Praćenje planiranog i neplaniranog održavanja zrakoplova Zlin 242- L prema naletu

Žlabravec, Ronald Matej

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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:119:616454

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ronald Matej Žlabravec

PRAĆENJE PLANIRANOG I NEPLANIRANOG ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA ZLIN 242 L PREMA NALETU

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, ožujak 2021.

Zagreb, 7. travnja 2020.

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

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5637

Pristupnik: **Ronald Matej Žlabravec (0135249292)**
Studij: Aeronautika
Smjer: Pilot
Usmjerenje: Vojni pilot

Zadatak: **Praćenje planiranog i neplaniranog održavanja zrakoplova Zlin 242- L prema naletu**

Opis zadatka:

U radu je potrebno analizirati tehničke i eksploatacijske karakteristike zrakoplova ZLIN 242 L te program održavanja zrakoplova. Na temelju analize podataka iz eksploatacije o ostvarenim satima naleta zrakoplova Zlin 242 L za određeni vremenski period, odrediti učestalost planiranog i neplaniranog održavanja te srednje vrijeme između otkaza i srednje vrijeme popravka.

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Anita Domitrović

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

PRAĆENJE PLANIRANOG I NEPLANIRANOG ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA ZLIN 242 L PREMA NALETU

MONITORING OF SCHEDULED AND UNSCHEDULED MAINTENANCE BY FLIGHT HOURS OF ZLIN 242 L AIRPLANE

MENTOR: Izv.prof.dr.sc. Anita Domitrović

STUDENT: Ronald Matej Žlabravec

JMBAG: 0135249292

Zagreb, ožujak 2021.

SAŽETAK

Glavni cilj održavanja vojnih zrakoplova je što veća operativna raspoloživost zrakoplova za obavljanje zadaća. U ovom završnom radu analiziraju podaci o planiranom i neplaniranom održavanju zrakoplova Zlin 242 L iz flote koju koristi Hrvatsko ratno zrakoplovstvo. Analizirani period je osamnaest mjeseci. Prema navedenim podacima napravljen je izračun srednjeg vremena kojeg je zrakoplov proveo u radu između dva održavanja i izračun srednjeg vremena koje je zrakoplov proveo na zemlji zbog planiranog ili neplaniranog održavanja. Analizom praćenja planiranog i neplaniranog održavanja dobiva se uvid u raspoloživost zrakoplova.

KLJUČNE RIJEČI

Održavanje vojnih zrakoplova; Zlin 242 L ; planirano i neplanirano održavanje; srednje vrijeme između održavanja; srednje vrijeme popravka;

SUMMARY

The main goal of maintaining military aircraft is to maximize the operational capability of aircraft to perform tasks. So, in this thesis are analyzed data of scheduled and unscheduled maintenance of Zlin 242 L airplane from the fleet used by Croatian Air Force. The analyzed period is eighteen months. According to the above data, a calculation was made of the mean time between failure which the airplane spent in operation and a calculation of mean time to repair which the airplane spent on the ground due to scheduled or unscheduled maintenance. The analysis of monitoring planned an unplanned maintenance provides insight into availability of aircraft.

KEY WORDS

Maintenance of military aircraft; Zlin 242 L; scheduled and unscheduled maintenance; mean time between maintenance; mean time to repair;

SADRŽAJ

1.UVOD 1

2.TEHNIČKE I EKSPLOATACIJASKE KARAKTERISTIKE ZRAKOPLOVA ZLIN 242 L 2

2.1 Tehničke karakteristike zrakoplova Zlin 242 L 2

2.2 Eksploatacijske karakteristike zrakoplova Zlin 242 L 5

2.3. Pogonski sustav zrakoplova Zlin 242 L 6

3.SUSTAV ODRŽAVANJA VOJNIH ZRAKOPLOVA 8

3.1 Model održavanja vojnih zrakoplova 9

3.1.1 Prvi stupanj održavanja 10

3.1.2 Drugi stupanj održavanja 11

3.1.3. Treći stupanj održavanja 11

3.2 Ustrojstvene jedinice u Oružanim snagama za održavanje zrakoplova 12

4. ANALIZA PLANIRANOG I NEPLANIRANOG ODRŽAVANJA 14

4.1 Program održavanja zrakoplova Zlin 242 L 14

4.2 Analiza planiranog i neplaniranog održavanja zrakoplova 14

4.2.1. Analiza praćenja planiranog i neplaniranog održavanja zrakoplova **A** 15

4.2.2 Analiza praćenja planiranog i neplaniranog održavanja zrakoplova B 16

4.2.3. Analiza praćenja planiranog i neplaniranog održavanja zrakoplova C 18

5. IZRAČUN *MTBM I MTTR* 19

5.1 *MTBM* i *MTTR* 19

5.2 Izračun MTBM i MTTR za zrakoplov A 21

5.3 Izračun *MTBM* i *MTTR* za zrakoplov B 22

5.4 Izračun *MTBM* i *MTTR* za zrakoplov C 23

6.ZAKLJUČAK 24

POPIS LITERATURE 25

POPIS SLIKA 26

POPIS TABLICA 27

1. UVOD

Održavanje vojnih zrakoplova i zrakoplovne tehnike je proces koji je neraskidivo vezan sa eksploatacijom zrakoplova. Životni vijek zrakoplova, odnosno vrijeme koje će zrakoplov provesti u eksploataciji, znatno ovisi o načinu održavanja. Većina zadaća koje ratna zrakoplovstva odrađuju su nepredvidive i dovode letjelice do vrha njihovih eksploatacijskih mogućnosti, za što je izuzetno važna maksimalna tehnička ispravnost letjelice koje nema bez odgovarajućeg održavanja.

U ovom radu analizirani su podaci iz eksploatacije zrakoplova Zlin 242 L iz flote Hrvatskog ratnog zrakoplovstva, prema satima naleta. Analiza se bazira na planiranom i neplaniranom održavanju spomenutog zrakoplova te izračunu podataka kao srednje vrijeme između održavanja i srednje vrijeme popravka.

Rad se sastoji od 6 poglavlja:

1. Uvod
2. Tehničke i eksploatacijske karakteristike zrakoplova Zlin 242 L
3. Sustav održavanja vojnih zrakoplova
4. Analiza planiranog i neplaniranog održavanja zrakoplova Zlin 242 L
5. Izračun MTBM i MTTR
6. Zaključak

Prvo poglavlje ovog rada donosi uvod u temu ovog rada.

Drugo poglavlje opisuje tehničke i eksploatacijske karakteristike zrakoplova Zlin242 L.

Treće poglavlje govori o sustavu održavanja zrakoplova u HRZ – u.

Četvrto poglavlje prikazuje analizu planiranog i neplaniranog održavanja u periodu od godine dana i šest mjeseci i kratki opis programa održavanja.

U petom poglavlju napravljen je izračun srednjeg vremena između otkaza i srednjeg vremena popravka na temelju podataka o planiranom i neplaniranom održavanju.

Šesto poglavlje donosi zaključak na temu ovog rada.

2. TEHNIČKE I EKSPLOATACIJASKE KARAKTERISTIKE ZRAKOPLOVA ZLIN 242 L

U ovom poglavlju bit će opisane tehničke i eksploatacijske karakteristike zrakoplova Zlin 242 L. Također, govorit će se o povijesti tvrtke koja proizvodi zrakoplov te namjeni zrakoplova Zlin 242 L općenito.

2.1 Tehničke karakteristike zrakoplova Zlin 242 L

„Zlin aircraft a.s.“ je češka tvrtka koja proizvodi zrakoplove. Smješteni su na aerodromu Otrokovice na rubu istoimenog mjesta u Češkoj. Tvornica je osnovana 1934. godine. U početku su proizvodili samo jedrilice i jednomotorne školske zrakoplove, a kasnije su proširili proizvodnju na sportske i poljoprivredne zrakoplove.

Za vrijeme Drugog svjetskog rata ista tvornica proizvodila je školske zrakoplove za njemačku ratno zrakoplovstvo. Kroz godine tvrtka je promijenila razna imena, a svoje zlatno doba doživjela je pod imenom „Moravan“ 60 – ih i 70 – ih godina prošlog stoljeća. Današnja tvrtka „Zlin aircraft a.s.“ koja je osnovana 2009. godine, posjeduje sve potrebne certifikate koje od njih zahtjeva EASA i nacionale zrakoplovne vlasti. Također, tvrtka „Zlin aircraft a.s.“ se bavi servisiranjem i remontom svih zrakoplova koji su izašli iz te tvornice. Proizvode zrakoplove sa „Lycoming“ motorom koji je vrlo pouzdan [1].

Zrakoplov Zlin 242 L je školski jednomotorni akrobatski zrakoplov. Namijenjen je za [3]:

- temeljnu obuku pilota,
- akrobatsko letenje,
- vuču jedrilica i transparenata,
- noćno i instrumentalno letenje.

Koriste ga u mnogim ratnim zrakoplovstvima upravo zbog njegovih akrobatskih sposobnosti. Takav je slučaj i u Hrvatskom ratnom zrakoplovstvu (HRZ) pri čemu se na njemu provodi selekcija i temeljna obuka budućih vojnih pilota. Zlin 242 L uveden je u flotu HRZ – a 2007. godine, a do tad se za iste namjene koristio zrakoplov UTVA – 75. Na slici 1. prikazan je zrakoplov Zlin 242 L Hrvatskog ratnog zrakoplovstva.



Slika 1. Zlin 242 L Hrvatskog ratnog zrakoplovstva [3]

Zrakoplov Zlin 242 L je jednomotorni, niskokrilac, metalne konstrukcije sa neuvlačećim podvozjem tipa tricikl. Opremljen je motorom „Lycoming“ oznake AEIO – 360 – A1B6, snage 149 kW i trokrakim propelerom marke „Hartzell“ s maksimalnom brzinom vrtnje od 2700 rpm [3].

Trup zrakoplova je napravljen od mješovite konstrukcije od kojeg je prednji dio rešetkaste konstrukcije i obložen kompozitnim oblogama, dok je zadnji dio zrakoplova ljuskaste konstrukcije i obložen je tankim limom od legure aluminija. Prednji okvir zadnjeg dijela trupa ima četiri hvatišta koja čine spoj prednjeg i zadnjeg dijela trupa. Zadnji dio trupa i vertikalni stabilizator su napravljeni u komadu. Na središnjem dijelu trupa nalazi se kabina koja se otvara klizno prema naprijed, a opremljena je i sustavom za otvaranje kabine u slučaju nužde. Unutar kabine se nalazi u prtljažni prostor koji smije ponijeti 20 kg tereta samo pri letu u *normal* kategoriji zrakoplova [3].

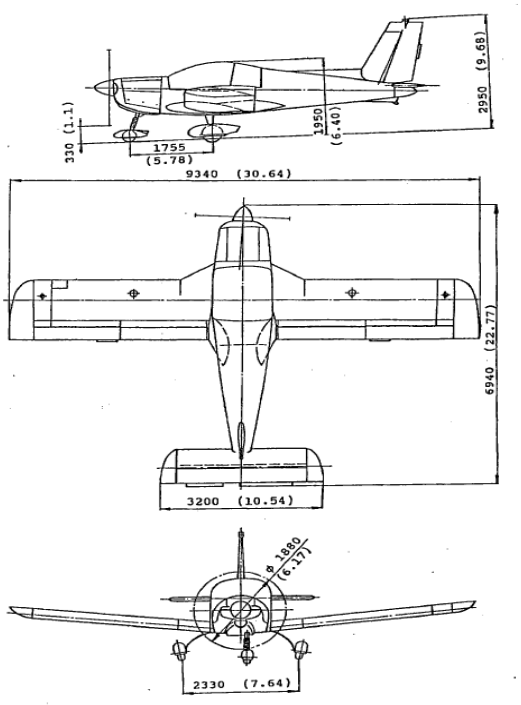
Krilo je metalne konstrukcije sa jednom glavnom i pomoćnom ramenjačom koje se nalaze jedna ispod druge. Donja, odnosno glavna ramenjača je punjena dušikom koji je pod tlakom i taj tlak mora biti unutar određenih granica, odnosno, u suprotnom, zrakoplov ne smije poletjeti. Razlog tomu je što je donja ramenjača izložena većim opterećenjima te dušik u ramenjači indicira je li došlo do njenog pucanja. Oblik krila je pravokutan, a oplata krila je od tankog lima izrađenog od legure aluminija. Krilca i zakrilca se nalaze na izlaznoj ivici krila. U svakom krilu se nalazi po jedan glavi spremnik goriva kapaciteta 60 litara i po jedan pomoćni od 55 litara. Glavni spremnici su odvojivi dok su pomoćni integrirani u vrh krila [3].

Repne površine su metalne konstrukcije sa metalnom oplatom. Na kormilu dubine/visine nalazi se aerodinamička balansirajuća površina, *flatner,* i podesiva pomoćna površina, odnosno, *trim tab*. Kormilo pravca se podešava cijelom svojom površinom i ima pričvršćenu balansirajuću površinu [3].

Podvozje je tipa tricikl i sastoji se od glavnih nogu i nosne noge stajnog trapa. Glavne noge podvozja sadrže čelične lisnate opruge pričvršćene na ramenjaču te kočnice koje se automatski podešavaju. Nosna noga je pričvršćena na gornjem dijelu protupožarnog zida i opremljena je hidropneumatskim amortizerom, ublaživačem oscilacija kotača *shimm*y te je taj kotač bez kočnice [3]. U tablici 1. prikazane su dimenzije zrakoplova Zlin 242 , kao i na slici 2.

Tablica 1. Dimenzije zrakoplova Zlin 242 L [3]

Dimenzije zrakoplova Zlin 242 L	
Duljina zrakoplova	6940 mm
Visina zrakoplova	2950 mm
Raspon krila	9340 mm
Nagib krila	6^o
Duljina glavne tetive krila	1.5404 m
Razmak između glavnih nogu	2330 mm
Međuosovinski razmak	1755 mm
Udaljenost propelera od zemlje	380 mm
Promjer propelera	1780 mm



Slika 2. Dimenzije zrakoplova Zlin 242 L [3]

Svaki sat naleta ovog zrakoplova ima neku namjenu, a ovisno o toj namjeni, mase zrakoplova moraju odgovarati određenim normama za mase zrakoplova pri polijetanju i slijetanju, što utječe na položaj težišta. Postoje tri kategorije zrakoplova:

- *Acrobatic,*
- *Utility,*
- *Normal* .

Masa praznog zrakoplova je 730 kg (eng. *Basic Empty Mass* – BEM), a najveća masa zrakoplova pri polijetanju je u kategoriji *normal* i iznosi 1090 kg (eng. *Maximal Takeoff Mass* – MTOM). Pri tome, u ovoj kategoriji je i dozvoljena najveća masa posade u kabini koja smije iznositi 200 kg uz još dodatnih 20 kg prtljage što bi ukupno iznosilo 220 kg.

U tablici 2. prikazane su maksimalne mase zrakoplova pri polijetanju i slijetanju na temelju kojih se određuje kategorija zrakoplova.

Tablica 2. Najveće dozvoljene mase zrakoplova Zlin 242 L pri polijetanju i slijetanju [3]

KATEGORIJA	**Maksimalna masa pri polijetanju [kg] (eng. MTOM)**	**Maksimalna masa pri slijetanju [kg] (eng. MLM)**
***Acrobatic* (A)**	970	970
***Utility* (U)**	1020	1020
***Normal* (N)**	1090	1050

2.2 Eksploatacijske karakteristike zrakoplova Zlin 242 L

Zrakoplov Zlin 242 L je školski akrobatski zrakoplov što podrazumijeva da je njime moguće izvoditi različite akrobatske manevre. Neki od njih su: poluprevtanje, borbeni zaokret, petlja, *Imelmann,* prevrtanje, petlja, leđni let, horizontalni valjak, kovit i sl. Svi ovi manevri izvode se u *acrobatic* kategoriji u kojoj je dozvoljeno stukturalno opterećenje od -3 do +6 „g“. U drugim kategorijama dozvoljeno strukturalno opterećenje je manje, stoga akrobacije nisu dozvoljene.

Promjenom mase zrakoplova Zlin 242 L mijenjaju se i mnoge njegove karakteristike. U svakoj od kategorija zrakoplov se ponaša drugačije zbog pomicanja težišta zrakoplova. Tako primjerice brzina uzdizanja je najveća u *acrobatic* kategoriji i iznosi 5.5 m/s odnosno 1080

ft/min, dok mu je najveći dolet u *normal* kategoriji pri 2350 o/min na visini od 2000 m QNH i iznosi 570 NM odnosno 1056 km.

Tablica 3. Eksploatacijske karakteristike zrakoplova Zlin 242 L [3]

Eksploatacijske karakteristike Zlina 242 L		**kategorija**
Dolet na 65% snage, na 2000 m	1056 km = 570 NM	N
Istrajnost na 65% snage, na 2000 m	5 h 25 min	N
Prosječna potrošnja na 65% snage	36 l/h	N
Brzina za najbolji dolet na 65% na 2000 m	195 km/h = 105 kn TAS	N
Maksimalna brzina u krstarenju	236 km/h = 127 kn TAS	A
Brzina prevlačenja sa uvučenim zakrilcima, TO, LAND konfiguracijom	105 km/h = 57 kn IAS, 98 km/h = 53 kn IAS, 87 km/h = 47 kn IAS	A
Duljina zaleta	210 m	A
Duljina polijetanja	450 m	A
Duljina slijetanja	645 m	A
Duljina zaustavljanja	395 m	A
Najveća brzina uzdizanja	5,5 m/s = 1080 ft/min	A
Najveća brzina penjanja	145 km/h = 78 kn IAS	A
Najveći dozvoljeni bočni vjetar	10 m/s = 20 kn	/
Praktični vrhunac leta	4800 m = 15750 ft	A

Eksploatacijske karakteristike zrakoplova prikazane u tablici 3. se nalaze u priručniku o letenju Zlina 242 L. Tamo su prikazani u obliku dijagrama i tablica uglavnom u ovisnosti o parametrima koji opisuju stanje atmosfere npr. atmosferski tlak, temperatura zraka i sl.

2.3. Pogonski sustav zrakoplova Zlin 242 L

Pogonski sustav ovog zrakoplova čini klipni *boxer* motor tipa „Lycoming“ oznake AEIO -360 A1B6 koji direktnim pogonom, bez reduktora, pokreće propeler marke „Hartzell“ HC–C3YR – 4BF/FC 6890 sa promjenjivim korakom. Motor je četverotaktni četverocilindrični sa zračnim hlađenjem, koji je opremljen niskotlačnim sustavom za ubrizgavanje goriva. Maksimalnu snagu od 149 kW ostvaruje pri 2700 o/min pri čemu je potrošnja 61 l/h. Pogonsko gorivo ovog motora je AVGAS 100 LL koje se može pohraniti u glavne i pomoćne spremnike čija je zapremnina ukupno 230 litara. Vrijeme između remonta (eng. *Time Between Overhaul-*

TBO) koje je propisano od strane proizvođača za ovaj motor je 2000 sati leta ili svakih 12 godina. Minimalna potrošnja ovog motora je na 65% snage i na 2000 metara visine po QNH tlaku da iznosi 36 l/h te su to ujedno u parametri za najbolji dolet i istrajnost. Obzirom da je ovo akrobatski motor, što mu i sama oznaka govori, opremljen je posebnim sustavima koji omogućavaju normalan rad motora prilikom primjerice leđnog leta. U svakome od glavnih spremnika za gorivo nalazi se akrobatski odjeljak kapaciteta 2 l koji opskrbljuje motor gorivom dok je zrakoplov u leđnom letu u maksimalnom trajanju od jedne minute. Također, obzirom da se ulje za podmazivanje u motoru nalazi u njegovoj najnižoj točci, u karteru, dok zrakoplov miruje, prilikom leđnog leta je situacija obrnuta te je podmazivanje omogućeno preko gravitacijskog ventila i uljne pumpe koja dovodi ulje do točaka za podmazivanje.

U Tablici 4. navode se podaci o karakteristikama „Lycoming“ motora oznake AEIO-360-A1B6.

Tablica 4. Karakteristike „Lycoming“ motora AEIO-360-A1B6 [4]

Snaga motora	149 kW = 200 HP
Brzina vrtnje propelera	2700 o/min
Stupanj kompresije	8.7 : 1
Redoslijed paljenja	1-3-2-4
Kut predpaljenja	20^{o}
Smjer okretanja propelera	U smjeru kazaljke na satu
Zapremnina motora	5.92 l = 360 cub.in.
Masa motora	117 kg
Količina ulja	7.57 l

Propeler je trokraki s promjenjivim korakom kojim se upravlja ručicom iz pilotske kabine. Dopušteno prekoračenja brzine vrtnje je 10%, što bi iznosilo 2970 o/min, u trajanju od 20 sekundi. Smjer vrtnje je u smjeru kazaljke na satu gledano u pravcu leta, a izrađen je od legure aluminija. TBO propisan od strane proizvođača je 1000 sati leta ili 6 godina. Ovaj propeler spada u seriju propelera konstantne brzine vrtnje. Omogućava konstantnu brzinu vrtnje motora u pojedinim režimima leta na način da automatski mijenja napadni kut krakova propelera, prilagođavajući se brzini vrtnje vratila motora [5].

3. SUSTAV ODRŽAVANJA VOJNIH ZRAKOPLOVA

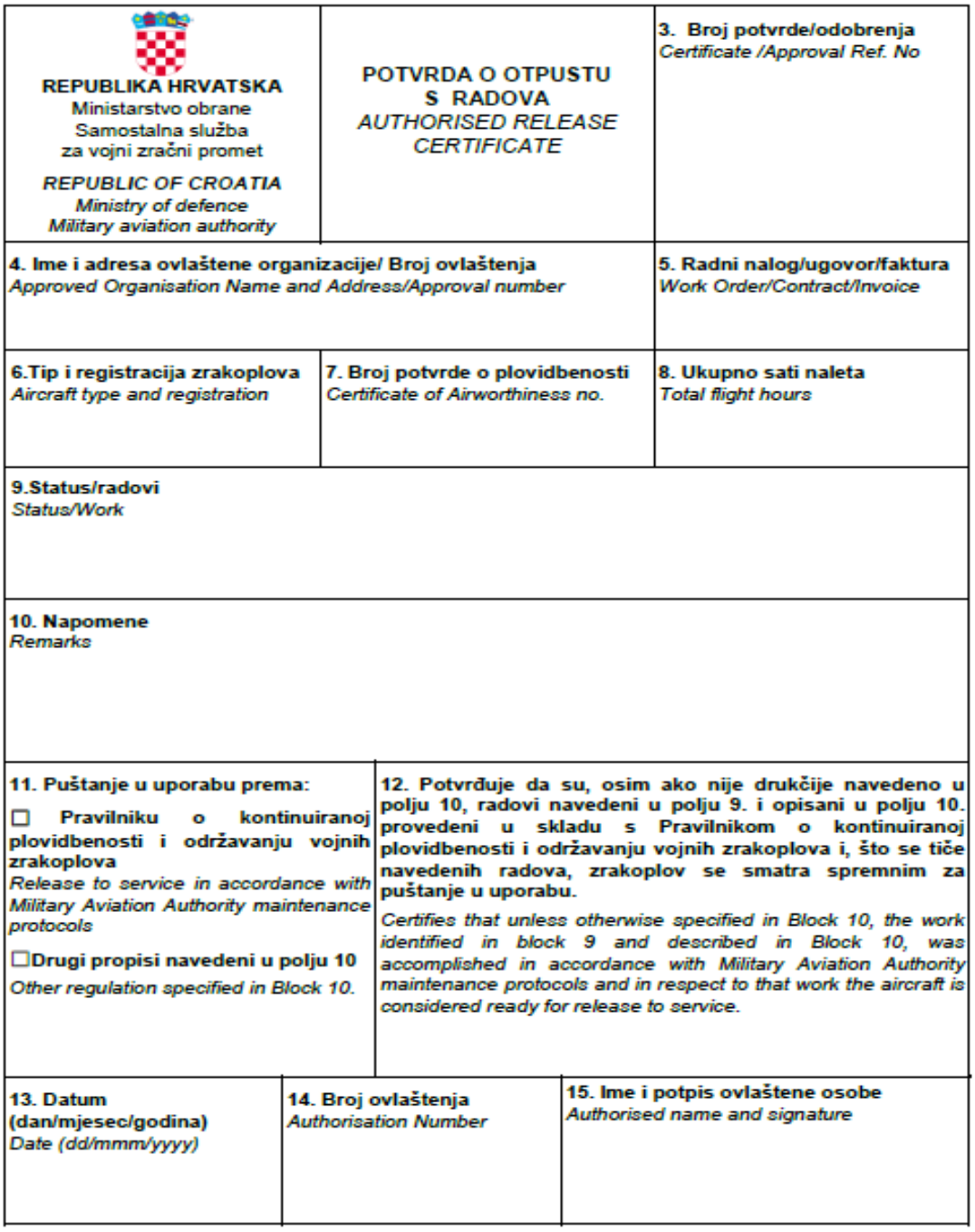
Održavanje vojnih zrakoplova regulirano je Pravilnikom o kontinuiranoj plovidbenosti i održavanju vojnih zrakoplova iz 2013. godine [6]. Ovim pravilnikom se propisuje kontinuirana plovidbenost, sustav zrakoplovno - tehničkog održavanja, održavanje vojnih zrakoplova, zrakoplovno – tehničko osoblje, kontrola i nadzor i dr. Program održavanja vojnih zrakoplova je dokument koji se izrađuje na temelju navedenog pravilnika i tehničke dokumentacije proizvođača te se prema njemu provodi održavanje zrakoplova. Program sadrži postupke u održavanju i preglede za svaki tip zrakoplova, rokove i način provedbe, a koji su određeni namjenom i uvjetima uporabe te zrakoplovno - -tehničkom dokumentacijom. Ažuriranje programa održavanja radi se u skladu sa [6]:

- direktivama o plovidbenosti zrakoplovnih vlasti zemlje proizvođača ili zemlje registra zrakoplova,
- servisnim biltenima koje izdaje proizvođač u svrhu izmjene ili dopune postojećeg načina održavanja, a oni mogu biti obavezujući, preporučeni i izborni,
- servisnim pismima kojima se šalju obavijesti proizvođača o određenim aktivnostima vezanim uz održavanje,
- zrakoplovno – tehničkim uputama, odnosno, dokumentima kojima se pojašnjavaju određene odredbe Pravilnika o kontinuiranoj plovidbenosti i održavanju vojnih zrakoplova.

Program održavanja donosi načelnik Glavnog stožera na prijedlog zapovjednika HRZ uz prethodnu suglasnost Samostalne službe za vojni zračni promet (SSVZP). Na temelju Programa održavanja načelnik Glavnog stožera također donosi i Plan preventivnog održavanja [6].

Plovidbenost vojnih zrakoplova izdaje se na neograničen rok i vrijedi sve dok su ispunjeni uvjeti kontinuirane plovidbenosti zrakoplova, a izdaje ju Samostalna služba za vojni zračni promet (SSVZP) koja je svojevrsna „zrakoplovna vlast“ unutar Ministarstva obrane. Zrakoplov je kontinuirano plovidben ako je redovno održavan. Nakon održavanja, glavni inženjer održavanja Zrakoplovnog krila (za Zlin 242 L glavni inženjer 93. Zrakoplovnog krila) dokazuje provedeno održavanje izdavanjem Potvrde o otpustu s radova temeljem Izvješća o provedenim radovima. Ako se održavanje provodilo u nekoj organizaciji izvan Ministarstva

obrane, onda Potvrdu o otpustu s radova potpisuje ovlaštena osoba te organizacije. Izgled potvrde nalazi se u na slici 3. [6].



REPUBLIKA HRVATSKA Ministarstvo obrane Samostalna služba za vojni zračni promet *REPUBLIC OF CROATIA* *Ministry of defence* *Military aviation authority*	**POTVRDA O OTPUSTU S RADOVA** *AUTHORISED RELEASE CERTIFICATE*	**3. Broj potvrde/odobrenja** *Certificate /Approval Ref. No*
4. Ime i adresa ovlaštene organizacije/ Broj ovlaštenja *Approved Organisation Name and Address/Approval number*		**5. Radni nalog/ugovor/faktura** *Work Order/Contract/Invoice*
6.Tip i registracija zrakoplova *Aircraft type and registration*	**7. Broj potvrde o plovidbenosti** *Certificate of Airworthiness no.*	**8. Ukupno sati naleta** *Total flight hours*
9.Status/radovi *Status/Work*		
10. Napomene *Remarks*		
11. Puštanje u uporabu prema: ☐ **Pravilniku o kontinuiranoj plovidbenosti i održavanju vojnih zrakoplova** *Release to service in accordance with Military Aviation Authority maintenance protocols* ☐**Drugi propisi navedeni u polju 10** *Other regulation specified in Block 10.*	**12. Potvrđuje da su, osim ako nije drukčije navedeno u polju 10, radovi navedeni u polju 9. i opisani u polju 10. provedeni u skladu s Pravilnikom o kontinuiranoj plovidbenosti i održavanju vojnih zrakoplova i, što se tiče navedenih radova, zrakoplov se smatra spremnim za puštanje u uporabu.** *Certifies that unless otherwise specified in Block 10, the work identified in block 9 and described in Block 10, was accomplished in accordance with Military Aviation Authority maintenance protocols and in respect to that work the aircraft is considered ready for release to service.*	
13. Datum (dan/mjesec/godina) *Date (dd/mmm/yyyy)*	**14. Broj ovlaštenja** *Authorisation Number*	**15. Ime i potpis ovlaštene osobe** *Authorised name and signature*

Slika 3. Potvrda o otpustu s radova [7]

3.1 Model održavanja vojnih zrakoplova

Postoje dva modela održavanja vojnih zrakoplova, a to su:

- održavanje prema fiksnim resursima,
- održavanje prema stanju.

Održavanje prema fiksnim resursima je model održavanja vojnih zrakoplova prema unaprijed određenim resursima dijelova do zamjene ili remonta. Provodi ga vojna organizacija za održavanje ili vanjska ovlaštena organizacija održavanja. Provodi se u u tri stupnja, i to:

- prvi stupanj – provodi se u zrakoplovnim bazama ili na području eksplotacije zrakoplova
- drugi stupanj – provodi se u zrakoplovnim bazama, na području eksplotacije ili u stacionarnim uvjetima,
- treći stupanj – najviša razina održavanja i provodi se u stacionarnim uvjetima.

Održavanje vojnih zrakoplova prema stanju sadrži: [6]:

- linijsko održavanje – obuhvaća opsluživanje, planirane preglede, mjerenja degradacije tehničkih parametara, zamjene sklopova, manje popravke i podešavanje,
- bazno održavanje – obuhvaća najsloženije popravke i preinake koje se provode radi obnove degradiranih tehničkih parametara.

Prvi i drugi stupanj održavanja istovjetan je s linijskom razinom, a treći stupanj s baznom razinom održavanja [6].

3.1.1 Prvi stupanj održavanja

Prvi stupanj održavanja zrakoplova čini specijalizirani tim ovlaštenih zrakoplovnih tehničara koji se sastoji od nadležnog zapovjednika održavanja, kontrolora zrakoplovno – tehničkih radova, zrakoplovnih tehničara za zrakoplov i motor (ZIM), instrumente, radio i elektroopremu (IRE) i zrakoplovno naoružanje (ZN). Tim određuje zapovjednik postrojbe koji je nadležan za prvi stupanj održavanja. Ovim stupnjem održavanja osigurava se najviši stupanj ispravnosti i pouzdanosti vojnih zrakoplova u svrhu pravodobne pripreme i sigurnog izvršenja zadaće, a on obuhvaća [6]:

- prethodnu pripremu i otklanjanje manjih neispravnosti,
- neposrednu pripremu zrakoplova,
- međuletni pregled i opsluživanje tijekom uporabe,
- izvlačenje, uvlačenje i vuču zrakoplova,
- smještaj, čuvanje i održavanje zrakoplova izvan uporabe
- prihvat zrakoplova u prolazu,

- izvanredni pregled.

3.1.2 Drugi stupanj održavanja

Kako bi neka organizacija bila sposobna za provođenje drugog stupnja održavanja, mora to dokazati Potvrdom o ovlaštenju za obavljanje redovitog pregleda iz drugog stupnja održavanja, programom održavanja, raspoloživim certificiranim osobljem, alatima i ispitnom opremom, pričuvnim dijelovima te nadzorom i kontrolom održavanja. Drugi stupanj održavanja provodi se radi obnove resursa i osiguranja najviše ispravnosti i pouzdanosti za sigurnu uporabu zrakoplova tijekom odobrenog resursa. Ono uključuje [6] :

- povremene preglede vojnih zrakoplova i zrakoplovne tehnike,
- zamjenu komponenti zrakoplova,
- manji popravak i podešavanje zrakoplova i komponenti,
- pomoć nižim i višim stupnjevima održavanja,
- prihvat zrakoplova u prolazu,
- smještaj, čuvanje i održavanje zrakoplova izvan uporabe,
- izvanredni pregled zrakoplova

Za zrakoplov Zlin 242 L ovaj stupanj održavanja provodi ovlašteno zrakoplovno - tehničko osoblje Zrakoplovnog krila ili ovlaštena organizacija za održavanje ovisno o potrebi [6].

3.1.3. Treći stupanj održavanja

Treći stupanj održavanja je najviša razina održavanja te se provodi zbog obnove utvrđenog resursa ili dovođenja u ispravno stanje nakon nesreće, oštećenja ili veće neispravnosti. Provodi ga ovlaštena domaća ili inozemna organizacija za održavanje koja svoju sposobnost za održavanje mora dokazati Potvrdom o ovlaštenju za provođenje trećeg stupnja održavanja, programom održavanja, projektno – konstrukcijskom i remontnom dokumentacijom, certificiranim osobljem, alatima i ispitnom opremom, pričuvnim dijelovima te kontrolom i nadzorom održavanja. Ono obuhvaća [6]:

- remont zrakoplova, sustava i uređaja,
- popravak zrakoplova, sustava i uređaja prije isteka resursa,
- popravak nakon nesreće ili oštećenja zrakoplova,

- modernizaciju zrakoplova,
- najsloženije promjene na zrakoplovu,
- izradu i homologaciju sustava uređaja,
- konstruiranje, izradu i homologaciju specijalne opreme i alata,
- konstruiranje, izradu, remont i homologaciju besposadnih letjelica,
- prenamjenu i homologaciju zrakoplova,
- izradu nastavnih sredstava,
- popravak i umjeravanje opreme, alata i pribora.

Treći stupanj održavanja za Zlin 242 L provodi ovlašteno osoblje za održavanje tvrtke „Zlin aircraft a.s.“ u Otrokovicama u Češkoj. Oni također provode i testiranje zrakoplova nakon remonta koji izvršavaju njihovi zrakoplovni inženjeri, zrakoplovni tehničari i testni piloti.

3.2 Ustrojstvene jedinice u Oružanim snagama za održavanje zrakoplova

U održavanju vojnih zrakoplova i zrakoplovne tehnike sudjeluju slijedeće ustrojstvene jedinice [7]:

- Samostalna služba za vojni zračni promet (SSVZP),
- Uprava za materijalne resurse,
- Glavni stožer,
- Zapovjedništvo Hrvatskog ratnog zrakoplovstva (HRZ),
- Zapovjedništvo za potporu,
- Zapovjedništvo Zrakoplovnog krila,
- temeljne zrakoplovno – tehničke postrojbe.

Samostalna služba za vojni zračni promet je služba Ministarstva obrane koja provodi potvrđivanje vojnih zrakoplova, procesa održavanja, zrakoplovno - tehničkog osoblja i organizacija održavanja, validacijom potvrda koje je izdala ovlaštena organizacija održavanja i sl. Ova ustrojstvena jedinica kontinuirano nadzire uvjete koje moraju ispunjavati vojna organizacija održavanja i ovlaštena organizacija održavanja za kvalitetno održavanje vojnih

zrakoplova. Također, sudjeluje u postupku ugovaranja održavanja vojnih zrakoplova u vanjskim ovlaštenim organizacijama za održavanje te donosi zrakoplovno – tehničke upute za potrebe održavanja vojnih zrakoplova [6].

Glavni stožer se u smislu održavanja vojnih zrakoplova bavi planiranjem financijskih sredstava, materijalnim i ljudskim resursima potrebnima za provedbu istog, te uvjetima za sigurnu provedbu u nižim ustrojstvenim jedinicama. Donosi plan održavanja i plan preventivnog održavanja te sudjeluje u postupku ugovaranja održavanja vojnih zrakoplova izvan OSRH [6].

Zapovjedništvo HRZ planira, nadzire održavanje i uvjete za sigurnu uporabu vojnih zrakoplova i tehnike u ustrojstvenim jedinicama u kojima se koriste. U HRZ – u za održavanje je odgovoran Glavni inženjer održavanja i strukovni inženjeri za kvalitetu i resurse [6].

Zapovjedništvo za potporu osigurava i skladišti sve vrste zrakoplovne tehnike, nadzire provedbu vanjskih usluga te provodi obuku pomoćnog zrakoplovno – tehničkog osoblja. Sudjeluje u izradi i provedbi Plana preventivnog održavanja [6].

Zapovjedništvo Zrakoplovnog krila planira, provodi i nadzire održavanje i uvjete za sigurnu upotrebu vojnih zrakoplova i tehnike te skladišti iste. Za održavanje u Zapovjedništvu zrakoplovnog krila odgovoran je Glavni inženjer održavanja zrakoplovnog krila i strukovni inženjer za kvalitetu i resurse [6].

Održavanje zrakoplova se provodi u temeljnim ustrojstvenim jedinicama koje čine zrakoplovno – tehničke bojne, satnije, vodovi i desetine [6].

4. ANALIZA PLANIRANOG I NEPLANIRANOG ODRŽAVANJA

Zrakoplov Zlin 242 L se, prema Pravilniku o kontinuiranoj plovidbenosti i održavanju vojnih zrakoplova, održava prema Programu održavanja i prema Planu preventivnog održavanja. Program održavanja uključuje preglede nakon 50, 100, 200, 500, 1000, 1500 sati naleta, što spada pod planirano održavanje. Tijekom eksploatacije zrakoplova dolazi do kvarova koje prijave piloti nakon leta ili tehničari tijekom jednog od pregleda koje obavljaju svakodnevno. Otklanjanje takvih kvarova se smatra neplaniranim održavanjem.

U ovom poglavlju najprije će se dati kratki opis programa održavanja te potom analiza praćenja planiranog i neplaniranog održavanja za zrakoplove Zlin 242 L iz flote Hrvatskog ratnog zrakoplovstva.

4.1 Program održavanja zrakoplova Zlin 242 L

Program održavanja zrakoplova Zlin 242 L sastavlja se na temelju tehničkih uputa koje je HRZ dobio od proizvođača prilikom kupnje zrakoplova i na temelju Pravilnika o kontinuiranoj plovidbenosti i održavanju zrakoplova iz 2013. godine. Dokument „Program održavanja zrakoplova Zlin 242 L“ sastoji se od Priloga A i Priloga B. Prilog A sadrži popis svih dijelova zrakoplova Zlin 242 L te nakon koliko sati naleta im ističe resurs. U Prilogu B nalaze se upute za provedbu radnji i postupaka prilikom održavanja zrakoplova. One uključuju upute za zamjenu i instalaciju bilo koje komponente na zrakoplovu i upute za provedbu redovitih pregleda kao što su dnevni pregled, prijeletni, međuletni, tjedni pregled, servis nakon 50, 100, 200, 500, 1000 i 1500 sati naleta. Prilog B također sadrži radnje i postupke prilikom ispitivanja zrakoplova na zemlji i u zraku, a nakon provedenog održavanja.

4.2 Analiza planiranog i neplaniranog održavanja zrakoplova

Prema stvarnim podacima iz tehničkih knjižica tri zrakoplova Zlin 242 L iz flote koji koristi Hrvatsko ratno zrakoplovstvo izvršiti će se analiza podataka o satima naleta, planiranim i neplaniranim održavanjima za period od osamnaest mjeseci. Zrakoplovi Zlin 242 L su u Hrvatskom ratnom zrakoplovstvu od 2007. godine., dakle skoro 13 godina.

Analiza praćenja planiranog i neplaniranog održavanja je u periodu od osamnaest mjeseci, čime su obuhvaćene dvije sezone temeljne obuke za kadete pilote. Podaci za analizu dani su u sljedećim tablicama i temelje se na stvarnim podacima iz knjižica letenja svakog

pojedinog zrakoplova. U tablicama su mjeseci u kojima se je provedeno održavanje, s time da prvi mjesec (u tablici označen rednim brojem 1.) znači prvi mjesec od početka analize. Zbog zaštite podataka nisu navedeni datumi održavanja. Također, zbog zaštite podataka, zrakoplovi su označeni oznakama A, B i C, umjesto stvarnih oznaka na zrakoplovima.

Obzirom da je eksploatacija Zlina 242 L u Hrvatskom ratnom zrakoplovstvu služi isključivo za selekcijsko letenje kandidata za buduće vojne pilote i njihovu temeljnu obuku, analizirani zrakoplovi imaju malo sati naleta u promatranom periodu. Napredna obuka se vrši na drugim tipovima zrakoplova zbog čega se na ovom zrakoplovu leti samo određeni period godine i točno određeni broj sati. Također, ovaj zrakoplov ne smije letjeti u uvjetima zaleđivanja tako da su i doba godine i meteorološki uvjeti ograničavajući faktor u njegovoj eksploataciji.

U nastavku se daje analiza planiranog i neplaniranog održavanja za sva tri promatrana zrakoplova.

4.2.1. Analiza praćenja planiranog i neplaniranog održavanja zrakoplova A

U tablici 5. dan je prikaz planiranog održavanja zrakoplova A za promatrani period od osamnaest mjeseci. Prikazani su sati naleta, odnosno broj 50 -satnih i 100 -satnih pregleda.

Tablica 5. Prikaz planiranog održavanja zrakoplova A kroz period od osamnaest mjeseci

Mjesec praćenja	**Sati naleta**	**50 – satni pregled**	**100 – satni pregled**
1.	1342	+	
11.	1363		+
13.	1388	(*)	
14.	1413	+	
17.	1466		+
18.	1513	+	
Ukupno	171	3 + (*)	2

Kroz podatke iz tablice 5. mogu se utvrditi intervali održavanja između pregleda, i vidljivo je da je interval okvirno 50 sati, uz neke iznimke. Primjerice, vidljivo je da je 50 satni pregled napravljen kod broja sati naleta od 1342 sata te je već nakon 20 tak sati proveden 100-satni pregled. Navedeni 100 – satni pregled održan u 11. mjesecu praćenja, napravljen je zbog ugradnje novog motora, što je propisano procedurom održavanja za zrakoplov Zlin 242 L.

nakon ugradnje novog motora. Također, nakon 25 sati eksploatacije novog motora, potrebno je izvršiti zamjenu ulja, pa je zrakoplov radi toga povučen iz eksploatacije. U tablici je navedena zamjena ulja provedena u 13. mjesecu praćenja, točno 25 sati leta nakon ugradnje motora. Navedeni zadatak održavanja u tablici je označen zvjezdicom (*).

Analizom svih podataka kroz promatrani period od 18 mjeseci, vidljivo je da je zrakoplov imao 171 sat naleta te su izvršena tri 50 – satna pregleda, dva 100 – satna te jedna zamjena ulja radi početne eksploatacije novog motora.

Tijekom perioda osamnaest mjeseci kroz eksploataciju dogodilo se nekoliko prijava tehničkih kvarova koji su uočeni uglavnom od strane tehničara prilikom redovnih dnevnih pregleda ili planiranog održavanja, ili od strane pilota tijekom letenja. U tablici 6. navedeni su razlozi koji su doveli do neplaniranog održavanja uslijed neispravnosti na zrakoplovu A.

Tablica 6. Razlozi koji su doveli do neplaniranog održavanja zrakoplova A kroz period od 18 mjeseci uslijed neispravnosti

Mjesec praćenja	**Sati naleta**	**Razlog neplaniranog održavanja**
2.	1354	Zamjena centrifugalnog regulatora brzine vrtnje propelera
11.	1360	Zamjena manovakuumetra zbog neispravnosti
15.	1440	Zamjena četverostrukog pokazivača parametara rada motora
16.	1446	Zamjena glavne baterije zbog neispravnosti
17.	1459	Zamjena davača količine goriva zbog neispravnosti
18.	1515	Zamjena transpondera
Ukupno	**6**	

U 173 sati naleta prema podacima iz knjige radova na zrakoplovu A prema tablici 6., vidi se da je došlo do 6 neplaniranih pregleda uslijed neispravnosti komponenata. Važno je napomenuti da je dio neispravnosti uočen prilikom redovitog održavanja zrakoplova te je na tom pregledu iste neispravnosti i otklonjene.

4.2.2 Analiza praćenja planiranog i neplaniranog održavanja zrakoplova B

Zrakoplov B je za razliku od zrakoplova A imao planirano održavanje u pravilnijim intervalima, odnosno 50 – satne preglede skoro svakih 50 sati naleta i 100 -satne skoro svakih 100 sati. Jedini pregled koji se ne uklapa u proračun je 100 – satni pregled u 17. mjesecu

praćenja, koji je prema uputi proizvođača proveden zbog ugradnje važnijih dijelova i opreme. Prema podacima iz tablice 7. može se reći da je zrakoplov B kroz ostvarenih 217 sati naleta imao 6 planiranih održavanja od kojih su tri 50 – satna i tri 100 – satna pregleda.

Tablica 7. Prikaz planiranog održavanja zrakoplova B kroz period od 18 mjeseci

Mjesec praćenja	**Sati naleta**	**50 – satni pregled**	**100 – satni pregled**
1.	799	+	
6.	849		+
7.	897	+	
14.	945		+
18.	992	+	
18.	1016		+
ukupno	217	3	3

Tijekom 217 sati naleta zrakoplov B imao je ukupno 8 neplaniranih pregleda prema podacima iz knjige radova, što je vidljivo iz tablice 8. Zanimljivost ovih neplaniranih pregleda je što su svi prijavljeni od strane pilota nakon letenja.

Tablica 8. Razlozi koji su doveli do neplaniranog održavanja zrakoplova B kroz period od osamnaest mjeseci

Mjeseci praćenja	**Sati naleta**	**Razlog neplaniranog održavanja**
3.	804	Zamjena davača tlaka ulja
3.	815	Tvrdo slijetanje
3.	817	Zamjena brave za pokretanje motora
6.	831	Zamjena propelera
9.	904	Zamjena umjetnog horizonta
12.	918	Zamjena alternatora
15.	961	Zamjena poklopca kabine
18.	965	Zamjena četverostrukog pokazivača parametara rada motora
Ukupno	8	

4.2.3. Analiza praćenja planiranog i neplaniranog održavanja zrakoplova C

U vremenskom periodu praćenja planiranog i neplaniranog održavanja od osamnaest mjeseci zrakoplov C je odletio 128 sati naleta. To je znatno manje od zrakoplova A i B, no najveća zanimljivost kod zrakoplova C je što tijekom spomenutog fonda sati nije imao niti jedno neplanirano održavanje. Razlog tomu je što se zrakoplov C intenzivno koristio samo prva 4 mjeseca praćenja nakon čega se kroz ostalih 8 mjeseci praćenja na njemu letjelo još samo 30 sati, jer je motor zrakoplova C išao na remont u 9. mjesecu praćenja. Iz tablice 9. vidljivo je da su provedena 4 planirana pregleda, od kojih su dva 50-satna i dva 100-satna pregleda. Drugi 100-satni pregled napravljen je 20 sati ranije od planiranog zbog ponovne ugradnje motora.

Tablica 9. Prikaz planiranog održavanja zrakoplova C kroz period od osamnaest mjeseci

Mjesec praćenja	**Sati naleta**	**50 – satni pregled**	**100 – satni pregled**
2.	1250	+	
5.	1298		+
6.	1348	+	
14.	1378		+
ukupno	**128**	**2**	**2**

5. IZRAČUN *MTBM* I *MTTR*

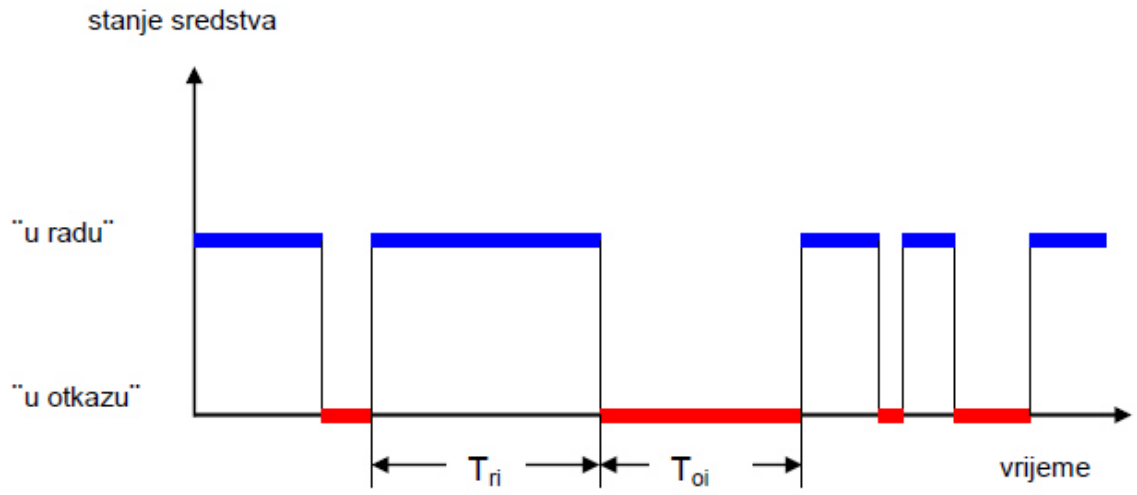
Srednje vrijeme između održavanja (eng. *Mean Time Between Maintenance – MTBM*) je vrijeme koje je proteklo između dva održavanja na zrakoplovu. Izračunava se za popravljive neispravnosti. Koristi se za predviđanje vjerojatnosti otkaza u određenom vremenskom razdoblju. Mjerenje *MTBM* je jedan od načina dobivanja više informacija o kvarovima i ublažavanje njegovog utjecaja na eksploataciju zrakoplova.

Srednje vrijeme popravka (eng. *Mean Time To Repair – MTTR*) je mjera održavanja kojom se pokazuje koje je prosječno vrijeme popravka neplaniranog kvara ili planiranog održavanja zrakoplova, odnosno, vrijeme koje je zrakoplov proveo prizemljen zbog održavanja.

U ovom poglavlju će se još malo detaljnije opisati *MTBM* i *MTTR* te vremena koje je zrakoplovno – tehničko osoblje provelo u efektivnom radu na zrakoplovu. Nakon toga će se napraviti izračun *MTBM* i *MTTR* za svaki pojedini zrakoplov kao i u prethodnom poglavlju.

5.1 *MTBM* i *MTTR*

U tijeku eksploatacije kod zrakoplova se izmjenjuju stanja „u radu“ i stanja „u otkazu“, kako je prikazano slikom 4. [8]. Za vrijeme dok je zrakoplov „u otkazu“, na zrakoplovu se provode radovi održavanja. Za to vrijeme, zrakoplov je prizemljen i nije raspoloživ za letenje.



Slika 4. Prikaz stanja zrakoplovnog sredstva u radu i prizemljenog za vrijeme održavanja [8]

Na temelju praćenja i analize stanja „u radu“ i „u otkazu“ (odnosno na održavanju), mogu se izračunati *MTBM* i *MTTR*.

Formula za izračun *MTBM* je:

$$MTBM = \frac{\sum_{i=1}^{n} Tri}{n}$$

gdje je:

T_{ri} – trajanje i-tog razdoblja ispravnog rada

n – ukupan broj analiziranih razdoblja rada i otkaza.

Ako je *MTBM* veći, zrakoplov je više raspoloživ za letenje. *MTBM* se računa na način da se ukupan broj sati razdoblja ispravnog rada podijeli s brojem radova održavanja koji su se dogodili u tom razdoblju. Podatak o *MTBM* se treba uzeti u obzir kao pokazatelj srednjeg vremena između održavanja, koje uključuje planirano i neplanirano održavanje.

Formula za izračun srednjeg vremena popravka *MTTR* :

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^{n} Toi}{n}$$

gdje je:

T_{oi} - trajanje i – tog popravka

n – ukupan broj analiziranih razdoblja rada i otkaza.

Vrijeme koje je potrebno za radove održavanja ovisi o tome je li se održavanje provodi sklopu planiranog ili neplaniranog održavanja te ima li tehnička služba za održavanje dostupnu komponentu koju mora zamijeniti ili je mora naručivati. Također, vrijeme potrebno za otklanjanje neispravnosti u slučaju neplaniranog održavanja, bit će manje, ako je neispravnost moguće ukloniti u toj organizaciji za održavanje, bez da se mora poslati u neku drugu ovlaštenu organizaciju za održavanje.

Vrijeme potrebno za provođenje radova održavanja (*MTTR*) ponekad se naziva vrijeme zastoja (engl. *Maintenance downtime, - MDT*) [8]. Pri tome je potrebno naglasiti da se vrijeme zastoja sastoji od vremena koje je zrakoplov efektivno proveo na radovima i vremena čekanja na ponovnu eksploataciju. Prilikom analize i određivanja *MTBM* i *MTTF* u ovom radu nisu bili poznati podaci o vremenu koje je zrakoplov proveo efektivno na održavanju, odnosno podaci o vremenu čekanja na ponovnu eksploataciju. Zato je *MTTR* izračunato kao ukupno vrijeme koje uključuje vrijeme provedeno na radovima i vrijeme čekanja na letenje.

5.2 Izračun *MTBM* i *MTTR* za zrakoplov A

Prema stvarnim podacima dobivenim iz tehničke knjižice zrakoplova A izračunat će se *MTBM* i *MTTR* za period od osamnaest mjeseci u kojem je zrakoplov A proveo 173 sata naleta. T_{ri} je vrijeme koje je zrakoplov proveo u radu, odnosno, u letenju. T_{oi} je vrijeme koje je zrakoplov proveo u hangaru prizemljen za vrijeme održavanja, uključivo i vrijeme čekanja na ponovnu eksploataciju. TT predstavlja ukupne sate naleta zrakoplova od početka uporabe. U tablici 10. se također nalazi i vrsta svakog od radova održavanja.

Tablica 10. Vrijeme ispravnog rada T_{ri} **[h]** i vrijeme provedeno na popravku T_{oi} **[h]** za zrakoplov A

TT	T_{ri} [h]	T_{oi} [h]	Vrsta održavanja	Mjesec praćenja
1342	/	6	50 – satni pregled	1.
1354	12	48	neplanirano	2.
1360	6	30	neplanirano	11.
1363	3	106	100 – satni pregled	11.
1388	25	6	50 – satni pregled	13.
1413	25	3	50 – satni pregled	14.
1440	27	100	neplanirano	15.
1446	6	8	neplanirano	16.
1459	13	72	neplanirano	17.
1466	7	48	100 – satni pregled	17.
1513	47	8	50 – satni	18.
1515	2	20	neplanirano	18.
Ukupno	**173**	**455**	**14**	/

$$MTBM = \frac{173}{12} = 14.42 \text{ h}$$

$$MTTR = \frac{455}{12} = 37.92 \text{ h}$$

Nakon uvrštavanja u formule dobiva se da je srednje vrijeme između održavanja (*MTBM*) 14.42 sata. Razlog ovog malog broja je mali broj sati provedenih u letenju za promatrani period. Vojni piloti samo dio obuke provode na zrakoplovu Zlin 242 L i uvijek je samo jedan naraštaj polaznika trenutno na tom zrakoplovu, pa je u usporedbi sa satima naleta školskih zrakoplova civilnih pilota u Republici Hrvatskoj broj značajno manji [9].

Srednje vrijeme koje je zrakoplov proveo na zemlji (*MTTR*) je 39.92 h, što govori da tehničkoj službi u prosjeku treba 39,92 h za korigiranje nastale neispravnosti ili provođenje redovitog pregleda na zrakoplovu Zlin 242 L. Izračunati broj je velik, uvažavajući prethodno objašnjenje, da je u navedeno vrijeme uključeno vrijeme radova i vrijeme čekanja na ponovnu eksploataciju.

5.3 Izračun *MTBM* i *MTTR* za zrakoplov B

Na identičan način kao i za zrakoplov A, izvršena je analiza planiranog i neplaniranog održavanja za zrakoplov B. Iz tablice 11. vidljivo je da je zrakoplov B u promatranom periodu od osamnaest mjeseci bio 343 sata nedostupan za letenje zbog neispravnosti ili redovitog pregleda. To je preko 100 sati manje nego što je zrakoplov A proveo na zemlji iz istih razloga, a zrakoplov B je imao čak 2 neplanirana pregleda i 50 sati naleta više nego zrakoplov A. Razlog ovim podacima prvenstveno je opseg kvara koji je doveo do neplaniranog održavanja kao i mogućnost popravka dijelova u organizaciji za održavanje u kojoj se održavanje provodi.

Tablica 11. Vrijeme ispravnog rada T_{ri} **[h]** i vrijeme provedeno na popravku T_{oi} **[h]** zrakoplova B

TT	T_{ri} [h]	T_{oi} [h]	Vrsta održavanja	Mjesec praćenja
799	/	6	50- satni pregled	1.
804	5	24	neplanirano	3.
815	11	4	neplanirano	3.
817	2	2	neplanirano	3.
831	14	30	neplanirano	6.
849	18	72	100- satni pregled	6.
897	48	6	50- satni pregled	7.
904	7	20	neplanirano	9.
918	14	9	neplanirano	12.
945	27	48	100- satni pregled	14.
961	16	1	neplanirano	15.
965	4	67	neplanirano	18.
992	27	6	50- satni pregled	18.
1016	24	48	100- satni pregled	18.
Ukupno	**217**	**343**	**14**	/

$$MTBM = \frac{217}{14} = 15.5 \text{ h}$$

$$MTTR = \frac{343}{14} = 24.5 \text{ h}$$

Izračunom se dobiva da je zrakoplov B u prosjeku odletio 15.5 h između planiranog ili neplaniranog održavanja. Vrijeme koje je zrakoplov B proveo na zemlji zbog neispravnosti ili redovitog održavanja je 24.5 h.

5.4 Izračun *MTBM* i *MTTR* za zrakoplov C

Zrakoplov C ima najmanje sati naleta od promatranih zrakoplova. U promatranom periodu odletio je 128 sati naleta pri čemu su provedena četiri planirana pregleda zbog kojih je bio nedostupan za letenje 264 sata.

Tablica 12. Vrijeme ispravnog rada T_{ri} **[h]** i vrijeme provedeno na popravku T_{oi} **[h]** zrakoplova C

TT	T_{ri} **[h]**	T_{oi} **[h]**	**Pregled**	**Mjesec praćenja**
1250	/	48	50-satni	2.
1298	48	96	100-satni	5.
1348	50	24	50-satni	6.
1378	30	96	100-satni	14.
Ukupno	**128**	**264**	**4**	/

$$MTBM = \frac{128}{4} = 32 \text{ h}$$

$$MTTR = \frac{264}{4} = 66 \text{ h}$$

Nakon uvrštavanja u formule dobiva se da je srednje vrijeme između dva održavanja 32 sata, dok je srednje vrijeme popravka 66 sati.

6. ZAKLJUČAK

Zrakoplovi se moraju održavati isključivo prema njihovim programima održavanja i planovima preventivnog održavanja. S obzirom na ograničeni broj zrakoplova u svakoj eskadrili održavanja se moraju unaprijed planirati kako bi se zadržala određena operativna sposobnost. Na nju najviše utječu neplanirani kvarovi koje pojedini zrakoplov do otklona kvara prizemljuju. Upravo se ovakvim analizama praćenja planiranog i neplaniranog održavanja može utjecati na takve događaje temeljem čega možemo predvidjeti pojavu neplaniranog održavanja. Podaci kao što je srednje vrijeme između dva održavanja moraju se izračunavati kako bi se bolje planirala raspoloživost samog zrakoplova.

Srednje vrijeme popravka je bitan pokazatelj rada organizacije za održavanje zrakoplova temeljem kojeg se može ubrzati vrijeme popravka, odnosno smanjiti vrijeme koje zrakoplov provede na zemlji i izvan upotrebe. Smanjenje vremena popravka može se izvesti na način da se odmah u početku prilikom kupnje nekog zrakoplova svaka organizacija unutar HRZ opremi sa opremom koja je potrebna za provedbu svih oblika održavanja tog zrakoplova do razine trećeg stupnja održavanja. Također, vrijeme popravka uvelike bi potpomogla i veća zaliha dijelova na raspolaganju bez da se nepotrebno troši vrijeme čekajući na narudžbu i dostavu ili slanje popravljive komponente na popravak.

Provedena analiza praćenja planiranog i neplaniranog održavanja, kao i izračun *MTBM* i *MTTR*, bili bi znatno precizniji da su provedeni na većem uzorku zrakoplova.

Najvažniji razlog zbog kojih su provedeni analize i izračuni je prikaz elemenata radnji i događaja koji utječu na eksploataciju zrakoplova s ciljem povećanja dostupnosti zrakoplova za letenje. Od vojnih sustava se očekuje konstantna spremnost, stoga je u vojnom zrakoplovstvu najveći gubitak nedostupnost zrakoplova za izvršenje zadaće.

POPIS LITERATURE

[1] Službena stranica tvrtke Zlin Aircraft. Preuzeto sa: https://www.zlinaircraft.eu/en/About-Us/#srollcont [Pristupljeno: kolovoz 2020.]

[2] Službena stranica Ministarstva obrane. Preuzeto sa: https://www.morh.hr/kadeti-izveli-prve-samostalne-letove/, [Pristupljeno: kolovoz 2020.]

[3] Airplane flight manual Zlin 242 L, Moravan Aviation Ltd., Otrokovice – Czech Republic, 1994.

[4] Operators manual Textron Lycoming Aircraft Engines, Textron Lycoming, Williamsport, Pennsylvania, SAD, 1974.

[5] Hartzell propeler owners manual, Hartzell Propeller Inc. Piqua, Ohio, SAD, 2000.

[6] Pravilnik o kontinuiranoj plovidbenosti i održavanju vojnih zrakoplova, NN 86/2013, 2013.

[7] Domitrović, A : Održavanje i eksploatacija zrakoplova, Autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.

[8] Bazijanac, E : Tehnička eksploatacija i održavanje zrakoplova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2007.

[9] Mario Odak, Završni rad „Analiza programa održavanja zrakoplova DV20“, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2014.

POPIS SLIKA

Slika 1. Zlin-242l Hrvatskog ratnog zrakoplovstva…….....3

Slika 2. Dimenzije zrakoplova Zlin – 242 L……4

Slika 3. Potvrda o otpustu s radova……..9

Slika 4. Prikaz stanja zrakoplovnog sredstva u radu i prizemljenog za vrijeme održavanja…...19

POPIS TABLICA

Tablica 1. Najveće dozvoljene mase pri polijetanju i slijetanju……4

Tablica 2. Najveće dozvoljene mase zrakoplova Zlin 242 L pri polijetanju i slijetanju…….5

Tablica 3. Eksploatacijske karakteristike zrakoplova Zlin 242 L……6

Tablica 4. Karakteristike „Lycoming“ motora AEIO-360-A1B6……7

Tablica 5. Prikaz planiranog održavanja zrakoplova A kroz period od osamnaest mjeseci …...15

Tablica 6 Razlozi koji su doveli do neplaniranog održavanja zrakoplova A kroz period od osamnaest
mjeseci…….....16

Tablica 7. Prikaz planiranog održavanja zrakoplova B kroz period od osamnaest mjeseci.....17

Tablica 8. Razlozi koji su doveli do neplaniranog održavanja zrakoplova B kroz period od osamnaest
mjeseci..... 17

Tablica 9. Prikaz planiranog održavanja zrakoplova C kroz period od osamnaest mjeseci 18

Tablica 10. Vrijeme ispravnog rada T_{ri} (h) i vrijeme provedeno na popravku T_{oi} (h)
zrakoplova A.....21

Tablica 11. Vrijeme ispravnog rada T_{ri} [h] i vrijeme provedeno na popravku T_{oi} [h]
zrakoplova B..... 22

Tablica 12. Vrijeme ispravnog rada T_{ri} [h] i vrijeme provedeno na popravku T_{oi} [h]
zrakoplova C..... 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.

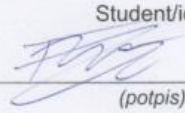
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada pod naslovom **Praćenje planiranog i neplaniranog održavanja zrakoplova Zlin 242 L prema naletu**

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

U Zagrebu, 1.3.2021.

Student/ica:



(potpis)