

Sustav održavanja zrakoplova zračnog prijevoznika

Caput, Matia

Master's thesis / Diplomski 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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:628827>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-11**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Matia Caput

**SUSTAV ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA ZRAČNOG
PRIJEVOZNIKA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 7. svibnja 2020.

Zavod: **Zavod za zračni promet**
Predmet: **Eksploatacija i održavanje zrakoplova**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 5992

Pristupnik: **Matia Caput (0135239114)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Sustav održavanja zrakoplova zračnog prijevoznika**

Opis zadatka:

U radu je potrebno opisati regulatorne zahtjeve za održavanje zrakoplova, te organizacijske sustave za njihovo održavanje.

Opisati tipične procese redovitog i izvanrednog održavanja zrakoplova u linijskom i baznom održavanju.

Na primjeru izabrane prijevozničke tvrtke analizirati organizaciju održavanja zrakoplova Dash 8-Q400.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

prof. dr. sc. Ernest Bazijanac

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**SUSTAV ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA ZRAČNOG
PRIJEVOZNIKA
OPERATOR'S AIRCRAFT MAINTENANCE SYSTEM**

Mentor: prof. dr. sc. Ernest Bazijanac

Student: Matia Caput,
JMBAG: 013539114

Zagreb, rujan 2020.

SAŽETAK

Održavanje zrakoplova predstavlja jedan od najvećih troškova zračnoga prijevoznika, stoga je iznimno važno održavati zrakoplov prema propisima kako bi se izbjegli izvanredni kvarovi na zrakoplovu koji mogu izazvati neočekivane troškove, kašnjenja i smanjuju sigurnost. Sukladno Part-u M, koji se odnosi specifično na održavanje i eksploataciju zrakoplova, zračni prijevoznik ima obvezu izrade programa praćenja pouzdanosti zrakoplova u eksploataciji. Zračni prijevoznik može biti ovlašten i za održavanje kontinuirane plovidbenosti. Ovlaštenje za održavanje zrakoplova i za održavanje kontinuirane plovidbenosti odobrava Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo. U radu je napravljena analiza organizacijske strukture tehničke službe nacionalnog zračnog prijevoznika Croatia Airlines. Na temelju podataka iz Programa pouzdanosti izvršena je analiza eksploatacije i održavanja flote zrakoplova tipa Dash 8-Q400.

KLJUČNE RIJEČI: sigurnost, održavanje, program održavanja, plovidbenost, eksploatacija

SUMMARY

Aircraft maintenance is one of the biggest costs for an airline, so it is extremely important to maintain the airplane in accordance with regulations to avoid extraordinary failures on the airplane that can cause unexpected costs, delays and reduce safety. Pursuant to Part M, which relates specifically to the maintenance and operation of airplane, the air carrier has the obligation to develop a program to monitor the reliability of the aircraft in operation. The air carrier may also be authorized to maintain continuing airworthiness. The authorization for airplane maintenance and for continuing airworthiness is approved by the Croatian Civil Aviation Agency. The paper analyzes the organizational structure of the technical service of the national airline Croatia Airlines. Based on the data from the Reliability Program, an analysis of the operation and maintenance of the Dash 8-Q400 aircraft fleet was performed.

KEY WORDS: Safety, maintenance, maintenance program, airworthiness, exploitation

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Ernestu Bazijancu na podršci i povjerenju, te pruženoj prilici za izradu diplomskog rada. Hvala na savjetima, razgovorima te strpljenju i vremenu za moje brojne upite.

Veliko hvala mojoj djevojci na podršci kroz cijelo studiranje.

Hvala mojim roditeljima, kumovima i obitelji na potpori kroz studiranje.

Hvala mojem stricu na usmjerenju u zračni promet i na velikoj podršci kroz studiranje

Hvala radnicima Croatie Airlines na neizmjernej pomoći kroz rad i pružanju potrebnih materijala.

Hvala mojim kolegama koji su mi uljepšali moje studentske dane.

Veliko HVALA svima!

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PROCESI I SPECIFIČNOSTI ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA	2
2.1. Općenito o održavanju zrakoplova	2
2.2. Vrste održavanja	2
2.3. Pravni i administrativni aspekt programa održavanja zrakoplova.....	4
2.4. Zrakoplovni propisi kojima se definiraju zahtjevi organizacije za održavanje zrakoplova (PART 145)	4
2.4.1. Tehnički.....	5
2.4.2. Postupci za nadležna tijela	6
2.5. Tehnički i praktični aspekt održavanja zrakoplova	6
2.5.1. Linijsko održavanje	6
2.5.2. Bazno održavanje	7
2.5.3. Radioničko održavanje komponenti.....	7
2.5.4. Grupiranje radova planiranog održavanja	7
3. ORGANIZACIJSKI SUSTAV ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA	9
3.1. Program održavanja zrakoplova	9
3.2. Razvoj programa održavanja	11
3.2.1. <i>Maintenance Review Board Report</i>	11
3.2.2. Dokumenti za planiranje održavanja.....	12
3.2.3. Program održavanja prilagođen korisniku	13
3.2.4. Podržavajući dokumenti programa održavanja	13
3.2.5. Opći i prilagođeni programi održavanja.....	14
3.3. Grupiranje programa održavanja	15
3.3.1. Zadatci u održavanju koji pokrivaju sustave zrakoplova	16
3.3.2. Zadatci koji pokrivaju strukturu zrakoplova	16
3.3.3. Zadatci koji pokrivaju zone.....	17
3.4. Troškovi održavanja zrakoplova	17
3.4.1. Troškovi održavanja preventivne zamjene komponente	17
3.4.2. Pregled troškova održavanja prijevoznika Croatia Airlines za period 2017. – 2019. 18	
3.5. Troškovi životnog vijeka zrakoplova	19
3.5.1. Općenito o troškovima životnoga vijeka.....	20
3.5.2. Troškovi eksploatacije zrakoplova.....	22
4. POSEBNI POSTUPCI ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA	25

4.1. Metode i modeli za određivanje intervala preventivne zamjene komponente zrakoplova	25
4.1.1. Matematičke metode	25
4.1.2. Simulacijske metode	26
4.1.3. Grafičke metode	27
4.2. Pogreške u održavanju zrakoplova	27
4.3. Utvrđivanje plovidbenosti zrakoplova.....	29
5. PROCES REDOVNOG I IZVANREDNOG ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA	31
5.1. Pouzdanost zrakoplova	31
5.1.1. Opći pokazatelji pouzdanosti	31
5.1.2. Pokazatelji pouzdanosti strukture.....	33
5.1.3. Pokazatelj pouzdanosti zrakoplovnih komponenti.....	34
5.1.4. Pokazatelj pouzdanosti pogonskih sustava	35
5.2. Redovno održavanje zrakoplova	36
5.2.1. Provjere u održavanju.....	37
5.2.2. Sadržaj redovnog održavanja	38
5.3. Izvanredno održavanje zrakoplova	38
5.3.1. Sadržaj izvanrednog održavanja zrakoplova sastoji se od:	38
5.3.2. Neplanirano održavanje zbog kvarova	39
6. PRIMJER ORGANIZACIJE ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA DASH 8-Q400 U OKVIRU PRIJEVOZNIČKE TVRTKE	41
6.1. Općenito o seriji zrakoplova Dash 8.....	41
6.2. Tehničke karakteristike zrakoplova.....	42
6.3. Eksploatacijske karakteristike zrakoplova.....	43
6.4. Organizacije za održavanje zrakoplova	43
6.5. Zračni prijevoznik s ovlastima za kontinuiranu plovidbenost.....	44
6.6. Služba održavanja Croatie Airlines	46
6.7. Podatci o sustavu održavanja zrakoplova Dash 8-Q400 zrakoplovnog prijevoznika Croatie Airlines	48
7. ZAKLJUČAK.....	55
LITERATURA	57
POPIS SLIKA.....	59
POPIS TABLICA.....	60
POPIS GRAFIKONA	61
POPIS KRATICA	62

1. UVOD

Zračni promet sve više raste i napreduje te teži ka što većoj kvaliteti, ali i sigurnosti. Razvojem zrakoplova kao prijevoznim sredstvima, također raste i potreba za sigurnijim i kvalitetnijim održavanjem. Zračni prijevoznici osim što na sve moguće načine pokušavaju privući klijente također ulažu veliku količinu svojih sredstava u održavanje zrakoplova. Kvalitetnim održavanjem zrakoplova zračni prijevoznici postaju više konkurentniji i sigurniji.

Uspješnost poslovanja zračnih prijevoznika također uvelike ovisi o održavanju zrakoplova, zato je iznimno važno razvijati programe za efikasnije održavanje zrakoplova, čime bi se smanjili troškovi održavanja zrakoplova, olakšala organizacija održavanja i najvažnije od svega povećala sigurnost zrakoplova u letu. Svaki tip zrakoplova sadrži vlastiti program održavanja. Program održavanja je potrebno neprestano analizirati i optimizirati intervale i zadatke. Kako bi zrakoplov udovoljio standardima za sigurnu zračnu plovidbu, program održavanja zrakoplova obuhvaća zadaće koje se na zrakoplovu trebaju obaviti tijekom njegovog životnog vijeka. U programu održavanja definirani su intervale održavanja, potrebno osoblje te oprema i alati za održavanje. Svaki zračni prijevoznik odgovoran je za provođenje programa održavanja zrakoplova. Također, u programu održavanja definirani su svi postupci održavanja zrakoplova koji se obavljaju u tijeku eksploatacije zrakoplova na samom zrakoplovu, zrakoplovnim sustavima, njegovoj strukturi, opremi zrakoplova i pogonskoj grupi.

Sukladno zahtjevu regulative (PART-M), zračni prijevoznik dužan je izraditi program održavanja zrakoplova. Zadaće održavanja zrakoplova primarno izvršava tehničko osoblje.

Kako bi sigurnost bila na što višoj razini potrebno je pratiti i bilježiti sva oštećenja na konstrukciji zrakoplova. Oštećenjem se smatra bilo koji tip trajne deformacije na bilo kojoj lokaciji konstrukcijske komponente. Oštećenja mogu značajno narušiti sigurnost leta i utjecati na plovidbenost. Najčešće ih se može uočiti vizualnom provjerom, ali i lošijim performansama zrakoplova.

Svrha ovog diplomskog rada je analizirati sustav održavanja zrakoplova u okviru prijevozničke tvrtke.

Cilj ovog diplomskog rada je obrazložiti sustav održavanja zrakoplova u okviru prijevozničke tvrtke, posebne postupke održavanja, organizacijski sustav održavanja zrakoplova, procese redovnog i izvanrednog održavanja te primjer organizacije održavanja zrakoplova Dash8-Q400 u okviru prijevozničke tvrtke.

Ovaj diplomski rad je podijeljen u 7 cjelina:

1. Uvod
2. Procesi i specifičnosti održavanja zrakoplova
3. Organizacijski sustavi održavanja zrakoplova
4. Posebni postupci održavanja zrakoplova
5. Proces redovnog i izvanrednog održavanja zrakoplova
6. Primjer organizacije održavanja zrakoplova Dash 8-Q400 u okviru prijevozničke tvrtke
7. Zaključak

2. PROCESI I SPECIFIČNOSTI ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA

Održavanje je kombinacija svih tehničkih i odgovarajućih administrativnih aktivnosti predviđenih za očuvanje nekog sredstva rada - radnog sustava ili dovođenje istog u stanje u kojem on može obavljati predviđenu funkciju. Održavanje zrakoplova je skup aktivnosti koje se provode s ciljem osiguranja kontinuirane plovidbenosti.

Tri su glavna razloga zašto je potrebno održavanje zrakoplova [1]:

- operacijski: kako bi se zrakoplov očuvao u servisnom i pouzdanom stanju u svrhu ostvarenja prihoda,
- zadržavanje vrijednosti: kako bi se održala trenutna i buduća vrijednost zrakoplova smanjujući njegovo fizičko propadanje kroz tehnički vijek,
- regulatorni zahtjevi: stanje i održavanje zrakoplova su određeni nadležnim zrakoplovnim autoritetom. Na taj način su ustanovljeni standardi za popravke, periodične provjere i izmjene koje mogu biti učinjene od strane vlasnika ili operatora uz dopuštenje nadležnih zrakoplovnih vlasti.

Održavanje zrakoplova možemo podijeliti na održavanje strukture i sustava i na održavanje komponenti. Postoje dvije temeljne strategije održavanja [2]:

- preventivna, koja podrazumijeva sprječavanje kvarova i oštećenja,
- korektivna, podrazumijeva otklanjanje nastalih kvarova ili oštećenja,
- preinake na zrakoplovu. Strategije održavanja koje se primjenjuju uvjetovane su čimbenicima koji mogu biti tehničko-tehnološki, sigurnosno-operativni i ekonomski.

2.1. Općenito o održavanju zrakoplova

Analizirana su tri aspekta održavanja zrakoplova, a tema je sagledana iz pravne, tehničke i praktične perspektive. Prikazano je što održavanje zrakoplova znači u sustavu primjene Zračnog prava (*Air Law*) kojem održavanje zrakoplova treba biti prilagođeno, zatim što se uči na učilištima i školama na temu održavanja zrakoplova te konačno što u praksi podrazumijeva održavanje zrakoplova.

2.2. Vrste održavanja

Održavanje se može podijeliti na:

- korektivno održavanje,
- preventivno održavanje,
- održavanje prema stanju

Moguće su i drugačije podjele vrste održavanja.

Korektivno održavanje je takva vrsta održavanja kod koje se komponenti/sredstvu vraća zahtijevana radna sposobnost nakon otkaza. [3] Tipične aktivnosti korektivnog održavanja su:

- uočavanje otkaza,
- lokacija otkaza,

- izgradnja otkazalog sklopa, rastavljanje,
- popravak,
- sastavljanje, ugradnja,
- testiranje, provjera,
- verifikacija.

Ovakva vrsta održavanja može se primijeniti na elemente kod kojih otkaz nema utjecaja na sigurnost letenja. Također, otkaz komponente mora biti signaliziran operateru (posadi, mehaničarima) i ne smije inicirati otkaz druge komponente ili sustava (obično se kaže da komponente koja se održava na taj način ne smije imati tzv. "skrivenu funkciju" (*hidden function*)).

Preventivno održavanje je takva vrsta održavanja kad se aktivnosti održavanja provode planski (prema određenom resursu) na sredstvu koje je ispravno ili se smatra da je ispravno jer nije uočen otkaz. Tipične aktivnosti korektivnog održavanja su:

- rastavljanje,
- popravak ili zamjena
- sastavljanje, ugradnja,
- testiranje, provjera,
- verifikacija.

U ovom slučaju se radi o točno određenim resursima koje je sredstvo odradilo do poduzimanja preventivnog održavanja te se zbog toga kaže da se primjenjuje tzv. "hard time" princip poduzimanja preventivnih aktivnosti. Ova vrsta održavanja je posebno prikladna za mehaničke komponente čije trošenje pokazuje dobru korelaciju s vremenom rada (ciklusima ili satima rada). Zrakoplovni klipni motor u cjelini i velik broj komponenti klipnog motora se upravo održavaju na taj način. To je tzv. TBO (*Time Between Overhaul*) za klipne motore. Propisani "ograničeni radni vijek" motora ili komponente se ne smije proučavati bez dozvole zrakoplovnih vlasti. Za eventualno dobivanje dozvole za produženje "ograničenog radnog vijeka" korisnik mora dokazati podacima iz praćenja pouzdanosti, iskustvom iz prakse i pregledima komponenti u radionici. Time korisnik dokazuje da produženje ograničenog radnog vijeka neće utjecati na sigurnost uporabe.

Održavanje zavisno od stanja ili tzv. "on condition" održavanje je takva vrsta održavanja gdje se akcije održavanja poduzimaju na temelju stanja sredstava, a ne nakon točno određenog radnog vijeka. Primjena ovakve vrste održavanja pretpostavlja provjeru stanja, tj. uvid u stanje sredstva. Stanje sredstva se opisuje nekim parametrom ili parametrima koji se provjeravaju, a akcija održavanja se primjenjuje pri dostizanja neke kritične vrijednosti prije nego što nastupi otkaz. Tipične aktivnosti održavanja prema stanju su:

- mjerenje parametara stanja,
- interpretacija izmjerenih parametara stanja,
- donošenje odluke o aktivnostima održavanja koje treba poduzeti

Ovim načinom održavanja izbjegava se nepotrebna prijevremena zamjena komponente čime se poboljšava ekonomičnost održavanja.[3] Komponente koje se održavaju na ovaj način

moraju imati neki mjerljivi dijagnostički parametar koji "najavljuje" otkaz. Za takvu komponentu potrebno je odrediti:

- dijagnostičke parametre i način njihovog mjerenja
- vrijeme između mjerenja dijagnostičkih parametara i
- granične vrijednosti parametara [3]

2.3. Pravni i administrativni aspekt programa održavanja zrakoplova

Program održavanja opisuje način na koji se pojedini zrakoplov održava da bi se osigurala njegova kontinuirana plovidbenost. Svaki zrakoplov mora se održavati u skladu s programom održavanja koji je odobrila nadležna zrakoplovna vlast, a on se u određenim vremenskim razmacima pregledava i prema potrebi na odgovarajući način izmjenjuje. Programom održavanja potrebno je osigurati usklađenost s:

1. Uputama za kontinuiranu plovidbenost koje su izdali nositelj certifikata, odnosno svaka druga organizacija koja objavljuje takve podatke.
2. Uputama koje je izdalo nadležno tijelo, u nedostatku uputa od nositelja certifikata ili ako su od njih različite.
3. Uputama koje su od njih različite, a koje je utvrdio vlasnik ili operator te odobrilo nadležno tijelo. Vlasnik zrakoplova je odgovoran za kontinuiranu plovidbenost te mora osigurati da se let ne provodi ako se održavanje zrakoplova ne obavlja u skladu s odobrenim programom održavanja. [4]

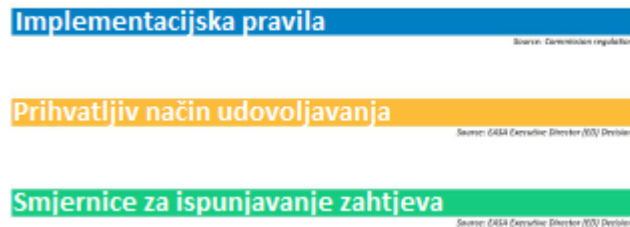
2.4. Zrakoplovni propisi kojima se definiraju zahtjevi organizacije za održavanje zrakoplova (PART 145)

Svaka ovlaštena organizacija za održavanje zrakoplova mora poštivati Europsku regulativu kako bi zadovoljila sve kriterije organizacije za održavanje zrakoplova. Osnovni Europski zrakoplovni propisi kojima se definiraju zahtjevi organizacije za održavanje zrakoplova su EASA PART 145: odobrena organizacija za održavanje zrakoplova (*Approved Maintenance Organization - AMO*) čiji su zahtjevi ujedno sadržani u Uredbi Komisije (EU) br. 2321/2014 kojim se utvrđuju potrebni tehnički zahtjevi i administrativni postupci za osiguravanje kontinuirane plovidbenosti zrakoplova, uključujući i sve sastavne dijelove za ugradnju u zrakoplov, koji je:

- registriran u nekoj državi članici; ili
- registriran u nekoj trećoj zemlji i koristi ga operator za kojeg neka država članica osigurava nadzor operacija.

EASA PART 145 sastoji se od implementacijskih pravila (*Implementing Rules - IR*), prihvatljivih načina udovoljavanja (*Acceptable Means of Compliance - AMC*), te smjernica za ispunjavanje zahtjeva (*Guidance Material - GM*) AMO organizacije. Svi elementi (IR, AMC i GM) su označeni bojama (slika 1.) te se prema tome jasno mogu identificirati u regulativi. IR označavaju zahtjeve koje organizacija za održavanje zrakoplova mora ispunjavati kako stekla i kontinuirano održavala certifikat (označeni plavom bojom). AMC predstavlja detaljniji opis

IRa te na koji način zadovoljiti zahtjeve na prihvatljiv način (označeni žutom bojom). GM su smjernice o tome kako i najmanja organizacija može ispunjavati zahtjeve PART-a 145 (označene zelenom bojom). [5]



Slika 1. Primjer označavanja IR, AMC i GM
Izvor: [5]

Sadržaj PART-a 145 konceptiran je u dva odjeljaka, a to su: [5]

- odjeljak A – tehnički zahtjevi,
- odjeljak B – postupci za nadležna tijela.

2.4.1. Tehnički

Odjeljak A PART-a 145 sadrži tehničke zahtjeve koje moraju ispuniti organizacije za održavanje zrakoplova kako bi na siguran, efikasan i učinkovit način obavljale svoj posao sukladno regulativi te omogućile kontinuiranu plovidbenost zrakoplova, aeronautičkih proizvoda, dijelova i uređaja koji se nalaze sadržani (odobreni) u njezinom opsegu radova. Tehnički zahtjevi nalaze se u odjeljku A EASA PART-a 145. [5]

Odjeljak A- tehnički zahtjevi sastoji se od dvadeset i dva podnaslova koji glase:

1. Područje primjene,
2. Zahtjev,
3. Uvjeti za odobrenje,
4. Zahtjevi u vezi s objektima,
5. Zahtjevi u vezi s osobljem,
6. Ovlašteno osoblje i osoblje za podršku,
7. Evidencije osoblja za pregled plovidbenosti,
8. Oprema, alat i materijal,
9. Prihvaćanje sastavnih dijelova,
10. Podaci za održavanje,
11. Planiranje radova održavanja,
12. Performanse održavanja,
13. Izdavanje potvrde o održavanju,
14. Evidencija održavanja i pregleda plovidbenosti,
15. Izvješćivanje o događanjima,
16. Politika sigurnosti i kvalitete, postupci održavanja i sustav kvalitete,
17. Priručnik organizacije za održavanje,
18. Ovlasti organizacije,

19. Ograničenja organizacije,
20. Promjene u organizaciji,
21. Kontinuirana valjanost,
22. Nalazi.

2.4.2. Postupci za nadležna tijela

Kako za organizacije tako i za nadležna tijela država članica postoje određeni zahtjevi odnosno postupci koji se trebaju poštivati. Postupci za nadležna tijela predstavljaju odjeljak B u EASA PART-u 145. [5]

Odjeljak B- postupci za nadležna tijela sadrže 12 poglavlja koji glase:

1. Područja primjene,
2. Nadležno tijelo,
3. Organizacije smještene u nekoliko država članica,
4. Početno odobrenje,
5. Izdavanje odobrenja,
6. Nastavak odobrenja,
7. Promjene,
8. Izmjene priručnika organizacije za održavanje,
9. Trajno oduzimanje, privremeno oduzimanje i ograničenje odobrenja,
10. Nalazi,
11. Čuvanje dokumentacije,
12. Izuzeća.

2.5. Tehnički i praktični aspekt održavanja zrakoplova

Tvrtke u RH koje se bave održavanjem zrakoplova mogu ispuniti zahtjeve za održavanje i popravak više tipova zrakoplova. Glavna podjela je na linijsko i bazno održavanje.

2.5.1. Linijsko održavanje

Linijsko održavanje je održavanje koje je potrebno napraviti prije leta kako bi se osigurala sposobnost zrakoplova za planirani let. Provodi se vani na otvorenom po danu, a vrlo često i noću. U ekstremnim vremenskim uvjetima preporuča se radove izvoditi u hangaru.

Linijsko održavanje sadrži:

- greškolov (*troubleshooting*),
- otklanjanje kvarova (*defect rectification*),
- zamjene komponenti uz korištenje potrebne opreme za testiranje sustava i ugrađene komponente,
- zamjene motora i propelera,
- redovne servisne preglede i vizualne inspekcije koje su namijenjene za otkrivanje očiglednih nezadovoljavajućih stanja, ali koja ne zahtijevaju opsežne detaljne inspekcije,
- manji popravci i modifikacije koje ne zahtijevaju opširno rastavljanje i mogu biti odrađeni jednostavnim sredstvima.

U linijske pregleda spadaju:

- A provjera,
- pretpoletni pregled,
- tranzitni pregled,
- dnevni pregled,
- tjedni pregled.

Pretpoletni pregled se odvija prije prvog leta svakoga dana. Sastoji se od obilaska i vizualnog pregleda zrakoplova, pri čemu se pažljivo promatra da nema nekih oštećenja ili neispravnosti, kao i da su svi propisani dokumenti u kabini. Pregled najčešće rade mehaničar i posada zrakoplova zajedno.

Tranzitni pregled se provodi na zrakoplovu nakon svakog usputnog slijetanja. To je obilazni pregled gdje se vizualno promatra da zrakoplov nema nekih oštećenja kao što su na primjer: pukotine, curenje goriva, ulja ili hidraulike, otpadanje dijelova zrakoplova u letu, pričvršćenost dijelova, oštećenje rotorskih lopatica uslijed ulijetanja stranog tijela itd.

Dnevni pregled se provodi na kraju svakog dana. Pri ovom pregledu se rade i svi radovi servisiranja, kako bi zrakoplov bio spreman za let narednog dana. Provjeravaju se kotači, kočnice i tekućine (razina ulja u motorima, razina hidro ulja itd).

Tjedni pregled provodi provjeru istrošenosti kočnica, tlaka u kisik bocama, provjera hidraulike i pregled uvodnika motora [2]

Linijsko održavanje definirano je prema JAA TGL (*Joint Aviation Authority Temporary Guidance Leaflet*). Obuhvaća aktivnosti: detekcija i otklanjanje kvarova, zamjena komponenti, zamjena motora i propelera, redovni servisni pregledi, manji popravci i modifikacije. Pojedinačni slučajevi ograničenih radova baznog održavanja izvedivi su uz zadovoljenje uvjeta propisanih regulativom. [4]

2.5.2. Bazno održavanje

Bazno održavanje obuhvaća aktivnosti opsežnih pregleda strukture i komponenti, a radovi se odvijaju u hangaru. Obuhvaća aktivnosti planiranog održavanja - A, B, C, D i L preglede te neplaniranog održavanja - manji popravci konstrukcije, otklanjanje kvarova, primjena i provedba modifikacija i zrakoplovnih naredbi, posebni pregledi, skladištenje, provjera nakon izbacivanja ili upotrebe sustava za opskrbu putničke kabine kisikom u izvanrednim situacijama, provjera nakon prevlačenja preopterećenog zrakoplova stajankom. [4]

2.5.3. Radioničko održavanje komponenti

Radioničko održavanje (*Shop Maintenance*) je održavanje pogonske grupe (motora) i svih popravljivih dijelova na zrakoplovu.

2.5.4. Grupiranje radova planiranog održavanja

Metoda blok načina pripremanja paketa je bazirana na principu grupiranja zadataka koji zahtijevaju redovito ponavljanje unutar istog intervala (A, C i D provjere). Ova metoda stvara malen broj relativno velikih paketa zadataka što ima nedostatak u obliku relativno dugog

prizemljenja zrakoplova. Tablica 1. prikazuje prednosti i nedostatke blok načina pripremanja paketa radova. [2]

Tablica 1. Prednosti i nedostaci blok načina pripremanja paketa radova

Prednosti	Nedostaci
Pojednostavnjuje planiranje	Sporadični zahtjevi za ljudskim potencijalom
Prihvatanje modifikacija	Duže vrijeme prizemljenja
Ispravci neplaniranog održavanja	
Učinkovitije praćenje dugotrajnih poslova	

Izvor: [2]

Fazni način dodjeljuje radne zadatke manjim paketima od blok načina te se češće izvode. Npr. operator može zadatke ravnomjerno podijeliti preko prikladnog broja C-provjere. Ovakvom raspodjelom se nastoje izjednačiti opterećenja i skratiti vrijeme prizemljenja svakog perioda. Promjene u zahtjevima za ljudski potencijal su minimizirane pomičući zadatke iz jednog paketa u drugi. Sveukupni rezultat ujednačenog održavanja je smanjenje vremena prizemljenja zrakoplova. U tablici 2. su opisane prednosti i nedostaci faznog načina pripremanja radova. [2]

Tablica 2. Prednosti i nedostaci faznog načina pripremanja paketa radova

Prednosti	Nedostaci
Smanjeno vrijeme prizemljenja	Povećano planiranje
Povećana dostupnost zrakoplova	Ograničeno vrijeme za prihvaćanje modifikacija
Smanjenja sporadična potreba za ljudskom snagom	Ograničeno vrijeme za prihvaćanje modifikacija
Fleksibilnost grupiranja zadataka	

Izvor: [2]

INŽENJERING	Upravljanje programom održavanja	Upravljanje radnom dokumentacijom	Analiza pouzdanosti i kvarova	Inženjerska podrška tehničkom osoblju	Upravljanje tehničkom dokumentacijom
LINIJSKO ODRŽAVANJE	Kontrola radova i praćenje održavanja (MCC)	Planiranje linijskih postaja	Izvođenje linijskog održavanja	Dijagnostika prognoziranje	
BAZNO ODRŽAVANJE	Planiranje posjeta aviona radionici	Planiranje i kontrola proizvodnje	Izvođenje baznog održavanja		
RADIONIČKO ODRŽAVANJE	Kontrola radioničkog održavanja	Planiranje proizvodnje i kapaciteta radionice	Izvođenje radioničkog održavanja	Kontrola alata i zemaljske opreme	
UPRAVLJANJE MATERIJALIMA	Planiranje dijelova i materijala	Nabava	Prijem dijelova i materijala	Upravljanje skladištem	
FINANCIJE	Zaprimanje i obrada računa	Izdavanje računa i naloga	Obrada troškova	Financijska analiza	Financijsko izvještavanje

Slika 2. Proces održavanja zrakoplova

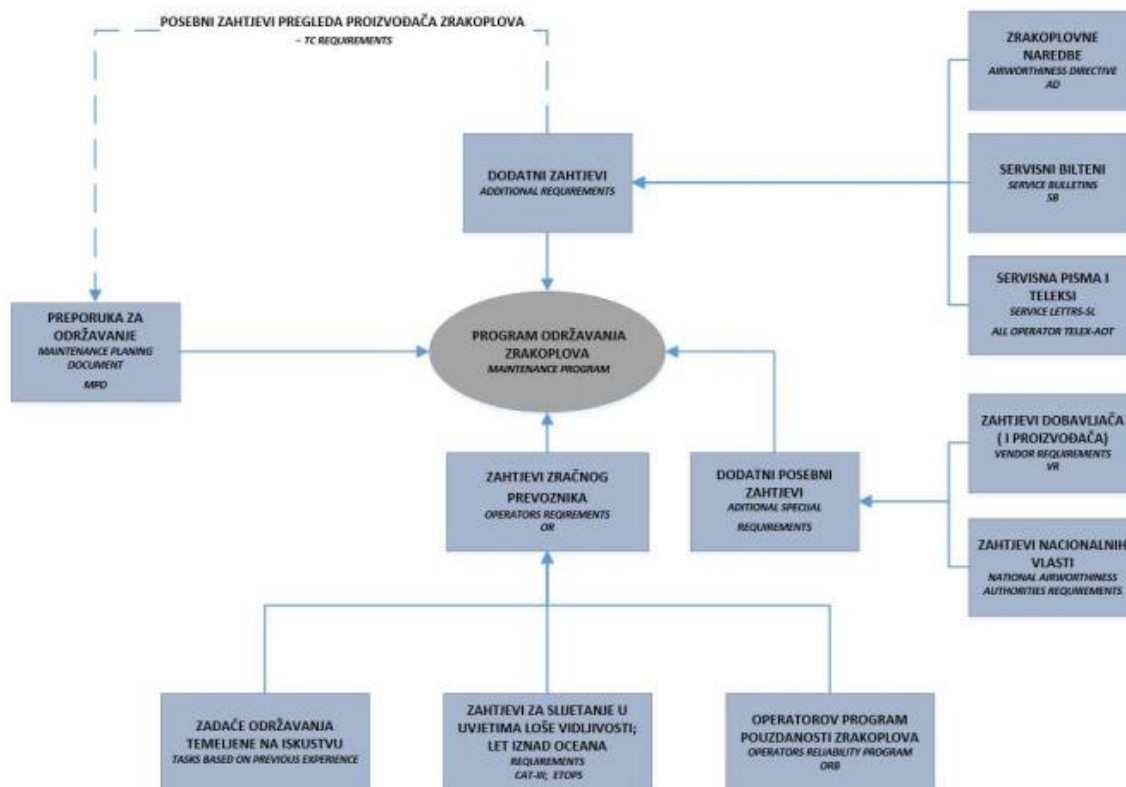
Izvor: [7]

3. ORGANIZACIJSKI SUSTAV ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA

U ovom poglavlju biti će objašnjen program održavanja zrakoplova, elementi koje zračni prijevoznik koristi prilikom izrade programa za održavanje zrakoplova. Biti će objašnjen i razvoj programa održavanja zrakoplova, dokumenti za planiranje održavanja, troškovi održavanja zrakoplova kao, pregled troškova određenog zračnog prijevoznika i troškovi životnog vijeka zrakoplova.

3.1. Program održavanja zrakoplova

Zračni prijevoznik, prema zahtjevu regulative (PART-M), mora izraditi program održavanja zrakoplova. Program održavanja zrakoplova (eng. *Maintenance Program*, MP) obuhvaća zadaće koje se trebaju obaviti na zrakoplovu tijekom životnog vijeka zrakoplova kako bi zrakoplov udovoljio zahtjevima za sigurnu zračnu plovidbu. Zadaće održavanja zrakoplova primarno izvršava tehničko osoblje. Dio zadaća, kao što su prepoletni pregledi i pregledi između dvaju letova i slične jednostavnije zadaće tijekom letenja, može izvršavati posada zrakoplova. Program održavanja zrakoplova odobravaju nacionalne zrakoplovne vlasti zemlje u kojoj je zrakoplov registriran, na prijedlog zračnog prijevoznika. Program održavanja zrakoplova koji su registrirani u Republici Hrvatskoj odobrava Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo. Odobreni program održavanja zrakoplova uvjet je zračnom prijevozniku za dobivanje dozvole za obavljanje djelatnosti civilnog zračnog prijevoza. Na slici 3. prikazane su preporuke i zahtjevi koje treba uvrstiti u izradu programa održavanja zrakoplova. [8]



Slika 3. Elementi koje zračni prijevoznik koristi za izradu programa održavanja zrakoplova
Izvor: [9]

Program održavanja zrakoplova prema slici 3. izrađuje se na osnovi sljedećih preporuka i zahtjeva za održavanje zrakoplova:

Maintenance Planing Document (MPD) je preporuka proizvođača zrakoplova koja sadrži minimalne obvezne zadaće održavanje zrakoplova koje zračni prijevoznik mora izvršavati za svaki serijski broj zrakoplova. Tijekom životnog vijeka zrakoplova prati se pouzdanost rada zrakoplova i na osnovi analize vrše se preinake na zrakoplovima s ciljem poboljšanja sigurnosti i pouzdanosti. Preinake se mogu odnositi na izmjene u tehnologiji letenja ili zahtjevom regulative za ugradnjom novih sustava u zrakoplove. Kroz MPD propisuju se nove zadaće za održavanje zrakoplova koje se odnose na preinake za svaki serijski broj zrakoplova.

Additional Requirement obavezne su ili preporučene preinake ili zahtjevi koje se propisuju tijekom životnog vijeka zrakoplova i mogu biti:

- *Airworthiness Directive* (AD) su zrakoplovne naredbe o plovidbenosti koje su obvezujuće i moraju se primijeniti u sustavu održavanja zrakoplova. AD mogu biti s intervalom primjene za jedan interval (jednokratne) ili s intervalima primjene u nekom intervalu vremena, sati leta zrakoplova ili ciklusa zrakoplova.
- *Service Bulletins* (SB) su servisni listići kojima se propisuje način i uvjeti primjene novine na zrakoplovu. Novine mogu biti tehničke preinake na zrakoplovu, sustavu, motoru ili opremi zrakoplova, a mogu biti i izmjene u tehničkim procedurama ili operativnim procedurama letenja. Preinake mogu utjecati na izmjene u sustavu održavanja zrakoplova što se mora prikazati kroz MPD. SB su kategorizirani po važnosti primjene od obveznih do informativnih.
- *Servis Letters* i *ALL Operators Telex* (SL & AOT) su servisna pisma koja mogu imati težinu i karakter AD i SB te mogu imati informativni karakter obavijesti o održavanju zrakoplova ili obavijesti za operativno ili komercijalno korištenje zrakoplova.

Additional Special Requirements (ASP) su dodatni posebni zahtjevi koji se odnose na posebne zahtjeve proizvođača opreme koja se proizvodi za pojedini zrakoplov, posebno i zahtjeve koje imaju nacionalne zrakoplovne agencije, a mogu biti:

- *Vendors Requirements* (VR) su zahtjevi proizvođača opreme i dijelova koji se primjenjuju za pojedinog zračnog prijevoznika, a ovise o posebnosti opreme ili uvjeta letenja.
- *National Airworthiness Authorities Requirements* su zahtjevi nacionalnih zrakoplovnih vlasti, odnosno Hrvatske agencije za civilno zrakoplovstvo u Republici Hrvatskoj. Zahtjevi nacionalnih zrakoplovnih vlasti mogu biti dio nacionalne regulative ili posebni zahtjevi za pojedinog zračnog prijevoznika.

Operators Requirements (OR) su zahtjevi koje propisuje zračni prijevoznik. OR su zadaće održavanja zrakoplova koje zračni prijevoznik propisuje na osnovi prijašnjih iskustava u održavanju i sustavu letenja koji planira i odnose se na sljedeće:[8]

- *Requirements CAT-III* su zahtjevi za prilaz u smanjenoj vidljivosti. Ako zračni prijevoznik koristi zrakoplov s prilazima CAT-III (prilaz poletno-sletnoj stazi prema ICAO-ANEX-14), mora uvrstiti zahtjev održavanja zrakoplova sukladno regulativi za

održavanje sustava CATIII, što povećava broj zadaća održavanja i smanjuje pojedine intervale zadaća u odnosu na letenje bez CAT-III.

- *Extended Range Operations with two-engined aeroplanes (ETOPS) (Engines Turn or Passengers Swim)* predstavlja zahtjev za održavanje zrakoplova koji omogućava zrakoplovu letenje preko velikih vodenih površina gdje je najbliža zračna luka udaljena više od 60 minuta leta u slučaju otkaza jednog motora. Prema regulativi PART-M povećava se broj zadaća održavanja zrakoplova i motora, smanjuju intervale zadaća u odnosu na letenje bez ETOPS, a inženjeri za plovidbenost i tehničari, koji neposredno rade na zrakoplovu moraju, biti posebno školovani za održavanje zrakoplova.
- *Task Based On Previous Experience* su zadaće održavanja koje zračni prijevoznik propisuje na osnovi prijašnjih iskustava. Iz prijašnjih iskustva zadaće su dobivene analizama grešaka u održavanju i mjerama koje su primijenjene radi sprječavanja istih. [8]

3.2. Razvoj programa održavanja

Kako bi se dobili uspješni rezultati održavanja, potrebna je suradnja svih učesnika: konstruktora (proizvođača), operatora (zračni prijevoznik, vlasnik zrakoplova) i nadležnih zrakoplovnih vlasti,; za Hrvatsku je zadužena: Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo.

Program održavanja opisuje način na koji se pojedini zrakoplov održava kako bi se osigurala njegova kontinuirana plovidbenost. *Maintenance Review Board Report* i *Maintenance Planning Document* sadrže minimalne zahtjeve za održavanje. Oba priručnika sadrže osnovne informacije koje operator prevodi i oblikuje u kompanijski program održavanja. [2]

3.2.1. Maintenance Review Board Report

Prije nego što se predstavi novi zrakoplov, proizvođač zrakoplova mora pripremiti i predati početne minimalne zahtjeve za planirano održavanje kako bi dobili odobrenje od nadležnih zrakoplovnih vlasti. Ti minimalni zahtjevi planiranog održavanja se nalaze u – *Maintenance Review Board Reportu* (MRBR).

Nakon odobrenja nadležnih zrakoplovnih vlasti, MRBR se koristi kao okvir oko kojeg korisnik zrakoplova razvija svoj program održavanja, koji se razlikuje od operatora do operatora, ali je nužno da inicijalni dio bude isti.

Zadaci prikazani u MRBR-u ne mogu biti promijenjeni niti izbrisani bez dopuštenja direktora *Maintenance Review Boarda* ili nacionalne zrakoplovne vlasti. Intervali zadataka mogu se proširiti ovisno o željama operatora, pregledu i odobrenju nadležne zrakoplovne vlasti ukoliko proširenje ne utječe na inicijalne zahtjeve MRB izvještaja. Slika 4. prikazuje karakteristike MRBR-a. [2]



Slika 4. Karakteristike MRBR-a

Izvor: [2]

Proces stvaranja i ažuriranja *Maintenance Review Board Reporta* uključuje *Maintenance Review Board*, *Industry Steering Committee* i *Maintenance Working Group*. Svaka od navedenih grupa se sastoji od reprezentativaca sudjelujućih operatora, proizvođača zrakoplova i regulatornih vlasti.

Maintenance Review Board ima odgovornost odobriti konačnu verziju inicijalnih zadataka za planirano održavanje za specifični tip zrakoplova. Odbor se sastoji od:

- zrakoplovnih tvrtki,
- proizvođača zrakoplova,
- zrakoplovnih vlasti.

Industry Steering Committee (ISC) se bavi organiziranjem razvojnih aktivnosti za planirano održavanje. Sastoji se od selektiranih članova iz operatorske tvrtke i predstavljača od proizvođača konstrukcije i motora. Njihova odgovornost je da ustanove politiku, postave inicijalne ciljeve za planirano održavanje, usmjeravaju aktivnosti radne grupe i pripremaju konačne preporuke za *Maintenance Review Board Organization*.

Maintenance Working Group (MWG) se sastoji od specijalista održavanja koji primarno rade u tvrtci operatora, regulatornih vlasti i proizvođača opreme. Svrha grupe je primjena MSG3 logike u cilju razvijanja zadataka održavanja i intervala za specifični tip zrakoplova.

Priručnici o procedurama sadrže upute i procedure koje moraju pratiti ISC, MRB i MWG kako bi osigurali konzistentnost tijekom analize konstrukcije. Korištena je kao standard za MRB proces koji će biti proveden za određeni tip zrakoplova [2]

3.2.2. Dokumenti za planiranje održavanja

MRB izvješće daje minimalno potrebno planirano održavanje to jest zahtjeve inspekcije koje je potrebno provoditi u svrhu održavanja ploidbenosti. Nadogradnjom programa se izrađuje Dokument za planiranje održavanja: *Maintenance planning document* (MPD).

MPD dokument sadrži:

- sve radne zadatke obveznog planiranog održavanja iz MRB-a,
- radne zadatke obaveznog održavanja čiji interval može biti mijenjan samo sa specijalnom dozvolom nacionalne zrakoplovne vlasti. Ti radni zadaci su dodatno popisani u specijalnim zahtjevima za certifikaciju (*Certification Maintenance Requirements* - CMR taskovi) i stavcima limitacije plovidbenosti (*Airworthiness Limitations Items* - ALI).
- dodatne zahtjeve održavanja za koje proizvođač smatra da su potrebni iz ekonomskih razloga.
- zahtjeve za održavanje koji su uslijedili zbog modifikacije zrakoplova, kao i dodatne komponente i sustave koji su posebno ugrađivani po specifikaciji kupca zrakoplova.

Dokument sadrži sve radne zadatke planiranog održavanja za sve konfiguracije i serijske brojeve zrakoplova. [2]

3.2.2.1. Specijalni zahtjevi za certifikaciju (CMR)

Specijalni zahtjevi za certifikaciju su zahtijevani periodički zadaci ustanovljeni tijekom certifikacije konstrukcije kao operacijski limit Tipa certifikata. Obično rezultira iz provedenim numeričkih analiza kako bi se pokazala usklađenost sa katastrofalnim i opasnim uvjetima kvara. Cilj je na vrijeme detektirati skriveno oštećenje koje bi u kombinaciji s drugim oštećenjima ili potaknuto događajem moglo rezultirati katastrofalnim ili opasnim posljedicama. [2]

3.2.2.2. Limiti plovidbenosti (ALI)

Limiti plovidbenosti su odobreni načini inspekcije i održavanja kako bi se spriječili problemi s određenim sustavima. Obavezno vrijeme zamjene, intervala inspekcije i povezanih inspeksijskih procedura za strukturalne *safe-life* dijelove su uključeni u ALI dokument te su obavezni za provođenje kao dio *Instructions for Continued Airworthiness*. [2]

3.2.3. Program održavanja prilagođen korisniku

Planirano održavanje navedeno u MPD-u nije nužno provoditi točno. Svaki operator ima odgovornost odlučiti što i kada učiniti, osim za zahtijevano održavanja definiranih u ALI i CMR dokumentima. Priručnik *Operators Approved Maintenance Program* (OAMP) je publikacija tvrtke i tehnički sadržaj je odgovornost svake tvrtke. Dodatni zahtjevi u obliku servisna pisma (*service letter*), servisnih biltena (*service bulletins*) i zrakoplovne direktive (*airworthiness directive*) su odgovornost svakog individualnog operatera da ih ukomponira. Preporučeni zadaci u održavanju motora, pomoćnih pogonskih jedinica i u priručnicima dobavljača također trebaju biti uzeti u obzir. [2]

3.2.4. Podržavajući dokumenti programa održavanja

Svaki zadani zadatak u održavanju je potrebno zapisati kao proceduru koju mogu koristiti zrakoplovni mehaničari u svrhu ispunjenja zahtjeva. Priručnik koji sadrži navedene procedure se naziva Priručnik za održavanje zrakoplova - *Aircraft Maintenance Manual* (AMM). Priručnik daje osnovne informacije o funkcioniranju i održavanju zrakoplova i njegove opreme:

- opis pojedinih sustava,
- osnovne aktivnosti održavanja,

- funkcionalne i operativne provjere,
- podešavanje sustava i opreme,
- zamjena fluida,
- ostali zadaci održavanja.

Složen je po ATA kategorizacijskom sustavu koji omogućuje zajedničko, lakše referenciranje za dokumentaciju svih putničkih zrakoplova, uključujući Dokument za planiranje održavanja, Priručnik za održavanje zrakoplova, Ilustrirani katalog dijelova i tako dalje.

Većina operatera koristi program održavanja prilagođen korisniku u kombinaciji s procedurama navedenim u Priručniku za održavanje zrakoplova. Kartice sa zadacima su u skladu s regulacijama te služe kao zadaci za održavanje i kao zapisi o održavanju. Pružaju detaljne i sažete proceduralne instrukcije za organizaciju i provođenje održavanja, u isto vrijeme pazeći da je u skladu s priručnikom održavanja.

Tijekom korištenja zrakoplova doći će i do neplaniranog održavanja kako bi se popravili kvarovi ili uklonile oštećene komponente. Potreba za neplaniranim održavanjem može proizaći iz pilotovog izvještaja te nepredvidivih događaja poput udara munje, repnih udaraca, oštećenja na zemlji. [2]

Dokumenti potrebni za popravak se uobičajeno sastoje od:

- priručnik za održavanje zrakoplova - *Aircraft Maintenance Manual (AMM)*,
- priručnik za popravak strukture - *Structural repair manual (SRM)*,
- priručnik električnih i elektronskih shema - *Wiring Diagram Manual (WDM)*,
- priručnik shematskog sustava - *System Schematic Manual (SSM)*,
- priručnik za prijavu kvarova - *Fault Reporting Manual (FRM)*,
- priručnik za izolaciju kvarova - *Fault Isolation Manual (FIM)*,
- ilustrirani katalog dijelova - *Illustrated Parts Catalog (IPC)*,
- vodič za odstupanje opreme - *Dispatch deviation guide (DDG)* [1]

3.2.5. Opći i prilagođeni programi održavanja

Maintenance Planning Data dokument pruža informacije potrebne svakom operateru kako bi se razvio prilagođeni program planiranog održavanja. Izbor programa održavanja ovisi o mnogim varijablama, od kojih je najveći trošak, tehničko znanje i vještine kao i operacijski profil. Generalno govoreći, operatori imaju opciju birati između općeg, generičkog programa planiranog održavanja i potpuno prilagođenog programa održavanja.

Generički ili opći program održavanja je program planiranih zadataka u održavanju za određenu flotu zrakoplova, prikazan u zadnjem izdanju MPD-a. Sadrži osnovni raspored održavanja, u kojoj su radni zadaci već grupirani prema općenito predviđenom godišnjem naletu zrakoplova pružajući operaterima spremnost za korištenje programa i rasporeda održavanja. Često opseg i održavanje općeg programa održavanja nisu u skladu s operacijama operatora te radi toga nije isplativo. Tablica 3. prikazuje prednosti i nedostatke općeg programa. [2]

Prilagođeni program održavanja uzima u obzir stvarnu uporabu zrakoplova, na primjer broj ciklusa i prosječno trajanje leta tokom jednog dana. Glavni cilj je maksimalno iskorištavanje intervala radnih zadataka. Planiranje smanjuje trošak svake provjere te često produljuje intervale između održavanja. Tablica 4. prikazuje prednosti i nedostatke prilagođenog programa [2].

Tablica 3. Prednosti i nedostaci općeg programa

Opći program	
Prednosti	Nedostatci
Koristi ga većina operatora.	Duže trajanje provjera i samim time duže prizemljenje
Brzo se implementira i uvodi u upotrebu.	Povremena potreba za povećanjem ljudskih potencijala
Pojednostavljeno planiranje i grupiranje radova.	Neisplativost kod smanjenog naleta zrakoplova.
Dosljedni redosljed velikih provjera	

Izvor: [2]

Tablica 4. Prednosti i nedostaci prilagođenog programa

Prilagođeni program	
Prednosti	Nedostatci
Vrlo ekonomičan ako se pravilno provodi.	Povećano planiranje i pripreme radova.
Bolja iskorištenost ljudskih potencijala.	Ograničeno vrijeme za izvođenje preinaka.
Smanjuje se vrijeme prizemljenja zrakoplova	Ograničeno vrijeme za otkrivanje kvarova.
Optimiziran raspored provjera.	

Izvor: [2]

3.3. Grupiranje programa održavanja

MSG3 logika podrazumijeva tri kategorije radnih zadataka:

- zadaci koji pokrivaju sustave zrakoplova,
- strukturalni zadaci,
- zonalni zadaci.

Svrha programa za sustave i sustave napajanja je izvesti funkcionalne i/ili operacijske provjere na tipičnim zrakoplovnim sustavima poput komandi leta, pneumatike, električne snage i tako dalje.

Zonalni inspekcijski program služi kako bi se pregledali opći uvjeti svih sustava i konstrukcija sadržanih u jednoj zoni. Zonalna inspekcija uključuje vizualne provjere električnih žica, hidrauličnih cijevi, vodova i otpadnog vodovoda, pneumatskih kanala, komponenata, opreme itd.

Strukturalni inspekcijski program je dizajniran kako bi omogućio vremensko otkrivanje i popravak strukturalne štete tijekom komercijalnih operacija. Otkrivanje korozije, manjih oštećenja i napuknuća od zamora kao i NDT procedure su uzete u obzir. [2]

3.3.1. Zadaci u održavanju koji pokrivaju sustave zrakoplova

Zadaci su podijeljeni hijerarhijski, prema težini i troškovima, od najniže prema najvišem. Ovisno o kvaru, koristi se jedna ili više metoda popravka. Metode popravka su:

- podmazivanje/servisiranje: u svrhu održavanja svojstvenih konstrukcijskih mogućnosti.
- operativna/vizualna provjera : traženje kvarova kako bi se odredilo ispunjava li predmet svoju svrhu.
- pregled ili funkcionalna provjera : kvantitativni način određivanja jesu li funkcije određenog predmeta u dopuštenim operativnim granicama. Postoje tri načina inspekcije:
 - opća vizualna provjera - vizualni pregled interijera ili eksterijera, instalacije ili sklopa kako bi se otkrilo očito oštećenje, kvar ili neregularnost. Ova razina provjere se provodi u zoni dodira, ukoliko nije napomenuto drugačije. Moguća je upotreba zrcala kako bi se jasnije vidjele površine. Ovakva razina provjere se provodi pri normalnim uvjetima rasvjete, poput danjeg svjetla ili svjetla u hangaru. Podrazumijeva otvaranje pristupnih vrata i/ili panela.
 - detaljni pregled - intenzivni pregled određenog predmeta, instalacije ili sklopa kako bi se odredilo oštećenje, kvar ili neregularnost. Razina svjetlosti je pojačana pomoću dodatnog izvora svjetlosti. Pomagala poput ogledala, povećala itd. mogu biti potrebna te također čišćenje površine.
- specijalno detaljni pregled – intenzivni pregled određenog predmeta, instalacije ili sklopa kako bi se odredilo oštećenje, kvar ili neregularnost. Pri pregledu se koriste specijalne tehnike inspekcije i/ili oprema. Najčešće se podrazumijevaju velika povećanja, ultrazvučni pregled, pregled penetrantom, vrtložnim strujama i/ili drugim NDT metodama. Čišćenje površine i rasklapanje sklopova može biti zahtijevano. Restauracija: obnavljanje, zamjena ili čišćenje dijelova potrebno da se vrati u određeno stanje.
- odbacivanje dijela: micanje uređaja iz upotrebe nakon isteka određenog vremena. Svi navedeni zadaci se koriste kao zadaci održavanja koji pokrivaju sustave zrakoplova [2]

3.3.2. Zadaci koji pokrivaju strukturu zrakoplova

Kada dođe do strukturalnih zadataka, njihovo propadanje može biti primijećeno jedino inspekcijom ili pregledom.

Glavni uzroci strukturalne degradacije su [2]:

- degradacija izazvana okolišem koja je posljedica okoliša i klimatskih utjecaja na zrakoplov.,
- slučajna oštećenja nastaju na primjer od:
 - udara u objekt koji nije dio zrakoplova,
 - pogreške i nesavršenosti tijekom proizvodnje,
 - oštećenja nastala tijekom operacija,
 - oštećenja nastala tijekom održavanja.

- zamor materijala izaziva oštećenje uzrokovano cikličnim korištenjem.

3.3.3. Zadaci koji pokrivaju zone

Zonalni zadaci osiguravaju da svi sustavi, komponente i žične instalacije unutar određene zone dobiju adekvatnu pozornost. Program kombinira opće vizualne provjere različitih sustava u jednu ili više zona. [2]

3.4. Troškovi održavanja zrakoplova

Troškovi održavanja po tipu zrakoplova uključuju preglede zrakoplova, popravke motora i dijelova, najam motora i dijelova, rezervne i potrošne dijelove za zrakoplove, tehničku podršku, konsignaciju, tehničku dokumentaciju, certificiranje, anti-iceing i de-iceing te čišćenje zrakoplova, novčana i materijalna primanja osoblja održavanja, školovanja i ostale troškove održavanja. [9]

3.4.1. Troškovi održavanja preventivne zamjene komponente

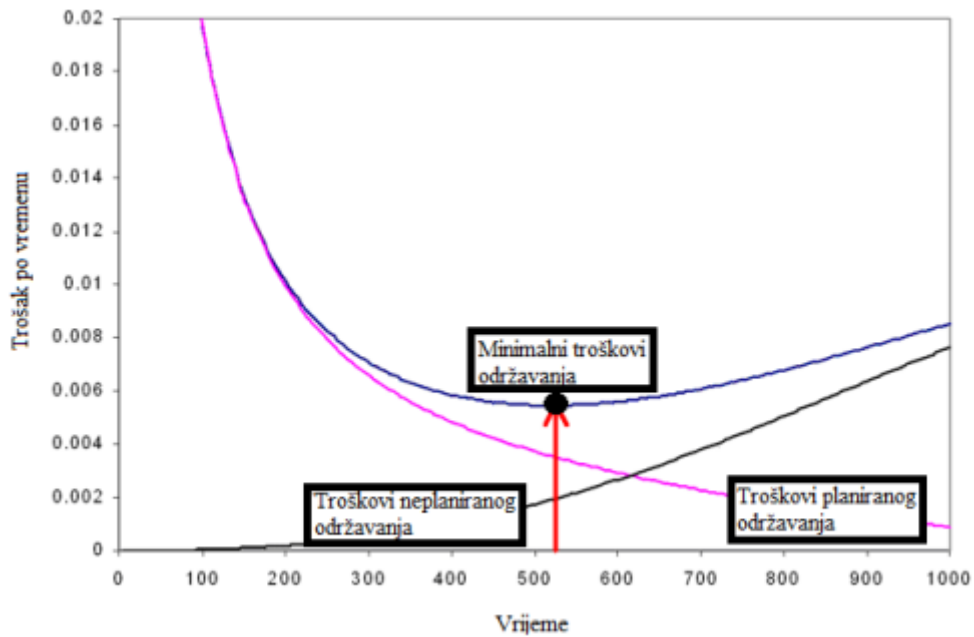
Preventivno održavanje može imati značajan utjecaj na ukupne troškove održavanja. Ako je definirani interval održavanja komponente prekratak, troškovi održavanja mogu biti previsoki. Također, ako je definirani interval održavanja predug, odnosno ako se otkaz komponente događa prije definiranog intervala (Slika 5), troškovi održavanja su previsoki.



Slika 5. Primjer planirane zamjene i stvarne situacije

Izvor: [10]

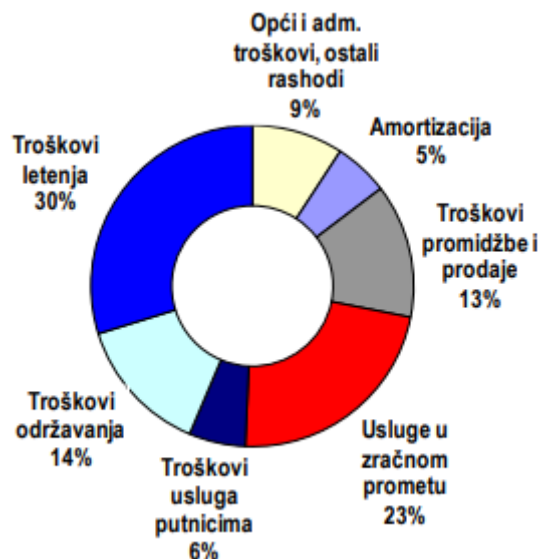
Kako bi bilo isplativo provoditi preventivno održavanje komponente, stopa otkaza mora se povećavati tijekom vremena, a trošak planiranog održavanja mora biti manji od troškova neplaniranog održavanja. Vremenski interval za obavljanje preventivnog održavanja trebao bi biti takav da se ukupni troškovi održavanja minimiziraju, kao što je prikazano na slici 6. Da bi se to postiglo, mora se pronaći vremenski interval koji minimizira funkciju troškova održavanja. Za minimiziranje troškova zamjene bitno je pronaći minimum funkcije ukupnih troškova zamjene, što znači pronaći točku u kojoj su troškovi planirane zamjene i troškovi neplanirane zamjene najmanji. [11]



Slika 6. Trošak održavanja po jedinici vremena
Izvor: [11]

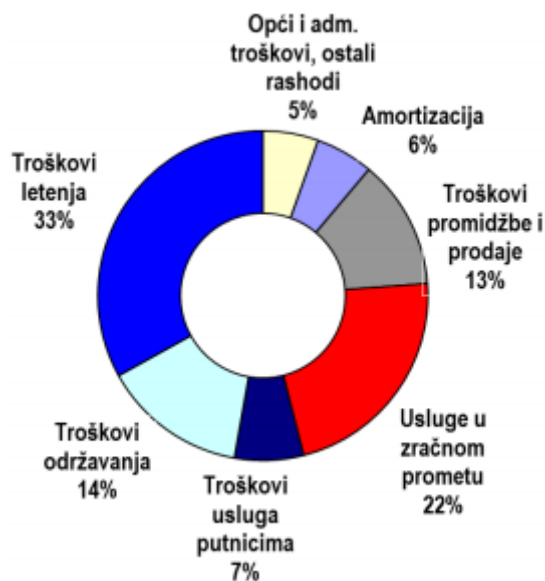
3.4.2. Pregled troškova održavanja prijevoznika Croatia Airlines za period 2017. – 2019.

Troškovi održavanja u 2017. godini manji su 2 posto zbog manjeg troška potrošnog materijala utrošenog za radove na zrakoplovima drugih kompanija budući da je u 2016. godini izvan redovne sezone održavanja izvršen veliki šestogodišnji pregled na zrakoplovu vanjskog klijenta.[12]



Slika 7. Struktura operativnih troškova 2017.
Izvor: [12]

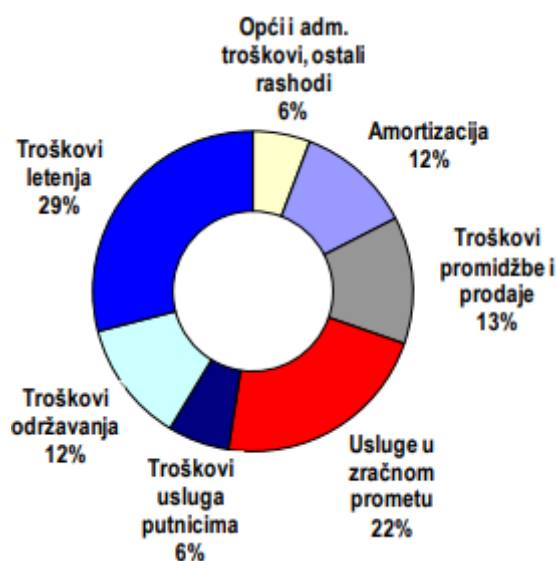
Troškovi održavanja veći su od prošlogodišnjih za 2 posto zbog većeg opsega i broja radova te redovnog održavanja flote u odnosu na 2017. [13]



Slika 8. Struktura operativnih troškova 2018.

Izvor: [13]

Troškovi održavanja niži su zbog drugačijeg tretmana troškova najma motora za zrakoplove koji se također, zbog primjene MSFI 16, iskazuju kroz amortizaciju i kamate, manjih troškova održavanja dijelova te troškova potrošnog materijala kao i zbog nešto nižih ostalih troškova održavanja (radovi na tuđim zrakoplovima i antiiceing/deiceing). [14]



Slika 9. Struktura operativnih troškova 2019.

Izvor: [14]

3.5. Troškovi životnog vijeka zrakoplova

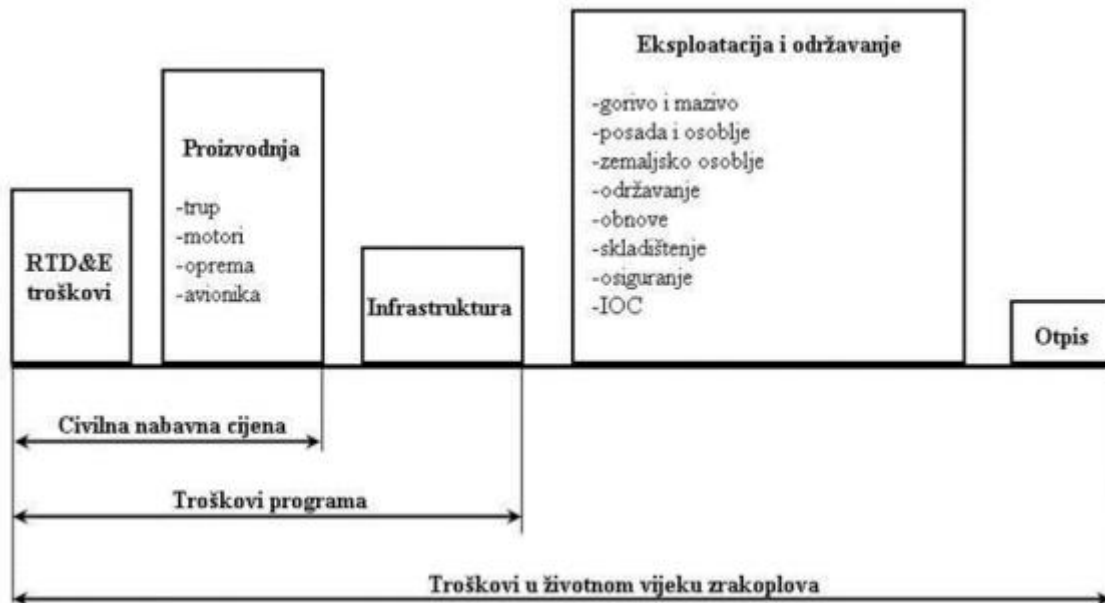
Troškovi životnog vijeka (engl. *Life Cycle Cost - LCC*) zrakoplova mogu se grupirati prema sljedećem:

- istraživanje, razvoj i ispitivanje (engl. *Research, Development, Test, Evaluation - RDTE*),

- proizvodnja (engl. *Acquisition Cost* - ACQ),
- eksploatacija i održavanje (engl. *Operations Cost* - OPS),
- otpis, rashodovanje (engl. *Disposal Cost* - DISP). [3]

3.5.1. Općenito o troškovima životnoga vijeka

Najveći dio troškova u životnom vijeku zrakoplova otpada na eksploataciju i održavanje zrakoplova. U troškove eksploatacije i održavanja zrakoplova ubrajaju se troškovi goriva i maziva, posade i troškove kabinskog osoblja, zemaljskog osoblja, održavanja, obnove, skladištenja, osiguranja.



Slika 10. Elementi troškova ciklusa u životnom vijeku zrakoplova

Izvor: [15]

Potpuni životni ciklus troškova zrakoplova sastoji se od troškova razvoja, istraživanja, proizvodnje, nabave, korištenja i raspolaganja većine zrakoplova određenog tipa. LCC zrakoplova je zbroj četiri komponente, kao što je prikazano slikom 10., a to su:

$$LLC = CRTDE + CACQ + COPS + CDISP \quad (1)$$

Gdje su:

CRTDE - troškovi istraživanja, razvoja, ispitivanja i ocjenjivanja

CACQ - troškovi nabave

COPS - operativni troškovi

CDISP - troškovi održavanja nakon uporabe. [16]

Troškovi počinju s RTDE koji uključuju istraživanje tehnologije, konstruiranje, izradu prototipa, testiranje i ocjenjivanje podobnosti, a pokriva ih proizvođač, država ili neki drugi investitor. Troškovi preuzimanja su troškovi cjelokupne proizvodnje zrakoplova, s administrativnim i ostalim troškovima proizvođača, uključujući njegov profit. To su povratni

troškovi, a padaju s količinom proizvedenih zrakoplova. Za civilnog kupca u cijenu zrakoplova se uračunava pokrivanje dijela RTDE troškova, zasnovanih na procijeni broja proizvedenih zrakoplova. [16]

Održavanje u zrakoplovstvu najvažniji je dio u cijelom sustavu eksploatacije. Eksploatacija, održavanje i upravljanje održavanjem zahtijevaju sljedeće aktivnosti:

- korištenje
- održavanje
- čuvanje, konzerviranje
- transportiranje.

Svi postupci održavanja zrakoplova koji se obavljaju u tijeku eksploatacije zrakoplova na samom zrakoplovu, njegovoj strukturi, pogonskoj grupi, zrakoplovnim sustavima i opremi zrakoplova definirani su u programu održavanja. Program održavanja izrađuje se posebno za svaki model zrakoplova, odnosno sustava, pogonske grupe ili opreme. On sadrži postupke o održavanju, kao i rokove i način njihovog izvršenja, a utvrđuje se u skladu sa Zakonom o zračnom prometu. Zahtjevima za održavanje odobrenih od nadležnih zrakoplovnih vlasti zemlje proizvođača, tehničkim uputama proizvođača za održavanje tog tipa zrakoplova, pogonske grupe, zrakoplovnih sustava i opreme. Program održavanja zrakoplova izrađuje operater, odnosno vlasnik zrakoplova, odnosno organizacija koja izrađuje dokumentaciju za program održavanja.

Namjena programa održavanja zrakoplova je da se održi konstantnu, konstrukcijom utvrđenu razinu pouzdanosti zrakoplova, pogonske grupe, zrakoplovnih sustava i opreme, kao i da se postigne i održi zaštita utvrđene (ugrađene) razine pouzdanosti i sigurnosti uz minimalne troškove. [17]

U eksploataciji zrakoplova mora se već kod nabavke voditi računa i o svim drugim troškovima koji se mogu prikazati tzv. ledenim brijegom. Iako se ostali troškovi na prvi pogled ne vide oni čine veći dio troškova eksploatacije. Na slici 11. prikazan je ledeni brijeg troškova sa specifikacijom troškova koji su skriveni ispod površine vode. [3]



Slika 11. Ledeni brijeg

Izvor: [3]

3.5.2. Troškovi eksploatacije zrakoplova

Gledajući s ekonomskog aspekta zrakoplov mora donijeti dovoljan prihod, veći od operativnih troškova, kako bi investicija u njegovu nabavu bila isplativija više od ulaganja u nešto drugo. Kada se radi o strukturi troškova, nekadašnji pristup tzv. fiksnih i varijabilnih 6 troškova u svijetu zamijenjen je njihovom osnovnom podjelom na izravne ili direktne operativne troškove i neizravne ili indirektno operativne troškove. [18]

Troškovi zračnih prijevoznika dijele se na:

- direktne operativne troškove (engl. *Direct Operating Cost* - DOC)
- indirektno operativne troškove (engl. *Indirect Operating Cost* - IOC).

3.5.2.1. Direktni operativni troškovi

Direktno operativni troškovi (DOC) sastoje se od svih operativnih troškova zračnog prijevoznika koji se odnose na određeni tip zrakoplova koji se koristi u prometu i koji će se promijeniti ukoliko dođe do promjene tipa zrakoplova/operacija letenja.

DOC troškovi obuhvaćaju:

- troškove letačkog osoblja
- troškove goriva
- troškove održavanja strukture, sustava i pogonskog sustava
- troškove amortizacije
- troškove kamata
- troškove najma zrakoplova
- troškove osiguranja
- navigacijske i aerodromske naknade. [17]

3.5.2.1.1. Troškovi letačkog osoblja

Troškovi letačkog osoblja ovise o kapacitetu zrakoplova, duljini linije, dnevnom iskorištenju zrakoplova i cijeni rada za letačko osoblje koja se razlikuje ovisno o zrakoplovnim kompanijama. Na troškove letačkog osoblja utječu i razni zakonski i kompanijski propisi koji reguliraju broj članova posade, vrijeme rada i sl. Poznajući navedene ulazne podatke troškovi letačkog osoblja se mogu predvidjeti s vrlo visokom točnošću.

Troškovi letačkog osoblja sastoje se od:

- plaća letačkog osoblja i posebnih dodataka letačkom osoblju u vidu različitih beneficija
- troškova službenih putovanja uzrokovanih redom letenja
- osiguranja letačkog osoblja
- školovanja letačkog osoblja. [17]

3.5.2.1.2. Troškovi goriva

Nakon troškova letačkog osoblja, troškovi goriva predstavljaju drugi značajan element u ukupnim operativnim troškovima. Izračun se temelji na prosječnoj potrošnji po blok satu te prosječno ostvarenoj cijeni goriva za određeno razdoblje. Iskazuje se po tipu zrakoplova.

Troškovi goriva variraju kako varira i sama cijena goriva te ukoliko zračni prijevoznik nije spreman na moguće promjene u cijeni goriva može doći do velikih gubitaka.

Najznačajniji trošak za zrakoplovne kompanije predstavljaju troškovi goriva, stoga je upravljanje potrošnjom i troškovima goriva u Croatia Airlinesu kontinuirano u fokusu operativnih i financijskih menadžment aktivnosti. U prva četiri mjeseca 2019. godine cijena nafte zabilježila je rast, prvenstveno zbog geopolitičkih napetosti. Naznake slabljenja svjetskog gospodarstva zaustavile su rast cijene nafte koja je u lipnju pala ispod 70 \$/barelu, a u drugoj polovici godine kretala se u rasponu od 59 do 64 \$/barelu. Prosječna cijena brenta nafte na londonskoj burzi u 2019. iznosila je 64,1 \$/barelu, što je u odnosu na 2018. godinu manje za 7,5 \$ /barelu. Prema IATA procjenama prosječna cijena brenta nafte u 2019. iznosila je 65 \$/barelu (71,6 \$/barelu u 2018. godini), dok je prosječna cijena mlaznog goriva iznosila 77 \$/barelu (86,1 \$/barelu u 2018. godini). Troškovi goriva na razini industrije u 2019. procijenjeni su na 188 milijardi USD (180 milijardi USD u 2018. godini), a udio troškova goriva u operativnim troškovima neznatno se povećao sa 23,5 posto u 2018. na 23,7 posto u 2019. godini. [14]

3.5.2.1.3. Troškovi održavanja strukture, sustava i pogonskog sustava

Troškovi održavanja zrakoplova pokrivaju niz troškova, zbog njihove složenosti prate se i evidentiraju na različite načine. Prema organizaciji međunarodnog civilnog zrakoplovstva troškovi održavanja su nedjeljivi i treba ih svrstati u jednu zajedničku grupu. [17]

Najvažniji troškovi su:

- pregledi i popravci trupa i motora zrakoplova
- najam motora i dijelova, tehnička podrška
- rezervni i potrošni dijelovi za zrakoplove
- certificiranje
- izdaci za plaće i školovanje osoblja za održavanje

3.5.2.1.4. Troškovi amortizacije

Troškovi amortizacije mogu se računati za zrakoplov u cijelosti ili posebno za motore zrakoplova. U oba slučaja amortizacija se računa na ukupne troškove investicije. Zračni prijevoznici u pravilu primjenjuju proporcionalnu amortizaciju u određenom vremenskom razdoblju i s određenim ostatkom vrijednosti. Razdoblje amortizacije za nove zrakoplove je obično 12 do 20 godina odnosno za polovne zrakoplove, ovisno o njihovoj starosti 5 do 10 godina. Ostatak vrijednosti zrakoplova nakon isteka razdoblja amortizacije kreće se od 0 do 15%. [17]

3.5.2.1.5. Troškovi kamata

Zračni prijevoznik je preko dugoročnih kredita s varijabilnom kamatnom stopom izložena i kamatnom riziku, zbog čega se redovito prati kretanje kamatnih stopa na svjetskom tržištu i njihov utjecaj na poslovanje kompanije. [17]

3.5.2.1.6. Troškovi najma zrakoplova

Mnogi zračni prijevoznici baziraju svoj razvoj na najmu zrakoplova (sa ili bez letačkog osoblja) i pri tome se susreću s kategorijom troškova vezanih za najam zrakoplova. Trošak najma zrakoplova se često svrstava u troškove vezane za letačku operativu. Ako zračni prijevoznici imaju puno zrakoplova u najmu onda su im i ukupni troškovi letačke operative izuzetno visoki, jer su u anuitetu sadržani i troškovi amortizacije i troškovi kamata plaćenih od strane vlasnika zrakoplova. [17]

3.5.2.1.7. Troškovi osiguranja zrakoplova

Direktni operativni troškovi osiguranja zrakoplova čine do 2% ukupnih direktnih operativnih troškova eksploatacije zrakoplova te se taj podatak može koristiti za grubu procjenu ovih troškova. [17]

3.5.2.2. Indirektni operativni troškovi

Indirektni operativni troškovi nadopunjuju direktne operativne troškove, dok su direktni operativni troškovi oni troškovi povezani sa zrakoplovom, indirektni operativni troškovi su oni troškovi povezani s putnicima i ovise o menadžmentu zračnog prijevoznika. Procjena dizajna zrakoplova može se uglavnom ograničiti na direktne operativne troškove jer indirektni operativni troškovi ne ovise o zrakoplovu po definiciji. Detaljno ispitivanje pokazuje da podjela troškova na direktne i indirektnne zapravo nije vrlo jasna. Slijedom toga postoje različita tumačenja. Odgovarajuće definicije direktnih i indirektnih operativnih troškova stoga moraju biti pomno promatrane pri proučavanju različitih izvora. Indirektni operativni troškovi općenito su privukli manje interesa od direktnih u prošlosti. [17]

Indirektni operativni troškovi mogu se podijeliti na tri grupe troškova a to su:

Troškovi vezani za zrakoplov i njegovu eksploataciju:

- troškovi zemaljske opreme i infrastrukture za održavanje (hangari, stajanke, alat, itd.)
- troškovi kabinskog osoblja
- troškovi komunikacija
- troškovi prihvata i otpreme.

Troškovi vezani za prijevoz putnika:

- troškovi osiguranja putnika
- troškovi prihvata i otpreme putnika i prtljage
- rezervacija i prodaja karata
- troškovi cateringa (trošak hrane i pića).

Troškovi vezani za prijevoz robe:

- troškovi osiguranja robe
- troškovi skladištenja robe
- troškovi transporta robe do skladišta
- troškovi iskrcaja i ukrcanja robe. [3]

4. POSEBNI POSTUPCI ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA

U ovome poglavlju biti će objašnjene metode i modeli određivanja intervala preventivne zamjene komponenti: matematičke, simulacijske i grafičke metode. Biti će objašnjene pogreške u održavanju zrakoplova, kako nastaju, koji su najčešći uzorci, kako ih smanjiti; te će biti objašnjeno utvrđivanje plovidbenosti zrakoplova.

4.1. Metode i modeli za određivanje intervala preventivne zamjene komponente zrakoplova

Intervali održavanja su parametri postavljeni prema različitim kriterijima, a uglavnom ovise o predvidivosti otkaza i otkrivanju oštećenja. Stoga se komponente zrakoplova održavaju prema zatečenom stanju ili po određenom fiksnom intervalu. Zadaci održavanja i popravka bez kvalitetnog planiranja mogu biti skupi i dovesti do produženog vremena održavanja, smanjene dostupnosti i eventualnog otkaza ili kašnjenja leta. Kašnjenja, a pogotovu ako su povezana s kvarovima, negativno utječu i na zračne prijevoznike i na putnike. Prijevoznici održavanje gledaju kao nametnuti trošak koji bi trebao biti minimiziran. Održavanje je i jedan od alata za osiguravanje zadovoljavajuće pouzdanosti sustava, odnosno važan je dio rada bilo kojeg sustava, a troškovi održavanja zauzimaju značajan udio u ukupnim operativnim troškovima.

Optimalni intervali održavanja zrakoplova mogu utjecati na razinu troškova održavanja. Ako su Programom održavanja definirani pravovremeni intervali, neplanirano održavanje se svodi na minimum (izuzetak su izvanredni događaji na koje je nemoguće utjecati), što dovodi do reduciranja troškova održavanja. Za prilagođavanje intervala preventivne zamjene stvarnim događajima u praksi potrebno je prikupljanje i analiziranje relevantnih podataka, a zatim pomoću odgovarajućih metoda i modela se procjenjuju buduće ponašanje komponenti ili sustava, na temelju kojih se donosi zaključak.

Jedna od glavnih metoda rješavanja problema je eksperimentiranje. Međutim, kada je to neizvedivo, moraju se rješavati na neki drugi način. Jedno rješenje za proučavanje takvog problema temeljito je podijeliti na manje probleme i stvoriti izvedive modele koji mogu omogućiti rješenje i analizu. Svaki objekt ili proces je potrebno proučiti kako bi se stvorila pretpostavka o funkcioniranju objekta ili procesa. Te pretpostavke, koje obično imaju oblik matematičke ili logičke veze, predstavljaju model koji se koristi za dobivanje uzorka o ponašanju objekta ili procesa. Ako su uzorci dovoljno jednostavni, moguće je koristiti matematičke, statističke i grafičke metode za rješavanje određenih problema. Za složene uzorke potrebna je detaljnija analiza i simulacija kako bi se došlo do zaključka. Kao tehnika, simulacija je jedna od najčešće korištenih u istraživanju operacija i znanosti. [19]

4.1.1. Matematičke metode

Kao i svaka metoda, i matematičke metode predstavljaju pojednostavljenu sliku promatranog realnog sustava. Može se reći da je matematička metoda skup matematičkih relacija kojima su opisane veze između pojedinih fizičkih veličina u promatranom sustavu.

U tijeku eksploatacije javljaju se dva stanja sredstva, a to su "u radu" i "u otkazu". Za vrijeme stanja "u otkazu" sredstva, odnosno bilo koje komponente ili sustava, adekvatno osoblje

popravlja sredstvo kako bi se vratilo u stanje "u radu", ovakav princip vrijedi za sredstva koja su popravljiva. Za nepopravljiva sredstva se u slučaju otkaza sredstvo zamjenjuje novim. Otkaz predstavlja događaj poslije kojeg sredstvo ne može izvršavati svoju funkciju, odnosno poslije kojega ne može na propisan način izvršavati svoju funkciju. To znači da otkaz ne mora značiti potpuni kvar, koji onemogućava rad sredstva, već i svaki događaj koji dovodi do nepropisnog, odnosno nekvalitetnog ili nesigurnog rada, izvan nekih postavljenih ili propisanih granica. Vjerojatnost da će sredstvo izvršiti zadanu funkciju u zadanim uvjetima i tijekom zadanog vremena je pouzdanost $R(t)$ sredstva. Komplementarna funkcija pouzdanosti je nepouzdanost $F(t)$, odnosno vjerojatnost otkaza sredstva.[3]

Glavni cilj izvješća o pouzdanosti je pružiti dovoljno argumenata za pregled i poboljšanje dijelova programa održavanja zrakoplova bez ugrožavanja sigurnosti. Izvješća mogu biti u raznim oblicima, ali obvezni sadržaj je standardiziran. Prema EASA-i izvješća za razvoj i optimizaciju intervala održavanja trebala bi uključivati:

- starost zrakoplova;
- primijenjeni interval zadatka;
- analiza stvarnog intervala zadatka;
- podaci o komponentama (uspješno i neuspješno popravljanje komponente);
- procjena iskorištenosti zrakoplova;
- analiza planiranog održavanja;
- analiza neplaniranog održavanja;
- četveroznamenkasti ATA kod;
- serijski broj zrakoplova. [19]

4.1.2. Simulacijske metode

Svako istraživanje mora imati definirane opće ciljeve i specifična pitanja koja se trebaju riješiti, odnosno studija mora biti pomno isplanirana, a problem dobro formuliran. Slika 6 daje pregled koraka u simulacijskom modelu. U prvom koraku se definiraju problemi i određuju ciljevi simulacije te odabiru kriteriji za procjenu učinkovitosti. Prikupljanje što više informacija o predmetu interesa za određivanje operativnih postupaka i odabiranje modela raspodjele. Provjere i ocjene bi trebalo raditi nakon svakog koraka tijekom cijele simulacije, no ako to nije moguće, obavezna je nakon odabira modela te nakon eksperimentiranja. U fazi eksperimentiranja se analizira osjetljivost izlaznih podataka na manje promjene ulaznih parametara. Ako se potvrde sličnosti sustava iz prakse i eksperimentalnog sustava moguća je usporedba podataka, odnosno praćenje promjena prilikom uvrštavanja raznih ulaznih parametara. Ako se ustanovi da ne postoje sličnosti, proces se vraća na drugi korak, odnosno potrebno je prikupiti još podataka o sustavu ili odabrati neki drugi model. Prije koraka eksperimentiranja potrebno je odlučiti u kojem će se programskom jeziku raditi. U sedmom koraku se izvodi primjena na odabranom sustavu radi dobivanja podataka o izvedbi. Dobiveni podaci se analiziraju kako bi se ustvrdilo da je definirani problem na početku procesa uspješno riješen. Po završetku procesa, simulacija se dokumentira, odnosno dokumentiraju se ulazni parametri, korišteni računalni programi, modeli i doneseni zaključci. Rezultati simulacija koji

se ne implementiraju vjerojatno nisu zadovoljili definirane kriterije s početka procesa, vrijedi i obrnuto. [19]

Vrste simulacija koje se koriste za rješavanje određenih problema, odnosno analiziranje sustava na temelju ulaznih parametara i reakcije sustava prilikom promjena parametara su: [19]

- simulacija diskretnih događaja odnosi se na modeliranje sustava koji se tijekom vremena razvija prikazom u kojem se varijable trenutno mijenjaju u zasebnim vremenskim točkama. Vremenske točke su one na kojima dolazi do nekog događaja, gdje je događaj definiran kao trenutna pojava koja može 38 promijeniti stanje sustava. Iako se simulacija diskretnih događaja može konceptualno raditi ručnim izračunima, količina podataka koja se mora pohraniti i manipulirati za većinu sustava u stvarnom sustavu zahtijeva simulaciju diskretnih događaja na digitalnom računalu.
- kontinuirana simulacija odnosi se na modeliranje sustava tijekom vremena prikazujući kontinuirane promjene varijabli u odnosu na vrijeme. Tipično, kontinuirani simulacijski modeli uključuju diferencijalne jednadžbe koje daju odnose za stope promjene stanja, varijable s vremenom. Ako su diferencijalne jednadžbe posebno jednostavne, mogu se riješiti analitički kako bi se dobile vrijednosti varijabli za sve vremenske vrijednosti kao funkciju vrijednosti varijabli u vremenu. Za većinu kontinuiranih modela analitička rješenja nisu moguća.
- kombinirana diskretna kontinuirana simulacija se koristi kada je sustav nemoguće opisati samo kao diskretni ili samo kao kontinuirani. U tom slučaju se može pojaviti potreba za izgradnjom modela s aspektima oba simulacijska modela.
- Monte Carlo simulacija koristi slučajne brojeve, odnosno slučajne varijable za rješavanje određenih stohastičkih ili determinističkih problema u kojima vrijeme nema značajnu ulogu. Dakle, takve simulacije su statičke, a ne dinamičke.[19]

4.1.3. Grafičke metode

Grafički je moguće prikazati samo funkcije koje su ovisne samo o jednoj ili o dvije varijable. U funkcijama s više od dvije varijable problem koji se ponekad javlja je postojanje više lokalnih optimuma kod nekih funkcija. Grafičke metode pogodne su za rješavanje problema s jednom varijablom. [19]

4.2. Pogreške u održavanju zrakoplova

Promatrajući globalni zrakoplovni promet na svjetskoj razini, uočeno je da se u transportnom zrakoplovstvu 12-15% svih zrakoplovnih nesreća događa zbog manjkavosti sustava održavanja zrakoplova. U 95 % slučajeva, uzrok je isključivo ljudski faktor. Najčešći uzroci nastanka ovakvih pogrešaka je neprovođenje radnih procedura na propisan način, odnosno njihovo skraćivanje.

U izvještajima o uzrocima takvih nesreća, navodi se najčešće:

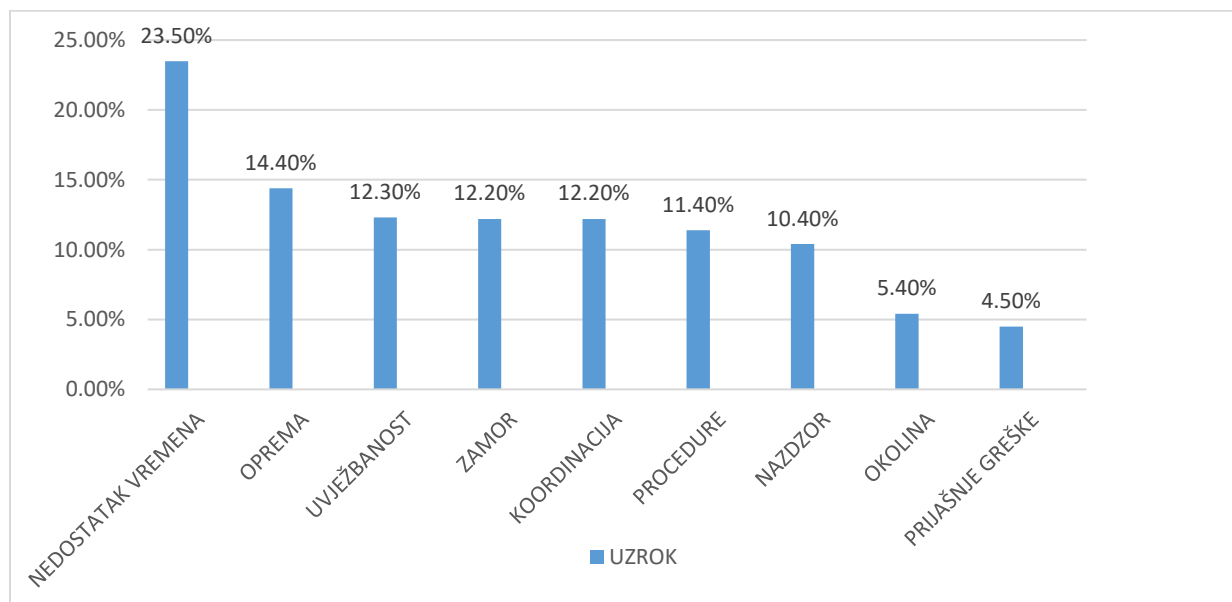
- psihološki pritisak uslijed nedostatnog vremena održavanja pred polijetanje zrakoplova,
- nedostatak adekvatne opreme, nedovoljan trening tehničkog osoblja,
- loša međusobna koordinacija tehničkog osoblja te premorenost

- pad koncentracije osoblja koje izvodi procedure održavanja. [20]

Analizom stotinjak najvećih svjetskih zračnih prijevoznika na zrakoplovima mase iznad 5.700 kg uočeni su sljedeći uzroci grešaka u održavanju:

- pogrešna montaža zrakoplovnih komponenti,
- ugradnja pogrešnih dijelova,
- neprecizan razvod i spajanje električne instalacije zrakoplova,
- loše podmazivanje,
- nedostavno pričvršćeni poklopci motora i ostalih servisnih otvora na oplati,
- neosigurani poklopci na mjestima utakanja goriva ili motornog ulja,
- ne otklanjanje sigurnosnih zatika brava stajnog trapa prije polijetanja zrakoplova [20]

Iz grafikona 1. vidljivo je kako je najveći uzrok nastanka pogrešaka nedostatak vremena. Drugi uzrok je loša i neadekvatna oprema.

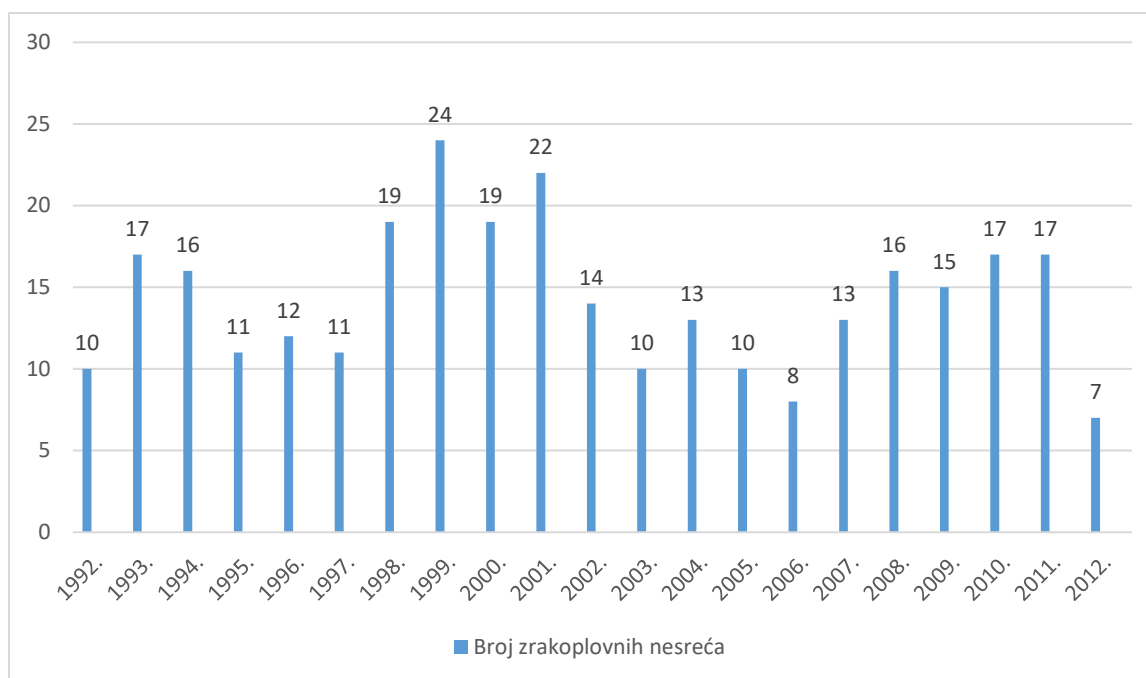


Grafikon 1. Uzroci nastanka pogrešaka

Izvor: [20]

Pogreška održavanja postaje važno područje za zrakoplovnu industriju. Osim ljudskih troškova nesreća, pogreške u održavanju predstavljaju zrakoplovnim kompanijama problem, jer zbog tih grešaka dolazi do kašnjenja i otkazivanja letova, što zrakoplovnim kompanijama nikako nije u interesu jer su ti troškovi izuzetno visoki.

Grafikon 2. prikazuje broj zrakoplovnih nesreća uzrokovanih zbog pogrešaka u održavanju zrakoplova. Vidljivo je kako broj nesreća varira iz godine u godinu te još uvijek nije sveden na minimum. 2012. godina imala je značajan pad broja smrtnih nesreća, međutim prisilna slijetanja zbog kvara motora ili stajnog trapa i dalje se nisu smanjila. [20]



Grafikon 2. Broj zrakoplovnih nesreća u godini zbog pogrešaka u održavanju zrakoplova
Izvor: [20]

Kako bi se smanjile i spriječile nesreće uzrokovane održavanjem zrakoplova potrebno je poduzeti konkretne mjere u pravcu izgradnje novog pristupa prema ljudskom čimbeniku. Novi pristup bazira se na:[20]

- priznavanju činjenice da se greške događaju,
- priznavanju i prepoznavanju organizacijskog aspekta ljudske greške,
- odgovornosti rukovodstva za izgradnju, provedbu i kontinuirano unapređenje sustava upravljanja greškama,
- izgradnji nove sigurnosne kulture,
- primjeni naučnih spoznaja i istraživanja s područja ljudskog čimbenika u održavanju

4.3. Utvrđivanje plovidbenosti zrakoplova

Sukladno Part-u M, koji se specifično odnosi na eksploataciju i održavanje zrakoplova, zračni prijevoznik ima obvezu izrade programa praćenja pouzdanosti zrakoplova u eksploataciji. U Partu M utvrđene su mjere koje je potrebno poduzeti kako bi se osigurala plovidbenost, uključujući održavanje. Isto tako, utvrđeni su uvjeti kojima trebaju udovoljiti osobe ili organizacije uključene u vođenje kontinuirane plovidbenosti. Poddio "G" (*Subpart "G"*) utvrđuje zahtjeve koje organizacija mora ispuniti kako bi imala pravo izdavati ili produljivati odobrenja za vođenje kontinuirane plovidbenosti. Organizacija koja provodi kontinuiranu plovidbenost naziva se CAMO (*Continuing Airworthiness Management Organisation*), a dužna je osigurati priručnik vođenja kontinuirane plovidbenosti zrakoplova, tzv. CAME (*Continuing Airworthiness Management Exposition*) koji opisuje kako organizacija ispunjava zahtjeve Part-a M. Također, moguće ga je kombinirati sa priručnikom organizacije za održavanje MOE (*Maintenance Organisation Exposition*), te tzv. CAME/MOE priručnik opisuje kako organizacija zadovoljava zahtjeve regulative, te prikazuje: [21]

- organizacijsku shemu operatora i službu održavanja;
- sustav kvalitete;
- procedure održavanja iz područja Part 145 propisa → MOE dio;
- procedura održavanja iz područja Part M propisa → CAME dio.

Za provjeru plovidbenosti zrakoplova, odobrena organizacija za vođenje kontinuirane plovidbenosti vrši potpunu dokumentiranu provjeru, kako bi bili sigurni da je:

- ukupan broj sati leta i ciklusa zrakoplova ispravno evidentiran glede konstrukcije zrakoplova, motora i elise zrakoplova;
- letački priručnik primjenjiv na konfiguraciju zrakoplova i da odgovara posljednjoj reviziji;
- provedeno cjelokupno održavanje koje se treba izvršiti na zrakoplovu sukladno odobrenom programu održavanja, te da:
 - su otklonjeni svi poznati kvarovi ili su pod nadzorom;
 - svi popravci i preinake na zrakoplovu budu evidentirani i provedeni u skladu s propisima;
 - budu primijenjena i evidentirana sva važeća pravila o plovidbenosti;
 - svi ugrađeni dijelovi sa ograničenim vijekom trajanja budu ispravno označeni, evidentirani i da nisu prekoračili svoje odobreno ograničenje vijeka trajanja;
 - cijelo održavanje bude izvršeno sukladno pravilima;
 - izvješće o masi i balansu zrakoplova odgovara konfiguraciji zrakoplova i da je valjana;
 - je zrakoplov u skladu s najnovijom revizijom projekta svog tipa koji je odobrila agencija;
 - prema potrebi, zrakoplov ima potvrdu o buci koja odgovara trenutačnoj konfiguraciji zrakoplova [21]

EASA propisi za kontinuiranu plovidbenost prvi put su objavljeni 20. studenog 2003. godine objedinjavajući sve regulative koje se odnose na održavanje zrakoplova u dokumentu Commission Regulation (EC) No 2042/2003. Navedeni dokument se, kao i sve ostale regulative, s vremenom mijenjao i nadopunjavao, odnosno određene stavke su postale nevažeće, izmijenjene ili su dodane, a sve u svrhu unaprjeđenja sigurnosti plovidbe. [22]

Posljednja važeća verzija, koja je djelomično izmijenjena kroz godine, nosi naziv *Commission Regulation (EU) No 1321/2014* te se sastoji od četiri ključna poglavlja: [23]

- ANNEX I (PART-M)
- ANNEX II (PART-145)
- ANNEX III (PART-66)
- ANNEX IV (PART-147)
- ANNEX Va (PART-T)

5. PROCES REDOVNOG I IZVANREDNOG ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA

Planirano održavanje je preventivno održavanje koje se sastoji od radnih naloga. Cilj mu je održati ispravno stanje zrakoplova. Neplanirano održavanje je potpuno različito od planiranog. Ono ne ovisi o određenom intervalu već se izvodi kao korektivna mjera kada dođe do kvara neke komponente ili sustava zrakoplova. Može se smatrati korektivnim održavanjem.

5.1. Pouzdanost zrakoplova

Pouzdanost (*reliability*) sredstva je vjerojatnost da će sredstvo izvršiti zadanu funkciju u zadanim u uvjetima i u tijeku zadanog vremena.

Definicija ima tri osnovna elementa:

- zadana funkcija,
- zadani uvjeti,
- određeni vremenski period.

Prema tome, u okviru navedenih uvjeta, pouzdanost se može izraziti u matematičkom obliku.[3] To je vjerojatnost $R(t)$ da će vrijeme rada bez otkaza T biti veće od određenog vremena t :

$$R(t) = P(T > t) \quad (2)$$

5.1.1. Opći pokazatelji pouzdanosti

Opći pokazatelji pouzdanosti zrakoplova su:

- raspoloživost zrakoplova
- pouzdanost otpreme zrakoplova
- pouzdanost sustava zrakoplova
- broj primjedbi pilota i mehaničara
- itd.

5.1.1.1. Raspoloživost zrakoplova

Parametar koji se uobičajeno koristi za ocjenu raspoloživosti zrakoplova je "Prosječan broj raspoloživih zrakoplova flote tijekom promatranog perioda". Za period promatranja uzima se mjesec dana. Cilj je dobiti podatak o prosječnom broju raspoloživih zrakoplova u promatranom periodu. Ukupni mogući kapacitet flote jednog tipa zrakoplova izražen u satima leta je:

$$i_{sk} = h_m \cdot i_{uk} \quad (3)$$

gdje je:

h_m – broj sati u promatranom periodu, npr. u mjesec dana

i_{uk} – ukupan broj zrakoplova promatranog tipa

Zbog održavanja zrakoplovi nisu bili operativno raspoloživi h_s sati, odnosno bili su raspoloživi za korištenje $h = h_{uk} - h_s$ sati. Prema tome, broj raspoloživih zrakoplova i tijekom promatranog perioda iznosi: [3]

$$i_a = \frac{h_{uk} - h_s}{h_{uk}} \cdot i_{uk} \quad (4)$$

5.1.1.2. Pouzdanost otpreme zrakoplova

Pouzdanost otpreme zrakoplova (*Dispatch reliability*) je vjerojatnost da će zrakoplov poletjeti u planirano vrijeme. Ovdje se uzimaju u obzir samo kašnjenja nastala iz tehničkih razloga, tj. zbog poduzimanja radnji održavanja.

$$R_d = 1 - \frac{n_d - n_c}{n} \quad (5)$$

gdje je:

n_d – broj kašnjenja u promatranom periodu koja su veća od nekog zadanog vremena zbog tehničkih razloga (5 - 15 minuta)

n_c – broj otkaza leta zbog tehničkih razloga

n – broj ciklusa (polijetanja) u promatranom periodu.

Zrakoplovne kompanije umjesto "pouzdanost otpreme", kao pokazatelj obično koriste "stupanj pouzdanosti u otpremi" koji pouzdanost otpreme izražava u postocima, odnosno to se može interpretirati i kao pokazatelj uspješnih otprema zrakoplova u odnosu na 100 polijetanja. [3]

5.1.1.3. Pouzdanost sustava zrakoplova

Sustavi zrakoplova prate se po ATA 100 specifikaciji. Kako bi se procijenila pouzdanost, prati se neispravnost pojedinih sustava zrakoplova, zbog čega se neke komponente moraju neplanski zamijeniti (*unscheduled removals*).

U praktičnim primjenama ovaj se pokazatelj prikazuje u izmijenjenom obliku i naziva se "stupanj pouzdanosti sustava", a pokazuje prosječan broj neplaniranih zamjena pojedinih komponenti sustava na 1000 sati leta. [3]

$$i_{ur} = \frac{n_{ur}}{n_{ks} \cdot h} \quad (6)$$

gdje je:

n_{ur} – ukupan broj neplaniranih zamjena komponenti u promatranom periodu

n_{ks} – broj komponenti po sustavu

h – ukupan nalet zrakoplova u promatranom periodu

5.1.1.4. Broj primjedbi pilota i mehaničara

Pokazatelj pouzdanosti definira se i na temelju primjedba pilota li na temelju podataka (zapažanja) tehničkog osoblja. Primjerice, može se definirati "stupanj pouzdanosti na temelju primjedbi pilota u promatranom periodu u odnosu na 100 polijetanja". [3]

$$i_p = \frac{n_p}{n_{TO}} \cdot 100 \quad (7)$$

gdje je:

n_p – broj primjedbi pilota tijekom promatranog perioda

n_{TO} – broj polijetanja – broj ciklusa u promatranom periodu

5.1.2. Pokazatelji pouzdanosti strukture

Pouzdanost strukture dobiva se metodama ispitivanja materijala bez razaranja (*Non – Destructive Testing* – NDT). U hrvatskom govornom području često se nazivaju i kontrole bez razaranja (KBR). NDT je skup metoda za pronalaženje skrivenih grešaka (mikropukotina na površini ili ispod površine elemenata) u materijalu, na način da ispitani materijali ili uređaji ostanu neoštećeni nakon pregleda, te da se prema potrebi vrate u upotrebu.[3] NDT metode primjenjuju se na samom zrakoplovu ili motoru, te prilikom pregleda pojedinih elemenata zrakoplova ili motora u procesu remonta, a najčešće primjenjivane metode su:

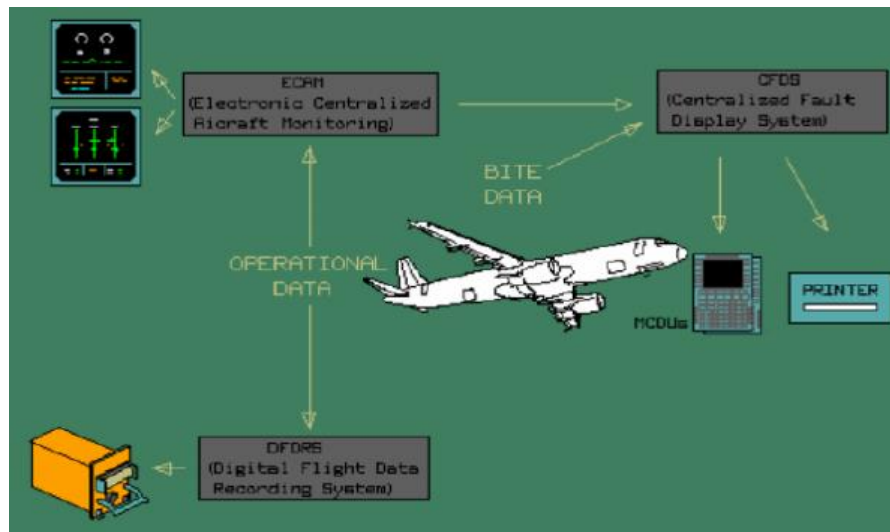
- vizualna – najstariji i najuobičajeniji oblik pregleda, a sastoji se od pregleda područja okom, povećalom, izvorom svjetla i pomoću posebnih optičkih uređaja
- magnetska – metoda koja se koristi za otkrivanje površinskih i subpovršinskih diskontinuiteta u feromagnetičnim materijalima
- penetrantska – koristi se za otkrivanje diskontinuiteta otvorenih prema površini na dijelovima napravljenim od materijala koji nije proziran. Metoda ovisi o sposobnosti tekućine da prodire u diskontinuitete materijala na koji se nanosi.
- radiografska – nepravilnost materijala dobiva se tako da se ispitivani element prozrači ionizirajućim zračenjem. Radiografsko ispitivanje će zbog toga pokazati unutrašnje i vanjske strukturalne detalje svih tipova dijelova materijala. Metoda se koristi za pregled zrakoplovne konstrukcije koja je nedostupna ili neprikladna za primjenu drugih metoda
- ultrazvučna – ova metoda pogodna je za pregled većine metala, plastike i keramike za greške na površini ili ispod nje. Pregled zrakoplovne strukture se postiže induciranjem ultrazvučnih valova na predmet s kontaktnom sondom. Reflektirani ultrazvučni valovi se elektronski projiciraju na cijev osciloskopa i koriste se za otkrivanje grešaka
- metoda vrtložnih strujanja – koristi se za otkrivanje lomova na površini ili blizu površine na većini metala. Pregled se izvodi induciranjem vrtložne struje na djelu koji se ispituje i elektroničkim nadgledanjem varijacija u induciranom polju

Praćenje stanja strukture (SHM – *Structural Health Monitoring*) predstavlja koncept sustava za stalno praćenje tehničkog stanja strukture zrakoplova. Osnovni princip je stvaranje pouzdane nedestruktivne tehnologije koja bi bila integralni dio zrakoplovne strukture. Na zrakoplov bi se montirali posebni senzori za detektiranje i dojavu greške, nakon čega bi se

poduzimale daljnje akcije. U budućnosti, SHM tehnologija biti će ključna tehnologija za održavanje integriteta zrakoplovne strukture. [3]

5.1.3. Pokazatelj pouzdanosti zrakoplovnih komponenti

Svi moderni transportni zrakoplovi danas imaju neki oblik sustava stalnog nadzora tehničkog stanja koji je ugrađen na zrakoplov (*Onboard Maintenance Systems*). Za mehaničke komponente to znači da se postavljeni senzori koji stalno mjere neki parametar sustava na osnovu kojeg se može procjenjivati tehničko stanje. To su npr. senzori koji mjere tlak, temperaturu, vibracije, pomake itd. Ovi sustavi omogućuju detekciju neispravnosti tijekom rada, i nazivaju se BITE (*Built In Test Equipment*). [3]



Slika 12. BITE koncept

Izvor: [3]

ECAM (*Electronic Centralized Aircraft Monitoring*) kontrolira sve parametre zrakoplova i informira i upozorava posadu zrakoplova preko zaslona. DFDRS (*Digital Flight Data Recording System*), tj. "crna kutija" je obavezan uređaj na zrakoplovu koji pohranjuje zrakoplovne parametre koji služe za analizu u slučaju eventualnog incidenta. Greške ili otkaze pojedinog sustava dijagnosticira i pohranjuje CFDS (*Centralized Fault Display System*). [24]



Slika 13. Crna kutija

Izvor: <https://www.dw.com/hr/%C5%A1to-otkriva-crna-kutija/a-17910212>

5.1.4. Pokazatelj pouzdanosti pogonskih sustava

Kod mjerenja pouzdanosti pogonskog sustava koristi se tehnologija koja omogućava da se podaci prikupljeni tokom leta automatski pohranjuju na prijenosni medij, dok se analiza vrši u tehničkoj bazi. Daljnji razvoj ovog sustava obrade podataka usmjeren je da se određeni podaci šalju u tehničku bazu prilikom leta, kako bi se i prije slijetanja zrakoplova tehnička služba mogla pripremiti za eventualno poduzimanje akcija održavanja. [24]

Praćenje stanja motora, zrakoplova i sustava zrakoplova zasnovano je na sljedećim metodama:

- vibracijska analiza;
- analiza parametara radnog procesa motora;
- vizualni pregled;
- analiza ulja za podmazivanje i produkata trošenja;
- analiza potrošnje ulja;
- metode nedestruktivnog ispitivanja elemenata.[3]

Vibracijsko praćenje stanja pokazuje neuravnoteženost rada rotora motora u eksploataciji. Pilotski indikator pokazuje samo granična područja vibracija, dok stalno praćenje vibracija omogućuje praćenje vremenske promjene, što je koristan element za ocjenu i predviđanje nekih neispravnosti koje utječu na neuravnoteženost rotirajućih elemenata.

Parametri radnog procesa mjere se tek nakon pet minuta ustaljenog horizontalnog leta, nakon što se mjereni parametri ustale na razinama oko kojih se kreću u normalnoj eksploataciji. Zatim se, matematičkim postupkom podaci svode na standardne uvjete, pri čemu računalo mjeri odstupanje od standardnih vrijednosti, te daje preporuke za potrebne akcije održavanja na temelju vlastite baze i ekspertnog sustava za dijagnosticiranje.

Povećana koncentracija metalnih čestica u ulju, koje rezultiraju povećanim trošenjem dijelova motora, detektiraju se analizom ulja za podmazivanje.

Analiza parametara radnog procesa i vibracijska analiza obavljaju se na temelju parametara praćenih za vrijeme rada motora tijekom leta, dok ostale metode podrazumijevaju snimanje parametara dok motor ne radi. [3]

Obično praćene pojave kod pogonskog sustava su:

- gašenje motora u letu (*In-flight Shutdowns*);
- neplanirane zamjene motora (*Unscheduled Removals*);
- dolazak motora u radionicu (*Shop Visits*).

5.1.4.1. Gašenje motora u letu

Temeljem praćenja broja neplaniranih gašenja motora prilikom leta u određenom vremenu rada motora, dobiva se slika o pouzdanosti motora u odnosu na tu pojavu. Zbog toga se definira "indeks gašenja motora u odnosu na 1000 sati rada motora" [3]

$$i_{sd} = \frac{n_{SD}}{h_p} \cdot 1000 \quad (8)$$

gdje je:

n_{SD} – broj neplaniranih gašenja motora u promatranom periodu

h_p – ukupan broj sati rada motora za vrijeme promatranog perioda.

5.1.4.2. Neplanirane zamjene motora

Bitan parametar za ocjenu pouzdanosti je "indeks neplaniranih zamjena motora" koji pokazuje koliko je bilo neplaniranih zamjena motora na 1000 sati leta.

$$i_{ur} = \frac{n_{ur}}{h_p} \cdot 1000 \quad (9)$$

5.1.4.3. Dolazak zrakoplova u radionicu

Jedan od uobičajenih pokazatelja pouzdanosti je "indeks dolazaka motora u radionicu" koji pokazuje koliko je bilo dolazaka motora u radionicu zbog otkaza na 1000 sati rada motora.

$$i_{sv} = \frac{n_{sv}}{h_p} \cdot 1000 \quad (10)$$

gdje je:

n_{sv} – broj dolazaka motora u radionicu u promatranom periodu

h_p – ukupan broj sati rada motora za vrijeme promatranog perioda.

Dolazak motora u radionicu podrazumijeva broj planiranih (*Overhaul*¹ i provjera dijelova motora koji rade u uvjetima visoke temperature) i neplaniranih dolazaka motora.

Pouzdanost sustava zrakoplova i tehničko stanje sustava zrakoplova, tj. efikasnost službe održavanja, također se može definirati i ocijeniti nizom drugih parametara.[3]

5.2. Redovno održavanje zrakoplova

Aktivnosti održavanja, popravaka i generalnog remonta (*Maintenance, Repair and Overhaul* – MRO) imaju presudno značenje u realizaciji sigurnog i pouzdanog transportnog procesa, čiji nezaobilazni dio je tehnološko upravljanje i održavanje pripadajućih kapaciteta. Zrakoplovna industrija s dostignutim stupnjem maturacije mora korisnicima svojih usluga osigurati stabilan i pouzdan sustav održavanja. Svaka zrakoplovna kompanija samostalno utvrđuje operativne uvjete i program održavanja zrakoplova koji osigurava plovidbenost flote na temelju preporuka proizvođača zrakoplova izdanim u posebnom dokumentu OEM (*Original Equipment Manufacturer*), pisanim uputstvima (*Airworthiness Directives*) i servisnim pregledima (*Service Bulletins*). Na taj način ona bitno može optimizirati inicijalni program održavanja i poboljšati efikasnost poslovanja zrakoplovne kompanije. Nužno je naglasiti da ne postoji jedinstveni pristup načinu i organizaciji održavanja flote, što zorno prikazuje tablica 5. [18]

¹ Overhaul (Obnavljanje) - temeljiti popravak zrakoplova ili dijela zrakoplova provjerom, testiranjem i zamjenom dijelova u skladu sa odobrenim standardom kako bi se produžilo vrijeme uporabe

Tablica 5. Organizacija A/C pregleda zrakoplova u pojedinim zrakoplovnim kompanijama

B 767-300 ER	A pregled	C pregled
Air Canada:	300 fh	4.000 fg ili 3.000 ciklusa ili 15 mjeseci
Air China:	250 fh	3.000 fh ili 15 mjeseci
Air Europe	500 fh	5.000 fh
Air Mauritius	500 fh	6.000 fh ili 18 mjeseci
ANZ:	500 fh	6.000 fh
Air Pacific:	400 fh	4.000 fh
ANA:	500 fh	4.000 fh ili 18 mjeseci
American:	100 fh	3.500 fh
Asiana:	500 fh	5.000 fh ili 18 mjeseci
Ethiopian:	500 fh	6.000 fh ili 3.000 ciklusa ili 15 mjeseci

Izvor: [18]

Croatia Airlines ima sljedeće standarde održavanja glede pregleda zrakoplova:

A319/320	A pregled (600 sati leta; 750 ciklusa; 100 dana) C pregled (6000 sati leta; 4.500 ciklusa; 20 mjeseci)
ATR	A pregled (500 sati leta); C pregled (4000 sati leta)
Q400	A pregled (400 sati leta); C pregled (4000 sati leta)

Intervali programa održavanja utvrđuju se na tri načina:

- sati leta;
- ciklus uzlijetanja i slijetanja;
- kalendarsko vrijeme između pojedinog tipa tehničkog pregleda.

Tipovi održavanja ovise o karakteru poslovanja zrakoplovne kompanije (redovni, izvanredni) i vrsti zrakoplova, ali se u pravilu radi o tzv. A, B, C, D pregledima odnosno L (*Light*), H (*Heavy*) i M (*Mayor*). Uspješnost zrakoplovne kompanije u povećanju razine produktivnosti i efikasnosti poslovanja izrazito je slojevita i povezana mnogobrojnim vezama unutar sektora održavanja kao i s ostalim organizacijskim jedinicama zrakoplovne kompanije. [18]

5.2.1. Provjere u održavanju

Svi zadaci u održavanju moraju biti uvršteni u radni raspored. Zadaci s sličnim intervalima su skupljeni u jednu grupu održavanja, svaki sa svojim intervalom održavanja. Za putničke zrakoplove ovi intervali se razlikuju od dnevnih provjera, linijskog održavanja do većih provjera na baznom održavanju. Tri najčešće grupe su:

- A provjera se obično sastoji od generalne inspekcije interijera/eksterijera zrakoplova sa određenim površinama otvorenima. Uobičajeno se izvodi u intervalima od dva tjedna do mjesec dana ili u satima naleta zrakoplova (150 do 2000 sati leta, ovisno o zrakoplovu). Primjer je provjera i servisiranje ulja, zamjena filtera, podmazivanje, operativne provjere i inspekcije.
- C provjera se odvija u intervalima od 12 do 20 mjeseci, ovisno o operateru, tipu zrakoplova i iskoristivosti. Sve češće program održavanja omogućuje da vremenski period bude veći zbog ekonomskih razloga bez narušavanja sigurnosti. Na ovom

pregledu se rade popravci i modifikacije za koje nije bilo raspoloživog vremena u periodu aktivnog korištenja zrakoplova. Primjeri su funkcionalne i operativne provjere sustava, čišćenje i servisiranje, manje strukturalne inspekcije i zahtjevi iz servisnih biltena.

- D provjera ili *Heavy Maintenance Visit* se odvija u intervalima od 6 do 12 godina, ovisno o tipu zrakoplova i stupnju iskorištenja. Ovi pregledi se uvode kako bi se utvrdilo stanje strukture uslijed oštećenja od utjecaja okoline (korozije), slučajnih oštećenja i zamora materijala. Uobičajeno se zrakoplov miče iz službe te se prizemlji na nekoliko tjedana. Tijekom ove provjere zrakoplovu se skine vanjska boja i uklone se veliki dijelovi vanjskog panela, otkrivajući mehaničku strukturu zrakoplova, pridržavajućih komponenata i krila za inspekciju strukturalno važnih dijelova. Mnoge zrakoplovne unutarnje komponente su provjerene, popravljene ili zamijenjene. Pregled spada u najveći pregled zrakoplova te se vrlo često podrazumijeva potpuna obnova zrakoplova s kojom završava jedan ciklus tehničkog održavanja i proizvodnog rada zrakoplova. [2]

5.2.2. Sadržaj redovnog održavanja

Sadržaj redovnog održavanja sastoji se od dvije vrste radnih zadataka:

- a) Grupe radnih zadataka koje je potrebno izvršiti prema specifičnom intervalu. Cilj tih zadataka je spriječiti kvar, odnosno smanjenje svojstva sigurnosti i pouzdanosti zrakoplova. Redovno održavanje uključuje:
 1. podmazivanje/servisiranje (*Lubrication/Servicing LU/SV or LUB/SVC*)
 2. operativnu/vizualnu provjeru (*Operational/Visual check OP/VC or OPC/VCK*)
 3. pregled/funkcionalnu provjeru (*Inspection/Functional check IN*/FC or */FNC*)
 - opću vizualnu provjeru (*General Visual Inspection GV or GVI*)
 - detaljni pregled (*Detailed Inspection DI or DET*)
 - specijalno detaljni pregled (*Special Detailed Inspection SI or SDI*)
 4. obnovu dijela (*Restoration RS or RST*)
 5. odbacivanje dijela (*Discard DS or DIS*)
- b) Grupe ne planiranih radnih zadataka koje proizlaze iz:
 1. redovnog održavanja
 2. izvješća o kvarovima (najčešće dolaze od posada zrakoplova)
 3. analize podataka (najčešće prikupljenih tijekom leta) [6]

5.3. Izvanredno održavanje zrakoplova

Do neplaniranog održavanja dolazi također nakon što je zrakoplov bio u nekoj izvanrednoj situaciji kao npr. nakon tvrdog slijetanja, nakon što je zrakoplov letio brzinom koja je veća od preporučene, nakon udara groma i drugo. [4]

5.3.1. Sadržaj izvanrednog održavanja zrakoplova sastoji se od:

- provjera nakon tvrdog slijetanja ili slijetanja preopterećenog zrakoplova
- provjera integriranog strujnog generatora nakon isključenja prilikom rada motora
- provjera nakon propadanja i ekstremne turbulencije tijekom leta
- provjera nakon prekoračene preporučene brzine leta

- provjera nakon udara groma
- provjera nakon kontaminacije motora vulkanskim pepelom
- provjera nakon izboja pričuvnog generatora (*Auxiliary Power Unit Surges*)
- provjera nakon izbacivanja generatora pogonjena zrakom
- provjera nakon udara ptica
- provjera nakon neuspjelog polijetanja (*High Energy Stop /Rejected Take off* (RTO))
- provjera nakon naglog pucanja gume
- provjera pumpe za hidrauliku nakon rada bez hidro ulja
- provjera nakon izbacivanja/upotrebe sustava za opskrbu putničke kabine kisikom u izvanrednim situacijama
- provjera nakon prevlačenja preopterećenog zrakoplova stajankom [6]

5.3.2. Neplanirano održavanje zbog kvarova

Zbog nepredviđenih kvarova mora se vršiti neplanirano održavanje zrakoplova. U komercijalnom letenju kvarovi mogu, ovisno o vremenu potrebnom za popravak zrakoplova, prouzročiti kašnjenje leta duže od 15 minuta od predviđenog polijetanja ili otkaz leta. Greške mogu nastati zbog vjerojatnosti pojave greške uračunate u projektiranu pouzdanost zrakoplova i zbog grešaka u održavanju koje nastaju zbog utjecaja ljudskog faktora.

Na nenamjerne ljudske greške koje nastaju u održavanju zrakoplova zbog utjecaja ljudskog faktora zračni prijevoznik ima izravan utjecaj. Potrebno je otkriti pridonoseće čimbenike koji dovode do nastanka takvih grešaka i poduzeti korektivnu akciju u internoj okolini radi njihova otklanjanja.

Udio grešaka koje su nastale zbog tehničke neispravnosti zrakoplova zajedno s raspoloživošću posada za let čine 41,8% udjela svih kašnjenja zrakoplova na let. To je značajan trošak za zračnog prijevoznika ako su tri najveće stavke ukupnog troška letenja zrakoplova, trošak goriva 33,4%, najam zrakoplova 11,3% i trošak održavanja zrakoplova 9,8%. Prema dostupnim analizama na jednu grešku koju uzrokuje sustav, po vjerojatnosti koja je proračunska u konstrukciji i izradi, mogu biti više od četiri greške koje nenamjerno napravi čovjek tijekom radova na zrakoplovu zbog utjecaja ljudskog faktora. Greške zbog utjecaja ljudskog faktora predstavljaju prijetnju sigurnosti zrakoplova zbog kvarova koji nisu predvidljivi i ne mogu se kontrolirati. Mjerenjem pouzdanosti otpreme zrakoplova dobiva se uvid u trend tehničkih kašnjenja što je ujedno i pokazatelj kvalitete sustava održavanja zrakoplova. [8]

Pouzdanost otpreme zrakoplova mjeri se za razdoblje od jednog mjeseca i razdoblje od godine dana. Mjesečna pouzdanost otpreme zrakoplova daje uvid u trend povećanja ili smanjenja broja tehničkih kašnjenja koji su nastali neplaniranim održavanjem zrakoplova zbog otklona grešaka. Ukoliko se pojavi trend povećanja grešaka, ili se pojave greške koje mogu ugroziti sigurnost zrakoplova, mogu se poduzeti pravovremene korektivne mjere za smanjivanje nastanka sličnih grešaka. U razdoblju od jedne godine zrakoplov planski ne leti zbog planiranih velikih pregleda održavanja, a plansko letenje se prilagođava sezoni letenja. To znači da intenzitet letenja pojedinog zrakoplova ovisi u kojem je dijelu godine sezona intenzivnog letenja, što je uvjetovano zemljopisnom širinom na kojoj se zrakoplov nalazi. Zračni prijevoznik svoju pouzdanost otpreme zrakoplova u razdoblju od godine dana može

usporediti sa svjetskom pouzdanošću otpreme zrakoplova u razdoblju od godine dana jer je u tom razdoblju uključena sezona održavanja i sezona letenja za sve zračne prijevoznike. Uvidom u odstupanje svoje pouzdanosti otpreme zrakoplova u odnosu na svjetsku, dobiva podatak kakav 40 sustav održavanja zrakoplova ima. Ukoliko je sustav lošiji od svjetskog prosjeka, mora intervenirati u svoj sustav održavanja zrakoplova kako bi se povećala pouzdanost otpreme zrakoplova. Pouzdanost otpreme zrakoplova služi kao alat kontrole komercijalne zarade, kontrole tehničke sigurnosti i kvalitete održavanja zrakoplova za pojedini tip zrakoplova koji ima u svojoj floti.

Stoga je prioritet zračnog prijevoznika da izmjenama unutar svoje organizacije rada preventivno djeluje s ciljem poboljšanja održavanja zrakoplova. Da bi zračni prijevoznik mogao intervenirati izmjenama u svojoj organizaciji, primarno je pronaći alat koji će omogućiti pronalaženje uzroka problema. Spoznajom čimbenika koji pridonose nastanku tehničkih grešaka, omogućava se izrada korektivnih mjera u organizaciji radi smanjenja broja grešaka koje nastaju zbog ljudskog faktora. [8]

6. PRIMJER ORGANIZACIJE ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA DASH 8-Q400 U OKVIRU PRIJEVOZNIČKE TVRTKE

Zrakoplov Dash 8 Q-400 je elisnomlazni (*turboprop*) zrakoplov dizajniran od strane tvrtke de Havilland Canada. Zrakoplov je srednjeg doleta, a zračni prijevoznik Croatia Airlines u svojoj floti posjeduje 6 zrakoplova tipa Dash 8-Q400.

6.1. Općenito o seriji zrakoplova Dash 8

Dash 8 na slici 14., zrakoplov je kanadske proizvodnje. Nastao je početkom 1980-ih godina u pogonima tvrtke de Havilland Canada s namjerom kako bi zamijenio starije modele na tržištu iz 1960-ih godina zbog sve veće potražnje zrakoplovne industrije za zrakoplovima prilagođenim za regionalne linije.



Slika 14. Dash 8-Q400

Izvor: [25]

Bombardier Q serija - prvotnog imena DHC-8 Dash 8 - je obitelj elisnomlaznih putničkih zrakoplova (eng. *turboprop*) kanadske proizvodnje. nastao početkom 80-ih u pogonima tvrtke de Havilland Canada, Dash 8 je bio osmišljen kao moderan i učinkovit zrakoplov kratkog doleta koji bi zamijenio modele iz 60-ih i 70-ih na sve većem broju regionalnih linija. Poletivši prvi put 20. lipnja 1983. godine, prvotna serija 100 je mogla primiti do 38 putnika, te se odlikovala visokom krstarećom brzinom za svoju snagu. Nakon dolaska jače serije 200 i veće serije 300 (koja je mogla primiti do 56 putnika), tvrtku kupuje Bombardier Aerospace koji brzo uviđa potrebu za još većim i bržim modelom koji bi mogao konkurirati regionalnim mlažnjacima. Nova serija 400 - koja je poletila prvi put 31. siječnja 1998. godine - je tako dobila produljeni trup za do 78 putnika, te dvostruko jače motore koji su omogućili krstareće brzine od čak 650 km/h - odnosno nešto više od pola brzine zvuka. Uz ove promjene, serija 400 je dobila i oznaku Q (*Quiet*) zbog njenog sustava za smanjenje buke i vibracija u putničkoj kabini.

Do danas je proizvedeno oko 1250 zrakoplova Dash 8, od kojih je 580 primjeraka serije Q400. Zrakoplov je namijenjen za linije srednjeg doleta. Dash 8-Q400 opremljen je sa dva elisno-mlazna motora proizvođača Pratt & Whitney inačice PW150A. [25]

6.2. Tehničke karakteristike zrakoplova

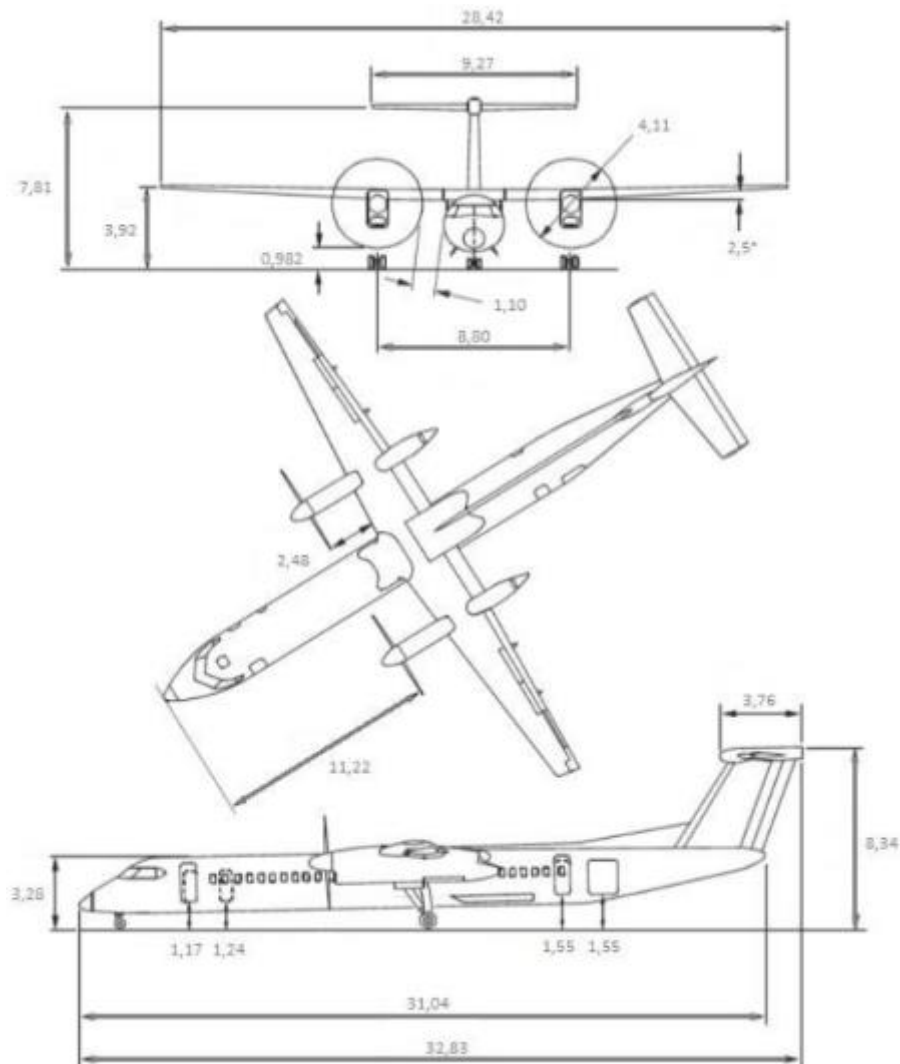
Tehničke karakteristike opisuju dimenzije zrakoplova (tablica 6.) njegove strukturalne mase te vanjski izgled i sl. Ovaj zrakoplov odlikuju vrlo dobre tehničke karakteristike u kategoriji zrakoplova s elisno-mlaznim motorima. Također, odlikuje ga velika površina krila od čak 63,08 m² s obzirom na ostale zrakoplove iste kategorije (slika 15.).

Tablica 6. Dimenzije Dash 8-Q400

DIMEZNIJE	
Duljina	32,83 m
Visina	8,36 m
Raspon krila	28,42 m
Površina krila	63,08 m ²

Izvor: [25]

Slika 15. prikazuje vanjski izgled zrakoplova Dash 8-Q400 sa zadanim dimenzijama opisanim u prethodnoj tablici.



Slika 15. Dimenzije Dash 8-Q400

Izvor: [25]

Kapacitet putničke kabine iznosi 68 do 78 putnika ovisno o konfiguraciji sjedišta. Maksimalna masa pri polijetanju (MTOM – *Maximum Take off Mass*) iznosi 29 257 kg, maksimalna masa pri slijetanju (MLM – *Maximum Landing Mass*) iznosi 28 009 kg. Suha operativna masa zrakoplova (DOM – *Dry Operating Mass*), odnosno masa zrakoplova koja ne uključuje putno gorivo iznosi 25 855 kg. [26]

Zrakoplov pogone dva elisno-mlazna motora proizvođača Pratt & Whitney PW150A. Svaki motor razvija snagu od 3 781 kW ili 5 071 HP. Propeler ima 6 krakova na svakom motoru promjera 4,11 m sa promjenjivim korakom. [27]

6.3. Eksploatacijske karakteristike zrakoplova

Zrakoplov Dash 8-Q400 jedan je od najsuvremenijih zrakoplova u svijetu po svojim karakteristikama performansi, tehnološkim dostignućima te ekonomičnosti leta.

Performanse zrakoplova određuju eksploatacijske karakteristike, tj. određuju karakteristike zrakoplova za vrijeme leta. Eksploatacijske karakteristike za Dash 8-Q400 prikazane su tablicom 7.

Tablica 7. Performanse zrakoplova Dash 8-Q400

PERFORMANSE	
Dolet	2 040 km ili 1 100 NM
Maksimalna brzina	667 km/h ili 360 kt
Plafon leta	7 620 m ili 25 000 ft
Duljina potrebna za polijetanje pri ISA/SL, MTOM	1 425 m ili 4 675 ft
Duljina potrebna za slijetanje pri ISA/SL, MLM	1 289 m ili 4 230 ft

Izvor: [28]

6.4. Organizacije za održavanje zrakoplova

Organizacije koje imaju odobrenje za održavanje u skladu s Part 145 smiju održavati EASA zrakoplove koji su navedeni u njihovom opsegu odobrenja. To je jedina vrsta organizacije koja smije održavati zrakoplove u komercijalnom zračnom prometu (CAT – *Commercial Air Transport*).

Propis kojime je regulirano izdavanje Part 145 certifikata je:

Uredba Komisije (EU) br. 1321/2014 od 26. studenoga 2014. o kontinuiranoj plovidbenosti zrakoplova i aeronautičkih proizvoda, dijelova i uređaja, te o odobravanju organizacija i osoblja uključenih u te poslove (SL L 362, 17.12.2014.). [29]

Popis nekih od Part M/MF/145/147 i Annex I odobrenih organizacija:

- Croatia Airlines d.d.
- Fakultet prometnih znanosti – Hrvatsko zrakoplovno nastavno središte
- Jung Sky d.o.o.
- Split Air d.o.o.
- Trade Air d.o.o.
- Vlada Republike Hrvatske – Direkcija za korištenje službenih zrakoplova

- Zrakoplovna jedinica MUP-a RH
- Zrakoplovno-tehnički centar d.d.
- itd. [29]

6.5. Zračni prijevoznik s ovlastima za kontinuiranu plovidbenost

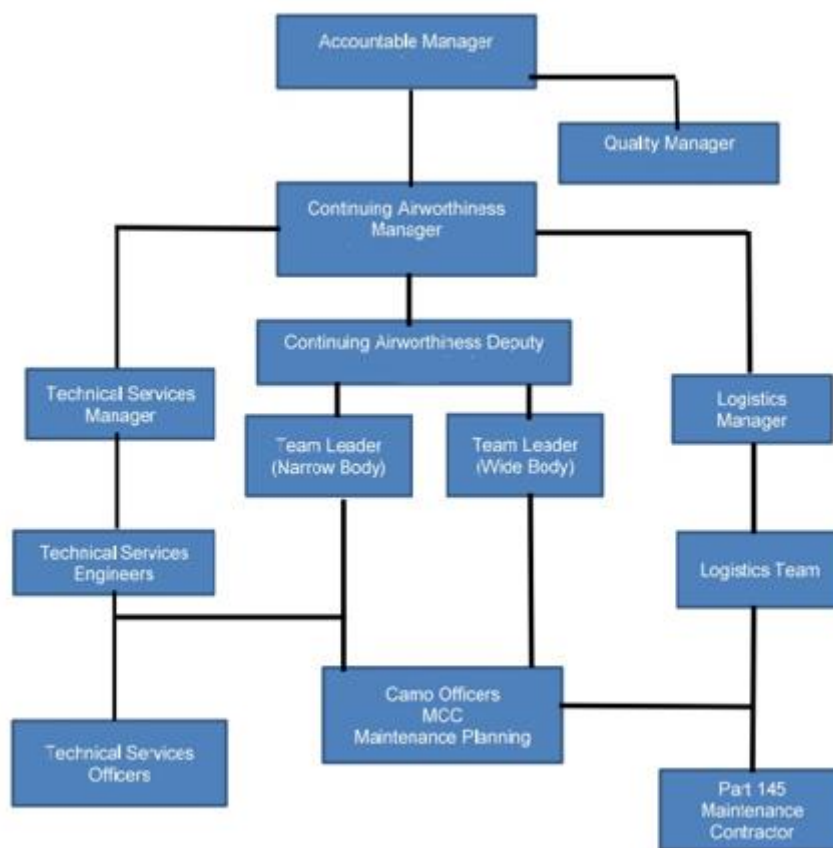
Ako zračni prijevoznik (operator) želi dobiti dozvolu za održavanje kontinuirane plovidbenosti, dužan je poslati zahtjev državnoj agenciji za civilno zrakoplovstvo. Pri zadovoljavanju svih uvjeta propisanih u regulativi *Commission Regulation* (EU) No 1321/2014 (odredbe ANNEX I i ANNEX Va) operator dobiva certifikat kojim je zakonski omogućeno interno održavanje plovidbenosti zrakoplova, primjer se certifikata je prikazan na slici 16. Prilikom osnivanja CAMO-a jasno je definirana hijerarhija koju je nužno uspostaviti kako bi sustav održavanja što uspješnije slijedio EASA regulative.

Na slici 17 jasno se razlikuju tri glavna odjela: odgovorni rukovoditelj (*Accountable Manager*), rukovoditelj upravljanja kvalitetom (*Quality Manager*) i odgovorna osoba za kontinuiranu plovidbenost (*Continuing Airworthiness Manager*), čiji se odjel dijeli na tehničku službu (*Technical Services*), kontinuiranu plovidbenost (*Continuing Airworthiness*) i logističku podršku (*Logistics*).[30]

[DRŽAVA ČLANICA (*)] Članica Europske unije (**)
CERTIFIKAT ORGANIZACIJE ZA VODENJE KONTINUIRANE PLOVIDBENOSTI
Referentna oznaka: [OZNAKA DRŽAVE ČLANICE (*)] CAMO.XXXX (Ref. oznaka: AOC XX.XXXX)
U skladu s Uredbom (EU) 2018/1139 Europskog parlamenta i Vijeća od 4. srpnja 2018. o zajedničkim pravilima u području civilnog zrakoplovstva i osnivanju Agencije Europske unije za sigurnost zračnog prometa i s Uredbom Komisije (EU) br. 1321/2014 te podložno uvjetima navedenima u nastavku, [NADLEŽNO TJELO DRŽAVE ČLANICE (*)] ovime potvrđuje da je:
[NAZIV I ADRESA DRUŠTVA]
organizacija za vođenje kontinuirane plovidbenosti koja ispunjava zahtjeve iz odjeljka A Priloga V.c (dio CAMO) Uredbi Komisije (EU) br. 1321/2014.
UVJETI:
1. Ovaj je certifikat ograničen na opseg utvrđen u odjeljku o opsegu posla u odobrenom priručniku za vođenje kontinuirane plovidbenosti (CAME) kako je navedeno u odjeljku A Priloga V.c (dio CAMO) Uredbi Komisije (EU) br. 1321/2014.
2. Za ovaj je certifikat obvezna sukladnost s postupcima navedenima u CAME-u odobrenom u skladu s Prilogom V.c (dio CAMO) Uredbi Komisije (EU) br. 1321/2014.
3. Ovaj je certifikat valjan dok god odobrena organizacija za vođenje kontinuirane plovidbenosti ispunjava zahtjeve iz Priloga I. (dio M), Priloga V.b (dio ML) i Priloga V.c (dio CAMO) Uredbi Komisije (EU) br. 1321/2014.
4. Ako organizacija za vođenje kontinuirane plovidbenosti u okviru svojeg sustava upravljanja sklopi podugovor za usluge jedne ili više organizacija, ovaj certifikat ostaje valjan pod uvjetom da ta organizacija ili organizacije ispunjavaju primjenjive ugovorne obveze.
5. Podložno ispunjavanju prethodno navedenih uvjeta od 1. do 4., ovaj certifikat ostaje valjan na neodređeno vrijeme, ako prethodno nije vraćen, zamijenjen, privremeno oduzet ili trajno oduzet.
Ako se ovaj obrazac koristi i za nositelje svjedodžbe zračnog prijevoznika (AOC) (zračni prijevoznici licencirani u skladu s Uredbom (EZ) br. 1008/2008), broj AOC-a dodaje se referentnoj oznaci, uz standardni broj, a uvjet br. 5 zamjenjuje se sljedećim dodatnim uvjetima:
6. Ovaj certifikat nije ovlaštenje za upravljanje tipovima zrakoplova iz uvjeta br. 1. Ovlaštenje za upravljanje zrakoplovom je AOC.
7. Istekom, privremenim oduzimanjem ili trajnim oduzimanjem AOC-a zračnog prijevoznika licenciranog u skladu s Uredbom (EZ) br. 1008/2008 automatski se poništava ovaj certifikat u vezi s registracijama zrakoplova navedenima u AOC-u, osim ako drukčije izričito utvrdi nadležno tijelo.
8. Podložno ispunjavanju prethodno navedenih uvjeta, ovaj certifikat ostaje valjan na neodređeno vrijeme, ako prethodno nije vraćen, zamijenjen, privremeno oduzet ili trajno oduzet.
Datum prvog izdavanja:
Potpis:
Datum ove revizije: Broj revizije:
Za nadležno tijelo: [NADLEŽNO TJELO DRŽAVE ČLANICE (*)]
Stranica od
(*) II „EASA“, ako je nadležno tijelo EASA.

Slika 16. Dozvola za održavanje plovidbenosti zrakoplova

Izvor: [31]



Slika 17. Primjer organizacijske sheme organizacije za održavanje plovidbenosti

Izvor: [30]

Pripadajuće pozicije se dijele na sljedeće:

- Odgovorni rukovoditelj osigurava financijske i ljudske resurse kako bi CAMO mogao neometano provoditi propise PART-M odredbe, te snosi odgovornost za sustavno provođenje održavanja zrakoplova i osiguravanje zrakoplovnih certifikata kao što su Potvrda o plovidbenosti (*Certificate of Airworthiness, CoA*) i ARC. Rukovoditelj snosi odgovornost za kvalitetu i sigurnost, što dokazuje potpisom na Izjavi AM-a te Politici sigurnosti i kvalitete, što je zahtjev PART-a M za CAMO organizaciju.
- Rukovoditelj kontinuirane plovidbenosti je dužan osigurati izradu programa za održavanje MP (*Maintenance Programme*), dokumenta koji sadrži sve potrebne radove koji su nužni za održavanje plovidbenosti. On nadgleda rad cjelokupnog CAMO tima, vodi brigu o provođenju naredbi o plovidbenosti (*Airworthiness Directive, AD*) i servisnih bilotena i pisama (*Service Biltens, SB; Service Letters, SL*), organizira propisno pohranjivanje i čuvanje dokumenata održavanja, te osigurava kako su svi radovi izvedeni u ovlaštenoj PART-145 organizaciji.
- Rukovoditelj za provođenje sustava kvalitete osigurava izradu QMP-a (*Quality Monitoring Programme*), dokumenta koji pokriva sve aspekte CAMO organizacije na način da se poštuju regulative PART-M, poglavlje pododjeljak G
- U navedenom primjeru organizacije prikazanom na slici 17. tehnička služba se dijeli na tehničke inženjere te tehničke službenike (PART-M, pododjeljak AMC M.A.302 i

AMC M.B.301 (b)). Inženjeri izrađuju *Reliability Programme* kojim se prate svi zamijenjeni dijelovi te osiguravaju provođenje AD i SB nota koje određuju tehničke promjene u vidu produženja plovidbenosti zrakoplova. Posebna pažnja je usmjerena na praćenje parametara rada motora koji mogu upućivati na ozbiljne probleme pritom upozoravajući operatera zrakoplova o nužnosti zamjene pogonske jedinice. Tehnički službenici unose sve dokumente na servere te se brinu o njihovom sigurnom pohranjivanju.

- Služba kontinuirane plovidbenosti se sastoji od CAMO inženjera i MCC službenika (*Maintenance Control Center*). CAMO inženjeri planiraju kratkoročno i dugoročno održavanje zrakoplova te vode brigu o njihovom trenutnom stanju. Osiguravaju pravovremeno otklanjanje bilo kojih kvarova koji bi utjecali na plovidbenost te nadgledaju bazna i linijska održavanja. MCC službenici otklanjaju tekuće probleme, odnosno probleme koji se odnose na neplanirano održavanje. [32]

6.6. Služba održavanja Croatia Airlines

Služba održavanja Croatia Airlines (CTN/TS) je organizacija koja je osnovana s primarnom svrhom održavanja zrakoplova Croatia Airlines u skladu s odobrenim standardima i politikom poduzeća. U skladu s gore navedenim, CTN/TS se obvezuje da će imati dovoljno resursa, koji uglavnom sadrže: [32]

- Organizacija
- Ljudski resursi
- Oprema i postrojenje
- Kvaliteta i sigurnost

Služba održavanja Croatia Airlines se sastoji od sedam različitih odjela:

- Inženjerska i tehnička podrška
- Planiranje i kontrola proizvodnje
- Odjela materijala
- Bazno održavanje
- Linijsko održavanje
- Radionice
- Tehnički pregled

I dva neovisna dijela:

- Tehnologija kvalitete i sigurnosti
- Centar za tehničku obuku

Za izvršavanje svojih dužnosti CTN/TS koristi stručni softverski paket AMICOS

Djelatnosti inženjerskih usluga obuhvaćaju: [32]

- Razvoj programa održavanja
- Program pouzdanosti
- Praćenje kretanja motora

- Sheme strukturnih popravaka, uključujući i NTO-i odobrenja proizvođača
- Analiza i pripreme izmjene AD bilješki
- Razvoj programa održavanja komponenti
- Pribavljanje i obnova zrakoplovnih dokumenata
- Briga o svim dokumentima (podaci o održavanju), razdoblje čuvanja
- Kontrola distribucije svih priručnika i dokumenata
- Preplata na sve relevantne priručnike proizvođača
- Povezivanje s proizvođačem
- Podrška informacijsko komunikacijskim tehnologija
- Definiranje standarda flote i održavanje flote
- Razvoj tehničke opreme
- Planiranje, ugovaranje i upravljanje sporazumom o tehničkoj podršci
- Planiranje, ugovaranje i upravljanje CTN tehničkom prodajom usluga (bazno i linijsko održavanje)
- Tehnička procjena zrakoplova
- Jamstvena administracija
- Sigurnosna uprava
- Prikupljanje podataka relevantnih za pripremu godišnjih planova CTN/TS
- Praćenje troškova
- Veza s financijskim odjelom Croatie Airlines
- itd.

Aktivnosti planiranja proizvodnje obuhvaćaju:

- Predviđeno planiranje održavanja (dugoročno, srednjoročno, kratkoročno)
- Planiranje tijekom rada
- Izrada radnih uputa
- Izdavanje radnih dokumenata, kontrola radne dokumentacije
- Evidencije o održavanju
- Koordinacija planiranih i neplaniranih aktivnosti između tehničke službe i letaćkih službi
- Inženjerska podrška odjelima za održavanje u svakodnevnim operacijama
- Planiranje održavanja u operativnoj fazi (72h prije roka)

Materijalne aktivnosti obuhvaćaju:

- Tehnička kupovina
- Skladištenje, označavanje, primanje materijala
- Pregled plovidbenosti materijala
- Unutarnji transport i distribucija materijala
- Materijalno planiranje
- Uvozne/izvozne aktivnosti [32]

Bazno održavanje sadrži:

- *Light* i *Heavy* održavanje (unutar odobrenog obima posla)
- Ispravljanje grešaka (uključujući rješavanje problema, dokumentaciju, itd.)
- Sve neplanirane aktivnosti (u okviru odobrenog opsega posla) poput provjere nakon udara groma i slično
- Tehnički pregled zrakoplova (struktura, sastavni dijelovi, unutrašnjost) i NDT metode
- Izvođenje strukturnih i kompozitnih popravaka
- Unutarnji transport i distribucija materijala

Linijsko održavanje sadrži:

- Linijsko održavanje zrakoplova CTN i zrakoplove treće strane
- Ispravljanje grešaka (uključujući rješavanje problema, dokumentaciju, itd.)
- Podrška za održavanje zrakoplove CTN flote – 24 sata dnevno
- Skladištenje materijala plovidbenosti na linijskim stanicama
- Izdavanje CRS-a nakon linijskog održavanja

Aktivnosti radionice sadrži:

- Aktivnosti radionice u okviru odobrenog opsega posla
- Izdavanje EASA obrasca nakon aktivnosti na komponentama od strane radionice
- Razvoj programa održavanja alata
- Planiranje održavanja komponenata
- Tehnička podrška
- Ispitivanje alata
- Planiranje i kupnja tehničke podrške za alate
- Studija i planiranje komponenata, alata i opreme

Tehnički pregled sadrži:

- Aktivnosti provjere plovidbenosti
- Preuzimanje neophodnih aktivnosti od Odjela kvalitete van radnog vremena
- Izdavanje CRS-a nakon baznog održavanja [32]

6.7. Podatci o sustavu održavanja zrakoplova Dash 8-Q400 zrakoplovnog prijevoznika Croatia Airlines

U nastavku podpoglavlja dani su podatci zrakoplovnog prijevoznika Croatia Airlinesa o zrakoplovu tipa Dash 8-Q400 za vremenski period od rujna 2018. do rujna 2019.

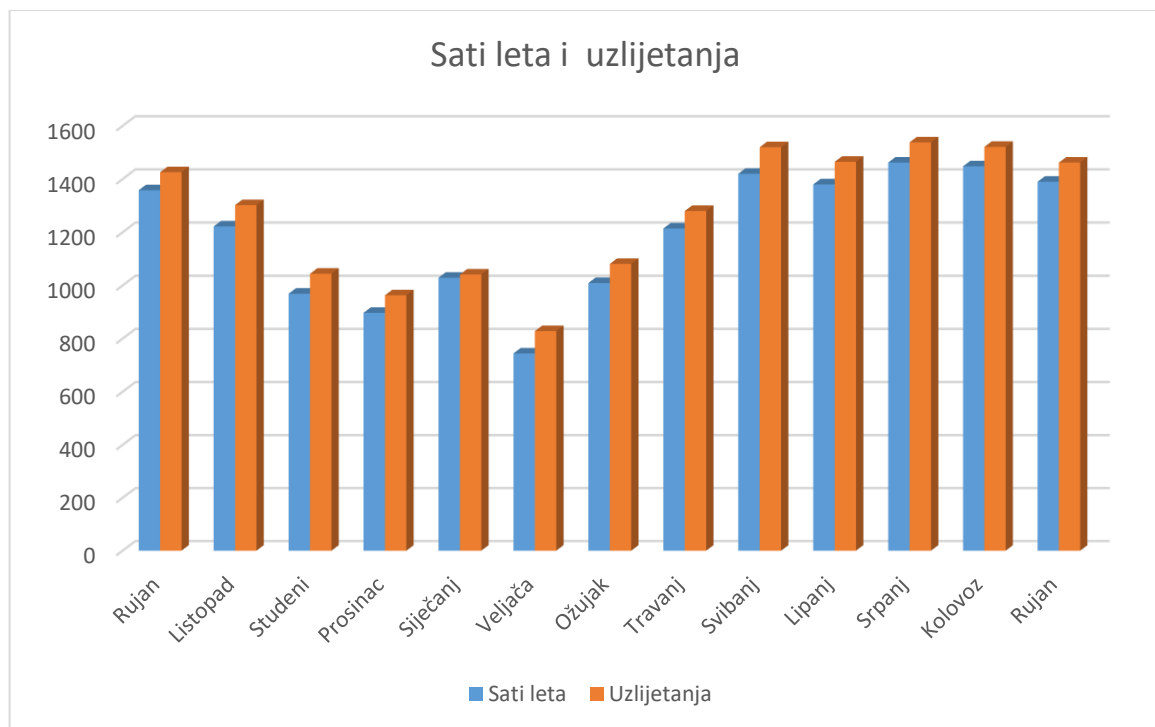
MONTH	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep
Flight Hours	1358	1222	969	897	1029	744	1009	1214	1420	1380	1462	1448	1390
Take-offs	1426	1302	1044	963	1041	828	1081	1280	1520	1465	1538	1521	1462
Number of a/c	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
CTN - Flight Hours/Take-offs	0,95	0,94	0,93	0,93	0,99	0,90	0,93	0,95	0,93	0,94	0,95	0,95	0,95
Total engine time	274656	277099	279037	280831	282888	284376	286394	288822	291661	294500	297424	300320	303101
World - Flight Hours/Take-offs*	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98

Slika 18. Operativna statistika

Izvor: [33]

Slika 18. prikazuje broj sati leta (*Flight Hours*), broj uzlijetanja (*Take-off*), broj zrakoplova tipa Dash 8-Q400 (*Number of a/c*) i vrijeme rada motora (*Total engine time*) Croatie Airlines, a također i omjer sati leta i uzlijetanja (*Flight Hours/Take-offs*) za Croatia Airlines i svjetske omjere.

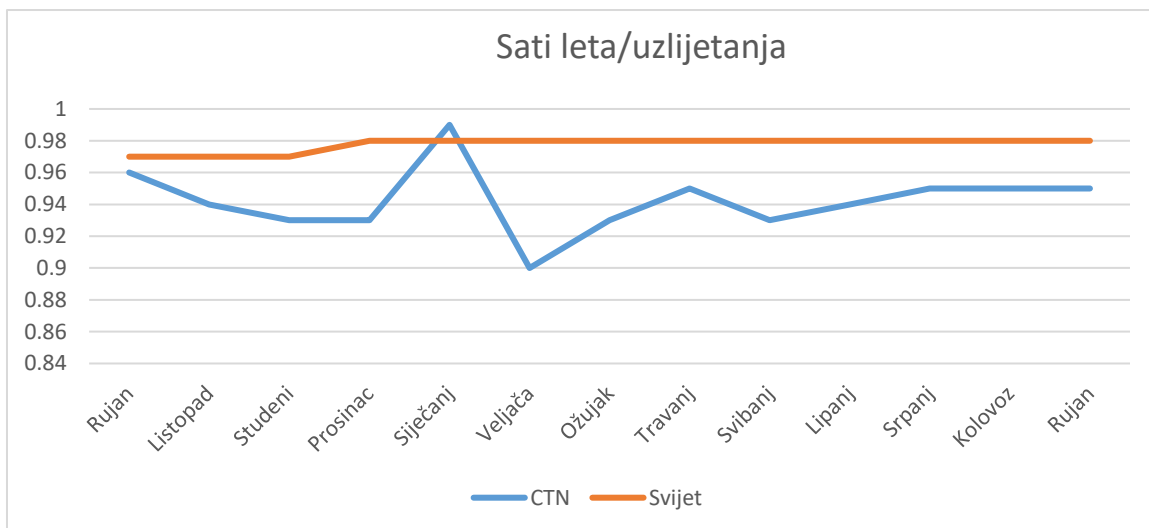
Iz tablice je uočljivo da pojedini zrakoplov tipa Dash8-Q400 Croatie Airlines u prosjeku ima 216 sati leta mjesečno (u sezonskim mjesecima je taj broj veći, dok je van sezone manji). Broj uzlijetanja u mjesečnom prosjeku je iznosio 228, najmanje ih je bilo u veljači, a odmah iza u prosincu. Tablica i prikazuje da Croatia Airlines u svojoj floti ima 6 zrakoplova tipa Dash-8 Q400. Vidljivo je da zrakoplovni prijevoznik Croatia Airlines ne zaostaje za svjetskim omjerima sati leta i uzlijetanja puno. Najbliži omjer Croatie Airlines svjetskim omjerima je u mjesecu rujnu 2018., a najdalji je u veljači 2019.. U mjesecu siječnju 2019. godine vidljivo je da je omjer sati leta i uzlijetanja Croatie Airlines u boljem odnosu nego što je to u svjetskim omjerima.



Grafikon 3. Broj sati leta i uzlijetanja

Izvor: [33]

Grafikon 3. prikazuje broj sati leta i uzlijetanja, vidljivih iz slike 18., dok grafikon 4. prikazuje omjer sati leta i uzlijetanja u Croatia Airlinesu i u svijetu za vremenski period od rujna 2018. do rujna 2019. također vidljivih iz slike 18.



Grafikon 4. Omjer sati leta i uzlijetanja

Izvor: [33]

MONTH	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep
No. of hours in month (huk)	4320	4464	4320	4464	4464	4032	4464	4320	4464	4320	4464	4464	4320
No. of hours at check (hs)	175	166	97	35	44	73	148	102	80	47	73	44	55
(huk) - (hs)	4145	4298	4223	4429	4420	3959	4316	4218	4384	4273	4391	4420	4265
Aircraft in service (i)	5,76	5,78	5,87	5,95	5,94	5,89	5,80	5,86	5,89	5,93	5,90	5,94	5,92

Slika 19. Raspoloživost zrakoplovne flote

Izvor: [33]

Na slici 19. prikazani su ukupno mogući sati naleta mjesecu (*No. of hours in month-huk*), broj sati na pregledu (*No. of hours at check-hs*), razlika ukupnih sati i sati na pregledu (*(huk)-(hs)*). Također, vidljiv je i broj zrakoplova u službi (*Aircraft in service-i*) zapravo prikazuje raspoloživost zrakoplovne flote, a koja se za zrakoplovnu flotu od 6 zrakoplova računa prema:

$$i = 6 \cdot \frac{h_{uk} - h_s}{h_{uk}} \quad (11)$$



Grafikon 5. Raspoloživost zrakoplovne flote

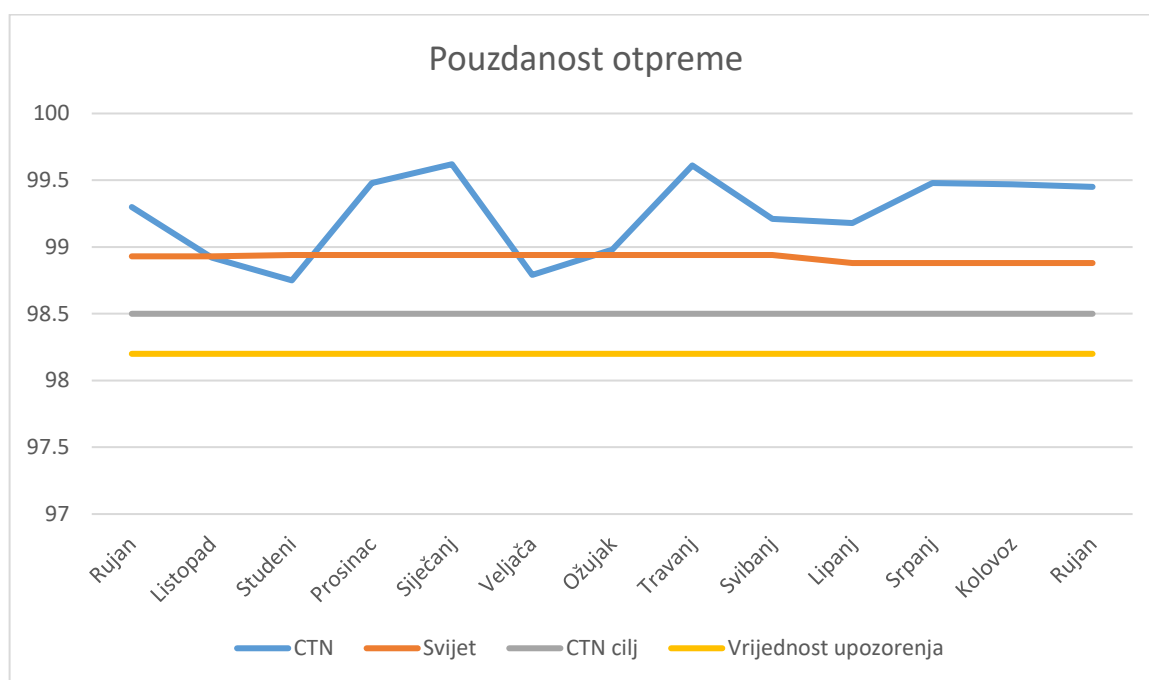
Izvor: [33]

MONTH		Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep
Delays > 15 minutes	No	10	13	11	5	2	10	10	5	11	9	7	7	8
	r	0,70	1,00	1,05	0,52	0,19	1,21	0,93	0,39	0,72	0,61	0,46	0,46	0,55
Cancellations	No	0	1	2	0	2	0	1	0	1	3	1	1	0
	r	0,00	0,08	0,19	0,00	0,19	0,00	0,09	0,00	0,07	0,20	0,07	0,07	0,00
Dispatch Reliability Rate		99,30	98,92	98,75	99,48	99,62	98,79	98,98	99,61	99,21	99,18	99,48	99,47	99,45
World Fleet Reliability		98,93	98,93	98,94	98,94	98,94	98,94	98,94	98,94	98,94	98,88	98,88	98,88	98,88
CTN Goal		98,50	98,50	98,50	98,50	98,50	98,50	98,50	98,50	98,50	98,50	98,50	98,50	98,50
ALERT Value		98,20	98,20	98,20	98,20	98,20	98,20	98,20	98,20	98,20	98,20	98,20	98,20	98,20

Slika 20. Pouzdanost otpreme

Izvor: [33]

Slika 20. predočava koliko je bilo kašnjenja većih od 15 minuta i otkazivanja u vremenskom periodu od rujna 2018. do rujna 2019. Vidljiv je također i postotak pouzdanosti otpreme u svijetu i postotak ostvarene pouzdanosti otpreme, ali i najniža dozvoljena pouzdanost otpreme postavljena od strane prijevoznika. Pouzdanost otpreme jako je važna za reputaciju firme, zbog činjenice da zrakoplovni prijevoznik s niskim stupnjem pouzdanosti otpreme ima veće šanse za otkazivanjem leta i veće šanse kašnjenja dužih od 15 minuta.



Grafikon 6. Pouzdanost otpreme

Izvor: [33]

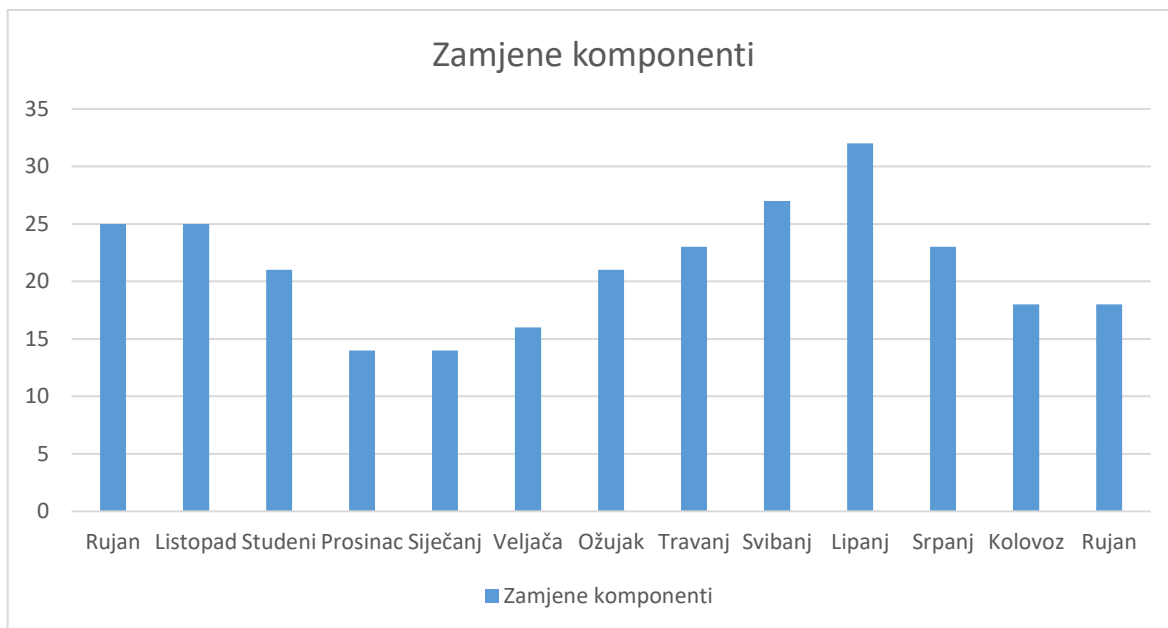
Grafikon 6. prikazuje grafički prikaz pouzdanosti otpreme koji su prikazani na slici 20.

SYSTEM	ATA	MONTH												
		Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep
Air-conditioning	21	2	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	3	0
Autopilot	22	2	0	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Communications	23	3	2	4	3	5	1	4	0	8	5	4	1	4
Electrical Power	24	1	3	0	2	1	0	1	6	0	3	0	0	0
Equipment/Furnishings	25	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Fire Protection	26	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Flight Controls	27	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
Fuel	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Hydraulic Power	29	0	0	2	0	0	2	1	0	0	5	0	0	0
Ice and Rain Protection	30	1	2	2	0	1	1	2	1	2	6	0	3	1
Instruments	31	1	1	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	2
Landing Gear	32	0	1	1	0	0	2	0	6	7	2	0	0	3
Lights	33	0	1	0	2	2	1	1	1	2	0	2	2	1
Navigation	34	3	5	3	0	2	1	3	1	1	2	3	2	3
Oxygen	35	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Pneumatics	36	2	3	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0
Water/Waste	38	0	0	1	0	0	2	1	3	0	0	0	0	0
EFB	39	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Airborne APU	49	0	1	0	0	0	0	1	0	3	1	3	1	2
Structures	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doors	52	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Fuselage	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nacelles/Pylons	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stabilizers	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Windows	56	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Wings	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Propellers	61	2	5	0	0	0	2	1	2	1	1	1	3	0
Power Plant	71	3	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
Engines	72	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Engine Fuel & Control	73	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Ignition	74	3	0	0	2	0	0	0	1	0	1	1	1	0
Air	75	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1
Engine Control	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Engine Indicating	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exhaust	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oil	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0
Starting	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Water Injection	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Slika 21. Broj neplaniranih zamjena komponenti kroz sustav

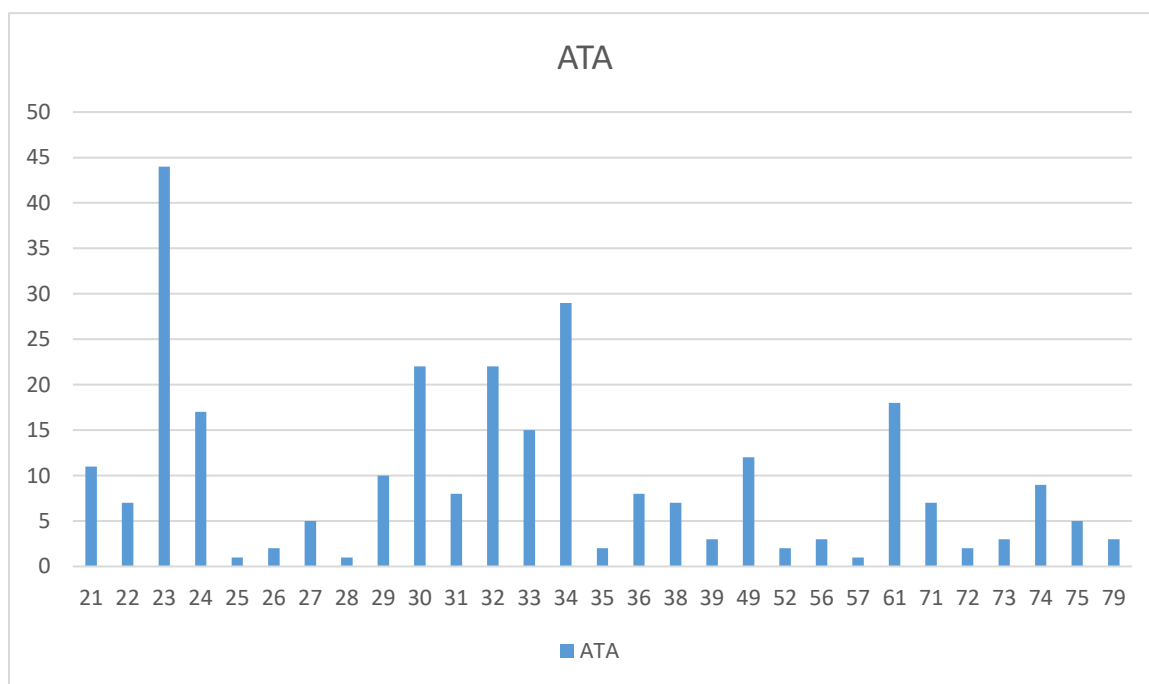
Izvor: [33]

Iz slike 21. se uočava da je najviše zamjena u vremenskom periodu od rujna 2018. do rujna 2019. bilo vezanih uz zamjenu komponenti za komunikaciju i to njih 44 (ATA 23). Najviše zamjena po mjesecima bio je svibanj 2019. kada je bilo osam zamjena komponenti za komunikaciju, a mjesec s najviše zamjenama ukupno je mjesec lipanj 2019. kada je bilo 32 zamjene ukupno. Nakon komponenti za komunikaciju, najviše zamjena bilo je za komponente navigacije, njih 29 (ATA 34). Također na nekim dijelovima nije bilo nikakvih zamjena kao što su: trup zrakoplova, stabilizator, strukturi zrakoplova, ispuh, itd.



Grafikon 7. Zamjene komponenti po mjesecima

Izvor: [33]



Grafikon 8. Zamjene komponenti po ATA klasifikaciji

Izvor: [33]

U grafikonu 8 prikazane su zamjene komponente po ATA kategorizaciji, u grafikonu se ne nalaze komponente koje nisu mijenjane: ATA 51, ATA 53, ATA 54, ATA 55, ATA 76, ATA 77, ATA 78, ATA 80, ATA 82.

MONTH	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep
Comp. unscheduled removals	25	25	21	14	14	16	21	25	27	32	23	18	18
No. of components	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Comp. Reliability Rate	0,015	0,017	0,018	0,013	0,011	0,018	0,017	0,017	0,016	0,019	0,013	0,010	0,011

Slika 22. Stopa pouzdanosti komponenti

Izvor: [33]

Iz slike 22. vidljiv je broj neplaniranih zamjena komponenti, broj komponenti i njihov omjer. Najčešći kvar na Dash-u je *liner*. *Liner* je mali kompozitni dio koji služi za brtvljenje ulja od propelera, nalazi se ispod svakog kraka elise. Pucanjem *linera* vidljivi su tragovi ulja na krakovima i motor ima povećane vibracije. Mijenja ga se na način da se krak izvadi iz *hub*-a na kojem su montirani krakovi.

7. ZAKLJUČAK

Svaki zračni prijevoznik želi imati što veću raspoloživost i pouzdanost zrakoplova, s minimalnim troškovima i što većim profitom bez narušavanja sigurnosti zrakoplova tijekom leta. Održavanje zrakoplova je od iznimne važnosti za zračnog prijevoznika. Kvalitetnim održavanjem osigurava i veću sigurnost samog zrakoplova i zračnog prometa.

Kako bi zadovoljili sve uvjete organizacije za održavanje zrakoplova, svaka ovlaštena organizacija za održavanje zrakoplova mora poštivati Europsku regulativu. EASA PART 145 su europski zrakoplovni propisi koji definiraju zahtjeve organizacije za održavanje zrakoplova. U skladu s Part M, koji se specifično odnosi na održavanje i eksploataciju zrakoplova, zračni prijevoznik ima obvezu izrade programa praćenja pouzdanosti zrakoplova u eksploataciji. Part M utvrđuje mjere koje je potrebno poduzeti kako bi se osigurala plovidbenost, uključujući i održavanje. Također, utvrđeni su uvjeti koje trebaju zadovoljiti osobe ili organizacije uključene u vođenje kontinuirane plovidbenosti.

Tvrtke koje se bave održavanjem zrakoplova, mogu ispuniti zahtjeve za popravak i održavanje nekoliko tipova zrakoplova. Linijsko i bazno održavanje predstavljaju glavnu podjelu. Tip održavanja koje je potrebno napraviti prije leta kako bi se osigurala sposobnost zrakoplova za let je linijsko održavanje. Ono se provodi na otvorenom tijekom dana, a vrlo često i noći, dok u nekim ekstremnim situacijama (vremenski uvjeti) preporuča se da se radovi izvode u hangaru. Bazno održavanje obuhvaća aktivnosti opsežnih pregleda strukture i komponenti, a radovi se odvijaju u hangaru. Obuhvaća aktivnosti planiranog održavanja - A, B, C, D i L preglede te neplaniranog održavanja.

Redovnim ili preventivnim održavanjem zrakoplova smanjuje se mogućnost velikih kvarova zrakoplova, te smanjuje rizik od kvarova. Kod korektivnog održavanja komponenti/sredstvu se vraća zahtijevana radna sposobnost nakon otkaza.

Zbog nepredviđenih kvarova mora se vršiti neplanirano ili izvanredno održavanje zrakoplova koje može ovisno o vremenu potrebnom za popravak zrakoplova prouzročiti velika kašnjenja koja mogu dovesti i do otkazivanja leta, a i velike troškove i gubitke.

Služba održavanja Croatia Airlines (CTN/TS) je organizacija koja je osnovana s primarnom svrhom održavanja zrakoplova Croatia Airlines u skladu s odobrenim standardnima i politikom poduzeća.

Održavanje zrakoplova može biti vršeno od strane neke firme koja se samo bavi održavanjem zrakoplova, a također može biti vršeno i od strane zrakoplovnog prijevoznika. Domaći zrakoplovni prijevoznik Croatia Airlines d.d. jedna je od zrakoplovnih kompanija koja sama vrši održavanje svojih zrakoplova, ali također i održava zrakoplove za treću stranu. Na taj način Croatia Airlines ne nudi samo usluge prijevoza putnika već i održavanja zrakoplova i na taj način povećava svoje prihode. Croatia Airlines posjeduje odobrenja za održavanje zrakoplova u skladu s Part 145 i Part M, te za školovanje zrakoplovno tehničkoga osoblja prema Part 147.

Analizom izvješća iz Programa pouzdanosti za vremenski period od rujna 2018. do rujna 2019. utvrđeno je da, Croatia Airlines svoje zrakoplove Dash 8-Q400 koristi na kraćim

relacijama koje u prosjeku traju 1 h, odnosno to je ujedno i odnos broja sati leta i ciklusa. Sa aspekta održavanja povoljnije je kada je odnos sati leta i broj ciklusa veći jer se jedan dio komponenti održava/zamjenjuje na temelju broja ciklusa.

Zrakoplov tipa Dash 8-Q400 zrakoplovnog prijevoznika Croatie Airlines je za vremenski period od rujna 2018. do rujna 2019. u velikom postotku raspoloživosti. Najveća raspoloživost je bila u mjesecu prosincu 2018. godine s postotkom od 99.21%, slijede ga mjeseci siječanj i kolovoz oba iz 2019. godine sa postotkom od 99,01%. Najmanja raspoloživost bila je u mjesecu rujnu 2018. godine s postotkom od 95,95%.

Otkazivanja letova zbog kvara zrakoplova u vremenskom periodu od rujna 2018. do rujna 2019. bilo je 12. U prosjeku to je jedno otkazivanje mjesečno, ali u određenim mjesecima nije bilo niti jednog otkazivanja zbog kvara zrakoplova.

Omjer sati leta i uzlijetanja Croatie Airlines puno ne odstupa u odnosu na svjetske omjere. Također ne odstupaju puno od svjetskih omjera i u drugim područjima, primjerice stopa pouzdanost opreme. Ukupan broj neplaniranih zamjena komponenti kroz sustave u vremenskom periodu od rujna 2018. do rujna 2019. iznosi 279 zamjena. Najviše od tih zamjena bile su zamjene komponenti komunikacije, navigacije, zaštite od kiše i leda, opreme za slijetanje, propelera, itd. Mjesec u kojem smo imali najveći broj neplaniranih zamjena bio je lipanj s 32 zamjene, a slijedi ga svibanj s 27.

LITERATURA

- [1] - Shannon, Ackert, P.: Basics of Aircraft Maintenance Programs for Financiers, 2010.
- [2] – Lončarević, E.: Mapiranje oštećenja konstrukcije putničkog zrakoplova A319, Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2019.
- [3] - Bazijanac, E.: Tehnička eksploatacija i održavanje zrakoplova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2007
- [4] – Grdić, I.: CMMS sustavi u održavanju zrakoplova, Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, 2016., Zagreb
- [5] – Krpes, I.: Primjena regulatornih zahtjeva za proširenje opsega radova organizacije za održavanje zrakoplova, Diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2017., Zagreb
- [6] – Virovac, J.: Procjena troškova izvanrednog održavanja zrakoplova, Diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2019., Zagreb
- [7] - https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/24_03_2011__14661_Odrzavanje_u_zrakoplovstvu_JAR_Regulative.pdf (pristupljeno kolovoz 2020.)
- [8] - Virovac, D.: Model poboljšanja pouzdanosti otpreme zrakoplova upravljanjem greškama u održavanju, Doktorski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2018.
- [9] - Tatalović, M., Mišetić, I., Bajić, J.: Planiranje zračnog prijevoza, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.
- [10] - Domitrović, A.: Eksploatacija i održavanje zrakoplova, Autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2017.
- [11] - <https://www.weibull.com/hotwire/issue113/hottopics113.htm>, (Pristupljeno srpanj 2020.)
- [12] – Godišnje izvješće Croatie Airlines za 2017.
- [13] - Godišnje izvješće Croatie Airlines za 2018.
- [14] – Godišnje izvješće Croatie Airlines za 2019.
- [15] - Vidović, A.: Nekonvencionalno zrakoplovstvo, Autorizirana predavanja; Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2019.
- [16] - http://www.fusetra.eu/documents/FUSETRA_D51_Requirements.pdf (pristupljeno kolovoz, 2020.)
- [17] – Majić, Sara.: Procjena troškova održavanja zrakoplova kao udjela troškova eksploatacije, Diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2017.

- [18] - Tatalović, M., Mišetić, I., Bajić, J.: Menadžment zrakoplovne kompanije, Mate d.o.o., Zagreb, 2012.
- [19] – Rubinić, P.: Preventivno održavanje zrakoplova Dash 8 – Q400 na primjeru komponente, Diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2018.
- [20] – Užarević, I.: Procedure u provođenju istrage zrakoplovnih nesreća uzrokovanih ljudskim čimbenikom, Diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2019.
- [21] – Polanščak, F.: Program pouzdanosti zrakoplova u eksploataciji na primjeru zrakoplova Airbus A320, Diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2017.
- [22] - <https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:315:0001:0165:EN:PDF> (pristupljeno kolovoz 2020.)
- [23] - <https://www.easa.europa.eu/document-library/general-publications/easy-access-rules-continuing-airworthiness-regulation-eu-no-0> (pristupljeno kolovoz 2020.)
- [24] - <http://www.maintworld.com/R-D/Aircraft-Reliability-Programme> (pristupljeno kolovoz 2020.)
- [25] - <https://www.croatiaairlines.com/hr/O-nama/Korporativne-informacije/flota/Dash-8-Q400/> (pristupljeno: srpanj 2020.)
- [26] – Dash 8 Series 400, Airport Planning Manual, PSM 1 – 84 - 13
- [27] - <https://www.pwc.ca/en/products-and-services/products/regional-aviation-engines/pw100-150>, (Pristupljeno: kolovoz 2020.)
- [28] - <https://winair.ca/blog/complete-guide-bombardier-dash-8-aircraft/> (pristupljeno kolovoz 2020.)
- [29] - <http://www.ccaa.hr/organizacije-za-odrzavanje-prema-part-145-06044> (pristupljeno kolovoz 2020.)
- [30] - <https://www.skybrary.aero/index.php/JAA> (pristupljeno kolovoz 2020.)
- [31] - <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?qid=1598613625757&uri=CELEX:32019R1383> (pristupljeno kolovoz 2020.)
- [32] - Interni dokument organizacije za održavanje kontinuirane plovidbenosti zrakoplova, CAME, TMCAD, 2019.
- [33] – Program pouzdanosti Croatie Airlines, tehnička služba, Dash-8 Q400, Rujan 2019., Goran Bjelica

POPIS SLIKA

Slika 1. Primjer označavanja IR, AMC i GM.....	5
Slika 2. Proces održavanja zrakoplova	8
Slika 3. Elementi koje zračni prijevoznik koristi za izradu programa održavanja zrakoplova .	9
Slika 4. Karakteristike MRBR-a.....	12
Slika 5. Primjer planirane zamjene i stvarne situacije	17
Slika 6. Trošak održavanja po jedinici vremena.....	18
Slika 7. Struktura operativnih troškova 2017.	18
Slika 8. Struktura operativnih troškova 2018.	19
Slika 9. Struktura operativnih troškova 2019.	19
Slika 10. Elementi troškova ciklusa u životnom vijeku zrakoplova.....	20
Slika 11. Ledeni brijeg.....	21
Slika 12. BITE koncept.....	34
Slika 13. Crna kutija	34
Slika 14. Dash 8-Q400.....	41
Slika 15. Dimenzije Dash 8-Q400	42
Slika 16. Dozvola za održavanje plovidbenosti zrakoplova	44
Slika 17. Primjer organizacijske sheme organizacije za održavanje plovidbenosti	45
Slika 18. Operativna statistika	48
Slika 19. Raspoloživost zrakoplovne flote	50
Slika 20. Pouzdanost otpreme.....	51
Slika 21. Broj neplaniranih zamjena komponenti kroz sustav.....	52
Slika 22. Stopa pouzdanosti komponenti.....	54

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prednosti i nedostaci blok načina pripremanja paketa radova	8
Tablica 2. Prednosti i nedostaci faznog načina pripremanja paketa radova.....	8
Tablica 3. Prednosti i nedostaci općeg programa.....	15
Tablica 4. Prednosti i nedostaci prilagođenog programa	15
Tablica 5. Organizacija A/C pregleda zrakoplova u pojedinim zrakoplovnim kompanijama	37
Tablica 6. Dimenzije Dash 8-Q400.....	42
Tablica 7. Performanse zrakoplova Dash 8-Q400.....	43

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Uzroci nastanka pogrešaka	28
Grafikon 2. Broj zrakoplovnih nesreća u godini zbog pogrešaka u održavanju zrakoplova ..	29
Grafikon 3. Broj sati leta i uzlijetanja	49
Grafikon 4. Omjer sati leta i uzlijetanja	50
Grafikon 5. Raspoloživost zrakoplovne flote	50
Grafikon 6. Pouzdanost otpreme.....	51
Grafikon 7. Zamjene komponenti po mjesecima	53
Grafikon 8. Zamjene komponenti po ATA klasifikaciji	53

POPIS KRATICA

ACQ	(Acquisition Cost) Trošak proizvodnje
AD	(Airworthiness Directive) Direktive o plovidbenosti
ALI	(Airworthiness Limitations Items) Stavke limitacije plovidbenosti
AMC	(Acceptable Means of Compliance) Prihvatljiv način udovoljavanja
AMM	(Aircraft Maintenance Manual) Priručnici za održavanje zrakoplova
AMO	(Approved Maintenance Organization) Odobrena organizacija za održavanje zrakoplova
ASP	(Additional Special Requirements) Dodatni posebni zahtjevi koji se odnose na posebne zahtjeve proizvođača opreme koja se proizvodi za pojedini zrakoplov
ATA	(Air Transport Association) Udruženje zračnih prijevoznika
BITE	(Built In Test Equipment)
CAME	(Continuing Airworthiness Management Exposition) Priručnik vođenja kontinuirane plovidbenosti
CAMO	(Continuing Airworthiness Management Organisation) Organizacija koja provodi kontinuiranu plovidbenost
CFDS	(Centralized Fault Display System) Sustav za dijagnosticiranje i pohranjivanje grešaka ili kvarova pojedinog sustava
CMR	(Certification Maintenance Requirements) Specijalni zahtjevi za certifikaciju
CRS	(Certificate of Release to Service) Potvrda o vraćanju zrakoplova u uporabu
CTN/TS	(Croatia Airlines, Technical Services) Služba održavanja Croatia Airlines
DDG	(Dispatch deviation guide) Vodič za odstupanje opreme
DFDRS	(Digital Flight Data Recording System) "crna kutija"
DISP	(Disposal Cost) Troškovi otpisa
DOC	(Direct Operating Cost) Direktni operativni troškovi
DOM	(Dry Operating Mass) Suha operativna masa
EASA	(European Union Aviation Safety Agency) Europska agencija za zrakoplovnu sigurnost
ECAM	(Electronic Centralized Aircraft Monitoring) Sustav za kontroliranje parametara, informiranje i upozoravanje posade
ETOPS	(Extended Range Operations with two-engined aeroplanes) Standardi operativnih performansi zrakoplova s dva motora za produženu udaljenost leta

FIM	(Fault Isolation Manual) Priručnik za izolaciju kvarova
FRM	(Fault Reporting Manual) Priručnik za prijavu kvarova
GM	(Guidance Material) Smjernice za ispunjavanje zahtjeva
IPC	(Illustrated Parts Catalog) Ilustrirani katalog dijelova
IOC	(Indirect Operating Cost) Indirektni operativni troškovi
IATA	(International Air Transport Association) Međunarodna udruga za zračni prijevoz
IR	(Implementing Rules) Implementacijska pravila
ISC	(Industry Steering Committee) Bavi se organiziranjem razvojnih aktivnosti za planirano održavanje
JAA TGL	(Joint Aviation Authority Temporary Guidance Leaflet)
LCC	(Life Cycle Cost) Troškovi životnog vijeka
MLM	(Maximum Landing Mass) Maksimalna masa pri slijetanju
MOE	(Maintenance Organisation Exposition) Priručnik organizacije za održavanje
MP	(Maintenance Program) Program održavanja zrakoplova
MPD	(Maintenance Planing Document) Priručnik za planiranje održavanja
MRO	(Maintenance, Repair and Overhaul) Aktivnosti održavanja, popravaka i generalnog remonta
MRBR	(Mainttenance Review Board Report) Izvještaj odbora za ocjenu održavanja
MTOM	(Maximum Take off Mass) Maksimalna masa pri polijetanju
MWG	(Maintenance Working Group) Grupa specijalista održavanja
NDT	(Non – Destructive Testing) Provjera bez razaranja
OAMP	(Operators Approved Maintenance Program) Program održavanja zračnog prijevoznika
OEM	(Original Equipment Manufacturer)
OPS	(Operations Cost) Troškovi eksploatacije i održavanja
OR	(Operators Requirements) Zahtjevi koje propisuje zračni prijevoznik
RDTE	(Resarch, Development, Test, Evaluation) Istraživanje, razvoj i ispitivanje
SB	(Service Bulletins) Servisni listići kojima se propisuje način i uvjeti primjene novine na zrakoplovu
SHM	(Structural Health Monitoring) Praćenje stanja strukture

SL & AOT	(Servis Letters i ALL Operators Telex) Servisna pisma
SRM	(Structural repair manual) Priručnik za popravak strukture
SSM	(System Schematic Manual) Priručnik shematskog sustava
TBO	(Time Between Overhaul)
VR	(Vendors Requirements) Zahtjevi proizvođača opreme i dijelova koji se primjenjuju za pojedinog zračnog prijevoznika
WDW	(Wiring Diagram Manual) Priručnik električnih i elektronskih shema



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih
znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski 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 _____ diplomskog rada

pod naslovom **SUSTAV ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA ZRAČNOG**

PRIJEVOZNIKA

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

Student/ica:

U Zagrebu, _____ 17.9.2020. _____