamond DV20 Katana je lagani zrakoplov sa dva sjedala. Proizvodi se u Austriji pod proizvođačem Diamond Aircraft. Radi se o jednomotornom avionu koji je nisko krilac te se često koristi za školovanje te kao sportsko -rekreativni zrakoplov. Namijenjen je za VFR letenje te je opremljen motorom Rotax 912 S3. [7]

Prvi način izračuna prikazan u ovom poglavlju slijedi slobodnu metodu sa dostupnim podacima od privatnog vlasnika zrakoplova Katana. [8]

Drugi način izračuna je kreirana metoda na temelju dostupnih metoda iz literature, koje se inače koriste za velike komercijalne zrakoplove na mlazni pogon. Baza metode je upravo Eastlake model. Metoda je prilagođena za sportsko- rekreativni zrakoplov s klipnim pogonom i dana je na primjeru zrakoplova Katana DV20.

Ulazni podatci za prvi model su podatci privatnog vlasnika Katane, dok su ulazni podatci za model temeljen na Eastlake modelu uzeti iz izvora regionalne pilotske škole, prema iskustvenim podacima eksploatacije zrakoplova Diamond DV20 Katana.

4.1 Prilagođena metoda za male zrakoplove

S obzirom kako su obrađene metode namijenjene velikim zrakoplovima, nije ih moguće u potpunosti primijeniti na malim zrakoplovima (DV20 Katana) jer se održavanje, kao i sam princip vođenja zrakoplova razlikuju. Pod pretpostavkom da je vlasnik ujedno i pilot, zanemaruju se troškovi letачke posade. Uz poznate podatke najbolji način je prvo podijeliti troškove na fiksne i varijabilne. Pod fiksne troškove ulaze osnovna nabavna cijena zrakoplova, godišnji troškovi inspekcije, troškovi hangara, meteoroloških usluga, osiguranja, obnavljanje i modernizacija, te amortizacija. U varijabilne troškove ulaze cijena goriva, ulja, te održavanja. Svi računi su obavljani pod pretpostavkom da se radi o troškovima u periodu od godinu dana tijekom kojeg zrakoplov obavi 500 sati naleta. [8]

$$C_{\text{FIXED}} = C_{\text{INSP}} + C_{\text{STOR}} + C_{\text{WEATHER}} + C_{\text{INS}} + C_{\text{MODERN}} + C_{\text{DEPR}}$$

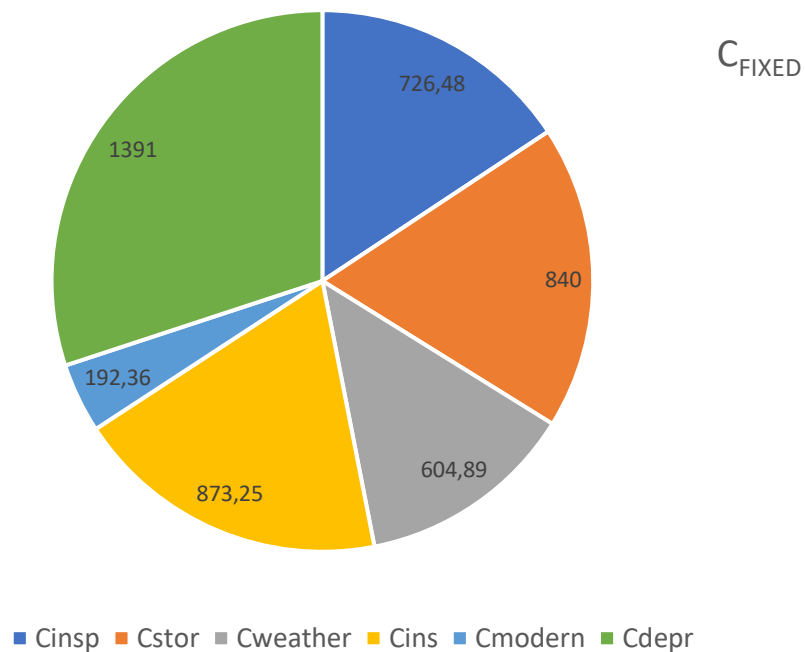
gdje su:

- C_{INSP} – cijena godišnje inspekcije
- C_{STOR} – cijena hangara
- C_{WEATHER} – cijena meteoroloških usluga
- C_{INS} – cijena osiguranja
- C_{MODERN} – cijena modernizacije i obavljanja
- C_{DEPR} – iznos amortizacije

Unosni podatci fiksnih troškova: [8]

Cijena godišnje inspekcije	726,48\$
Cijena hangara na godinu dana	840\$
Cijena meteoroloških usluga	604,89\$
Cijena osiguranja	873,25\$
Cijena modernizacije i obavljanja	192,36\$
Iznos amortizacije	1391\$

$$C_{\text{FIXED}} = 726,48\$ + 840\$ + 604,89\$ + 873,25\$ + 192,36\$ + 1\ 391\$ = 4\ 627,98\$/\text{god}$$



Slika 5: Iznos fiksnih troškova

Izvor : [8]

Iz slike 5. jasno je vidljivo kako su fiksni troškovi prilično jednako podijeljeni u grafu, a najviše otpada čak na samu amortizaciju zrakoplova.

Unosni podatci varijabilnih troškova: [8]

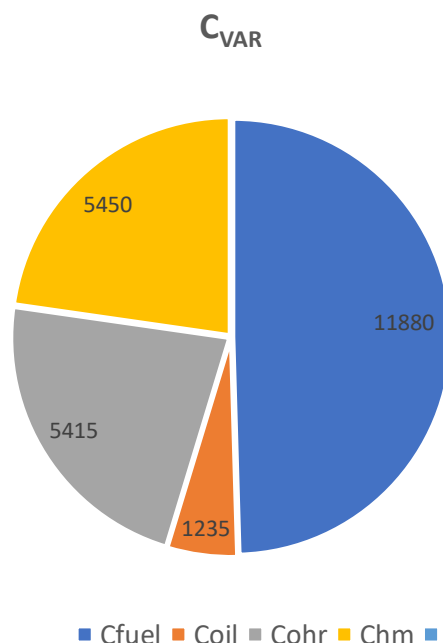
Cijena galona goriva	5,40 \$/gal
Cijena ulja	2,47 \$ /h
Cijena remont rezervi	10,83 \$/h
Cijena održavanja	10,90 \$/h
Potrošnja goriva	4,4 gal/h

$$C_{VAR} = C_{FUEL} + C_{OIL} + C_{OHR} + C_{HM}$$

gdje su:

- C_{FUEL} – cijena goriva (4,4 gal/h @ 5,40\$/gal)
- C_{OIL} – cijena ulja
- C_{OHR} – cijena *overhaul* rezervi
- C_{HM} – trošak održavanja po satu leta

$$C_{VAR} = (4,4 \times 500 \times 5,40) + (2,47 \times 500) + (10,83 \times 500) + (10,90 \times 500) = 11880\$ + 1235\$ + 5415\$ + 5450\$ = 23980\$$$



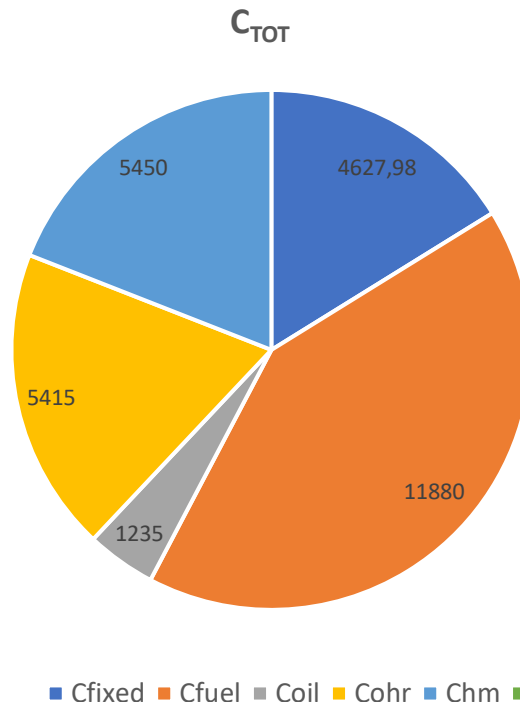
Slika 6: Iznos varijabilnih troškova

Izvor: [8]

Na slici 6 prikazan je omjer varijabilnih troškova te je jasno vidljivo kako gorivo čini najveći dio troška.

Ukupni godišnji trošak aviona Diamond DV20 Katana C_{TOT} iznosi:

$$C_{TOT} = C_{FIXED} + C_{VAR} = 4\,627,98\$ + 23\,980\$ = 28\,607,98\$$$



Slika 7: Ukupni godišnji trošak

Izvor: [8]

Na slici 7. prikazan je ukupni omjer fiksnih i varijabilnih troškova. Uz poznate dvije krajnje vrijednosti, C_{TOT} i poznatog ukupnog naleta od 500 sati, krajnji iznos cijene jednog letačkog sata iznosi **57,2\$ ili 363,6kn**

Iz grafa je jasno vidljivo kako najveći dio troškova pripada upravo onima goriva i održavanja zrakoplova. Uz poznatu činjenicu da se radi o periodu od godinu dana u kojem smo napravili nalet od 500h, dolazi se upravo do cijene jednog letačkog sata koju operater ukoliko zrakoplov ne koristi u osobne svrhe mora minimalno naplatiti kako bi pokrio svoje troškove.

4.2 Procjena troškova temeljena na Eastlake modelu

S obzirom da su sve poznate i obrađene metode namijenjene analizi troškova velikih zrakoplova, potrebno je napraviti par preinaka i odstupanja od osnovnih modela.

Metoda koja se zasniva na modificiranoj verziji DAPCA-IV modela procjene troškova je najpodobnija za prilagodbu kako bi napravili procjenu troškova lakog zrakoplova kao što je Diamond DV20 Katana, zato što model ima razna odstupanja ovisno radi li se o malom, srednjem ili velikom zrakoplovu, koji se koristi za poslovnu avijaciju. [6]

Navode se redom pojedinačni dijelovi ukupnih troškova prema navedenoj metodi.

1. Odnos sati održavanja i sati naleta (F_{MF})

$$F_{MF} = 0,30 + F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7$$

gdje su:

$F_1 = 0$ (održavanje provodi tehnička služba, a ne sam vlasnik)

$F_2 = 0$ s obzirom da se radi o motoru s laganim pristupom

$F_3 = 0$ s obzirom da ima fiksni stajni trap

$F_4 = 0.02$ jer je opremljen sa VFR radiom

$F_5 = 0$ s obzirom da nema IFR radio

$F_6 = 0.01$ jer ima integrirane spremnike goriva

$F_7 = 0$ jer ima jednostavni sustav zakrilaca

$F_8 = 0$ jer spada u LSA (*Light sport aircraft*) grupu

Zaključno, odnos sati održavanja i sati naleta procjenjuje se na 0,33 te se koristi u kasnijim proračunima.

$$F_{MF} = 0.30 + 0.02 + 0.01 = 0.33$$

2. Troškovi održavanja (C_{AP})

$$C_{AP} = F_{MF} \times R_{AP} \times Q_{FLGT}$$

gdje su:

- F_{MF} - odnos satova održavanja i sati naleta

- R_{AP} - Prosječna satnica mehaničara
- Q_{FLGT} - broj letačkih sati u godini

$$C_{AP} = 0,33 \times 300 \times 400 = \mathbf{39\ 600kn}$$

Za izračun je korištena prosječna satnica zrakoplovnog tehničara od 300kn.
[9]

Druga opcija računanja troškova održavanja je temeljena na redovnim servisima zrakoplova. U periodu od godinu dana će biti obavljena četiri 50-satna pregleda, dva 100-satna pregleda i dva 200-satna pregleda. Uz to je dodano pola troška od velikog servisa koji se provodi na 600 sati.

$$C_{AP} = 4 \times 1050kn + 2 \times 2400kn + 2 \times 3600kn + 0,5 \times 6000kn = \mathbf{19\ 200kn}$$

Gdje su troškovi [9]:

- 50 satnog pregleda – 1050kn
- 100 satnog pregleda – 2400kn
- 200 satnog pregleda – 3600kn
- 600 satnog pregleda – 6000kn

Kao glavni odabir je odabrana prva metoda jer proizlazi direktno iz metode koja je praćena.

3. Troškovi skladištenja (C_{STOR})

$$C_{STOR} = 12 \times R_{STOR}$$

$C_{STOR} = 12 \times$ (cijena mjesečnog najma hangara)

$$C_{STOR} = 12 \times 1500 = \mathbf{18\ 000kn}$$

4. Godišnji troškovi goriva (C_{FUEL})

$$C_{FUEL} = FF_{CRUISE} \times Q_{FLGT} \times R_{FUEL}$$

gdje su:

- FF_{CRUISE} – Uobičajeni protok goriva po satu tijekom krstarenja

- R_{FUEL} – Cijena goriva u \$/galonu

$C_{\text{FUEL}} = (14.4 \text{ l/h ili } 3.8 \text{ US gal/h}) \times (\text{broj sati}) \times (\text{Cijena goriva po galonu ili litri ovisno o mjernoj jedinici u kojoj su materijali})$

$$C_{\text{FUEL}} = 14,4 \times 400 \times 10 = \mathbf{57\ 600kn}$$

Za cijenu goriva je uzeta srednja cijena prema trenutnim tržišnim cijenama koje variraju od mjesta i od organizacije, te ona iznosi 10 kn/l.

5. Godišnji troškovi osiguranja (C_{INS})

$$C_{\text{INS}} = C_{\text{K}} + C_{\text{O}} + C_{\text{P}}$$

gdje su:

- C_{K} = godišnja premija kasko osiguranja
- C_{O} = godišnji iznos obaveznog osiguranja
- C_{P} = godišnji iznos osiguranja osoba u avionu od posljedica nesretnog slučaja

$$C_{\text{INS}} = 34\ 125kn + 6740kn + 1426,68kn = \mathbf{42\ 291,68kn/god}$$

6. Godišnji troškovi remonta (overhaul) (C_{OVER})

$$C_{\text{OVER}} = 90 \times N_{\text{PP}} \times Q_{\text{FLGT}}$$

gdje je:

- N_{PP} – broj motora

Uz činjenicu da zrakoplov nakon 2000 sati radi remont motora što iznosi 180 000kn, jasno je zaključiti kako jedan letački sat sa sobom nosi trošak od 90 kn. [9]

$C_{\text{OVER}} = (\text{vrijeme za overhaul/ cijena overhuala}) \times \text{broj motora} \times \text{broj sati}$

$$C_{\text{OVER}} = 90 \times 1 \times 400 = \mathbf{36\ 000kn}$$

7. Otplata kredita na godišnjoj bazi (C_{LOAN})

$$C_{\text{LOAN}} = 12 \times P_i / [1 - 1/(1+i)]^n$$

gdje su:

- P – temeljni iznos novca posuđen
- Mjesečna kamata
- n- broj rata izražen u mjesecima
-

Iznos C_{LOAN} je uzet kao mjesečna naknada ukupnog uzimanja kredita, pod uvjetima nenamjenskog kredita uz fiksnu kamatu od 6% na rok od 5 godina. Ukoliko je smatrana cijena zrakoplova Katane 130 000€, C_{LOAN} iznosi: [10]

$$C_{\text{LOAN}} = 226\,193 \text{ kn/god}$$

Iz ovoga podatka je lako zaključiti kako će vlasnik imati mjesečnu ratu od 18 849,4 kn.

8. Trošak letačkog osoblja (C_{FC})

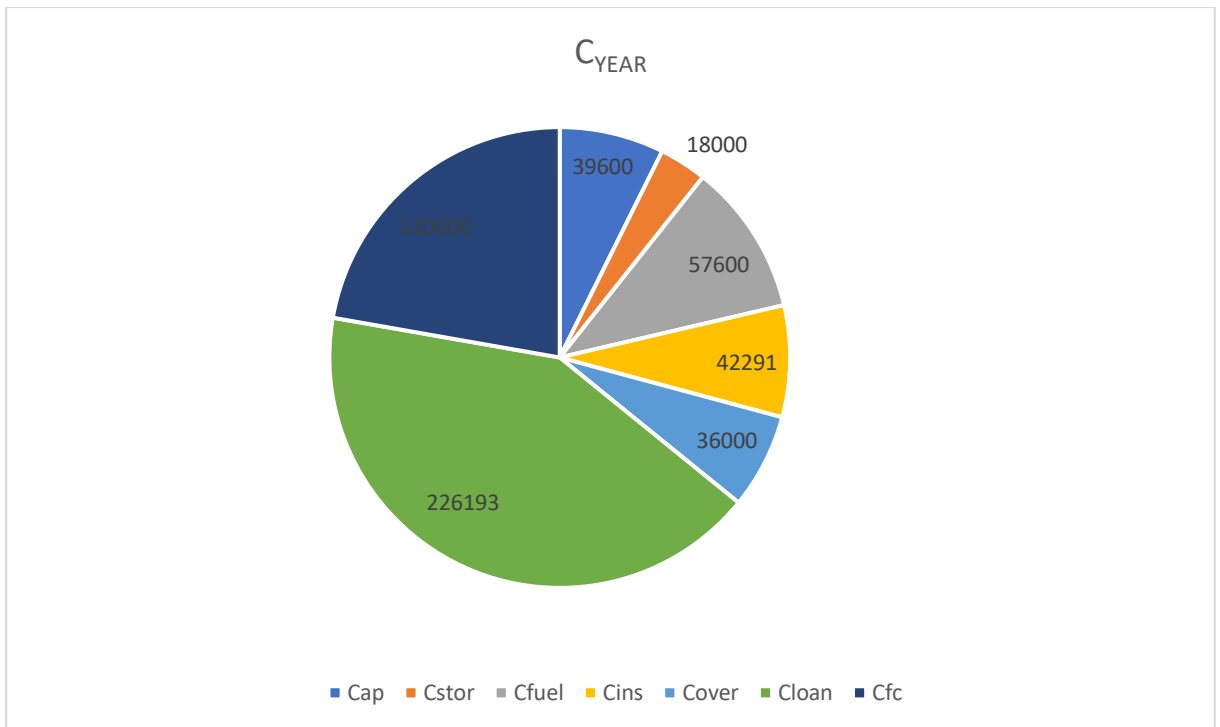
S obzirom da se radi o modelu lakog zrakoplova ne postoji račun za letačko osoblje koji se također može napraviti osim odnosa plaćanja instruktora po jednom satu leta. U velikom broju slučajeva je sami vlasnik sportsko rekreativne letjelice i pilot. [9]

$$C_{\text{FC}} = Q_{\text{FLGT}} \times C_{\text{INST}}$$

$$C_{\text{FC}} = 300 \times 400 = 120\,000 \text{ kn}$$

$$C_{\text{YEAR}} = C_{\text{AP}} + C_{\text{STOR}} + C_{\text{FUEL}} + C_{\text{INS}} + C_{\text{COVER}} + C_{\text{LOAN}} + C_{\text{FC}}$$

$$C_{\text{YEAR}} = 39\,600 \text{ kn} + 18\,000 + 57\,600 + 42\,291,68 + 36\,000 + 226\,193 + 120\,000 = 523\,484,68 \text{ kn}$$



Slika 8: Ukupni godišnji troškovi

Izvor: [6] [9]

Iz slike 8. je jasno vidljivo kako osim na kupnju samog zrakoplova (njegova nabavna cijena i iznos kamate) najveći dio otpada na troškove letačke posade i goriva. Ukoliko je vlasnik ujedno i pilot te nema potrebe za letačkom posadom što uvelike smanjuje troškove, a onda najveći troškovi zrakoplova otpadaju na gorivo, osiguranje i održavanje.

5. Zaključak

Kupnja zrakoplova u privatne svrhe može donijeti puno više problema i troškova nego što bi se to na prvi pogled očekivalo. Koliko god nabavna cijena može biti primamljiva, treba voditi računa o troškovima koji dolaze nakon tog.

Poznavanje raznih metoda za procjenu troškova koje se možda koriste isključivo za velike zrakoplove, daje nam mogućnost postavljanja proizvoljne teorijske formule koja nam može dati jasnu sliku o troškovima vlasništva i korištenja lakog zrakoplova kao što je to Diamond DV20 Katana. Temeljne razlike se odmah na prvu mogu uočiti u tome što se moraju računati različiti elementi, ali i iznosi kojima upravljaju operatori velikih aviona su nebrojeno veći od onih lakog zrakoplova te je i logično kako su te metode detaljnije razrađene. Veliki broj vlasnika zrakoplova DV20 Katana su upravo osobe koje su i sami piloti, često puta i mehaničari, neki čak imaju i vlastiti prostor koji im može poslužiti za skladištenje zrakoplova što sve uvelike smanjuje troškove održavanja i vlasništva zrakoplova, što velike kompanije ne mogu učiniti. Iz proračuna se može vidjeti kako i dalje najveći dio troškova otpada na gorivo koje zrakoplov potroši, idući po troškovima su troškovi redovnog održavanja i remonta motora koji variraju po politici poslovanja. Sami troškovi održavanja iznose i do 40% ukupnih troškova.

Literatura

- [1] E. Bazijanac, Tehnička eksploatacija i održavanje zrakoplova - Teorijske osnove, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2007.
- [2] I. A. T. Association, 2018. [Mrežno]. Available: <https://www.iata.org/contentassets/bf8ca67c8bcd4358b3d004b0d6d0916f/mctgfy2018-report-public.pdf>. [Pokušaj pristupa 2020].
- [3] H. Hamburg. [Mrežno]. Available: https://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/HOOU/AircraftDesign_14_DOC.pdf. [Pokušaj pristupa 2020].
- [4] A. T. A. o. America, »Standart method of estimating comparative DOC,« [Mrežno]. Available: <http://aerodesign.stanford.edu/aircraftdesign/cost/atamethod.html>. [Pokušaj pristupa 2020].
- [5] R. W. a. D. Scholz, »Semantic Scholar,« [Mrežno]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/7a69/4d12a9783fbb68371c2ba120bb59192a48af.pdf>. [Pokušaj pristupa 2020].
- [6] S. Gudmundsson, General Aviation Aircraft Design, Oxford, 2014.
- [7] Diamond, »Diamond- Air,« [Mrežno]. Available: http://support.diamond-air.at/dv20_katana+M52087573ab0.html. [Pokušaj pristupa 2020].
- [8] »PlanePHD,« [Mrežno]. Available: https://planephd.com/wizard/details/828/DIAMOND-DA20-A1-Katana-specifications-performance-operating-cost-valuation?annual_hrs=100&selected_yearmfr=1995. [Pokušaj pristupa 2020].
- [9] HZNS. [Mrežno]. [Pokušaj pristupa 2020].
- [10] Sberbank, »Sberbank,« 2020. [Mrežno]. Available: https://www.sberbank.hr/brzi-gotovinski-kredit?gclid=EAlaIqobChMIo8CxqODE6wIVDah3Ch21xQhXEAAAYAiAAEgJsHfD_BwE.

Popis slika

Slika 1. Elementi troškova ciklusa u životnom vijeku zrakoplova.....	3
Slika 2: Troškovi održavanja s aspekta proizvođača	4
Slika 3: Troškovi održavanja s aspekta operatera	5
Slika 4: Evolucija Direktnih Operativnih troškova FY2014 & FY2018	6
Slika 5: Iznos fiksnih troškova	16
Slika 6: Iznos varijabilnih troškova.....	17
Slika 7: Ukupni godišnji trošak	18
Slika 8: Ukupni godišnji troškovi.....	23



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada
pod naslovom Procjena troškova održavanja zrakoplova Diamond DV20 Katana

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student:

U Zagrebu, 9.9.2020.

David Avšić
(potpis)