

Istraga zrakoplovnih nesreća uzrokovanih greškama u održavanju zrakoplova

Besten, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:831509>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-16**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**ISTRAGA ZRAKOPLOVNIH NESREĆA UZROKOVANIH
GREŠKAMA U ODRŽAVANJU ZRAKOPLOVA
INVESTIGATION OF AIRCRAFT ACCIDENTS CAUSED BY
AIRCRAFT MAINTENANCE ERRORS**

Mentor: prof. dr. sc. Andrija Vidović

Student: Ana Besten

JMBAG: 0135253463

Zagreb, srpanj 2023.

Zagreb, 7. studenoga 2022.

Zavod: **Zavod za zračni promet**
Predmet: **Istraživanja zrakoplovnih nesreća**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 7023

Pristupnik: **Ana Besten (0135253463)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Istraga zrakoplovnih nesreća uzrokovanih greškama u održavanju zrakoplova**

Opis zadatka:

U uvodnom dijelu potrebno je definirati predmet istraživanja, svrhu i cilj istraživanja, dati pregled dosadašnjih istraživanja razmatrane tematike, predočiti strukturu rada prema poglavljima te definirati očekivane rezultate istraživanja. Potrebno je dati prikaz temeljne regulative i priručnike koji se koriste pri istraživanju zrakoplovnih nesreća i nezgoda te navesti najvažnije procedure i postupke u procesu istrage. Poseban naglasak staviti na regulativu i postupke vezane uz održavanje zrakoplova. Potrebno je napraviti statističku analizu uzročnika zrakoplovnih nesreća, a naglasak staviti na nesreće kojima je glavni uzročnik bila greška u održavanju zrakoplova. Dati prikaz nekoliko nesreća koje su bile uzorkovane greškom u održavanju zrakoplova te prikazati sigurnosne mjere koje su iz tih nesreća proizašle. Izvesti konkretne zaključke o istraživanoj tematici i interpretirati rezultate istraživanja.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

prof. dr. sc. Andrija Vidović

SAŽETAK

Istraga zrakoplovnih nesreća ili ozbiljnih nezgoda, postupak je koji se provodi kako bi se utvrdili uzroci i okolnosti koji su prouzrokovali nesreće, te kako bi se spriječilo ponavljanje istih. Istraživanjem zrakoplovnih nesreća želi se utvrditi temeljni uzrok nesreće, koji može biti posljedica tehničkog kvara, ljudske pogreške, loših vremenskih uvjeta i slično. Kako bi zrakoplov bio ispravan i siguran za provođenje operacija letenja, ključno je da bude pravilno održavan. Greške koje se javljaju prilikom održavanja zrakoplova, mogu rezultirati smanjenjem sigurnosti zrakoplova i zrakoplovnih performansi, kvarom određenih komponenti ili sustava i ostalim neispravnostima na zrakoplovu. Iznimno je važno pridržavati se propisanih propisa i postupaka vezanih uz održavanje. Također, važno je redovito obučavati osoblje za održavanje i vršiti kontrolu kvalitete tijekom održavanja. U ovom radu analizirane su dvije zrakoplovne nesreće koje su se dogodile zbog grešaka u održavanju zrakoplova.

KLJUČNE RIJEČI: istraga; održavanje zrakoplova; zrakoplovna nesreća

SUMMARY

Investigation of aviation accidents or serious accidents is a procedure that is carried out to determine the causes and circumstances that caused the accidents, and to prevent their recurrence. Investigation of aviation accidents aims to determine the root cause of the accident, which may be the result of technical failure, human error, bad weather conditions etc. For the aircraft to be serviceable and safe for conducting flight operations, it is essential that it is properly maintained. Errors that occur during aircraft maintenance can result in a decrease in aircraft safety and aircraft performance, failure of certain components or systems, and other malfunctions on the aircraft. It is extremely important to comply with prescribed regulations and procedures related to maintenance. Also, it is important to regularly train maintenance personnel and perform quality control during maintenance. In this thesis, two aviation accidents that occurred due to errors in aircraft maintenance were analysed.

KEYWORDS: investigation; aircraft maintenance; aircraft accident

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. Uvod | 1 |
| 2. Pregled regulative o istraživanju zrakoplovnih nesreća | 3 |
| 2.1. ICAO Dodatak 13 Konvenciji o međunarodnom civilnom zrakoplovstvu – Istraživanje nesreća i nezgoda zrakoplova..... | 3 |
| 2.2. Uredba br. 996/2010 Europskog parlamenta i Vijeća..... | 8 |
| 2.3. Priručnik za istraživanje zrakoplovnih nesreća i nezgoda | 9 |
| 2.3.1. Prvi dio – Organiziranje i planiranje | 9 |
| 2.3.2. Drugi dio – Procedure i kontrolne liste | 10 |
| 2.3.3. Treći dio – Istraga | 12 |
| 2.3.4. Četvrti dio – Završno izvješće | 12 |
| 3. Pregled zrakoplovnih propisa vezanih uz održavanje zrakoplova..... | 14 |
| 3.1. Propisi Europske agencije za sigurnost zračnog prometa..... | 14 |
| 3.1.1. Prilog I (Dio-M): Kontinuirana plovidbenost zrakoplova..... | 15 |
| 3.1.2. Prilog II (Dio-145): Održavanje zrakoplova..... | 16 |
| 3.1.3. Prilog III (Dio-66): Licenciranje tehničkog osoblja..... | 17 |
| 3.1.4. Prilog IV (Dio-147): Ustanove za školovanje tehničkog osoblja | 18 |
| 3.2. Program održavanja zrakoplova | 19 |
| 4. Statistika zrakoplovnih nesreća..... | 22 |
| 5. Faze istrage zrakoplovnih nesreća | 28 |
| 5.1. Prikupljanje podataka..... | 28 |
| 5.1.1. Podaci o nesreći/nezgodi | 28 |
| 5.1.2. Meteorološki podaci | 29 |
| 5.1.3. Tehnički podaci..... | 30 |
| 5.1.4. Ljudski faktor..... | 31 |
| 5.2. Analiza podataka | 32 |
| 5.3. Izlaganje dokaza i Završno izvješće | 32 |
| 6. Pregled zrakoplovnih nesreća uzrokovanih greškom u održavanju zrakoplova..... | 35 |
| 6.1. Studija slučaja 1: United Airlines Flight 232 | 35 |
| 6.1.1. Iskustvo pilota..... | 36 |
| 6.1.2. Meteorološki uvjeti..... | 37 |
| 6.1.3. Nesreća – slijed događaja | 37 |
| 6.1.4. Istraga | 42 |
| 6.1.5. Sigurnosne mjere..... | 46 |

| | |
|--|----|
| 6.2. Studija slučaja 2: Buffalo Airways Flight 168 | 47 |
| 6.2.1. Meteorološki uvjeti..... | 48 |
| 6.2.2. Letačko i kabinsko osoblje | 48 |
| 6.2.3. Karakteristike zrakoplova | 48 |
| 6.2.4. Uravnoteženje i opterećenje zrakoplova..... | 48 |
| 6.2.5. Pogonski sustav | 49 |
| 6.2.6. Nezgoda - slijed događaja..... | 50 |
| 6.2.7. Nalazi o uzroku nezgode i sigurnosne mjere | 52 |
| 7. Zaključak | 54 |
| Literatura | 56 |
| Popis kratica | 59 |
| Popis slika..... | 61 |
| Popis tablica..... | 62 |

1. Uvod

Prijevoz zračnim putem smatra se najsigurnijim i najbržim načinom prijevoza ljudi, robe i pošte, međutim koliko god da je takav način prijevoza siguran, uvijek postoji šansa da dođe do zrakoplovne nesreće. Stoga, ukoliko dođe do zrakoplovne nesreće provodi se istraga tako da se otkrivaju nedostaci i mogući propusti koji su doveli do nesreće, te se na temelju prikupljenih podataka izrađuju sigurnosne preporuke temeljem kojih bi se u budućnosti spriječilo ponavljanje takvih nesreća. Problematika istraživanja zrakoplovnih nesreća regulirana je nizom zrakoplovnih propisa i regulativa, a jedan od temeljnih dokumenata je Dodatak 13 Međunarodne organizacije civilnog zrakoplovstva u kojem su predstavljene norme i preporučene prakse vezane za istrage zrakoplovnih nesreća. Kako bi se smanjio broj zrakoplovnih nesreća, iznimno je važno da zrakoplov bude na pravilan način održavan tijekom njegovog eksploatacijskog vijeka. Osnovne propise vezane za održavanje zrakoplova objavljuje Europska agencija za sigurnost zračnog prometa u Uredbi Komisije, koja se sastoji od osam priloga od kojih su prva četiri najvažnija za ovaj diplomski rad. Ova dokumentacija pruža smjernice i zahtjeve za organizacije i osoblje koje se bavi održavanjem zrakoplova, uključujući planiranje održavanja, inspekcije, popravke, testiranja i certifikaciju. Organizacije i osoblje koje se bave održavanjem obvezni su pridržavati se propisa i smjernica koje provodi Europska agencija za sigurnost zračnog prometa, time osiguravajući da zrakoplovi budu sigurni i pouzdani te da ispunjavaju sve tehničke i sigurnosne standarde.

Statistike zrakoplovnih nesreća pružaju važan uvid u sigurnost zrakoplovstva i omogućuju identifikaciju uzroka nesreće što kasnije može pomoći u poboljšanju sigurnosnih standarda. Današnje statistike ukazuju na to da je najveći postotak zrakoplovnih nesreća uzrokovan ljudskom greškom, a relativno mali postotak je uzrokovan određenim mehaničkim kvarom zrakoplova. U ovom diplomskom radu analiziraju se dvije studije slučaja koje se odnose na zrakoplovne nesreće koje su nastale zbog greške u održavanju zrakoplova. U prvoj studiji slučaja analizirana je nesreća zračnog prijevoznika United Airlines-a leta 232, čiji je uzrok bio kvar repnog motora zrakoplova DC-10. Prema Nacionalnom odboru za sigurnost prometa, uzrok ove nesreće bila je loša inspekcija i kontrola kvalitete u procesu održavanja motora zrakoplova, a tome je prethodila greška u otkrivanju pukotine u području diska ventilatora motora. Druga studija slučaja odnosi se na zrakoplovnu nesreću zračnog prijevoznika Buffalo Airways-a u kojoj je došlo do preopterećenja zrakoplova, što je izazvalo kvar i eksploziju motora, a tome je prethodila nekvalitetna operativna praksa zračnog prijevoznika.

Svrha istraživanja je prikazati temeljnu dokumentaciju vezanu za istraživanje zrakoplovnih nesreća, propise vezane za održavanje zrakoplova te procedure i postupke pri provođenju istraga zrakoplovnih nesreća.

Cilj istraživanja je analiziranjem zrakoplovnih nesreća, koje su bile direktna posljedica propusta u održavanju zrakoplova, ukazati na sigurnosne preporuke i mjere koje su iz njih proizašle, a sve u cilju sprječavanja ponavljanja istih zrakoplovnih nesreća u budućnosti.

Naslov diplomskog rada je: Istraga zrakoplovnih nesreća uzrokovanih greškama u održavanju zrakoplova. Diplomski rad je sastavljen od sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Pregled regulative o istraživanju zrakoplovnih nesreća
3. Pregled zrakoplovnih propisa vezanih uz održavanje zrakoplova
4. Statistika zrakoplovnih nesreća
5. Faze istrage zrakoplovnih nesreća
6. Pregled zrakoplovnih nesreća uzrokovanih greškom u održavanju zrakoplova
7. Zaključak

U uvodu je prikazana struktura rada i definirani su svrha i cilj istraživanja.

U drugom poglavlju navedena je regulativa vezana uz istragu zrakoplovnih nesreća. U ICAO Dodatku 13 navedene su norme i preporučene procedure vezane za istrage zrakoplovnih nesreća i nezgoda. Uredba br. 996/2010 Europskog parlamenta i Vijeća odnosi se na poboljšanje sigurnosti u zračnom prometu, a Priručnik za istraživanje zrakoplovnih nesreća i nezgoda odnosi se na poticanje jedinstvene primjene Standarda i Preporučenih praksi sadržanih u Dodatku 13.

U trećem poglavlju prikazani su propisi vezani uz održavanje zrakoplova. Navedeni su propisi Europske agencije za sigurnost zračnog prometa, te Program održavanja zrakoplova u kojem su definirani postupci koji su vezani za održavanje zrakoplova, a koji se obavljaju u tijeku eksploatacije zrakoplova na samom zrakoplovu.

U četvrtom poglavlju prikazana je statistika zrakoplovnih nesreća. Navedeno je sedam glavnim kategorija zrakoplovnih nesreća, zatim statistika zrakoplovnih nesreća zrakoplovnih kompanija Boeing i Airbus, te statistika koja je vezana uz postotak određenih grešaka u održavanju velikih zrakoplova.

U petom poglavlju nabrojane su i opisane faze istrage zrakoplovnih nesreća. Istraga zrakoplovnih nesreća započinje prikupljanjem podataka, zatim se ti podaci analiziraju i na kraju se izlažu dokazi.

U šestom poglavlju je prikazana analiza dviju zrakoplovnih nesreća koje su nastale greškom u održavanju zrakoplova, te su navedene sigurnosne mjere koje su se izvršile nakon tih dviju nesreća.

U posljednjem poglavlju, doneseni su konkretni zaključci o tematici istraživanja u diplomskom radu.

2. Pregled regulative o istraživanju zrakoplovnih nesreća

Problematika istraživanja zrakoplovnih nesreća regulirana je nizom zrakoplovnih propisa i pravilnika. Jedan od temeljnih dokumenata vezanih uz procedure istrage zrakoplovnih nesreća je Dodatak 13 Međunarodne organizacije civilnog zrakoplovstva (engl. *International Civil Aviation Organization* – ICAO) u kojem su predstavljene norme i preporučene prakse vezane za istrage zrakoplovnih nesreća. Za istrage i sprječavanje zrakoplovnih nesreća i nezgoda u civilnom zrakoplovstvu važna je Uredba br. 996/2010 Europskog parlamenta i Vijeća, te Priručnik za istraživanje zrakoplovnih nesreća i nezgoda čija je svrha poticanje jedinstvene primjene Standarda i Preporučene prakse sadržane u Dodatku 13. Također, kako bi države mogle provoditi istragu na propisan način potrebne su određene smjernice koje su opisane u Priručniku za istraživanje zrakoplovnih nesreća i nezgoda.

2.1. ICAO Dodatak 13 Konvenciji o međunarodnom civilnom zrakoplovstvu – Istraživanje nesreća i nezgoda zrakoplova

Za početak važno je poznavati razliku između zrakoplovne nesreće i nezgode. Prema definiciji ICAO-a, zrakoplovna nesreća je događaj koji je vezan uz letenje zrakoplova, a odvija se od trenutka kada se bilo koja osoba, s namjerom leta, ukrca u zrakoplov do trenutka kada se ista takva osoba iskrcava iz zrakoplova, a u kojem je [1]:

- a) osoba smrtno ili teško ozlijeđena,
- b) zrakoplov pretrpio oštećenje ili strukturni kvar,
- c) zrakoplov nestao ili je u potpunosti nedostupan.

U zrakoplovnoj nesreći osoba može smrtno stradati ili biti teško ozlijeđena kao posljedica [1]:

- boravka u zrakoplovu,
- izravnog doticaja s bilo kojim dijelom zrakoplova, uključujući i dijelove koji su se odvojili od zrakoplova,
- izravne izloženosti mlaznom udaru, osim u slučaju kada su ozljede prirodno uzrokovane, samonanesene ili su ih nanijele druge osobe ili u slučaju da se ozlijede slijepi putnici koji se skrivaju izvan područja raspoloživog putnicima i posadi.

U zrakoplovnoj nesreći zrakoplov može pretrpiti oštećenje ili strukturni kvar koji može [1]:

- nepovoljno utjecati na strukturalnu čvrstoću, radnu uspješnost ili letne karakteristike zrakoplova,
- zahtijevati veći popravak ili zamjenu oštećenog dijela, osim otkazivanja ili oštećenja motora pri kojemu je oštećenje ograničeno na motor ili propelere, kao i na vrhove krila, antene, gume kotača, kočnice, oplata i slično.

Zrakoplovna nezgoda je događaj koji je vezan za letenje zrakoplova koji utječe ili bi mogao utjecati na sigurnost leta. Nezgoda koja uključuje okolnosti koje upućuju na to da je gotovo došlo do nezgode naziva se ozbiljna nezgoda. Neki od primjera ozbiljnih nezgoda navedeni su u nastavku i služe samo kao smjernice za definiranje ozbiljne nezgode [1]:

- bliski susreti u zraku koji zahtijevaju izvođenje manevra kako bi se izbjegao sudar ili nesigurna situacija,
- neuspješno polijetanje na okupiranoj ili zatvorenoj uzletno-sletnoj stazi,
- kontrolirani let u tlo koji je u zadnji tren izbjegnuto,
- polijetanje na okupiranoj ili zatvorenoj uzletno-sletnoj stazi s malom udaljenošću od prepreka,
- pokušaj slijetanja na okupiranu ili zatvorenu uzletno-sletnu stazu,
- događaji koji od letačkog osoblja u slučaju nužde zahtijevaju korištenje kisika,
- vatra i dim u putničkom ili teretnom dijelu zrakoplova ili požar na motoru, čak i ako je takav požar ugašen aparatom za gašenje požara,
- onesposobljenost letačkog osoblja za vrijeme leta,
- višestruki kvarovi u radu jednog ili više sustava na zrakoplovu koji ozbiljno utječu na njegov rad,
- proglašenje izvanrednog stanja od strane pilota zbog nedostatne količine goriva,
- zakazivanje sustava, vremenske nepogode, upravljanje zrakoplovom izvan odobrenih aerodinamičkih granica i drugi događaji koji ugrožavaju sigurnost zrakoplova.

Norme i preporučene procedure vezane za istrage zrakoplovnih nesreća i nezgoda donijelo je Vijeće 11. travnja 1951. godine na temelju članka 37. Konvencije o međunarodnom civilnom zrakoplovstvu kao Dodatak 13 Konvenciji. Iako je Dodatak 13 donesen u skladu s odredbama članka 37. Konvencije, same istrage zrakoplovnih nesreća uređene su člankom 26. Konvencije. Članak 26. Konvencije obvezuje državu u kojoj je došlo do zrakoplovne nesreće da u određenim okolnostima pokrene istragu i da slijedi postupke ICAO-a u mjeri u kojoj to dopuštaju njezini zakoni [1]. Na slici 1 prikazan je sadržaj ICAO Dodatka 13 po poglavljima.



Slika 1. Sadržaj ICAO Dodatka 13

Izvor: [1]

Specifikacije u Dodatku 13 vrijede za aktivnosti nakon nesreća i nezgoda gdje god da se one odvijaju. Specifikacije vezane uz državu operatora vrijede samo kada je zrakoplov iznajmljen, zakupljen ili dan u zamjenu i kada ta država nije država registracije iako izvršava, djelomično ili u cijelosti, dužnosti i obveze države registracije [1].

Odgovornost države u kojoj se dogodila nesreća ili nezgoda je da poduzme sve razumne mjere zaštite dokaza i da održi sigurni nadzor nad zrakoplovom i njegovim sadržajem onoliko dugo koliko je potrebno da se u cijelosti provede istraživanje. Zaštita dokaza uključuje očuvanje svih dokaza koji mogu biti odstranjeni, izbrisani, izgubljeni ili oštećeni, na način da se ti dokazi fotografiraju ili na neki drugi način očuvaju. Nadzor uključuje zaštitu od daljnjih oštećenja, pristupa neovlaštenih osoba, sitne krađe i propadanja. Ako se zaprimi zahtjev od države registracije, države operatora, države projektiranja ili države proizvodnje da se zrakoplov, njegov sadržaj i bilo koji drugi dokaz ostavi netaknut u očekivanju pregleda ovlaštenog predstavnika države koja je uputila zahtjev, država u kojoj se dogodila nesreća ili nezgoda poduzima sve potrebne korake kako bi udovoljila takvom zahtjevu, ali pod uvjetom da se zrakoplov može pomaknuti onoliko koliko je potrebno da se izvuku osobe, životinje, pošta i vrijednosni predmeti, te da se spriječe oštećenja od vatre ili drugih uzroka ili da se eliminira bilo koja opasnost ili zapreka zračnoj plovidbi, ostalom prometu ili javnosti [1].

Obavješćivanje o zrakoplovnoj nesreći ili nezgodi provodi država u kojoj se dogodila nesreća ili nezgoda tako što prosljeđuje obavijest o nesreći ili ozbiljnoj nezgodi u što kraćem roku i na najprikladniji i najbrži mogući način [1]:

- državi registracije,
- državi operatora,
- državi projektiranja,
- državi proizvodnje i

- Međunarodnoj organizaciji civilnog zrakoplovstva, kada se radi o zrakoplovu mase iznad 2.250 kg.

Međutim, kada država u kojoj se dogodila nesreća ili nezgoda nije obaviještena o ozbiljnoj nezgodi, država registracije ili država operatora prosljeđuje obavijest o ozbiljnoj nezgodi državi projektiranja, državi proizvodnje i državi u kojoj se dogodila nesreća ili nezgoda [1].

Obavijest o nesreći ili ozbiljnoj nezgodi sadrži sljedeće podatke koji su odmah dostupni [1]:

- a) za nesreće identifikacijska kratica ACCID¹, a za ozbiljne nezgode INCID²,
- b) proizvođač, model, nacionalnost, registarske oznake i serijski broj zrakoplova,
- c) ime vlasnika, operatora i unajmitelja zrakoplova, ako postoji,
- d) ime kapetana zrakoplova i nacionalnost posade i putnika,
- e) datum i vrijeme (mjesno vrijeme ili jedinstveno koordinirano vrijeme) nesreće ili ozbiljne nezgode,
- f) posljednje mjesto uzlijetanja i točka namijenjenog slijetanja zrakoplova,
- g) položaj zrakoplova u odnosu na neku lako definiranu zemljopisnu točku te geografska širina i duljina,
- h) broj putnika i posade u zrakoplovu te smrtno stradalih i teško ozlijeđenih,
- i) opis nesreće ili ozbiljne nezgode i opseg oštećenja zrakoplova ukoliko je poznato,
- j) naznaka do koje mjere će istraživanje biti provedeno ili delegirano od strane države u kojoj se dogodila nesreća ili nezgoda,
- k) fizičke karakteristike područja u kojem je došlo do nesreće ili ozbiljne nezgode, kao i naznaka teškoća u pristupu ili posebnih uvjeta u pristupu mjestu nesreće,
- l) izjavu originatora izvješća i način svakodobnog kontaktiranja glavnog istražitelja i istražnim tijelima u državi u kojoj se dogodila ozbiljna nezgoda ili nesreća,
- m) prisutnost i opis opasne robe u zrakoplovu.

Po primitku obavijesti, država registracije, država operatora, država projektiranja i država proizvodnje, što je prije moguće, pruža državi u kojoj se dogodila nesreća ili nezgoda sve relevantne podatke koji su raspoloživi, a tiču se zrakoplova i letačkog osoblja uključenog u nesreću ili ozbiljnu nezgodu [1].

Država u kojoj se dogodila nesreća ili nezgoda pokreće istraživanje o okolnostima nesreće i odgovorna je za provedbu istraživanja, ali može delegirati cijelo ili bilo koji dio tog istraživanja drugoj državi obostranim dogovorom i pristankom. U svakom slučaju, država u kojoj se dogodila nesreća ili nezgoda koristi sva raspoloživa sredstva da omogući istraživanje [1].

¹ Skraćenica od engl. *accident* - nesreća.

² Skraćenica od engl. *incident* - ozbiljna nezgoda.

Tijelo nadležno za istraživanje nesreća i nezgoda je neovisno u provođenju istraživanja te ima neograničene ovlasti nad provedbom te istrage, u skladu s odredbama Dodatka 13. Istraživanje uključuje [1]:

- a) prikupljanje, zapis i analizu svih raspoloživih podataka o nesreći ili nezgodi,
- b) ako je to potrebno, izdavanje sigurnosnih preporuka,
- c) ako je moguće, utvrđivanje uzroka,
- d) sastavljanje završnog izvješća.

Glavni istražitelj je osoba koja uživa neometan pristup olupini i svim relevantnim materijalima, uključujući uređaje za snimanje leta i zapisnike operativnih usluga u zračnom prometu te uživa neograničeni nadzor nad njima kako bi bez odgode osigurao provedbu detaljnog istraživanja od strane ovlaštenih službenika koji sudjeluju u istrazi. Ako se tijekom istraživanja otkrije ili posumnja da je došlo do djela nezakonitog ometanja, glavni istražitelj obavezan je odmah poduzeti mjere kojima osigurava da o tome budu obaviještena tijela nadležna za sigurnost zračnog prometa uključenih država [1].

U interesu sprečavanja nesreća, država koja provodi istraživanje o nesreći ili nezgodi objavljuje završno izvješće što je prije moguće. Države ne prosljeđuju, objavljuju niti daju pristup nacrtu izvješća ili bilo kojem njegovom dijelu, ili bilo kojem dokumentu pribavljenom tijekom istraživanja nesreće ili nezgode, bez izričitog dopuštenja države koja je provela istraživanje, osim ako je ta država već objavila ili izdala odnosna izvješća ili dokumente. Nakon objave završnog izvješća od strane države koja provodi istraživanje o nesreći ili nezgodi u kojoj je sudjelovao zrakoplov maksimalne mase iznad 5.700 kg, ta država šalje primjerak završnog izvješća Međunarodnoj organizaciji civilnog zrakoplovstva [1].

ICAO Dodatak 13 također navodi i neke od mjera za sprječavanje nesreća i ozbiljnih nezgoda [1]:

- država uspostavlja sustav obveznog izvješćivanja o nezgodama kako bi se olakšalo prikupljanje informacija o postojećim ili mogućim sigurnosnim nedostacima,
- dobrovoljni sustav izvješćivanja o nezgodama ne smije uključivati kazne te mora štiti izvore informacija,
- država treba uspostaviti bazu podataka o nesrećama i nezgodama kako bi se olakšala učinkovita analiza pribavljenih informacija,
- država koja je uspostavila bazu podataka o nesrećama i nezgodama i sustav izvješćivanja o nezgodama analizira informacije sadržane u svojim izvješćima o nesrećama/nezgodama i u bazi podataka kako bi odredila bilo kakve nužne preventivne radnje,
- države trebaju promicati uspostavu mreža razmjene sigurnosnih podataka među svim korisnicima zrakoplovnog sustava te trebaju olakšati slobodnu razmjenu podataka o postojećim i mogućim sigurnosnim nedostacima.

2.2. Uredba br. 996/2010 Europskog parlamenta i Vijeća

Cilj Uredbe je poboljšati sigurnost u zračnom prometu tako da se osigura visoka razina učinkovitosti, žurnosti i kakvoće istraga koje se odnose na sigurnost civilnoga zrakoplovstva u Europi, a čiji je jedini cilj spriječiti ponovno pojavljivanje nesreća i nezgoda u budućnosti. Uredba također ima za cilj unaprijediti pomoć žrtvama zrakoplovnih nesreća i njihovim bližnjima. Uredbom se propisuju pravila o pravovremenom osiguranju informacija o svim osobama ili opasnom teretu u zrakoplovu koji je doživio nesreću [2].

Uredba br. 996/2010 Europskog parlamenta i Vijeća primjenjuje se na istrage o nesrećama i ozbiljnim nezgodama koje se odnose na sigurnost [2]:

- a koje su se dogodile na područjima država članica na koje se ugovori primjenjuju, u skladu s međunarodnim obvezama država članica,
- a koje su doživjeli zrakoplovi koji su registrirani u državi članici ili kojima upravlja tvrtka sa sjedištem u državi članici, a koji su se dogodili izvan područja država članica na koje se ugovori primjenjuju, osim ako takve istrage ne provodi druga država,
- u slučaju u kojem je država članica ovlaštena imenovati ovlaštenog predstavnika na temelju međunarodnih standarda i preporučenih praksi, kako bi sudjelovala kao država operatora, država registracije, država proizvodnje, država projektiranja ili država koja na zahtjev države koja provodi istragu osigurava informacije, objekte ili stručnjake,
- u slučaju u kojem je država koja provodi istragu dopustila državi članici imenovati stručnjaka u slučaju smrtnih slučajeva ili ozbiljnih ozljeda svojih državljana.

Uredba br. 996/2010 Europskog parlamenta i Vijeća se ne primjenjuje na istrage zrakoplovnih koje se odnose na sigurnost zračnog prometa u slučaju nesreća i ozbiljnih nezgoda koje su doživjeli zrakoplovi koji obavljaju vojne, carinske, policijske ili slične zadaće, osim ako dotična država članica tako ne odluči [2].

Svaka nesreća ili ozbiljna nezgoda u kojoj je zrakoplov sudjelovao, osim zrakoplova iz Priloga II. Uredbi (EZ) br. 216/2008 Europskoga parlamenta i Vijeća, predmet je istrage koja se odnosi na sigurnost u državi članici na području na kojem se nesreća ili ozbiljna nezgoda dogodila [2].

Kategorije zrakoplova s posadom na koje se Uredba 216/2008 Europskoga parlamenta i Vijeća ne primjenjuje su [3]:

- a) povijesni zrakoplovi,
- b) zrakoplovi koji su posebno projektirani ili prilagođeni u istraživačke, eksperimentalne ili znanstvene svrhe, a koji će se vjerojatno proizvoditi u vrlo ograničenom broju,
- c) zrakoplovi i sastavni dijelovi zrakoplova kod kojih je najmanje 51% zadataka izrade obavio amater ili neprofitno udruženje amatera za vlastitu upotrebu i u nekomercijalne svrhe,
- d) zrakoplovi koje su upotrebljavale vojne snage,
- e) žiroplani (jednosjedi i dvosjedi) čiji MTOM ne premašuje 600 kg,

- f) replike zrakoplova (povijesni zrakoplovi i zrakoplovi koji se upotrebljavaju u vojne svrhe) čija je projektirana struktura slična originalnom zrakoplovu,
- g) zračni brodovi i baloni za jednu ili dvije osobe,
- h) svi ostali zrakoplovi s posadom čija maksimalna masa praznog zrakoplova, uključujući gorivo, ne premašuje 70 kg i
- i) zrakoplovi čija mjerljiva brzina sloma uzgona ili najmanja stalna brzina letenja pri slijetanju ne premašuje 35 čvorova kalibrirane brzine (engl. *Calibrated Airspeed* – CAS) zatim helikopteri, motorni padobrani, jedrilice i motorne jedrilice, koji imaju najviše dva sjedala i maksimalnu masu pri polijetanju (engl. *Maximum Take-off Mass* – MTOM) koja ne premašuje vrijednosti prikazane u tablici 1.

Tablica 1. Zrakoplovi za koje se ne primjenjuje Uredba 216/2008 na temelju njihove maksimalne mase pri polijetanju

| | Avion/helikopter/motorni padobran/motorna jedrilica | Jedrilice | Amfibijski avion ili avion/helikopter plovcima | Padobran za ponovno dizanje pričvršćen na konstrukciju |
|---|---|-------------|--|--|
| Jednosjed | 300 kg MTOM | 250 kg MTOM | dodatnih 30 kg MTOM | dodatnih 15 kg MTOM |
| Dvosjed | 450 kg MTOM | 400 kg MTOM | dodatnih 45 kg MTOM | dodatnih 25 kg MTOM |
| Kada avion/helikopter s plovcima ili amfibijski avion funkcionira i kao kopneni avion/helikopter i kao avion/helikopter s plovcima, mora biti ispod primjenjive granice MTOM-a. | | | | |

Izvor: [3]

2.3. Priručnik za istraživanje zrakoplovnih nesreća i nezgoda

Svrha ovog priručnika je poticanje jedinstvene primjene Standarda i Preporučene prakse sadržane u Dodatku 13 i pružanje informacija i smjernica državama o postupcima, praksi i tehnikama koje se mogu koristiti u istragama zrakoplovnih nesreća [4]. Priručnik je izdan u četiri dijela koji su u nastavku ukratko objašnjeni.

2.3.1. Prvi dio – Organiziranje i planiranje

Neophodno je da se već u ranim fazama procijeni veličina zadatka i opseg istrage kako bi se mogla planirati veličina istražnog tima. Istraga mora biti pravilno organizirana, provedena, koordinirana i nadzirana od strane kvalificiranog osoblja. Glavni istražitelj je

odgovoran za organiziranje istražnog tima, za dodjelu odgovornosti članovima tima i za upravljanje napredovanjem istrage [4].

Neposredna obavijest o nesrećama i incidentima, tijelu za istragu nesreća, ključna je jer ispravno provođenje očevida zahtijeva brzi dolazak istražitelja na mjesto nesreće. Svako kašnjenje u njihovom dolasku može dovesti do propadanja ili nestanka bitnih dokaza zbog krađe, premještanja ili nepravilnog rukovanja olupinama, lošim vremenskim uvjetima, korozijom olupine i slično [4].

Lokalne vatrogasne i policijske službe su u većini slučajeva prve službene osobe na mjestu zrakoplovne nesreće i stoga je važno angažirati njihovu suradnju kako bi se osiguralo da vitalni dokazi ne budu izgubljeni ili uništeni. Primarna svrha osoba koje prve stignu na mjesto zrakoplovne nesreće je spašavanje i pružanje pomoći preživjelima kao i zaštita imovine u okviru raspoloživih sredstava. Osobe koje su uključene u izvlačenje žrtava iz olupine zrakoplova trebaju, što je prije moguće, zabilježiti svoja zapažanja u vezi s lokacijom gdje su pronađeni preživjeli i koji su dijelovi olupine morali biti pomaknuti tijekom spašavanja. Istražitelji bi trebali utvrditi je li tijekom operacije spašavanja bilo ikakvih smetnji u ili oko olupine te zabilježiti sve smetnje [4].

Rukovanje olupinom je samo po sebi opasno i zahtijeva upotrebu zaštitne odjeće i odgovarajuće opreme. Premiještanije velikih dijelova olupine trebaju nadzirati istražitelji, a obavljaju ga profesionalne osobe koje koriste odgovarajuću zaštitnu opremu. Istražitelji također mogu biti izloženi biološkim opasnostima prisutnim u olupini zrakoplova kao i na mjestima na tlu gdje se nalaze smrtno stradale ili ozlijeđene osobe [4].

Zaštitna oprema koju je potrebno koristiti na mjestu nesreće, ali i prilikom obavljanja ispitivanja olupine izvan lokacije mogu biti [4]:

- jednokratne rukavice od lateksa,
- radne rukavice,
- maske za lice,
- zaštitne rukavice,
- jednokratna zaštitna odijela,
- jednokratne navlake za cipele i zaštitne čizme,
- kemikalije za dezinfekciju,
- vreće za odlaganje biološkog hazarda.

2.3.2. Drugi dio – Procedure i kontrolne liste

Na slici 2 prikazane su procedure vezane za provođenje istrage nesreća ili nezgoda. Prije početka istrage potrebno je dobiti ovlaštenje za njeno provođenje. Tijelo koje je nadležno za provođenje istrage nesreća i nezgoda ima neovisnost i neograničene ovlasti nad provođenjem istrage, u skladu s odredbama Dodatka 13. Nadalje, važno je da se već u ranim fazama procijeni veličina zadataka i opseg istrage, kako bi se mogao planirati broj i sastav

članova istražnog tima, te osigurati dovođenje eksperata ukoliko u sastavu istražnog tima ne postoji osoba koja je specijalizirana za provođenje određenog dijela istrage [5].

Istraga velikih nesreća zahtijeva veći broj ljudi u timu i glavnog istražitelja koji je odgovoran za upravljanje i vođenje svim procesima istrage od samog početka istrage do vremena predaje Završnog izvješća. Istraživanje nezgoda i manjih nesreća provodi jedan istražitelj, a ponekad mu pomaže jedan ili više drugih istražitelja. U takvim situacijama glavni istražitelj preuzima odgovornost za organizaciju, provođenje i izvješćivanje o provođenju istrage [5].



Slika 2. Procedure vezane za provođenje istrage nesreća ili nezgoda

Izvor: [5]

Kontrolne liste daju detaljnu analizu zadaća u svakom od 66 događaja u sustavu za upravljanje istragom, a neki od tih događaja su sljedeći [5]:

- inicijalni odgovor,
- početne radnje na mjestu događaja,
- osiguranje dokumenata o letnim operacijama,
- prikupljanje ljudskih ostataka,
- intervjui sa svjedocima,
- osiguranje uređaja za snimanje leta,
- osiguranje meteoroloških podataka,
- osiguranje aerodromske dokumentacije i dokumentacije o uslugama u zračnoj plovidbi,
- provođenje operacije potrage i spašavanja,
- osiguranje potrebnih dokumenata iz kabine zrakoplova,
- osiguranje dokumentacije o održavanju,
- pregled sustava zrakoplova,
- pregled strukture zrakoplova,
- pregled motora i propelera,
- početni pregled mjesta događaja, itd.

2.3.3. Treći dio – Istraga

Istraga nesreće je sustavan proces u kojem se procjenjuju i uklanjaju svi mogući uzroci štetnog događaja dok se preostali uzroci ne identificiraju kao primjenjivi na tu istragu. Nadalje, tijekom istrage, ako se utvrde drugi nedostaci koji nisu bili dio te nesreće, istražni tim ih bilježi i dostavlja nadležnom tijelu, iako oni možda neće postati dio službenog izvješća o istrazi. Svaka zrakoplovna nesreća se razlikuje jedna od druge, stoga je važno da istražitelji budu otvoreni kako se ne bi usredotočili samo na jedan aspekt i tako zanemarili drugi. Iako su nesreće rijetke, istražitelji moraju iskoristiti svaku priliku za obuku zračnih prijevoznika, vojske, proizvođača zrakoplova i drugih istražitelja nesreća kako bi stekli najbolje metode koje će im pomoći u nadolazećim istragama. Zračni prijevoznici i aerodromi provode periodične vježbe za hitne slučajeve koje pružaju priliku istražiteljima nesreća da iskoriste te scenarije za obuku, kako bi ti scenariji u slučaju nesreće ili ozbiljne nezgode, bili korisni istražiteljima u učinkovitom utvrđivanju uzroka nesreće ili nezgode [6].

Istraga nesreća sastoji se od tri faze [6]:

1. prikupljanje podataka,
2. analiza podataka i
3. izlaganje dokaza.

Početna faza istražnog procesa usredotočena je na definiranje i dobivanje podataka relevantnih za nesreću. Prikupljanje podataka je kontinuirani proces kako bi se čim više saznalo o događajima vezanih za nesreću. Stoga se podaci koji su prikupljeni u ranoj fazi istrage mogu kombinirati s drugim podacima koji su prikupljeni u kasnijim fazama. Analiza podataka provodi se paralelno s prikupljanjem podataka. Često analiza podataka pokreće dodatna pitanja koja zahtijevaju daljnje prikupljanje podataka, simulaciju i konzultacije. Nužni su redoviti razgovori između različitih članova istražnog tima kako bi se prikupili i obradili svi potrebni podaci [6]. Prethodne faze istrage zrakoplovnih nesreća detaljnije su analizirane u petom poglavlju.

2.3.4. Četvrti dio – Završno izvješće

Završno izvješće o istrazi nesreće zrakoplova temelj je za pokretanje sigurnosnih radnji koje su potrebne za sprječavanje daljnjih nesreća sličnih uzroka. U Završnom izvješću o nezgodi mora se detaljno utvrditi što se dogodilo, kako se dogodilo i zašto se dogodilo. Nalazi i uzroci Završnog izvješća trebali bi dovesti do sigurnosnih preporuka kako bi se mogle poduzeti odgovarajuće preventivne mjere [7].

Završno izvješće treba sadržavati [7]:

- zapis svih relevantnih činjenica,
- analizu relevantnih činjenica,
- zaključke u obliku nalaza i uzroka i

- sigurnosne preporuke.

Istraga zrakoplovne nesreće nije dovršena dok se sve relevantne činjenice otkrivene istragom, analizom činjenica, zaključcima i sigurnosnim preporukama ne evidentiraju u Završnom izvješću. Završno izvješće treba biti logično strukturirano i napisano jasnim i sažetim jezikom [7].

Država koja provodi istragu treba objaviti konačno izvješće u najkraćem mogućem roku, a ako je moguće, u roku od dvanaest mjeseci od datuma događaja. Ako se izvješće ne može objaviti u roku od dvanaest mjeseci, država koja provodi istragu trebala bi objaviti privremeno izvješće ili bi trebala upotrijebiti neki drugi način s pojedinostima o napretku istrage i svim utvrđenim sigurnosnim problemima. Ako država koja provodi istragu ne primi komentare u roku od šezdeset dana, izdat će konačno izvješće, osim ako se dotične države ne dogovore o produženju tog roka [7].

Uz objavu i distribuciju Završnog izvješća unutar države, država koja provodi istragu će poslati završno izvješće s minimalnom odgodom [7]:

- državi koja je pokrenula istragu,
- državi registracije,
- državi operatera,
- državi dizajna zrakoplova,
- državi proizvođača zrakoplova,
- svakoj državi čiji su građani bili involvirani u nesreću koja je rezultirala smrću ili teškim ozljedama svojih građana,
- svakoj državi koja je dostavila relevantne informacije i dopustila upotrebu svojih istražnih objekata ili stručnjaka.

U petom poglavlju detaljnije je opisan sadržaj Završnog izvješća.

3. Pregled zrakoplovnih propisa vezanih uz održavanje zrakoplova

Jedan od važniji dokumenata koji je vezan za održavanje zrakoplova u Republici Hrvatskoj je Program održavanja zrakoplova, odobren od strane Hrvatske agencije za civilno zrakoplovstvo (engl. *Croatian Civil Aviation Agency – CCAA*), a opisuje načine pomoću kojih se pojedini zrakoplovi održavaju kako bi se osigurala njihova kontinuirana plovidbenost [8]. Temeljnu dokumentaciju vezanu za propise održavanja zrakoplova objavljuje Europska agencija za sigurnost zračnog prometa (engl. *European Aviation Safety Agency – EASA*) u Uredbi Komisije (EU) br. 1321/2014 o kontinuiranoj plovidbenosti zrakoplova i aeronautičkih proizvoda, dijelova i uređaja, te o odobravanju organizacija i osoblja uključenih u te poslove [9].

3.1. Propisi Europske agencije za sigurnost zračnog prometa

EASA je agencija Europske unije osnovana 2002. godine od strane Europskog parlamenta i Vijeća koja ima za cilj osigurati visoku i ujednačenu razinu sigurnosti u zračnom prometu, primjenom zajedničkih sigurnosnih pravila i mjera. Uredbom Komisije br. 1321/2014 utvrđuju se zajednički tehnički zahtjevi i administrativni postupci za osiguravanje kontinuirane plovidbenosti zrakoplova, uključujući i sve sastavne dijelove za ugradnju u zrakoplov, koji je [9]:

- a) registriran u nekoj državi članici, ili
- b) registriran u nekoj trećoj državi i kojeg koristi operator za kojeg neka država članica osigurava nadzor operacija.

Uredba Komisije sastoji se od osam priloga, od kojih su prva četiri opisana u radu, a to su [9]:

- Prilog I (Dio-M)
- Prilog II (Dio-145)
- Prilog III (Dio-66)
- Prilog IV (Dio-147)
- Prilog Va (Dio-T)
- Prilog Vb (Dio-ML)
- Prilog Vc (Dio-CAMO)
- Prilog Vd (Dio-CAO)

3.1.1. Prilog I (Dio-M): Kontinuirana plovidbenost zrakoplova

U ovom dijelu utvrđuju se mjere koje je potrebno poduzeti kako bi se osigurala plovidbenost, uključujući održavanje i uvjete kojima trebaju udovoljiti osobe ili organizacije uključene u vođenje kontinuirane plovidbenosti [9].

Kontinuirana plovidbenost zrakoplova i upotrebljivost operativne opreme i opreme za slučaj opasnosti osigurava se [9]:

1. izvođenjem prepoletnog pregleda,
2. otklanjanjem svih oštećenja i kvarova koji utječu na siguran rad,
3. provođenjem cjelokupnog održavanja u skladu s odobrenim programom održavanja zrakoplova,
4. za zrakoplove koji se koriste za komercijalni zračni prijevoz ili za sve velike zrakoplove, pomoću analize djelotvornosti odobrenog programa održavanja zrakoplova,
5. provođenjem svih primjenjivih:
 - a. naredbi o plovidbenosti,
 - b. operativnih uredbi koje imaju učinak na kontinuiranu plovidbenost,
 - c. zahtjeva za kontinuiranu plovidbenost koje je utvrdila Agencija,
 - d. mjera koje donesene od strane nadležnog tijela pri neposrednom reagiranju na problem vezan uz sigurnost,
6. izvođenjem preinaka i popravaka,
7. uvođenjem izvedbene politike za neobavezne preglede i/ili preinake, za zrakoplove koji se koriste za komercijalni zračni prijevoz ili za sve velike zrakoplove,
8. izvođenjem probnih letova prema potrebi.

Organizacija ili osoba koja održava zrakoplov pri izvođenju održavanja mora imati pristup važećim primjenjivim podacima za održavanje i koristiti samo te podatke. Također osoba ili organizacija koja održava zrakoplov osigurava da su svi primjenjivi podaci za održavanje aktualni i odmah dostupni za uporabu kad je to potrebno. Osoba ili organizacija uspostavlja sustav radnih kartica ili radnih popisa koji će se koristiti, a podatke za održavanje treba točno prepisati na radne kartice ili radne liste ili precizno upućivati na pojedinačni posao ili poslove održavanja sadržane u takvim podacima za održavanje [9].

Svako održavanje mora provoditi osposobljeno osoblje koristeći metode, tehnike, standarde i upute utvrđene propisima za održavanje. Za provođenje održavanja koristi se brojna oprema, alati i materijali, a tamo gdje je to potrebno, opremu i alate, treba kontrolirati i kalibrirati prema službeno priznatom standardu. Područje u kojem se izvodi održavanje treba biti organizirano i čisto bez prljavštine i zagađenja. Svako održavanje mora se provoditi u skladu s ograničenjima vezanih za zaštitu okoliša utvrđenih u podacima za održavanje. U slučaju lošeg vremena ili dugotrajnog održavanja, potrebno je koristiti odgovarajuće prostore. Nakon završetka cjelokupnog održavanja, potrebno je provesti opću provjeru kako bi se osiguralo da na zrakoplovu ili sastavnom dijelu nema nikakvog alata, opreme i svih ostalih

stranih dijelova i materijala, te da su sve pristupne ploče koje su skinute ponovno montirane [9].

3.1.2. Prilog II (Dio-145): Održavanje zrakoplova

U Prilogu II (Dio-145) utvrđuju se zahtjevi koje organizacija mora ispuniti kako bi ispunjavala uvjete za izdavanje ili produljenje odobrenja za održavanje zrakoplova i sastavnih dijelova. Zahtjev za izdavanje ili izmjenu odobrenja predaje se nadležnom tijelu na obrascu i na način koji utvrdi nadležno tijelo [9].

Organizacija jamči [9]:

- da su osigurani objekti za planirane radove, a naročito da pružaju zaštitu od vremenskih uvjeta. Specijalizirane su radionice i servisni odjeljci odvojeni na odgovarajući način kako bi se zajamčilo da ne dođe do zagađenja okoliša i radnog prostora,
- da je osiguran uredski smještaj za upravljanje planiranim radovima i za osoblje koje izdaje potvrde kako bi ono moglo izvršavati naložene im zadatke na način koji doprinosi standardima dobrog održavanja zrakoplova,
- da je radno okruženje uključujući hangare za zrakoplove, radionice za sastavne dijelove i uredski smještaj odgovarajuće za zadatke koji se provode, a naročito da se poštuju posebni zahtjevi,
- da su zaštićeni skladišni prostori za sastavne dijelove, opremu, alate i materijal.

Organizacija imenuje odgovornog rukovoditelja koji ima ovlast osigurati financiranje i izvršavanje cjelokupnog održavanja koje traži korisnik. Organizacija mora imati plan za održavanje sa satima rada koji pokazuje da organizacija ima dovoljno osoblja za planiranje, izvođenje, nadzor, provjeru i praćenje kakvoće organizacije u skladu s odobrenjem. Organizacija utvrđuje i kontrolira stručnost osoblja uključenog u bilo kakvo održavanje, upravljanje i/ili provjeru kakvoće u skladu s postupkom i prema standardu koje je donijelo nadležno tijelo [9].

Potvrdu o otpuštanju zrakoplova u uporabu izdaje odgovarajuće odobreno ovlašteno osoblje u ime organizacije, kada se utvrdi da je organizacija ispravno obavila cjelokupno naručeno održavanje, uvažavajući raspoloživost i upotrebu podataka za održavanje te da nema poznate neusklađenosti koja ugrožava sigurnost leta. Potvrda o otpuštanju u uporabu izdaje se prije leta po okončanju svakog održavanja [9].

Organizacija bilježi sve podatke o provedenim radovima održavanja. Organizacija čuva evidenciju potrebnu da dokaže da su ispunjeni svi zahtjevi za izdavanje potvrde o otpuštanju u uporabu, uključujući dokumente o otpuštanju u uporabu od podizvođača. Organizacija dostavlja operatoru zrakoplova primjerak svake potvrde o otpuštanju u uporabu, zajedno s primjerkom bilo kojih specifičnih podataka o popravku/preinaci koji su se koristili za obavljanje popravka/preinake [9].

U skladu s Priručnikom organizacije za održavanje, organizacija imati pravo provoditi sljedeće zadatke [9]:

- održavati zrakoplove i/ili sastavne dijelove za koje je odobrena na lokacijama naznačenim u potvrdi o odobrenju i u priručniku,
- dogovoriti održavanje svih zrakoplova ili sastavnih dijelova za koje je odobrena, s nekom drugom organizacijom koja radi u okviru sustava kakvoće organizacije,
- održavati sve zrakoplove ili sastavne dijelove za koji je odobrena na bilo kojoj lokaciji pod uvjetom da potreba za takvim održavanjem proizlazi ili iz neispravnosti zrakoplova ili iz potrebe za podržavanje povremenog linijskog održavanja, pod uvjetima utvrđenim u priručniku,
- održavati sve zrakoplove ili sastavne dijelove za koji je odobrena na bilo lokaciji utvrđenoj kao lokacija za linijsko održavanje, koja može podržati manje održavanje i samo ako su u priručniku organizacije dopuštene takve aktivnost i navedene takve lokacije,
- izdavati potvrde o otpuštanju u uporabu po okončanju održavanja.

3.1.3. Prilog III (Dio-66): Licenciranje tehničkog osoblja

U Prilogu III (Dio-66) određuju se dozvole za održavanje zrakoplova i uspostavljaju se zahtjevi za podnošenje zahtjeva vezanih za izdavanje dozvole i kontinuiranu valjanost dozvole. Zahtjev za dozvolu za održavanje zrakoplova ili izmjenju jedne takve dozvole podnose se nadležnom tijelu preko EASA obrasca. Svaki zahtjev mora biti popraćen dokumentacijom pomoću koje se dokazuje da osoba udovoljava teorijskim znanjem, iskustvom i praktičnim osposobljavanjem u vrijeme podnošenja zahtjeva [9].

Postoji nekoliko kategorija dozvola za održavanje zrakoplova [9]:

- Kategorija A,
- Kategorija B1,
- Kategorija B2,
- Kategorija B3,
- Kategorija C.

U dozvolu za održavanje zrakoplova, u svrhu upisa ovlaštenja, zrakoplovi se razvrstavaju u grupe [9]:

1. Grupa: složeni zrakoplovi pogonjeni na motorni pogon i helikopteri s više motora, zrakoplovi s certificiranom maksimalno dozvoljenom visinom leta iznad nivoa leta FL290³, zrakoplovi koji su opremljeni sustavima za upravljanje zrakoplovom pomoću računala i drugi zrakoplovi, a za koje se zahtijeva ovlaštenje za tip ako tako odredi Agencija,
2. Grupa: zrakoplovi osim zrakoplova iz grupe 1. koji pripadaju u podgrupe:

³ Nivo leta FL290 (engl. *Flight Level*) – razina leta od 29.000 stopa (ili 8.840 metara) na kojoj zrakoplov leti

- Avioni s jednim turbinskim motorom,
- Helikopteri s jednim turbinskim motorom,
- Helikopteri s jednim klipnim motorom.

3. Grupa: Avioni s klipnim motorima osim onih iz grupe 1.

Osposobljavanje za određeni tip zrakoplova sastoji se od teorijskog osposobljavanja i ispita kao i praktičnog osposobljavanja i procjene. Osoba koja je uspješno završila teorijski dio osposobljavanja u stanju je pokazati detaljno teorijsko poznavanje primjenjivih sustava zrakoplova, operacija, održavanja, strukture zrakoplova, popravka i otkrivanje kvarova u skladu s odobrenim podacima za održavanje. Polaznik također mora dobro rukovati priručnicima i odobrenim postupcima kao i što mora dobro poznavati odgovarajuće inspekcije i ograničenja [9].

Praktično osposobljavanje ima za cilj da polaznik stekne potrebnu stručnost u obavljanju sigurnog održavanja, pregleda i rutinskih radova koristeći priručnik za održavanje i druge relevantne upute i zadatke. To uključuje svijest o pravilnoj upotrebi svih tehničkih literatura i dokumentacija vezanih za zrakoplov, te upotrebu specijalnih alata i opreme za provjeru, uklanjanje i zamjenu sastavnih dijelova i modula koji su jedinstveni za taj tip zrakoplova, uključujući i sve aktivnosti održavanja na krilu zrakoplova [9].

Osposobljavanje na radnom mjestu (engl. *On the Job Training* – OJT) odobrava nadležno tijelo koje je izdalo dozvolu za osposobljavanje, a provodi se pod nadzorom organizacije za održavanje i procjenjuje ga odgovarajući kvalificirani procjenjivač. OJT počinje i završava unutar tri godine od podnošenja zahtjeva. Cilj OJT-a je postići stručnost i iskustvo za izvršavanje sigurnog održavanja, a konačna procjena završenog OJT-a je obvezna i provodi je imenovani kvalificirani procjenjivač [9].

Podaci koji se moraju nalaziti na OJT radnom listu su sljedeći [9]:

- Ime kandidata,
- Datum rođenja,
- Odobrena organizacija za održavanje,
- Mjesto,
- Ime procjenjivača i kontrolora (ako je primjenjivo i broj dozvole),
- Datum završetka zadatka,
- Opis zadatka i kartica posla/dnevnik rada/ radni nalog itd.,
- Tip i registracija zrakoplova,
- Zahtijevani tip zrakoplova.

3.1.4. Prilog IV (Dio-147): Ustanove za školovanje tehničkog osoblja

Ovaj dio odnosi se na zahtjeve koje organizacija, koja traži odobrenje za provođenje osposobljavanja i ispita, mora ispunjavati. Organizacija za osposobljavanje je organizacija ili dio organizacije koja je registrirana kao pravna osoba [9].

Struktura i veličina objekta mora osigurati zaštitu od postojećih vremenskih uvjeta i pravilno obavljanje planiranog osposobljavanja i ispita u svakom trenutku. Također, potrebno je osigurati uredski smještaj za instruktore, ocjenjivače i ispitivače praktičnog dijela koji omogućuje pripremanje zadataka bez nepotrebnog ometanja ili neugode. Potrebno je osigurati objekte za sigurno pohranjivanje ispitnih papira i evidencije o osposobljavanju kao i knjižnicu u kojoj se nalazi sav tehnički materijal [9].

Organizacija mora imenovati odgovornog rukovoditelja koji će osigurati financiranje i izvršavanje cjelokupnog procesa osposobljavanja i mora ugovoriti dovoljan broj osoblja za provođenje osposobljavanja, ispita znanja i praktičnog ocjenjivanja u skladu s odobrenjem [9].

Svaka učionica mora imati odgovarajuću opremu za prezentacije koji osigurava da polaznici mogu lako čitati prezentirani tekst/dijagrame/nacrte i brojke s bilo kojeg mjesta u učionici. Radionice za osnovno osposobljavanje i objekti za održavanje zrakoplova moraju biti opremljeni svim alatima i opremom koja je potrebna za provođenje osposobljavanja [9].

3.2. Program održavanja zrakoplova

U Programu održavanja zrakoplova definirani su svi postupci koji su vezani za održavanje zrakoplova, a koji se obavljaju u tijeku eksploatacije zrakoplova na samom zrakoplovu, strukturi, pogonskoj grupi, zrakoplovnim sustavima i opremi. Program održavanja zrakoplova 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 se posebno za svaki tip zrakoplova, pogonske grupe ili opreme, a izrađuje ga operater (vlasnik zrakoplova) odnosno organizacija koja izrađuje dokumentaciju za program održavanja. Namjena Programa održavanja zrakoplova je da se održi konstantna razina pouzdanosti zrakoplova, zrakoplovnih sustava, pogonske grupe i opreme i da se postigne i održi zaštita utvrđene razine pouzdanosti i sigurnosti uz minimalne troškove [10].

U Programu održavanja zrakoplova ubrajaju se pregledi koji su prema prirodi i opsegu posla podijeljeni u šest glavnih grupa [10]:

1. Servisni pregledi,
2. Povremeni pregledi,
3. Radovi velike obnove,
4. Posebni pregledi,
5. Provjere u letu,
6. Pregledi za utvrđivanje plovidbenosti zrakoplova.

Servisni pregledi obuhvaćaju tranzitne, predpoletne, dnevne preglede i preglede koji su namijenjeni većim preventivnim i servisnim radovima, a uključuju zamjenu dijelova s isteklim tehničkim vijekom, podmazivanje osjetljivih uređaja, otklanjanje kvarova i slično [10].

Povremeni pregledi uključuju preglede koji obuhvaćaju radove redovitog održavanja, a koji se ponavljaju tokom vremenskog razdoblja. Periodični pregledi svrstani su po periodima ponavljanja i čine ciklus, a nakon završetka svih radova jednog ciklusa, isti se ponavlja od početka. Povremeni pregledi uključuju otklanjanje kvarova i obavljanje manjih modifikacija [10].

Radovi velike obnove obuhvaćaju skidanje većine uređaja sa zrakoplova, njihov detaljan pregled i funkcionalno ispitivanje, zatim pregled i ispitivanje njihovih instalacija, strukture zrakoplova, otklanjanje pronađenih nedostataka, otklanjanje korozije sa svih površina i slično. Radovi velike obnove mogu se obaviti odjednom ili u etapama koje se moraju završiti u vremenu propisanom za kompletnu obnovu [10].

Posebni pregledi obavljaju se nakon izvanrednih situacija u kojima se zrakoplov našao pri čemu je moglo doći do preopterećenja konstrukcije zrakoplova, površinskog oštećenja ili drugih posljedica koje utječu na plovidbenost zrakoplova [10].

Provjere u letu predstavljaju ispitivanje performansi, ponašanja i funkcioniranja zrakoplova kao cjeline i njegovog sustava i uređaja u tijeku svih faza leta. Prema Zakonu o zračnom prometu Republike Hrvatske provjere u letu obavljaju se prilikom ispitivanja novosagrađenog zrakoplova, tehničkih pregleda za utvrđivanje plovidbenosti, nakon većih modifikacija i popravaka, nakon demontaže ili zamjene komandi leta i slično [10].

Pregledi za utvrđivanje plovidbenosti zrakoplova predstavljaju preglede pomoću kojih se utvrđuje da li je zrakoplov izrađen i opremljen uređajima i opremom po odredbama Zakona od zračnom prometu i drugih propisa, tehničkih zahtjeva, uvjeta i standarda koji se odnose na izgradnju i opremu zrakoplova [10].

Za velike zrakoplove uobičajeni je glavni pregled koji se sastoji od sljedećih pregleda [10]:

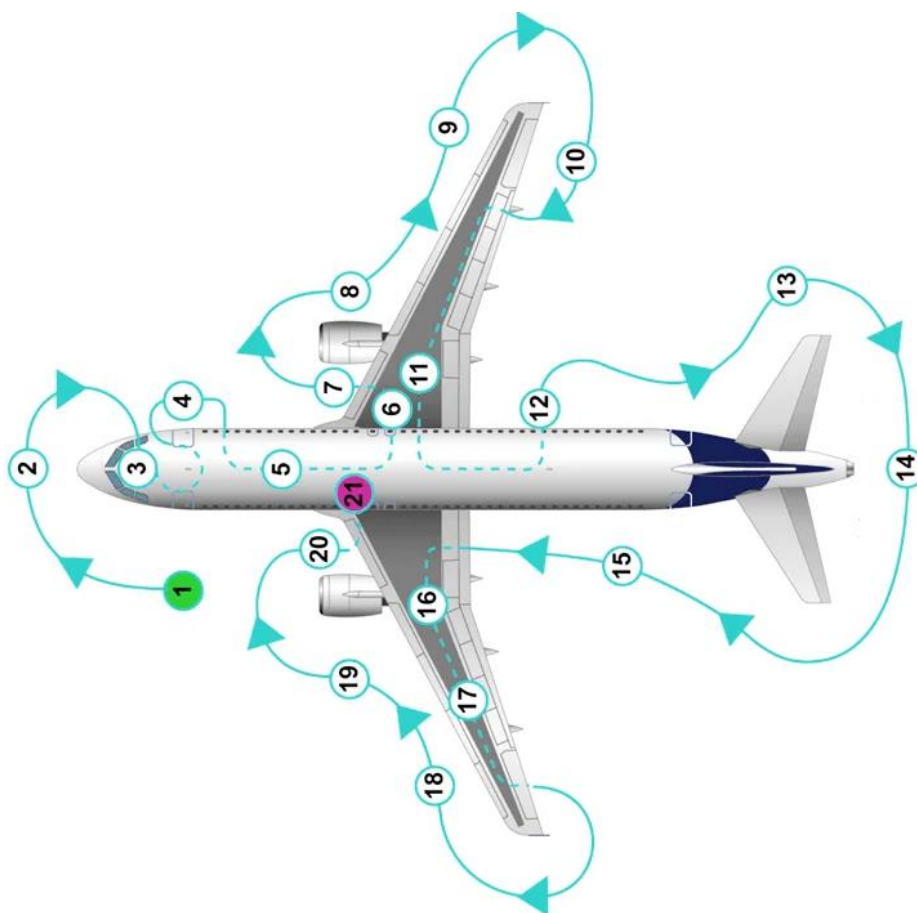
- D-pregled: predstavlja glavnu provjeru (za moderne transportne zrakoplove dolazi u intervalima od 15.000 do 18.000 sati naleta ili četiri do pet godina prosječne eksploatacije, a radovi su u trajanju od 25 do 30 dana),
- C-pregled: uključuje među provjeru (vrijedi za komponente koje se ne mogu planirati u glavnoj provjeri; planira se svakih 3.500 do 4.500 sati naleta, a radovi su u trajanju od sedam do deset dana),
- B-pregled: uključuje servisni pregled (izvodi se u intervalima od 800 do 3.000 sati naleta ili svakih šest mjeseci ovisno o uvjetima eksploatacije, a radovi traju od dva do tri dana),
- A-pregled: odnosi se na pregled na platformi (izvodi se svakih 125 do 500 sati, a radovi su u trajanju od tri do deset sati).

Za male zrakoplove do 5.700 kilograma MTOM s klipnim motorom, predviđa se [10]:

- Prijeletni pregled,
- 50-satni, 100-satni, 200-satni, 1.000-satni pregled odnosno godišnji pregled zrakoplova.

Pregled zrakoplova koji se provodi prije prvog leta u letačkom danu, prema listi prijeletnog pregleda, naziva se prijeletni pregled (engl. *Pre-flight Inspection*). Prijeletni pregled zrakoplova provodi se prema zrakoplovno tehničkoj dokumentaciji zrakoplova i listama prijeletnog pregleda koje se koriste iz odobrenog Programa održavanja zrakoplova, a provode ga tehničar zrakoplova i tehničari ostalih specijalnosti. Prijeletnim pregledom tehničar zrakoplova i tehničari ostalih specijalnosti utvrđuju tehničku ispravnost i funkcionalnu sposobnost zrakoplova za izvršenje zadaće. Zrakoplovni tehničar obavještava pilota zrakoplova o spremnosti i ograničenjima zrakoplova za provedbu pregleda i prati ga tijekom pregleda, a pilot potpisom u Knjižicu održavanja zrakoplova potvrđuje provedbu prijeletnog pregleda i potvrđuje da je zrakoplov siguran za izvršenje nadolazećeg leta. Prijeletni pregled zrakoplova, koji u sastavu posade ima letača tehničara izvan matičnog aerodroma i/ili izvan redovnog radnog vremena, obavlja tehničar letač, a provedbu pregleda ovjerava zapovjednik zrakoplova [11].

Na slici 3 prikazan je proces prijeletnog pregleda zrakoplova koji se izvršava tako što pilot uradi krug oko zrakoplova. Započinje pregledom u točki 1 s lijeve strane pilotske kabine, nakon čega pilot vrši pregled desne strane zrakoplova (trup, krilo i rep zrakoplova), a zatim isto tako i pregled lijeve strane zrakoplova.



Slika 3. Proces prijeletnog pregleda

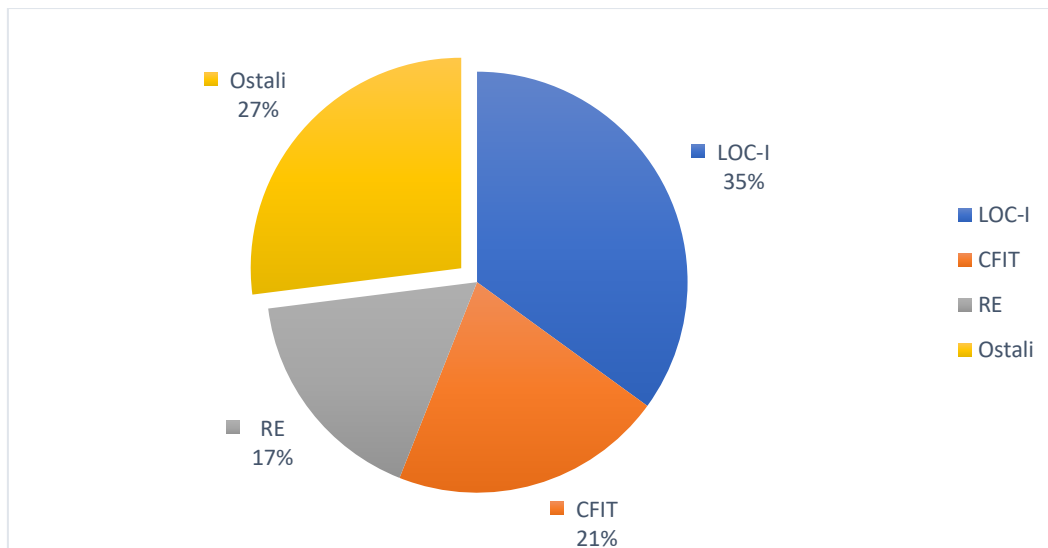
Izvor: [12]

4. Statistika zrakoplovnih nesreća

Prema standardnim ICAO-ovim definicijama postoji sedam glavnih kategorija zrakoplovnih nesreća [13]:

1. Kontrolirani let u teren (engl. *Controlled Flight Into Terrain* – CFIT): uključuje sudar zrakoplova s terenom, vodenom površinom ili preprekom tijekom leta, bez naznake gubitka kontrole,
2. Gubitak kontrole tijekom leta (engl. *Loss Of Control In-flight* – LOC-I),
3. Izlijetanje s uzletno-sletne staze (engl. *Runway Excursion* – RE): uključuje bočno skretanje ili uzdužno prekoračenje površine uzletno-sletne staze,
4. Požar: vatra ili dim unutar ili izvan zrakoplova u letu ili na zemlji bez obzira je li požar nastao kao posljedica sudara ili ne,
5. Nepravilan kontakt s uzletno-sletnom stazom: odnosi se na svako oštećenje zrakoplova koje je nastalo prilikom polijetanja ili slijetanja,
6. Kvar ili neispravnost sustava ili komponente,
7. Dodir s terenom u neposrednoj blizini uzletno-sletne staze.

Na slici 4 prikazana je distribucija nesreća sa smrtnim ishodom prema prethodno navedenim kategorijama nesreća za razdoblje od 2002. do 2022. godine. Najveća kategorija je LOC-I, koja ujedno ima i najveći postotak (35%) broja nesreća sa smrtnim ishodom, zatim slijedi CFIT s 21% i RE sa 17%, dok je ukupan postotak za ostale kategorije 27% [13].

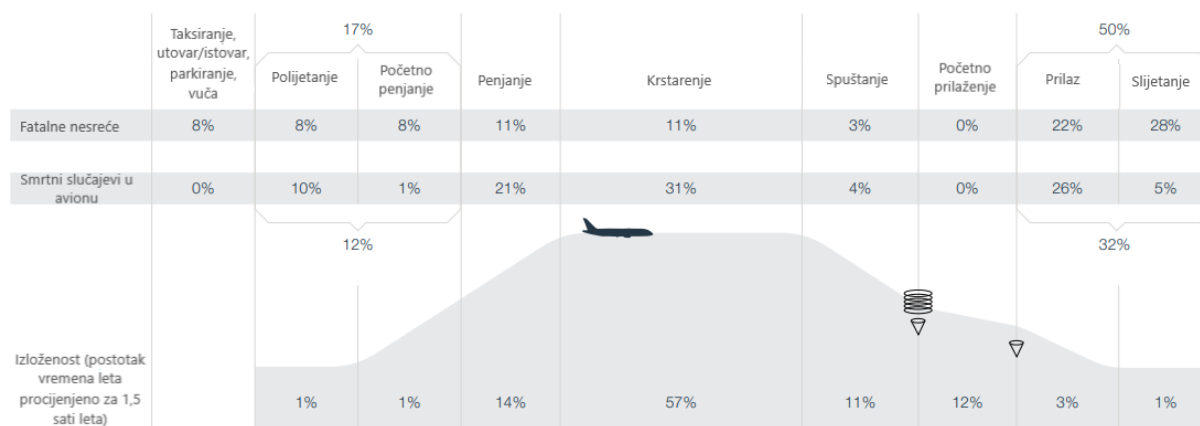


Slika 4. Distribucija nesreća sa smrtnim ishodom po kategoriji nesreće od 2002. do 2022. godine

Izvor: [13]

Sljedeća statistika vezana je za proizvođača zrakoplova Boeing, a odnosi se na postotak fatalnih nesreća koje su nastale u pojedinim fazama leta u vremenskom razdoblju od 2012. godine do 2021. godine, kako je prikazano na slici 5. Na slici je vidljivo da faza penjanja i faza

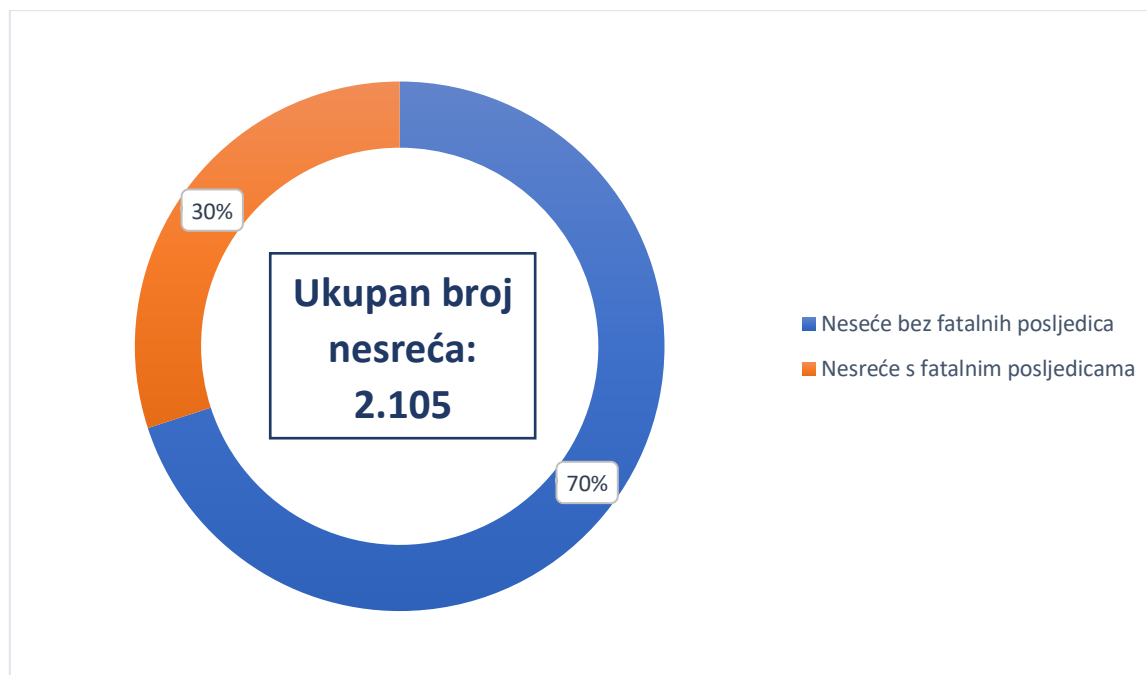
krstarenja čini 11% svih smrtonosnih nesreća, a najviše fatalnih nesreća je u fazama prilaza (22%) i slijetanja (28%). Najveći postotak smrtnih slučajeva u avionu javlja se u fazi krstarenja i iznosi 31%. Zrakoplovna industrija se u zadnjih nekoliko desetljeća fokusira na poboljšanja u vezi sa sigurnošću zrakoplova i to ponajviše u fazama taksiranja, penjanja, prilaza i spuštanja [14].



Slika 5. Postotak fatalnih nesreća po fazama leta u vremenskom razdoblju od 2012. godine do 2021. godine

Izvor: [14]

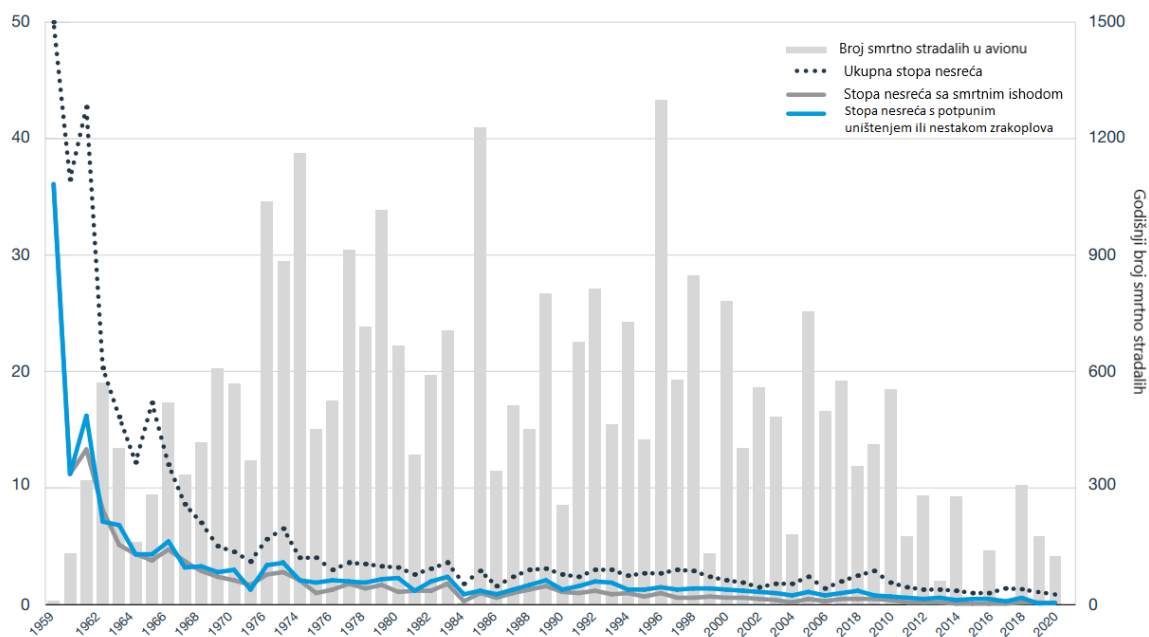
Slika 6 prikazuje postotak nesreća sa i bez fatalnih posljedica za razdoblje od 1959. do 2021. godine. Prema Boeing-ovom statističkom izvješću, ukupan broj nesreća u tom razdoblju iznosio je 2.105, od čega je 1.466 nesreća (ili 70%) bilo bez fatalnim posljedica, a 639 (ili 30%) s fatalnim posljedica [14].



Slika 6. Nesreće sa i bez fatalnih posljedica od 1959. do 2021. godine

Izvor: [14]

Pregled stope nesreća u odnosu na odlazne operacije zrakoplova, značajan je način mjerenja napretka u sigurnosti zračnog prometa. Tijekom proteklih šezdeset godina, udio zrakoplova koji su u potpunosti uništeni ili su nestali (engl. *Hull Loss*⁴) i udio smrtnih slučajeva u zrakoplovima, dramatično su se smanjili, dok je broj letova nastavio rasti. Slika 7 prikazuje godišnji broj smrtno stradalih osoba u avionu, ukupnu stopu nesreća te stopu nesreća sa smrtnim ishodom i potpunim uništenjem ili nestankom zrakoplova. Vidljivo je kako s godinama opada stopa nesreća sa smrtnim ishodom i stopa nesreća s potpunim uništenjem ili nestankom zrakoplova, ali i ukupna stopa nesreća, a za to su zaslužna brojna poboljšanja u sigurnosti zrakoplova i njegovom održavanju tijekom posljednjih desetljeća [14].



Slika 7. Godišnji broj smrtno stradalih osoba na komercijalnim zrakoplovima od 1959. do 2020. godine

Izvor: [14]

Značajnom udjelu zrakoplovnih nesreća doprinosi pogrešno održavanje zrakoplova. Greške u održavanju zrakoplova mogu biti neispravno instalirani dijelovi, dijelovi koji nedostaju, potrebne provjere nisu obavljene i slično, a za takve greške su najčešće zaslužni tehničari za održavanje zrakoplova (engl. *Aviation Maintenance Technicians – AMT*). Često se događa da su greške prisutne, ali nisu vidljive i mogu ostati latentne, utječući na siguran rad zrakoplova tijekom dužih vremenskih razdoblja. Na slici 8 prikazani su glavni uzroci ljudske pogreške koji mogu biti jedan od uzroka nastanka zrakoplovne nesreće ili nezgode [15].

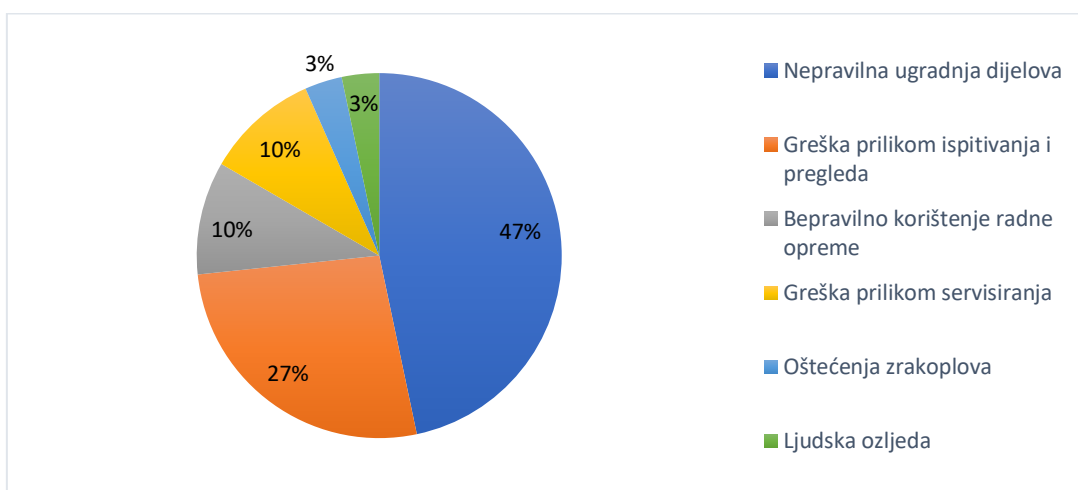
⁴ engl. *Hull Loss* – termin korišten od strane proizvođača zrakoplova Boeing za zrakoplove koji su prilikom nesreće u potpunosti uništeni ili oštećeni i nisu popravljivi. Termin *hull lose* također uključuje događaje pri kojima je zrakoplov nestao ili kad je olupina zrakoplova u potpunosti nedostupna.



Slika 8. Uzroci ljudske pogreške

Izvor: [16]

U samim počecima letenja, oko 80% nesreća bilo je prouzročeno neispravnosti rada stroja, a samo 20% bilo je prouzročeno ljudskom pogreškom. Kasnije se ta statistika preokrenula i danas je oko 80% nesreća prouzrokovano ljudskom greškom, a 20% greškom u radu stroja [17]. Na slici 9 prikazana je klasifikacija grešaka prema vrsti greške koja se javlja u održavanju zrakoplova. Na slici je vidljivo da se najveći postotak grešaka javlja prilikom nepravilne ugradnje dijelova zrakoplova i lošeg ispitivanja i pregleda zrakoplova, koji zajedno predstavljaju oko 74% prijavljenih događaja [18].



Slika 9. Klasifikacija grešaka prema vrsti greške koja se javlja u održavanju zrakoplova

Izvor: [18]

U tablici 2 prikazan je popis čimbenika (ukupno 834) koji se odnose na pogrešku pri instalaciji elemenata na zrakoplov. Postoje brojni čimbenici koji mogu pridonijeti neispravnoj instalaciji elemenata na zrakoplov, te je također moguće da je postojalo više od jednog čimbenika koji su doveli do pogreške, ali da bi se pojednostavio prikaz korišten je jedan temeljni čimbenik. Iz tablice je vidljivo da se najveći broj grešaka prilikom instalacije događa zbog ne pridržavanja uputa [18].

Tablica 2. Čimbenici koji se odnose na pogrešku u instalaciji elemenata na zrakoplov

| Greške u instalaciji | Događaji |
|----------------------------|----------|
| Nepridržavanje uputa | 325 |
| Loša inspekcija | 158 |
| Postavljen pogrešni dio | 96 |
| Dio nije montiran | 73 |
| Pogrešna orijentacija | 54 |
| Križni spoj | 35 |
| Loša inspekcija (neovisna) | 33 |
| Loša inspekcija/test | 32 |
| Panel odvojen u letu | 13 |
| Pogrešna instalacija | 10 |

Izvor: [18]

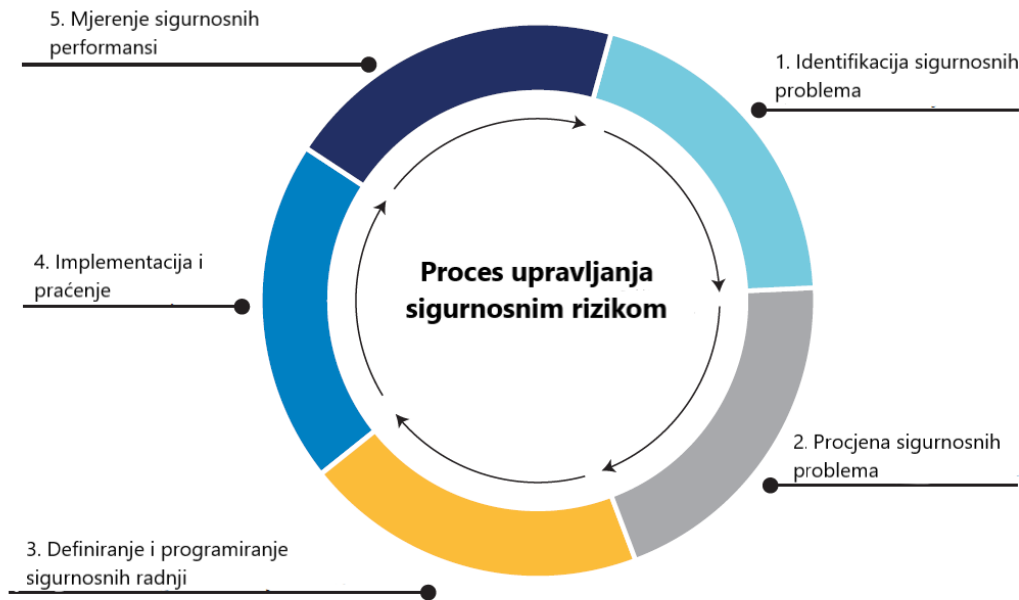
Kako bi se broj zrakoplovnih nesreća što više smanjio, ICAO razvija Globalni plan zrakoplovne sigurnosti (engl. *Global Aviation Safety Plan – GASP*) koji ocrtava strategiju za postizanje globalne sigurnosti civilnog zrakoplovstva i usredotočuje se na učinkoviti nadzor sigurnosti od strane države i njezine sposobnosti upravljanja sigurnošću za razdoblje od 2023. do 2025. godine. Svrha GASP-a je kontinuirano smanjivanje smrtnih slučajeva i rizika od smrtnih slučajeva povezanih sa zrakoplovnim nesrećama, usmjeravanjem usklađenog razvoja i provedbe regionalnih i nacionalnih planova sigurnosti zračnog prometa [19].

Izdanje GASP-a za razdoblje od 2023. do 2025. godine sadrži šest ciljeva [19]:

1. Postizanje kontinuiranog smanjenja operativnih sigurnosnih rizika,
2. Pozivanje svih država da ojačaju svoje sposobnosti nadzora sigurnosti,
3. Provedba učinkovitih državnih programa sigurnosti,
4. Pozivanje država na povećanje suradnje na regionalnoj razini kako bi se povećala sigurnost,
5. Proširenje korištenja industrijskih programa i mreža za razmjenu sigurnosnih informacija,
6. Potreba da se osigura odgovarajuća infrastruktura koja podržava sigurne operacije.

U Europi je razvijen Europski plan za sigurnost zračnog prometa (engl. *European Plan for Aviation Safety – EPAS*) koji predstavlja Regionalni plan sigurnosti zračnog prometa (engl. *Regional Aviation Safety Plan – RASP*) za države članice EASA-e. EPAS postavlja strateške prioritete, strateške čimbenike, glavne rizike koji utječu na europski zrakoplovni sustav i

potrebne radnje za ublažavanje tih rizika radi daljnjeg poboljšanja sigurnosti zračnog prometa u Europi. Glavni sigurnosni rizici i odgovarajuće mjere ublažavanja razvijaju se kroz europski proces upravljanja sigurnosnim rizicima (engl. *Safety Risk Management – SRM*), koji je definiran u pet specifičnih koraka prikazanih na slici 10 [20].



Slika 10. Proces upravljanja sigurnosnim rizikom

Izvor: [20]

5. Faze istrage zrakoplovnih nesreća

Prema Dodatku 13 ICAO-a, istraga zrakoplovnih nesreća je proces koji se provodi u svrhu sprječavanja nesreća i uključuje prikupljanje, evidentiranje i analizu svih informacija, utvrđivanje uzroka nastanka nesreće, izvođenje zaključaka, izradu sigurnosnih preporuka i završnog izvješća [21].

U nastavku je napravljena detaljna analiza triju glavnih faza istraga zrakoplovnih nesreća.

5.1. Prikupljanje podataka

Svaka istraga zrakoplovne nesreće započinje prikupljanjem podataka o toj nesreći. Prioritet su podaci koji se mogu vrlo lako oštetiti, izgubiti, izbrisati, zapaliti i slično. Proces prikupljanja podataka može biti veoma dugotrajan jer istražitelji svakog dana prikupljaju veliki broj informacija vezanih o nesreći koje mogu biti korisne i ključne za otkrivanje uzroka nesreće, ali isto tako mogu dovesti istražitelje na pogrešan put. Važno je da se podaci koji su prikupljeni u početnim danima istrage kombiniraju s podacima koji su prikupljeni u kasnijim fazama istrage [22].

Vrste podataka koje je potrebno prikupiti za provedbu istrage su [22]:

- Podaci o nesreći/nezgodi,
- Meteorološki podaci,
- Tehnički podaci,
- Ljudski faktor.

5.1.1. Podaci o nesreći/nezgodi

Prikupljaju se svi važni referentni podaci o nesreći/nezgodi kao što su meteorološki podaci, podaci o performansama zrakoplova i podaci od pružatelja usluga u zračnoj plovidbi [22].

Slika 11 prikazuje sadržaj prikupljenih podataka. Prikupljeni podaci moraju sadržavati datum i vrijeme u koordiniranom svjetskom vremenu (engl. *Coordinated Universal Time* – UTC) i lokalnom srednjem vremenu (engl. *Local Mean Time* – LMC), zatim lokaciju (podatke o lokaciji, referentnu mrežu, visinu i topografiju), polazišnu zračnu luku, visinu leta, odredište, međustanice s procijenjenim vremenom dolaska (engl. *Estimated Time of Arrival* – ETA) i procijenjenim vremenom odlaska (engl. *Estimated Time of Departure* – ETD) te radarske putanje [22].



Slika 11. Sadržaj prikupljenih podataka

Izvor: [22]

5.1.2. Meteorološki podaci

Prilikom prikupljanja podataka značajnu ulogu imaju podaci o vremenskoj prognozi i lokalni vremenski uvjeti koji su prevladavali u vremenu nastanka nesreće, koji su mogli značajno utjecati na performanse zrakoplova [22]. Na slici 12 prikazano je što se sve ubraja u meteorološke podatke.



Slika 12. Meteorološki podaci

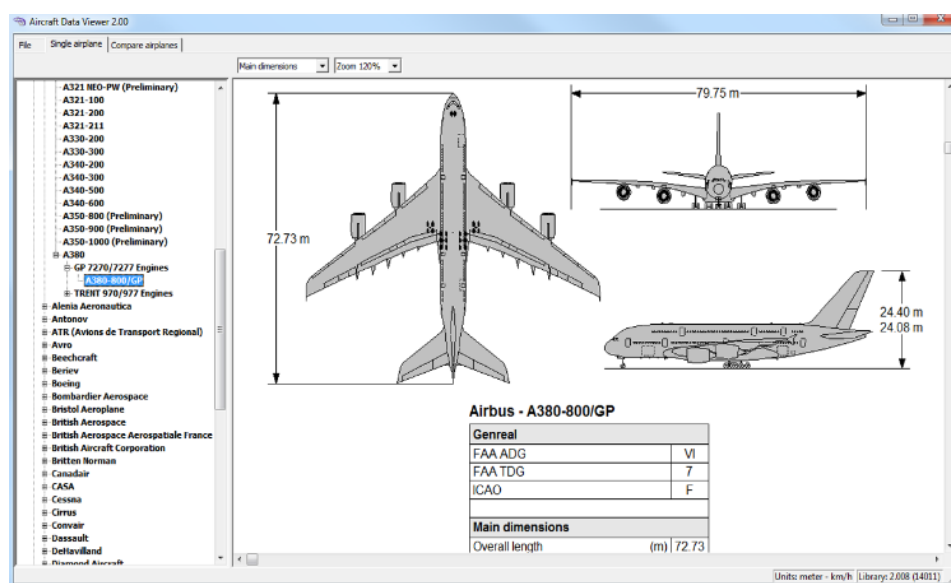
Izvor: [22]

Nesreće povezane s vremenskim uvjetima uglavnom se događaju zbog gubitka kontrole nad zrakoplovom i to kao posljedica [23]:

- Turbulencije, kao što su grmljavinske oluje koje mogu biti dovoljno značajne da izazovu strukturalna oštećenja zrakoplova,
- Stvaranje leda na zrakoplovu što može promijeniti aerodinamičke karakteristike zrakoplova i uzrokovati oštećenje ili gubitak funkcije motora te ozbiljno utjecati na performanse zrakoplova,
- Smanjenja vidljivosti povezana s oblacima, maglom ili pješčanim olujama, može otežati ili čak onemogućiti siguran let,
- Površinske kontaminacije; stajaće vode, led ili snijeg na uzletno-sletnoj stazi i ostalim manevarskim površinama,
- Brzine vjetra koji može značajno utjecati na gubitak kontrole smjera slijetanja i uzlijetanja,
- Kiše, tuče i snijega,
- Udara groma koji može biti uznemirujući za putnike i posadu, te može nanijeti i fizička oštećenja na zrakoplovu, ali vrlo rijetko ugrožavajući sigurnost zrakoplova.

5.1.3. Tehnički podaci

Tehnički podaci odnose se na podatke o fizičkim karakteristikama zrakoplova kao što su raspon krila, duljina, širina i visina zrakoplova, vrsta pogona i slično. Prikaz glavnih dimenzija zrakoplova nalazi se na slici 13 u pogledu odozgo, sprijeda i sa strane za zrakoplov A380-800/GP [24]. Na slici je prikazan raspon krila, dužina i visina zrakoplova A380-800/GP.



Slika 13. Tehnički podaci zrakoplova

Izvor: [24]

Tehnički podaci također mogu biti od velike pomoći prilikom rekonstruiranja nesreće ili izradu simulacije. Ako se pravilno koriste, simulatori leta mogu pomoći istražiteljima da bolje razumiju što se dogodilo tijekom događaja kroz oči sudionika. Međutim, treba napomenuti da korištenje simulatora podliježe određenim ograničenjima. Neke situacije mogu se simulirati bolje od drugih, a istraživač mora biti u potpunosti svjestan ograničenja i koristiti druge odgovarajuće metode za dopunu rezultata dobivenih simulatorom [25].

Simulatori leta vrlo su korisni za [25]:

- rekonstrukcije ponašanja zrakoplova u većini situacija,
- rekonstrukcije određenih kvarova opreme (kvar motora, kvar hidraulike),
- rekonstrukcije događaja koji su povezani s vidljivošću (magla).

Situacije u kojima su simulatori leta ograničene vrijednosti su [25]:

- situacije u kojima dolazi do velikih G sila,
- prilikom procjene utjecaja događaja na osobu,
- pojedini kvarovi opreme koji nisu dobro dokumentirani.

5.1.4. Ljudski faktor

Većina istražitelja zrakoplovnih nesreća koristi izjave svjedoka kako bi rekonstruirali događaje. Sljedeće prakse općenito daju bolju priliku za dobivanje najkorisnijih informacija [25]:

- izjave je potrebno uzeti ubrzo nakon događaja, inače bi sjećanja svjedoka mogla izbljediti,
- niti jednu izjavu ne treba odbaciti, a izjava svjedoka s iskustvom u zrakoplovstvu nije nužno najvrjednija,
- usmeni oblik je bolji od pisanog jer većina ljudi teži sažimanju umjesto da daju što više detalja,
- snimanje intervjua (uz pristanak osobe) bolje je od vođenja bilješki. Ovo je osobito istinito ako je broj svjedoka velik, budući da se ispitivač može usredotočiti na "zanimljive" informacije i izostaviti činjenice koje drugi svjedoci ponavljaju,
- pojedinačni intervju je poželjniji od grupne sesije. Prvo, u grupnoj aktivnosti jedna (ili više) osoba može utjecati na druge, a drugo, neki ljudi ne žele govoriti u javnosti,
- ne preporuča se prekidanje svjedoka jer će to najvjerojatnije uzrokovati da svjedok izgubi tok misli i time mogu biti propuštene ključne informacije. Najbolje je saslušati cijelu priču i zatražiti pojašnjenje kasnije,
- važno je da se osoba osjeća ugodno tijekom intervjua. To bi povećalo vjerojatnost da će ponovno kontaktirati istražitelja ako se sjetite nečega što su propustili tijekom razgovora.

5.2. Analiza podataka

Analiza podataka vrši se paralelno s prikupljanjem podataka. Analiza mora dati argumentaciju o tome zašto se događaj dogodio i omogućiti donošenje zaključaka i identifikaciju sigurnosnih radnji za uklanjanje ili ublažavanje rizika. Na temelju prikupljenih i analiziranih podataka donose se zaključci o nesreći prema sljedećim kategorijama [26]:

- Glavni (izravni) uzrok nesreće i čimbenici koji su njoj doprinijeli,
- Nalazi kojima su se identificirale dodatne opasnosti, ali koje nisu imale izravni utjecaj na događaj,
- Ostali nalazi koji mogu poboljšati sigurnost operacija i razriješiti nejasnoće ili kontroverze.

Također, Identificiraju se sigurnosne preporuke i radnje koje treba poduzeti kako bi se uklonili ili ublažili nedostaci utvrđeni istragom. Sigurnosne preporuke glavni su proizvod svake istrage i dio su završnog izvješća [26].

5.3. Izlaganje dokaza i Završno izvješće

Dodatak 13 Čikaške konvencije sadrži standarde koji od država ugovornica zahtijevaju da prijave informacije o svim zrakoplovnim nesrećama, koje uključuju zrakoplove MTOM veće od 2.250 kilograma, ICAO-u. Podaci o nesreći ili ozbiljnoj nezgodi šalju se u bazu podataka sustava za prijavu podataka o nesreći/nezgodi (engl. *Accident/Incident Data Reporting* – ADREP). ADREP sustav prima, pohranjuje i dostavlja državama podatke o nesreći/nezgodi koji im pomažu u postizanju sigurnosti [27].

Kada ADREP sustav zaprimi izvješća od država, te informacije se prvo provjeravaju, a zatim pohranjuju na računalo. Pohranjene informacije čine banku podataka o nesrećama/nezgodama koje su se dogodile diljem svijeta, a državama pružaju sljedeće usluge [27]:

- dvomjesečni sažetak primljenih izvješća, pružajući državama ažuriranu sliku značajnih događaja na svjetskoj razini, kao i priliku provjere vlastitih izvješća,
- godišnje statistike ADREP-a (statističke informacije o vrstama događaja koji su se dogodili i u kojim fazama leta su se dogodili),
- odgovara na zahtjeve država za određenim informacijama u obliku „ADREP zahtjeva za informacijama.“

Na kraju svake istrage, napredak i rezultati istrage (uključujući i sve sigurnosne preporuke) moraju se objaviti putem Preliminarnog i Završnog izvješća. Svrha Preliminarnog izvješća je brzo priopćiti podatke dobivene tijekom ranih faza istrage. Preliminarna i Završna izvješća, zajedno sa svim sigurnosnim preporukama, šalju se državama i organizacijama uključenim u istragu. U praksi, ne izdaju sve države Preliminarna izvješća, ali mnoge izdaju

Privremena izvješća i to ukoliko se utvrdi da značajne informacije za koje se procijeni da su važne, izađu na vidjelo u ranim fazama istrage [28].

Završno izvješće se sastoji od sljedećih poglavlja [28]:

- Naslov,
- Sinopsis,
- Tijelo,
- Analiza,
- Zaključci,
- Sigurnosne preporuke,
- Prilozi.

Završno izvješće započinje naslovom koji sadrži naziv operatera; naziv proizvođača, model, državna pripadnosti registracijske oznake zrakoplova te mjesto i datum nesreće ili nezgode [29].

Nakon naslova slijedi sinopsis koji ukratko opisuje sve relevantne informacije [28]:

- Obavijest o nesreći domaćim i stranim tijelima,
- Organizacija istrage,
- Tijelo koje je izdalo izvješće i datum objave,
- Kratak pregled okolnosti koje su dovele do nesreće.

Tijelo završnog izvješća sastoji se od nekoliko odjeljaka, a oni su sljedeći [28]:

1. Činjenične informacije:
 - a. povijest leta, broj leta, vrsta operacije, zadnja točka polaska, vrijeme polaska i točka namjeravanog slijetanja,
 - b. priprema leta, opis leta i događaja koji su doveli do nesreće, uključujući rekonstrukciju značajnog dijela putanje leta ako je potrebno,
 - c. lokacija (geografska širina i dužina, nadmorska visina).
2. Ozljede osoba (smrtonosne, ozbiljne ili minorne ozljede putnika, posade i ostalih osoba u zrakoplovu).
3. Oštećenja zrakoplova – kratak prikaz štete koju je zrakoplov pretrpio u nesreći (uništen, znatno oštećen, mala oštećenja ili bez oštećenja).
4. Ostala oštećenja – kratak opis štete koju su pretrpjeli objekti koji nisu zrakoplov.
5. Podaci o osoblju:
 - a. odgovarajuće informacije koje se odnose na svakog člana letačke posade uključujući dob, valjanost dozvola, ovlaštenja, obvezne provjere, letačko iskustvo i relevantne informacije o vremenu na dužnosti,
 - b. kratka izjava o kvalifikacijama i iskustvu ostalih članova posade,
 - c. odgovarajuće informacije o drugom osoblju kao što su službe zračnog prometa, održavanje i slično,
6. Informacije o zrakoplovu:

- a. kratka izjava o plovidbenosti i održavanju zrakoplova (indikacije nedostataka poznatih prije i tijekom leta koje treba uključiti ako imaju bilo kakvog utjecaja na nesreću),
 - b. kratka izjava o performansama i jesu li masa i težište zrakoplova bili unutar propisanih granica,
 - c. vrsta korištenog goriva.
7. Meteorološke informacije:
 - a. Kratka izjava o meteorološkim uvjetima koji odgovaraju okolnostima, uključujući prognozu i stvarne uvjete, te dostupnost meteoroloških informacija posadi,
 - b. Uvjeti prirodne svjetlosti u vrijeme nesreće (sunčeva svjetlost, mjesečina, sumrak).
 8. Komunikacije – odgovarajuće informacije o zrakoplovnim mobilnim i fiksnim komunikacijama i njihovoj učinkovitosti.
 9. Zapisnici leta – Lokacija snimača leta u zrakoplovu, njihovo stanje pri oporavku i relevantni podaci dostupni iz njih.
 10. Informacije o olupini i udaru – opće informacije o mjestu nesreće i rasporedu olupine, otkriveni materijalni kvarovi ili kvarovi komponenti.
 11. Medicinske i patološke informacije – kratak opis rezultata poduzete istrage i iz nje dostupnih relevantnih podataka, a medicinski podaci koji se odnose na dozvole letačke posade trebaju biti uključeni u podatke o osoblju.
 12. Vatra – ako je došlo do požara, podaci o prirodi događaja, korištenoj opremi za gašenje požara i njezinoj učinkovitosti.
 13. Aspekti preživljavanja – kratak opis potrage, evakuacije i spašavanja, položaj posade i putnika u odnosu na zadobivene ozljede, kvar struktura kao što su sjedala i pričvršćenja sigurnosnih pojaseva.
 14. Ispitivanja i istraživanja – kratke izjave o rezultatima ispitivanja i istraživanja.
 15. Organizacijske i upravljačke informacije – odgovarajuće informacije o organizacijama i njihovom menadžmentu koji su uključeni u utjecaj na rad zrakoplova.
 16. Dodatne informacije – relevantne informacije koje nisu već uključene u povijest leta.
 17. Korisne ili učinkovite istražne tehnike – ako su tijekom istrage korištene korisne ili učinkovite istražne tehnike potrebno je navesti razloge korištenja tih tehnika i opis dobivenih rezultata.

Nakon tijela slijedi analiza informacija koje su dokumentirane u odjeljku „Činjenične informacije“ koje su relevantne za određivanje zaključaka i uzroka nastanka nesreće/nezgode. U zaključcima navedeni su nalazi i uzroci nesreće/nezgode koji su utvrđeni istragom. Popis uzoraka bi trebao uključivati neposredne i dublje systemske uzroke nesreće/nezgode. Nakon zaključaka potrebno je navesti sigurnosne preporuke koje su dane u svrhu sprječavanja nesreća i svih korektivnih radnji koje proizlaze iz toga. Na samom kraju Završnog izvješća nalaze se prilozi koji uključuju sve relevantne informacije koje se smatraju potrebnima za razumijevanje izvješća [28].

6. Pregled zrakoplovnih nesreća uzrokovanih greškom u održavanju zrakoplova

Greškom u održavanju zrakoplova smatra se nenamjerno propuštanje zadataka održavanja zrakoplova i/ili nerad, a čija je greška i/ili nerad dovela do zrakoplovne nesreće ili nezgode [29].

Uobičajene pogreške u održavanju uključuju [29]:

- odstupanja u električnom ožičenju,
- rasuti predmeti ostavljeni u avionu,
- neispravna ugradnja komponenti,
- ugradnja pogrešnih dijelova,
- neadekvatno podmazivanje,
- pristupne ploče, oplata ili poklopci koji nisu osigurani,
- poklopci za gorivo ili ulje i ploče za gorivo koje nisu pričvršćene.

U ovom poglavlju biti će obrađene dvije studije slučaja. Prva studija slučaja odnosi se na zrakoplovnu nesreću zračnog prijevoznika United Airlines-a, koja se dogodila 19. srpnja 1989. godine, a čiji je uzrok bio kvar repnog motora zrakoplova DC-10 za vrijeme horizontalnog leta što je rezultiralo padom zrakoplova prilikom slijetanja na zračnu luku Sioux Gateway. Druga studija slučaja odnosi se na zrakoplovnu nesreću zrakoplova Douglas DC-3C, zračnog prijevoznika Buffalo Airways-a. Jedan od uzroka ove nezgode bio je kvar motora koji je nastao zamorom određenih dijelova motora, a tomu je prethodilo preopterećenje zrakoplova.

6.1. Studija slučaja 1: United Airlines Flight 232

Zrakoplov DC-10 poletio je s međunarodne zračne luke Stapleton u Denveru s ciljem slijetanja na međunarodnu zračnu luku Philadelphia, uz međuslijetanje na zračnoj luci O'Hare u Chicagu. Međutim, tijekom faze krstarenja zrakoplova, došlo je do eksplozije repnog motora. Letačka posada uspješno je zadržala kontrolu nad zrakoplovom, no prilikom prisilnog slijetanja na zračnu luku Sioux Gateway, posada je izgubila kontrolu nad zrakoplovom, što je rezultiralo padom zrakoplova nedaleko od uzletno-sletne staze. Na letu United Airlines-a 232 bilo je ukupno 285 putnika i 11 članova posade [30]. Na slici 14 prikazan je zrakoplov McDonnell Douglas DC-10, dok su u tablici 3 prikazani osnovni podaci o letu United Airlines-a 232.



Slika 14. McDonnell Douglas DC-10

Izvor: [31]

Tablica 3. Podaci o letu UA232

| PODACI O LETU | |
|-------------------------|--|
| Tip zrakoplova | McDonnell Douglas DC-10 |
| Operator | United Airlines |
| Registracija zrakoplova | N1819U |
| Broj leta | UA232 |
| Pogonski sustav | 3 General Electric CF6-6D |
| Posada | 11 |
| Putnici | 285 |
| Početna zračna luka | Međunarodna zračna luka Denver-Stapleton |
| Završna zračna luka | Međunarodna zračna luka Philadelphia |
| Datum nesreće | 19. srpnja 1989. |
| Vrijeme nesreće | 16:00 |
| Lokacija nesreće | Sioux Gateway Airport |

Izvor: [31]

6.1.1. Iskustvo pilota

Kapetan zrakoplova je 1987. godine kvalificiran za kapetana DC-10 nakon što je prethodne dvije godine služio kao kapetan Boeing-a 727. Imao je ukupno 29.967 sati leta, od toga 7.190 na zrakoplovu DC-10, te je njegova posljednja provjera stručnosti bila tri mjeseca prije nesreće. Prvi časnik imao je približno 20.000 sati leta, od toga 665 na zrakoplovu DC-10, te je uspješno prošao provjeru stručnosti, jedanaest mjeseci prije nesreće. Drugi časnik imao je približno 15.000 sati leta, od toga samo 33 na zrakoplovu DC-10 i tek je završio tranzicijski trening, mjesec dana prije nesreće, a njegova posljednja provjera stručnosti bila je upravo na

letu 232. U avionu se također nalazio i kapetan za obuku koji nije bio na dužnosti, ali je asistirao posadi tijekom hitnog slučaja. Imao je ukupno 23.000 sati leta, od toga 2.987 na zrakoplovu DC-10 i 79 sati leta kao kapetan [32].

6.1.2. Meteorološki uvjeti

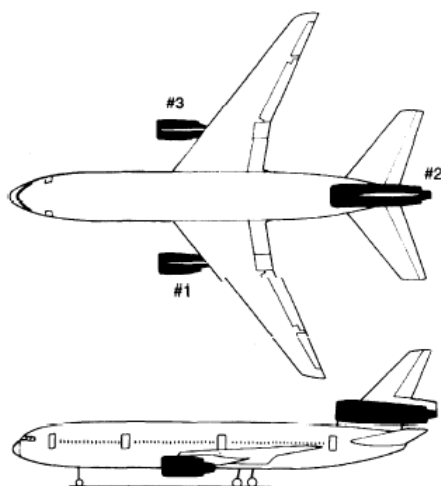
Za vrijeme nesreće, na zračnoj luci Sioux Gateway, procijenjeno je da je strop oblaka bio na visini od 1.200 metara s rijetkim kumulus oblacima i vidljivosti od 24 kilometara. Vjetar se mijenjao i puhao brzinama od 20 do 25 km/h [32].

6.1.3. Nesreća – slijed događaja

Zrakoplov DC-10 zračnog prijevoznika United Airlines-a poletio je iz međunarodne zračne luke Denver-Stapleton (Colorado, SAD), u 14:09 sati. Uzlijetanje i uspon do planirane razine leta FL370⁵ protekli su bez incidenata [32].

Otprilike sat vremena nakon polijetanja, posada čuje glasnu eksploziju praćenu vibracijama i podrhtavanjem konstrukcije zrakoplova. Prvi časnik, kao kapetan zrakoplova, hvata kormilo aviona, dok drugi časnik provjerava instrumente u pilotskoj kabini. Nakon provjere instrumenata motora, letačka posada utvrdila je da je motor broj dva, koji se nalazi na repu zrakoplova, otkazao. Posada zrakoplova nije bila u mogućnosti ugasiti motor broj dva jer je došlo do zaglavljenja poluge i ventila za dovod goriva, no uspjela je aktivirati ventil za zatvaranje vatrozida, te je dovod goriva repnom motoru bio prekinut. Nadalje, drugi časnik primjećuje da mjerači hidrauličkog tlaka u zrakoplovu pokazuju nulu. Letačka posada pokušala je povratiti hidrauličku snagu tako da je aktivirala generator za zračni pogon (engl. *Air Driven Generator* – ADG) koji napaja pomoćnu hidrauličnu pumpu na motoru broj jedan, no bezuspješno. Prvi časnik zaključuje da ne može kontrolirati zrakoplov te da je ušao u desni zaokret i da je zrakoplov u silaznoj putanji. Kapetan zrakoplova uvidio je da zrakoplov ne reagira na zahtjeve letačke posade te preuzima kontrolu nad zrakoplovom i uspijeva djelomično održavati kontrolu tako što naizmjenično pali i gasi prvi i treći motor [32]. Na slici 15 prikazane su pozicije motora jedan, dva i tri na zrakoplovu DC-10.

⁵ Razina leta do 37.000 stopa ili oko 11.300 metara

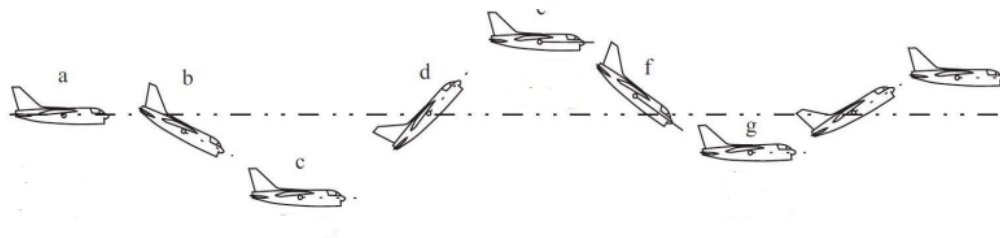


Slika 15. Pozicije motora jedan, dva i tri na zrakoplovu DC-10

Izvor: [33]

U 15:20 letačka posada radiom poziva Centar za kontrolu zračne plovidbe u Minneapolisu (engl. *Air Route Traffic Control Center* – ARTCC) te traži hitnu pomoć i upute do najbliže zračne luke. Zračna luka Sioux Gateway bila je udaljena 80 kilometara od trenutne pozicije zrakoplova i to se činilo kao najbolja opcija za slijetanje. Putnici su ubrzo nakon eksplozije motora bili obavješteni o situaciji i kabinsko osoblje ih je pripremlilo na prisilno slijetanje. Kapetan za obuku koji tada nije bio na dužnosti i koji sjedi na putničkom sjedalu prve kase, izvršio je vizualni pregled krila zrakoplova kroz prozore putničke kabine, te je izvjestio kapetana zrakoplova da su krilca podignuta, ali da nisu oštećena [32].

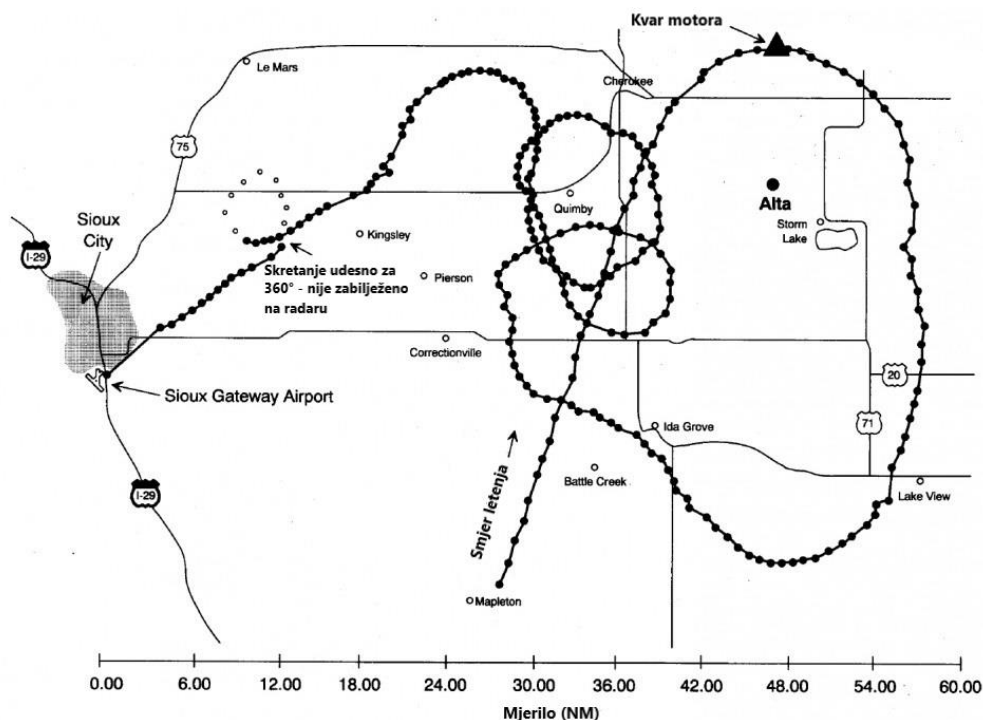
U 15:31 posada potvrđuje kako se stanje hidrauličkog tlaka nije promijenilo i da su unutarinja zakrilca okrenuta prema gore. Kada je zrakoplov bio udaljen 56 kilometara od zračne luke, posada je počela izbacivati gorivo iz zrakoplova. Nadalje, posada je morala uzeti u obzir stvaranje tzv. fugoida, od kojih je svaki trajao između 40 i 60 sekundi. Fugoid (slika 16) je uzdužna oscilacija uzrokovana pomicanjem zrakoplova duž uzdužne osi, a nastaje zbog velikih upadnih kutova krila i repa. Pod uvjetom da je snaga konstantna, fugoidi bi se trebali prigušiti nakon nekoliko ciklusa dizanja nosa prema gore i dolje. Međutim, posada nikada nije uspjela u potpunosti eliminirati fugoide zbog tipičnih letnih karakteristika DC-10 i nemogućnosti da zrakoplov održi stalan horizontalan let [32].



Slika 16. Prikaz fugoida

Izvor: [34]

Posada se suočila s dodatnim problemom, a to je predviđeno vrijeme u kojem bi zrakoplov trebao doći do zračne luke, prema zadanom smjeru letenja i na zadanoj visini. Budući da posada nije mogla održavati konstantnu brzinu spuštanja, koristili su osnovnu DC-10 formulu kao vodič, a to je da za svakih 300 metara spuštanja, zrakoplov prijeđe 5 kilometara. Budući da je zrakoplov uzastopno skretao udesno, posada je morala napraviti nekoliko serija desnih zaokreta dok nisu stigli u blizinu zračne luke, kao što je prikazano na slici 17 [32].



Slika 17. Putanja kretanja zrakoplova DC-10

Izvor: [33]

Kada je zrakoplov bio udaljen 33 kilometara od zračne luke, kontrola zračne plovidbe zatražila je da pilot proširi zaokretni luk zrakoplova više ulijevo kako bi bio bolje poravnat s uzletno-sletnom stazom, ali i da leti što dalje od grada. Zrakoplov DC-10 bio je poravnat sa stazom 22 čija je duljina oko 2.025 metara, ali plan kontrole zračne plovidbe bio je da zrakoplov sleti na stazu 33. Usprkos tome, kontrola zračne plovidbe uspjela je račistiti stazu 22 u trenutku kada je zrakoplov bio u blizini praga uzletno-sletne staze [32].

Glatke oscilacije u nagibu i okretanju nastavile su se sve do neposredno prije dodira s uzletno-sletnom stazom. Kapetan je izjavio da se oko 30 metara iznad tla nos i desno krilo zrakoplova počinju naginjati sve više saginjati prema tlu. Kapetan zrakoplova nastavio je manipulirati prigušivačima motora jedan i tri sve dok zrakoplov nije dodirnuo tlo. Zrakoplov je dotaknuo prag malo lijevo od središnje linije na pisti 22 u 16:00. Šesnaest sekundi kasnije se srušio i počeo klizati izvan uzletno-sletne staze, te se zaustavio nekoliko desetaka metara dalje od staze. Zrakoplov je prilikom udarca u uzletno-sletnu stazu stvorio udubinu od 45 centimetara, a tome je zaslužan završni fugoid i repni vjetar koji su prouzročili da zrakoplov udari u tlo brzinom od približno 400 km/h [32]. Na slici 18 prikazano je mjesto pada zrakoplova DC-10 i putanja kojom se zrakoplov kretao sve dok se nije u potpunosti zaustavio.

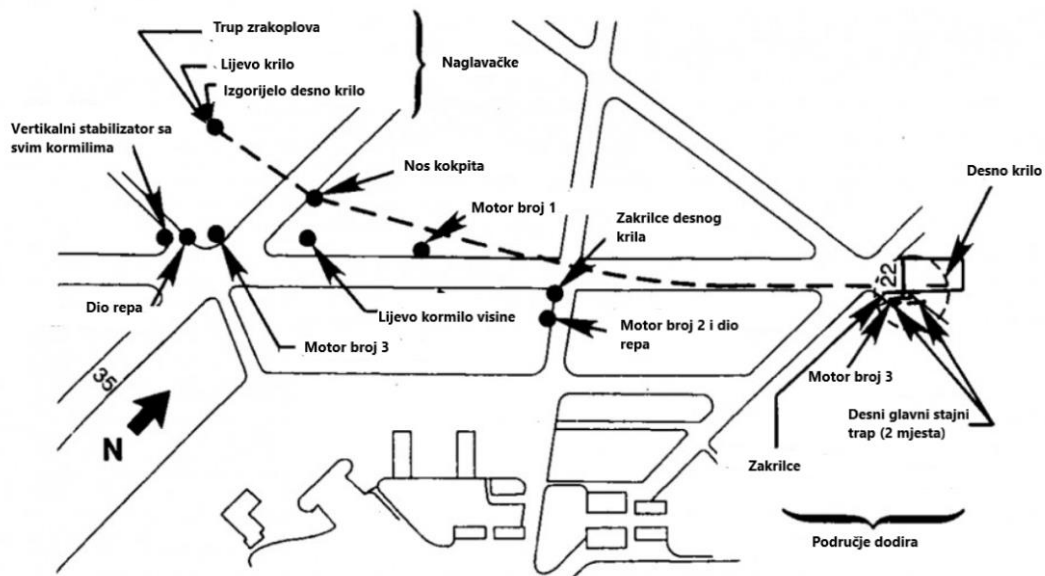


Slika 18. Mjesto pada i putanja kretanja zrakoplova DC-10

Izvor: [31]

Vrh desnog krila zrakoplova, desni glavni stajni trap i motor tri udarili su u tlo gotovo istovremeno. Rep i vrh desnog krila zrakoplova su se odlomili, što je uzrokovalo izlivanje goriva po putanji kojom je zrakoplov klizao. Bez težine na stabilizatoru, stražnji dio aviona se podigao što je uzrokovalo da nos zrakoplova odskoči tri puta. Na nekoliko sekundi avion se podigao od tla i udario natrag u tlo, što je rezultiralo tome da se odjeljak kokpita odvoji od trupa [32].

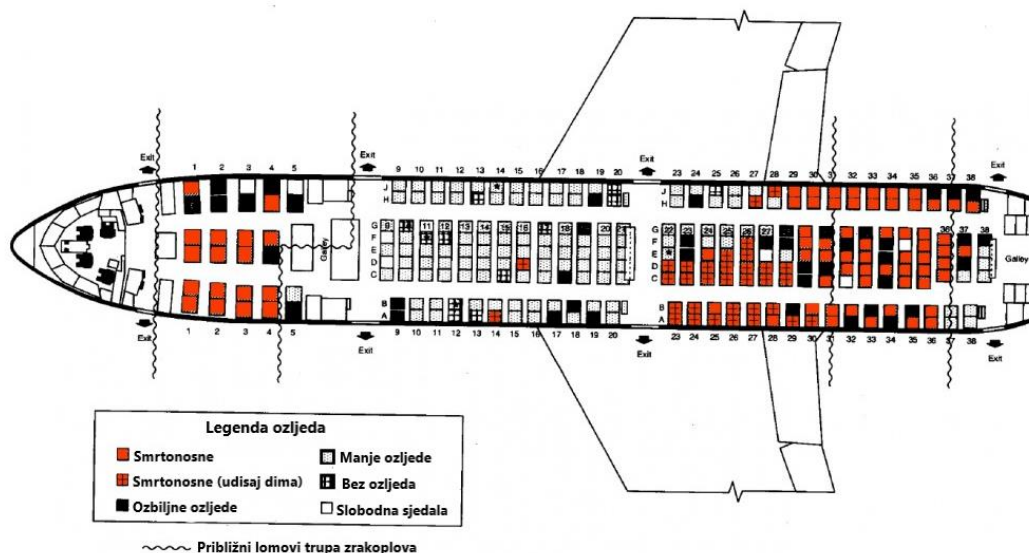
Središnji dio trupa zrakoplova bio je najviše oštećen od udarca u tlo kao i prednja kabina zrakoplova. Vatra koja se pojavila nakon sudara, uništila je veliki dio dijelova zrakoplova, uključujući oba krila. Većina dijelova zrakoplova pronađena u krugu mjesta nesreće, iako su pojedini dijelovi, kao što su dijelovi motora dva, pronađeni na obližnjim poljima devet mjeseci nakon nesreće [32]. Na slici 19 vidljiva je putanja kretanja zrakoplova od točke dodira s uzletno-sletnom stazom do krajnjeg mjesta zaustavljanja, te su prikazana mjesta na kojima su pronađeni pojedini dijelovi zrakoplova.



Slika 19. Putanja olupine zrakoplova DC-10 i mjesta pronađenih dijelova zrakoplova na zračnoj luci Sioux Gateway

Izvor: [33]

Od ukupno 296 osoba u zrakoplovu, 110 putnika i jedna stjuardesa/stjuard zadobili su smrtonosne ozljede. Kada se kokpit odvojio od prednje kabine, putnici prve klase postali su nezaštićeni i izloženi najvećem udaru, u kojem je sedamnaest putnika izgubilo živote, a osam zadobilo ozbiljne ozljede. Najveći broj osoba koji su preživjeli nalazili su se u središnjem dijelu zrakoplova, iako je taj dio zrakoplova bio okrenut naopačke i zahvaćen vatrom. Putnici koji su se nalazili u stražnjem lijevom dijelu zrakoplova, njih 33, je smrtno stradalo najviše zbog udisanja dima ili ozljeda koje su zadobili zbog urušavanja stropa zrakoplova. Međutim, pojedini putnici koji su se nalazili na stražnjem desnom dijelu zrakoplova, uspjeli su se spasiti jer na tom dijelu nije bilo većeg urušavanja [32]. Podaci o ozljedama putnika i posade prikazani su na slici 20. Također, na slici se mogu vidjeti mjesta na kojima se trup zrakoplova prelomio.

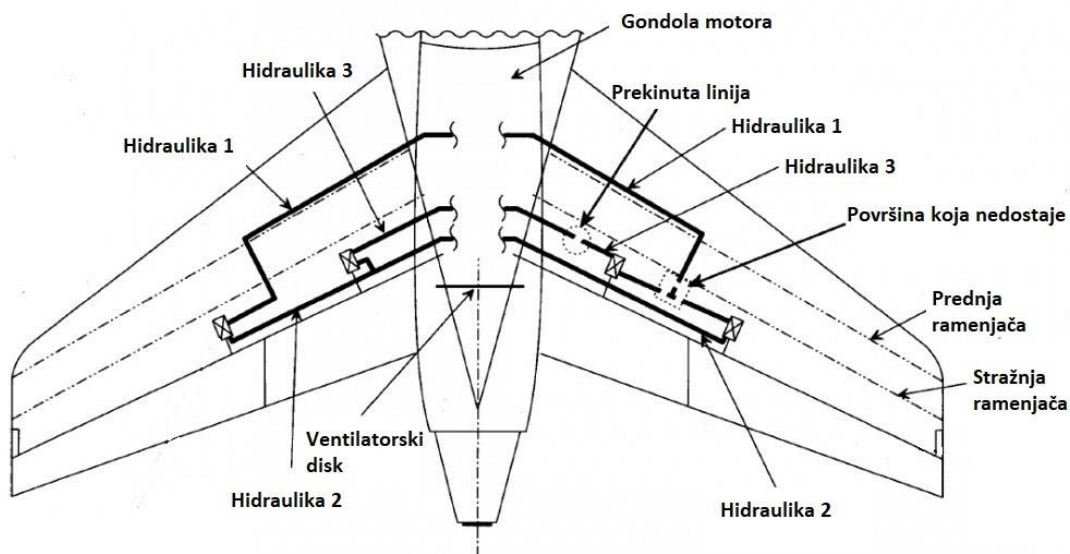


Slika 20. Podaci o ozljedama putnika na letu United Airlines-a 232

Izvor: [33]

6.1.4. Istraga

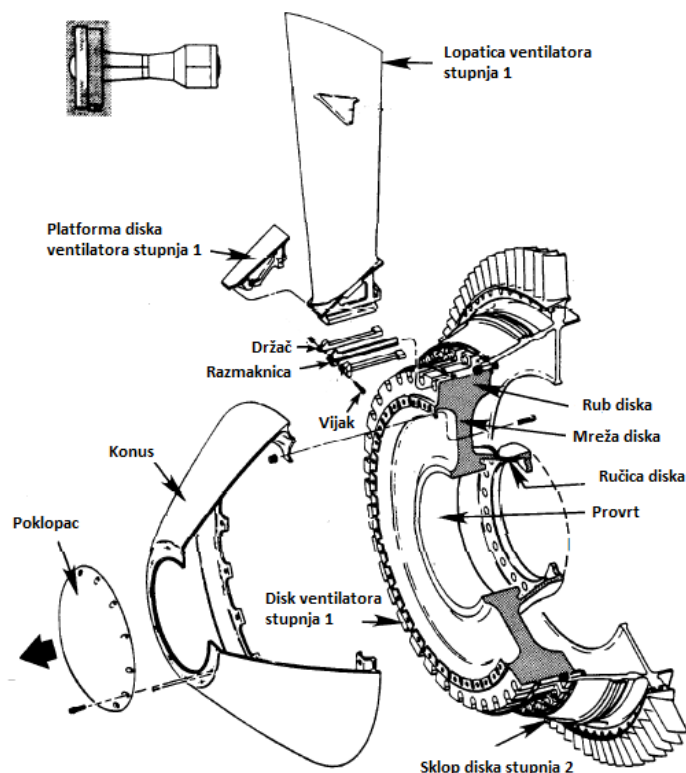
Odbor za sigurnost, utvrdio je da je slijed nesreće započeo katastrofalnim odvajanjem diska ventilatora 1. stupnja od motora dva tijekom horizontalnog leta. Odvajanje, cijepanje i snažno pražnjenje neobuzdanih dijelova motora dva, doveli su do gubitka tri hidraulička sustava koji su pokretali kontrole leta aviona [32]. Na slici 21 vidljiva su mjesta na kojima je došlo do oštećenja horizontalnog stabilizatora i hidrauličkih sustava.



Slika 21. Oštećenje horizontalnog stabilizatora i hidrauličkih sustava na zrakoplovu DC-10

Izvor: [32]

Na slici 22 prikazan je sklop motora zrakoplova DC-10. Sklop rotor-ventilator *General Electric* motora CF6-6 sastoji se od velikog diska 1. stupnja i njegovih pričvršćenih lopatica ventilatora i držača. Manji disk 2. stupnja i njegove pričvršćene lopatice ventilatora također čine glavni sklop motora. Disk ventilatora 1. stupnja ima masu od 170 kilograma i obložen je legurom titana promjera 81 centimetar. Rub diska debeo je oko 13 centimetara i vanjski je dio diska. Rub sadrži aksijalne proreze koji zadržavaju lopatice ventilatora. Također, disk ventilatora 2. stupnja pričvršćen je vijcima na stražnju stranu ruba. Provrt je debeo oko 8 centimetara i povećani je dio diska uz središnju rupu promjera 28 centimetara. Između ruba i provrta proteže se mreža diska, koja je debela oko 2 centimetara [32].



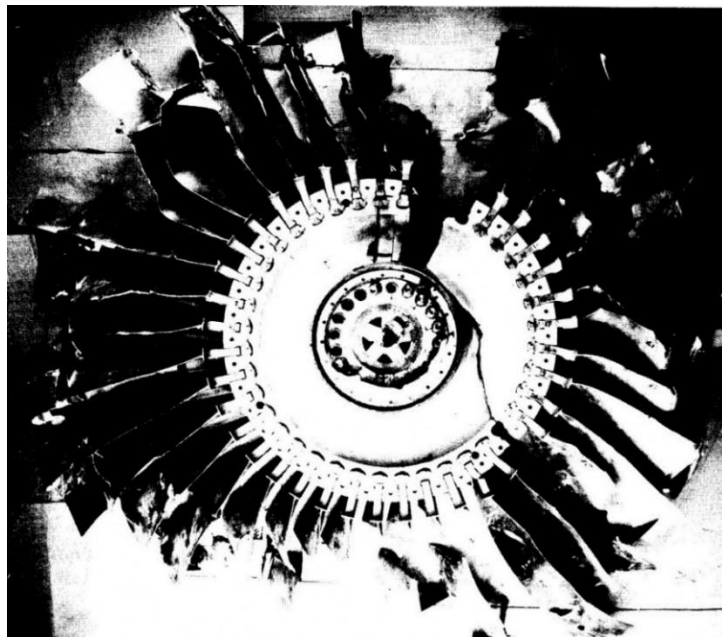
Slika 22. Sklop zrakoplova DC-10

Izvor: [33]

Ispitivanjem površine loma diska ventilatora pokazalo se da je došlo do zamora na unutarnjem promjeru provrta, za koje se vjeruje da je počelo u ranoj fazi životnog vijeka diska. Istražitelji su zabilježili da je oštećeno područje napuklo kada je disk bio izložen naprezanjima povezanim s punom snagom motora. Zbog posebne geometrije diska ventilatora i putanje opterećenja unutar diska, lom je stvorio moment savijanja u ručici i mrežici diska. Ovo je preopteretilo disk, što je dovelo do pucanja segmenta oštrice. Čim se to dogodilo, ostatak diska bio je izvan ravnoteže, uzrokujući da druge oštrice i fragmenti eksplodiraju prema van. Desni horizontalni stabilizator i donji dio trupa bili su podvrgnuti oštećenju zbog ove reakcije [32].

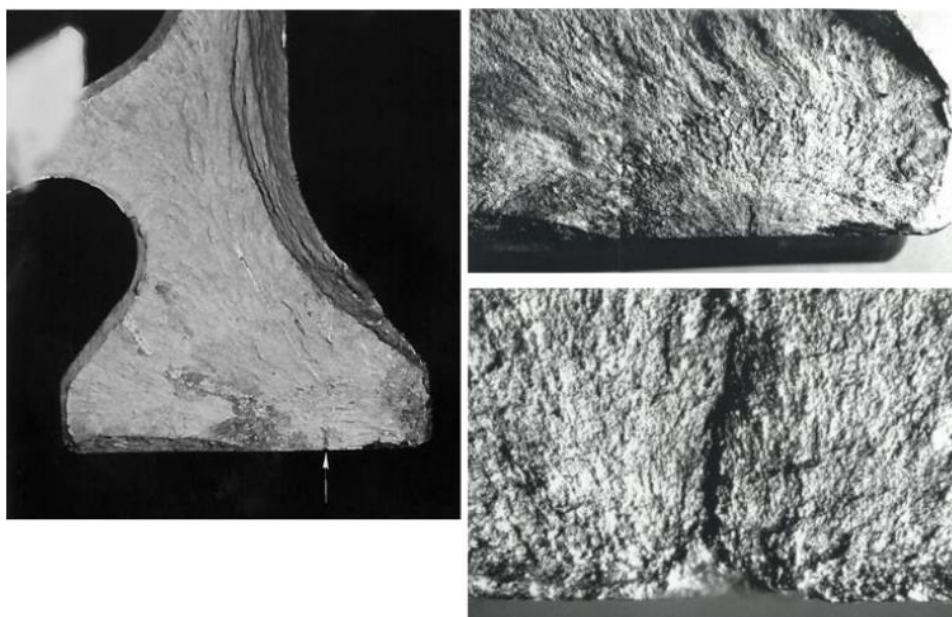
Tri su primarna koraka u proizvodnji diskova ventilatora od legure titana. Prvi je obrada materijala, zatim kovanje i na kraju slijedi završna strojna obrada. U prvom koraku dolazi do taljenja sirovina, obrade i kovanja kalupa. Kalup se zatim oblikuje u peći za taljenje i reformira

u leguru za daljnju obradu. Drugi korak uključuje rezanje legure na manje komade koji se zatim kuju u geometrijske oblike. Posljednji korak uključuje strojnu obradu kovanog oblika u konačni oblik. Odbor za sigurnost utvrdio je da je pukotina, duga 13 centimetara, nastala zbog zamora u materijalu legure titana, tijekom proizvodnje kalupa od kojeg je disk iskovan. General Electric proveo je mnoge vrste inspekcija bez razaranja, uključujući tzv. *makroetch* postupak kojim se otkrivaju mikropukotine koje ukazuju na nedostatke povezane s materijalom. Prema Odboru za sigurnost, greška bi bila vidljiva da je dio bio ispitan *makroetch* postupkom u svom konačnom obliku [32]. Na slici 23 prikazan je disk ventilatora stupnja 1 motora broj dva nakon njegove rekonstrukcije na kojemu je moguće vidjeti liniju pukotine, dok je na slici 24 izbliza prikazana mikropukotina.



Slika 23. Disk ventilatora stupnja 1 motora broj dva (rekonstruiran s lopaticama) zrakoplova DC-10

Izvor: [33]



Slika 24. Uvećani prikaz mikropukotine

Izvor: [35]

Tvrtka Douglas Aircraft smatrala je da je potpuni hidraulički kvar na DC-10 gotovo nemoguć. Zbog trostruke redundancije sustava, zrakoplov nije dizajniran da pilot ručno upravlja kontrolama leta. Nadalje, koncept trostruke redundancije funkcionirao je tako dobro da je avion i dalje mogao letjeti sa samo jednim funkcionalnim hidrauličkim kontrolnim sustavom, ali u ovom slučaju, hidraulični vodovi za sva tri sustava bili su prekinuti ili uništeni eksplozijom u motoru. Kao rezultat toga, posada je bila na FL370 bez krilaca, kormila visine, kormila pravca, pretkrilca, zakrilca, spojlera krila, bez mogućnosti upravljanja nosnim kotačem i kočnicama [32].

Dva mjeseca nakon nesreće, Savezna uprava za civilno zrakoplovstvo (engl. *Federal Aviation Administration* - FAA) je naložila Douglas Aircraft-u da poboljša dizajn hidrauličkog sustava DC-10 koji bi očuvao zadovoljavajuću kontrolu leta kako ne bi došlo do sličnog kvara. Iako se činilo da su ova poboljšanja dovoljna za sigurnost odvijanja letnih operacija, Odbor za sigurnost primijetio je da to neće pružiti dodatnu marginu sigurnosti za određene kvarove, a ranjivost DC-10 u takvom slučaju još uvijek nije u potpunosti poznata. Što se tiče posade zrakoplova, Odbor za sigurnost vjeruje da su letačke performanse posade, u datim okolnostima, bile za svaku pohvalu i uvelike premašila očekivanja [32].

Zaključno, Nacionalni odbor za sigurnost u prometu utvrđuje da je vjerojatni uzrok ove nesreće bilo nedovoljan pristup razmatranju ograničenja ljudskog faktora u postupcima inspekcije i kontrole kvalitete koje koristi pogon United Airlines-a za održavanje motora. To je rezultiralo neuspjehom u otkrivanju pukotine odnosno metalurškog defekta koji se nalazio u kritičnom području diska ventilatora 1. stupnja. Naknadna katastrofalna dezintegracija diska dovela je do oslobađanja krhotina i razine energije koje su premašile razinu zaštite osigurane dizajnom hidrauličkih sustava koji upravljaju kontrolama leta zrakoplova DC-10 [33].

6.1.5. Sigurnosne mjere

Kao rezultat istrage ove zrakoplovne nesreće, Nacionalni odbor za sigurnost prometa donosi određene sigurnosne mjere, a neke od njih su navedene u nastavku [33]:

- unaprijediti istraživanje u području nedestruktivne inspekcije kako bi se identificirale tehnologije koje mogu poslužiti za automatizaciju ili na neki drugi način poboljšati proces inspekcije,
- provesti sigurnosne preglede hidrauličnih sustava trenutačno certificiranih zrakoplova,
- provesti sveobuhvatnu procjenu vođenja evidencije i internih revizijskih postupaka proizvođača zrakoplova i motora kako bi se procijenila potreba za čuvanjem dugoročnih zapisa,
- izdati Direktivu o plovidbenosti kako bi se odredila ograničenja životnog vijeka zrakoplova ili izdati zahtjev za periodičnim pregledom diskova ventilatora motora,
- provesti usmjerenu sigurnosnu istragu General Electric CF6-6 turbinskog motora,
- izdati zahtjev da svi putnici budu vezani tijekom polijetanja, slijetanja i turbulentnih uvjeta, a to se odnosi i na dojenčad i malu djecu.

6.2. Studija slučaja 2: Buffalo Airways Flight 168

Dana 19. kolovoza 2013. godine, zrakoplov DC-3C zračnog prijevoznika Buffalo Airways-a letio je kao redoviti putnički let iz grada Yellowknife do malog naselja Hay River u Kanadi. Nakon polijetanja s praga 16 u 17:08 sati, došlo je do požara u desnom motoru zrakoplova. Posada je izvršila hitno gašenje motora i na niskoj visini skrenula zrakoplov udesno prema stazi 10, no zrakoplov je udario u drveće jugozapadno od praga staze 10 i srušio se. Svi putnici i posada bili su sigurno evakuirani uz lakše ozlijede [36]. Na slici 25 prikazan je zrakoplov Douglas DC-3C zračnog prijevoznika Buffalo Airways, a u tablici prikazani su podaci o letu.



Slika 25. Zrakoplov Douglas DC-3C zračnog prijevoznika Buffalo Airways

Izvor: [37]

Tablica 4. Podaci o letu 168 zračnog prijevoznika Buffalo Airways

| PODACI O LETU | |
|-------------------------|---------------------------------|
| Tip zrakoplova | Douglas DC-3C |
| Operator | Buffalo Airways |
| Registracija zrakoplova | C-GWIR |
| Broj leta | 168 |
| Pogonski sustav | Dva Pratt & Whitney R-18830-92 |
| Posada | 3 |
| Putnici | 21 |
| Početna zračna luka | Zračna luka Yellowknife, Kanada |
| Završna zračna luka | Zračna luka Hay River, Kanada |
| Datum nesreće | 19. kolovoza 2013. |
| Vrijeme nesreće | 17:12 |
| Lokacija nesreće | Zračna luka Yellowknife, Kanada |

Izvor: [37]

6.2.1. Meteorološki uvjeti

Na zračnoj luci Yellowknife u 17:00 zabilježen je vjetar koji je puhao jačinom devet km/h, vidljivost od 24 kilometra s pljuskovima u blizini zračne luke, te vrlo malo oblaka na nadmorskoj visini od 300 metara. Izmjerena temperatura bila je 17°C, a rosište 13°C [36].

6.2.2. Letačko i kabinsko osoblje

Zapisi pokazuju da je letačka posada certificirana i kvalificirana za let u skladu s postojećim propisima. Kapetan zrakoplova imao je važeću dozvolu pilota i tijekom nesreće nalazio se na lijevom sjedalu kao pilot. Imao je približno 13.000 sati leta, od čega je 4.300 sati bilo na zrakoplovu DC-3C. Prvi časnik imao je valjanu dozvolu komercijalnog pilota i zauzimao je desno sjedalo. Imao približno 500 sati leta, od čega je oko 125 sati bilo na zrakoplovu DC-3C. Budući da se zrakoplovom upravljalo prema kanadskim zračnim propisima, postojao je zahtjev za stjuardesom. Stjuardesa je prošla obuku u kompaniji u lipnju 2013. godine međutim, komponenta upravljanje resursima posade (engl. *Crew Resource Management* - CRM) nije dovršena prema zahtjevima tvrtke. Stjuardesa je također imala licencu komercijalnog pilota. Posada je radila po rasporedu koji je osiguravao potreban odmor i vrijeme izvan dužnosti, te nije bilo naznaka da je umor bio faktor u ovoj nezgodi [36].

6.2.3. Karakteristike zrakoplova

Zrakoplov je izvorno isporučen kao vojni transportni zrakoplov proizveden 1942. godine, no kasnije su se napravile određene preinake i počeo se koristiti za prijevoz putnika. Za upravljanje zrakoplovom potrebna su dva člana letačke posade. Zrakoplov nije bio opremljen snimačem podataka o letu (engl. *Flight Data Recorder* - FDR) ili snimačem glasa u pilotskoj kabini (engl. *Cockpit Voice Recorder* - CVR), niti su oni bili propisani zakonom. Nedostatak FDR-a i/ili CVR-a povećava složenost istrage i uskraćuje istražiteljima informacije koje su ključne za razumijevanje kako i zašto su se određene nesreće dogodile. Kao rezultat toga, sigurnosni nedostaci koji predstavljaju rizik za osobe, imovinu i okoliš možda neće biti identificirani. Analiza materijala snimljenog CVR-ima nakon nesreća u brojnim je prilikama potvrdila vrijednost CVR-a u promicanju sigurnosti komercijalnog zrakoplovstva [36].

6.2.4. Uravnoteženje i opterećenje zrakoplova

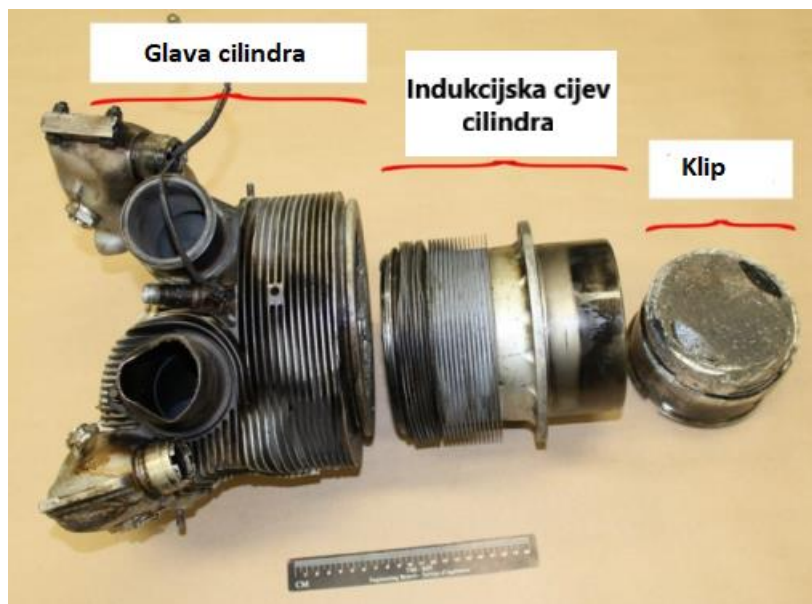
Zrakoplov DC-3C ima najveću certificiranu masu pri polijetanju (engl. *Maximum Certified Take-off Mass* - MCTOM) od 11.884 kilograma u putničkoj konfiguraciji. Na dan nezgode, zrakoplov je bio konfiguriran za 28 putnika, što je maksimalno dopušteno. Osim dva člana posade u kokpitu, u glavnoj kabini nalazio se 21 putnik i jedna stjuardesa. Osim toga, let

je bio u potpunosti ispunjen teretom. Gorivo na polasku je imalo masu od 1.227 kilograma [36].

Operativni plan leta (engl. *Operational Flight Plan* - OFP) u sebi sadrži odjeljak za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova. Izračun za ovaj let započeo je prvi časnik, ali nije dovršen prije polijetanja, no bila je uobičajena praksa dovršiti OFP i balansiranje zrakoplova za vrijeme leta. Podaci iz nepotpunog OFP-a pokazuju masu pri polijetanju od 9.908 kilograma. Stvarna masa pri polijetanju zrakoplova nije utvrđena, kao ni masa putnika i njihove ručne prtljage pošto nisu bili vagani prilikom prijave, što je bilo u suprotnosti s procedurama tvrtke. Odvojeni teretni manifest, koji nije bio dostupan posadi BFL168, navodi masu tereta od približno 486 kilograma. Pregled prethodno dovršenih OFP-ova s drugih letova ukazao je na korištenje masa putnika koje su prilagođene kako bi se olakšao izračun uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Korištenjem primjenjivih standardnih masa putnika kako je propisano u Operativnom priručniku tvrtke, podataka iz OFP-a i stvarne mase tereta, operativna masa pri uzlijetanju za ovaj let je bila 12.444 kilograma, što je 560 kilograma više od MCTOW [36].

6.2.5. Pogonski sustav

Glava desnog cilindra motora broj 1 i induksijska cijev cilindra pronađeni su razdvojeni zbog loma induksijske cijevi cilindra na navojnom spoju sa sklopom glave. Glava cilindra, cilindar i klip (slika 26) prosljeđeni su u laboratorij na pregled, te je otkrivena već postojeća pukotina koja je nastala uslijed zamora u utoru za navoj na vanjskoj spojnoj površini sklopa cijevi. Uzrok pukotine nije se mogao utvrditi zbog oštećenja koje je nastalo nakon odvajanja u području točke nastanka. Zbog odvajanja sklopa glave i induksijske cijevi cilindra došlo je do izlivanja motornog ulja u odjeljak motora gdje je došlo do stvaranje vatre. U slučaju kvara motora ili gašenja motora na višemotornoj letjelici, postavljanje motora u položaj za jedrenje ključno je za smanjenje otpora izazvanog tijekom leta. Postavljanje motora u položaj za jedrenje omogućuje pomicanje lopatica propelera do kuta nagiba od 88° , čime se zaustavlja rotacija propelera [36].



Slika 26. Dijelovi motora: glava cilindra, indukcijska cijev cilindra i klip

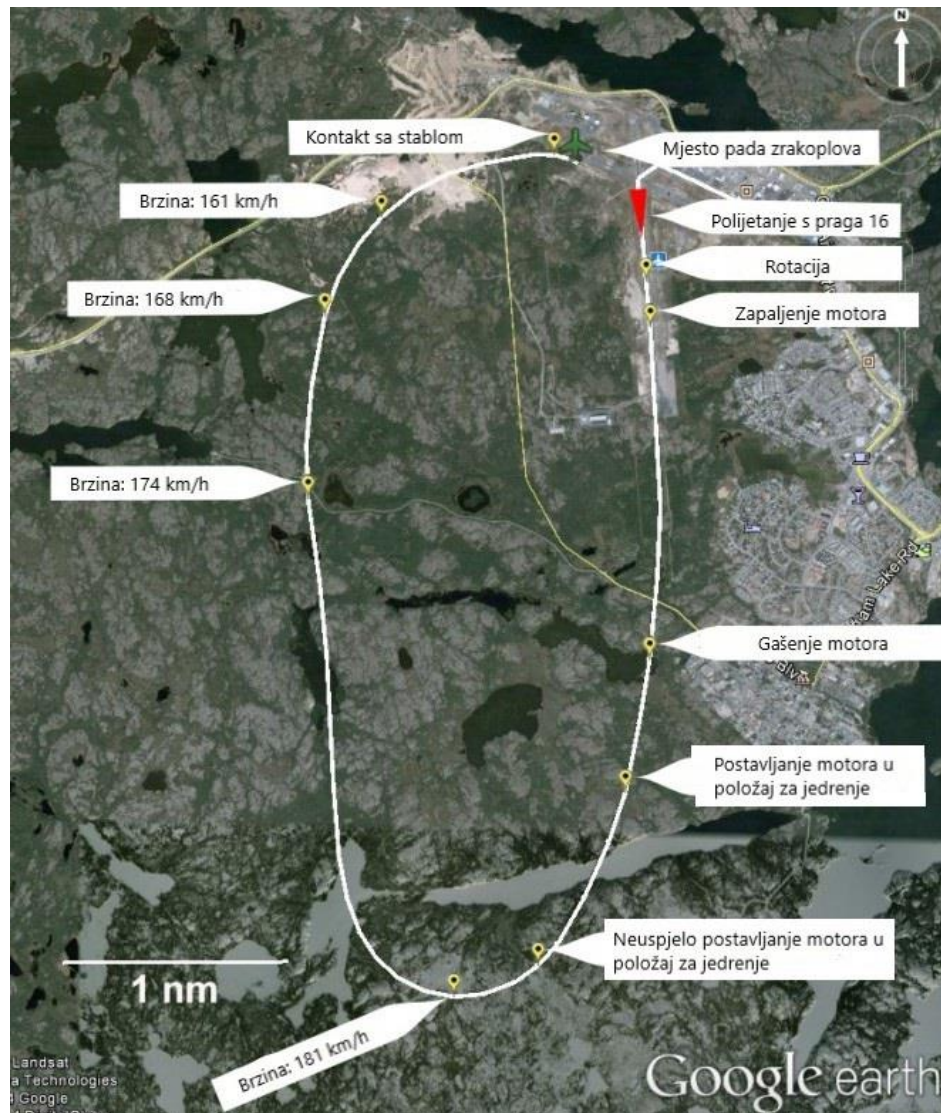
Izvor: [36]

6.2.6. Nezgoda - slijed događaja

Prije polaska, na let Buffalo Airways 168 (BFL168) ukrcalo se 17 putnika. Putnici su prošli kroz terminal Buffalo Airwaysa, gdje su se prijavili i predali svoju prtljagu koja nije bila vagana na šalteru za prijavu prtljage. Nakon što se svih 17 putnika sa svojom prtljagom ukrcalo u zrakoplov, u zadnji tren ukrcana su još četiri putnika zajedno sa svojom prtljagom. U trenutku polijetanja, operativni plan leta bio je djelomično dovršen i nije sadržavao broj putnika u zrakoplovu niti masu tereta niti je posada primila teretni manifest prije polaska [36].

U 17:08, BFL168 dobio je odobrenje za polijetanje od kontrolnog tornja Yellowknife i započeo je uzlijetanje sa staze 16. Dvije minute kasnije, kontrolor zračne plovidbe je primijetio vatru i dim iz desnog motora i obavijestio BFL168 o ovom opažanju, no kontrolor nije dobio odgovor od BFL168. Posada BFL168 bila je u procesu uvlačenja stajnog trapa kada je primijećen požar u desnom motoru. Izvršeno je hitno gašenje motora, što je uključivalo i postavljanje desnog propelera u položaj za jedrenje, no to nije bilo izvedivo. BFL168 skrenuo je desno na visini od 55 metara u pokušaju da dosegne stazu 10 [36].

Tijekom manevriranja, BFL168 udario je u stablo, visoko oko deset metara, 210 metara jugozapadno od praga 10. Trag olupine BFL168 bio je paralelan s pistom 10 i dugačak oko 100 metara. Stajni trap i zakrilca bili su u uvučenom položaju. Zbog udara koji je bio relativno niske energije, odašiljač lokacije mjesta pada zrakoplova (engl. *Emergenc Locator Transmitter* - ELT) nije se aktivirao, ali unatoč tomu pad zrakoplova bio je vidljiv iz zračne luke [36]. Na slici 27 prikazana je putanja leta zrakoplova DC-3C.



Slika 27. Putanja leta zrakoplova DC-3C

Izvor: [37]

Nakon što se zrakoplov u potpunosti zaustavio, stjuardesa je pokrenula evakuaciju 21 putnika kroz lijeva stražnja vrata. Kada su svi putnici i posada bili sigurno evakuirani, vatrogasci su poprskali zrakoplov pjenom koja usporava širenje vatre. Posada i putnici, od kojih nitko nije bio ozlijeđen, ostali su na mjestu pod nadzorom vatrogasne službe i medicinskog osoblja oko 60 minuta. Nakon toga prevezeni su natrag u zgradu terminala Buffalo Airways-a [36]. Na slici 28 prikazano je mjesto pada zrakoplova DC-3C.



Slika 28. Mjesto pada zrakoplova DC-3C

Izvor: [37]

Zaključno, zrakoplov je certificiran, opremljen i održavan u skladu s postojećim propisima i odobrenim procedurama. Također, letačka posada je certificirana i osposobljena za let prema postojećim propisima, te se umor ne smatra presudnim faktorom koji je pridonio nezgodi. Uzroci ove nezgode su kvar motora koji je nastao zamorom određenih dijelova motora i nekvalitetno odrađen postupak vaganja putnika i prtljage što je dovelo do preopterećenja zrakoplova [37].

6.2.7. Nalazi o uzroku nezgode i sigurnosne mjere

U Završnom izvješću navedeni su nalazi o uzrocima i čimbenicima koji su doprinijeli nezgodi, a oni su sljedeći [36]:

1. Točan izračun maksimalne mase pri polijetanju, tj. postupak uravnoteženja i opterećenja zrakoplova nije dovršen prije polijetanja, što je rezultiralo masom zrakoplova koja je premašila najveću certificiranu masu pri polijetanju.
2. Cilindar desnog motora 1 otkazao je tijekom polijetanja zbog već postojeće pukotine koja je nastala uslijed zamora, što je rezultiralo kvarom motora.
3. Nakon što je aktiviran mehanizam za postavljanje desnog propelera u položaj za jedrenje, propeler nije postigao potpuno stanje jedrenja.
4. Desni propeler je prilikom vrtnje prouzročio povećanje otpora što je, u kombinaciji sa stanjem prekomjerne mase, doprinijelo nemogućnosti zrakoplova da održi visinu.
5. Operaterov sustav upravljanja sigurnošću nije bio učinkovit u prepoznavanju i ispravljanju nesigurnih radnih praksi.

Također, navedeni su i nalazi o rizicima koji su uzrokovali nezgodu su sljedeći [36]:

1. Ako se tvrtka ne pridržava operativnih postupaka u svom operativnom priručniku, ugrožava se sigurnost leta.
2. Ako tvrtka ne usvoji uravnotežen pristup koji kombinira inspekcije s revizijama procesa upravljanja sigurnošću, sigurnosni nedostaci operativne prakse možda neće biti identificirane, čime se povećava rizik od nezgoda.
3. Ako FDR i CVR zapisi podataka nisu dostupni prilikom istrage, to može spriječiti identifikaciju i priopćavanje sigurnosnih nedostataka radi poboljšanja sigurnosti prijevoza.

Ostali nalazi koje je potrebno uzeti u obzir su sljedeći [36]:

1. Trenutačni kanadski zračni propisi dopuštaju zrakoplovu s klipnim pogonom prijevoz putnika bez FDR i CVR sustava.
2. Komponenta CRM u obuci stjuardesa nije dovršena.

Buffalo Airways je nakon nezgode poduzeo određene sigurnosne mjere. Tvrtka je počela provoditi praksu vaganja pojedinačnih putnika i prtljage kako bi se izračunala maksimalna masa zrakoplova u polijetanju i te se balansiranje zrakoplova provodi prije polijetanja. Kao rezultat ovog događaja, tvrtka je napravila sljedeće promjene [36]:

- kompletnu reviziju i ponovno izdavanje novog Priručnika o poslovanju;
- strukturnu reorganizaciju uloga i odgovornosti rukovodećeg osoblja;
- imenovanje novog osoblja, uključujući novog odgovornog izvršnog direktora, novog pomoćnika upravitelja operacija i novog direktora održavanja.

Dodatno, Buffalo Airways je završio [36]:

- sveobuhvatnu prekvalifikaciju voditelja operacija;
- angažiranje operativnog savjetnika za pomoć u usklađivanju s propisima;
- ponovno usklađivanje odgovornosti upravitelja operacija radi identificiranja i učinkovitijeg rješavanja neusklađenosti s regulatornim zahtjevima;
- razvoj politika i procedura od strane odgovorne izvršne vlasti i upravitelja operacija kako bi se osigurala usklađenost s propisima.

7. Zaključak

Istraga zrakoplovnih nesreća, ključni je proces za osiguranje sigurnosti u zračnom prometu i sprječavanju budućih nesreća i nezgoda. Temelji se na prikupljanju, evidentiranju i analizi različitih vrsta podataka kako bi se utvrdili uzroci nesreća i izveli zaključci. Kroz sve faze istrage zrakoplovnih nesreća, cilj je poboljšati sigurnost zračnog prometa identificiranjem uzroka nesreća, donošenjem zaključaka i preporuka te provođenjem odgovarajućih sigurnosnih mjera. Međunarodna organizacija civilnog zrakoplovstva igra ključnu ulogu u postavljanju normi i preporučenih praksi za istraživanje zrakoplovnih nesreća putem Dodatka 13. Dodatak 13 obvezuje države da pokrenu istragu u određenim okolnostima i da slijede smjernice propisane od strane ICAO-a. Smjernice o postupcima, praksi i tehnikama koje se koriste u istragama nesreća nalaze se u Priručniku za istraživanje zrakoplovnih nesreća i nezgoda. Priručnik se sastoji od četiri dijela koji obuhvaćaju organiziranje i planiranje istrage, procedure i kontrolne liste, samu istragu te završno izvješće. Završno izvješće je ključno jer služi kao temelj za poduzimanje sigurnosnih mjera kako bi se spriječile buduće nesreće. Završno izvješće treba sadržavati sve relevantne činjenice, analize, zaključke i sigurnosne preporuke koje su se poduzele kako se nesreća ne bi ponovila.

Održavanje zrakoplova je važan proces koji se provodi kako bi se osigurala sigurnost, pouzdanost i operativna sposobnost zrakoplova tijekom njegove eksploatacije. Održavanje obuhvaća širok raspon aktivnosti, uključujući redovite preglede, servisne radove, popravke, zamjenu dijelova, testiranje sustava i provjere performansi. Glavni cilj je da se zrakoplov održi u sigurnom i ispravnom stanju kako bi se smanjili rizici od nezgoda i osigurala sigurnost putnika i posade. Temeljnu dokumentaciju vezanu za propise održavanja zrakoplova objavljuje Europska agencija za sigurnost zračnog prometa u Uredbi Komisije koja se sastoji od osam dijelova. Dio-145 se odnosi na održavanje zrakoplova, a propisuje zahtjeve koje organizacija mora ispuniti kako bi dobila ili produljila odobrenje za održavanje zrakoplova i njegovih sastavnih dijelova. U Republici Hrvatskoj se takav dokument naziva Program održavanja zrakoplova, koji je odobren od strane Hrvatske agencije za civilno zrakoplovstvo i u kojem su definirani postupci održavanja zrakoplova tijekom njegove eksploatacije. U programu održavanja zrakoplova navedeni su i opisani postupci pregleda zrakoplova koji su podijeljeni u šest glavnih grupa: servisni pregledi, povremeni pregledi, radovi velike obnove, posebni pregledi, provjere u letu i pregledi za utvrđivanje plovidbenosti zrakoplova. Svaka od tih grupa pregleda ima specifičnu svrhu i obuhvaća određene radove.

Prema ICAO-u postoji sedam glavnih kategorija zrakoplovnih nesreća, a to su: kontrolirani let u teren, gubitak kontrole tijekom leta, izlijetanje s uzletno-sletne staze, požar, nepravilan kontakt s uzletno-sletnom stazom, kvar ili neispravnost sustava ili komponente te dodir s terenom u neposrednoj blizini uzletno-sletne staze. Analizom statističkih podataka utvrđeno je da je najveći postotak nesreća sa smrtnim ishodom pripisan kategoriji gubitka kontrole tijekom leta. Ljudska pogreška postaje vodeći uzrok zrakoplovnih nesreća, dok manji udio čine greške u radu stroja. Unatoč tomu, broj zrakoplovnih nesreća se smanjuje tijekom godina, bez obzira na kontinuirano povećanje broja letova. Ukupno gledano, analiza podataka

o zrakoplovnim nesrećama ukazuje na smanjenje broja nesreća s fatalnim ishodom tijekom godina, ali ističe važnost kontinuiranih napora za poboljšanjima.

Kao primjer zrakoplovnih nesreća uzrokovanih greškom u održavanju zrakoplova u ovom diplomskom radu, analizirane su dvije studije slučaja takvih zrakoplovnih nesreća. U prvoj studiji slučaja, zrakoplov DC-10 United Airlinesa doživio je nesreću nakon eksplozije repnog motora tijekom faze krstarenja. Unatoč poteškoćama s kontrolom i hidraulikom zrakoplova, letačka posada uspjela je izvesti prisilno slijetanje, ali nakon je zrakoplov stajnim trapom dotaknuo uzletno-sletnu stazu, letačka posada je izgubila kontrolu nad zrakoplovom što je rezultiralo klizanjem zrakoplova izvan uzletno-sletne staze i u konačnici njegovim prevrtanjem. Nacionalni odbor za sigurnost u prometu utvrđuje da je mogući uzrok ove nesreće bila loša inspekcija i kontrola kvalitete koju koristi tvrtka United Airlines-a za održavanje motora. To je rezultiralo neuspjehom u otkrivanju pukotine odnosno metalurškog defekta koji se nalazio u kritičnom području diska ventilatora motora. U drugoj studiji slučaja, zrakoplov DC-3C zračnog prijevoznika Buffalo Airways doživio je nezgodu nakon što je došlo do požara u desnom motoru zrakoplova. Unatoč hitnom gašenju motora, nad zrakoplovom se gubi kontrola i on pada nakon što je udario u drveće jugozapadno od uzletno-sletne staze. Svi putnici i članovi posade sigurno su evakuirani uz lakše ozljede. Analizom događaja otkriveno je nekoliko ključnih čimbenika koji su pridonijeli nezgodi. Utvrđeni su problemi u vezi s uravnoteženjem i opterećenjem zrakoplova, a razlog tomu je nekvalitetna provjera mase putnika i tereta zbog čega je došlo do preopterećenja zrakoplova i eksplozije na motoru nakon što je zrakoplov uzletio.

Zaključno, da bi se smanjio broj zrakoplovnih nesreća uzrokovanih greškom u održavanju zrakoplova potrebno je pridržavati se propisa i procedura izdanih od strane domaćih i međunarodnih organizacija, zatim provoditi redovite preglede zrakoplova, provoditi redovitu obuku osoblja zaduženog za održavanje zrakoplova i temeljito provoditi inspekciju održavanja zrakoplova.

Literatura

- [1] International Civil Aviation Organization: *Annex 13 – Aircraft Accident and Incident Investigation*. Quebec: 2016.
- [2] Europska Unija. *UREDBA (EU) br. 996/2010 EUROPSKOGA PARLAMENTA I VIJEĆA o istragama i sprečavanju nesreća i nezgoda u civilnom zrakoplovstvu*. Strasbourg: Službeni list Europske unije; 2010.
- [3] Europska Unija. *UREDBA (EU) br. 216/2008 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA o zajedničkim pravilima u području civilnog zrakoplovstva i osnivanju Agencije Europske unije za sigurnost zračnog prometa*. Strasbourg: Službeni list Europske unije; 2008.
- [4] International Civil Aviation Organization: *Manual of Aircraft Accident and Incident Investigation: Part 1 Organization and Planning*. Izdanje: 2. Quebec: 2015.
- [5] International Civil Aviation Organization: *Manual of Aircraft Accident and Incident Investigation: Part 2 Procedures and Checklists*. Izdanje: 1. Quebec: 2012.
- [6] International Civil Aviation Organization: *Manual of Aircraft Accident and Incident Investigation: Part 3 Investigation*. Izdanje: 1. Quebec: 2011.
- [7] International Civil Aviation Organization: *Manual of Aircraft Accident and Incident Investigation: Part 4 Reporting*. Izdanje: 1. Quebec: 2003.
- [8] Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo. *Program održavanja zrakoplova*. Preuzeto s: <https://ccaa.hr/program-odrzavanja-zrakoplova-27851> [Pristupljeno: 17. ožujak 2023.]
- [9] Europska Komisija. *UREDBA KOMISIJE (EU) br. 1321/2014 o kontinuiranoj plovidbenosti zrakoplova i aeronautičkih proizvoda, dijelova i uređaja, te o odobravanju organizacija i osoblja uključenih u te poslove*. Bruxelles: Službeni list Europske unije; 2014.
- [10] Domitrović A. *Tema 4: Program održavanja zrakoplova*. [Prezentacija] Eksploatacija i održavanje zrakoplova. Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Siječanj 2023.
- [11] Republika Hrvatska. *Pravilnik o kontinuiranoj plovidbenosti i održavanju vojnih zrakoplova*. Izdanje: 50. Zagreb: Narodne novine; 2022.
- [12] AviationHunt. *Aircraft Walk Around*. 2022. Preuzeto s: <https://www.aviationhunt.com/aircraft-walk-around/> [Pristupljeno: 08. srpnja 2023.]
- [13] Airbus. *Distribution of Accidents by Accident Category*. Preuzeto s: <https://accidentstats.airbus.com/statistics/accident-categories> [Pristupljeno: 03. travnja 2023.]
- [14] Boeing Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents. *Statistička izvješća: STATISTICAL SUMMARY OF COMMERCIAL JET AIRPLANE ACCIDENTS*. 2022. Preuzeto s: <https://www.boeing.com/search/results.html?q=statsum> [Pristupljeno: 03. travnja 2023.]

- [15] Federal Aviation Administration. *AMT Handbook Addendum Human Factors*. Preuzeto s: https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation [Pristupljeno: 04. travnja 2023.]
- [16] Nkosi M, Gupta K, Mashinini M. *Causes and Impact of Human Error in Maintenance of Mechanical Systems*. *Department of Mechanical and Industrial Engineering Technology, University of Johannesburg, South Africa*. MATEC Web of Conferences 312(1):05001; 2020. pp. 2.
- [17] Frew S. Working Together to Ensure Safe and Efficient Airplane Operations. *AERO Magazine*. 2008;QTR_1.07: 16. Preuzeto s: https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2015_q1/archive.html [Pristupljeno: 04. travnja 2023.]
- [18] Virovac D, Domitrović A, Bazijanac E. The Influence of Human Factor in Aircraft Maintenance. *Promet – Traffic&Transportation*. 2017. Vol. 29, No. 3, 257-266. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/clanak/275534> [Pristupljeno: 08. srpnja 2023.]
- [19] International Civil Aviation Organization. *Doc 10004 Global Aviation Safety Plan 2023-2025*. Quebec: 2022.
- [20] European Union Aviation Safety Agency. *Annual Safety Review 2022*. Njemačka: 2023. DOI: 10.2822/056444 [Pristupljeno: 11. travnja 2023.]
- [21] SKYbrary Aviation Safety. *Introduction to Accident Investigation*. Preuzeto s: <https://skybrary.aero/articles/introduction-accident-investigation> [Pristupljeno: 11. travnja 2023.]
- [22] Štimac I. *Istraživanje zrakoplovnih nesreća*. [Prezentacija] Istraživanja zrakoplovnih nesreća. Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. 21. travnja 2022.
- [23] SKYbrary Aviation Safety. *Weather*. Preuzeto s: <https://www.skybrary.aero/articles/weather> [Pristupljeno: 12. travnja 2023.]
- [24] Transoft Solutions. *Aircraft Dana Viewer*. Preuzeto s: <https://www.transoftsolutions.com/emea/airside-design-operations/aircraft-data-viewer/features/> [Pristupljeno: 15. travnja 2023.]
- [25] SKYbrary Aviation Safety. *Accident Investigation Techniques - Best Practices*. Preuzeto s: <https://www.skybrary.aero/articles/accident-investigation-techniques-best-practices> [Pristupljeno: 15. travnja 2023.]
- [26] SKYbrary Aviation Safety. *Safety Occurrence Investigation*. Preuzeto s: <https://www.skybrary.aero/articles/safety-occurrence-investigation> [Pristupljeno: 22. travnja 2023.]
- [27] SKYbrary Aviation Safety. *ICAO ADREP*. Preuzeto s: <https://www.skybrary.aero/articles/icao-adrep> [Pristupljeno: 22. travnja 2023.]

- [28] SKYbrary Aviation Safety. *Investigation - Final Report*. Preuzeto s: <https://skybrary.aero/articles/investigation-final-report> [Pristupljeno: 22. travnja 2023.]
- [29] SKYbrary Aviation Safety. *Maintenance Error*. Preuzeto s: <https://skybrary.aero/articles/maintenance-error> [Pristupljeno: 13. svibnja 2023.]
- [30] Britannica. *United Airlines Flight 232*. Preuzeto s: <https://www.britannica.com/topic/McDonnell-Douglas-Corporation> [Pristupljeno: 13. svibnja 2023.]
- [31] Flight Safety Foundation. *Aviation Safety Network*. Preuzeto s: <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=19890719-1> [Pristupljeno: 13. svibnja 2023.]
- [32] Krause S. *Aircraft Safety: Accident Investigations, Analyses, & Applications*. Sjedinjene Američke Države: The McGraw-Hill Companies, Inc. 1996.
- [33] National Transportation Safety Board. *AIRCRAFT ACCIDENT REPORT*. Washington, D.C. listopad 1990. 126 p. Report NO: NTSB/AAR-SO/06. Preuzeto s: <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=19890719-1> [Pristupljeno: 28. svibnja 2023.]
- [34] Tuna M, Can İnel S, Özdemir S. *Longitudinal Stability Analysis of Aircrafts*. 2020. ISSN: 2394-2630 p. 47. Preuzeto s: <http://jsaer.com/download/vol-7-iss-10-2020/JSAER2020-7-10-45-51.pdf> [Pristupljeno: 20. svibnja 2023.]
- [35] Chapel, D., & Kemme, D. *Comparisons and Lessons Learned from UA232 Sioux City and AA383 Chicago Uncontained Events*. 2019. Preuzeto s: <https://www.semanticscholar.org/paper/Comparisons-and-Lessons-Learned-from-UA232-Sioux-Chapel-Kemme/04e2cb8e022cab60d306735610eb558fb85537ce> [Pristupljeno: 17. lipnja 2023.]
- [36] Transportation Safety Board of Canada. *Aviation Investigation Report A13W0120*. 2015. Preuzeto s: <http://www.tsb.gc.ca/eng/rapports-reports/aviation/2013/a13w0120/a13w0120.pdf> [Pristupljeno: 24. lipnja 2023.]
- [37] Flight Safety Foundation. *Aviation Safety Network*. Preuzeto s: <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=20130819-0> [Pristupljeno: 24. lipnja 2023.]

Popis kratica

| | |
|-------|---|
| ADG | (Air Driven Generator) generator za zračni pogon |
| ADREP | (Accident/Incident Data Reporting) sustav za prijavu podataka o nesreći/nezgodi |
| AMT | (Aviation Maintenance Technicians) tehničari za održavanje zrakoplova |
| ARTCC | (Air Route Traffic Control Center) Centar za kontrolu zračne plovidbe |
| CAS | (Calibrated Airspeed) kalibrirana brzina |
| CCAA | (Croatian Civil Aviation Agency) Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo |
| CFIT | (Controlled Flight Into Terrain) Kontrolirani let u teren |
| CRM | (Crew Resource Management) upravljanje resursima posade |
| CVR | (Cockpit Voice Recorder) snimač glasa u pilotskoj kabini |
| EASA | (European Aviation Safety Agency) Europska agencija za sigurnost zračnog prometa |
| ELT | (Emergenc Locator Transmitter) odašiljač lokacije mjesta pada zrakoplova |
| EPAS | (European Plan for Aviation Safety) Europski plan za sigurnost zračnog prometa |
| ETA | (Estimated Time of Arrival) procijenjeno vrijeme slijetanja |
| ETD | (Estimated Time of Departure) procijenjeno vrijeme polijetanja |
| FAA | (Federal Aviation Administration) Savezna uprava za civilno zrakoplovstvo |
| FDR | (Flight Data Recorder) snimač podataka o letu |
| GASP | (Global Aviation Safety Plan) Globalni plan zrakoplovne sigurnosti |
| IATA | (International Air Transport Association) Međunarodno udruženje zračnih prijevoznika |
| ICAO | (International Civil Aviation Organization) Međunarodna organizacija civilnog zrakoplovstva |
| LMC | (Local Mean Time) lokalno srednje vrijeme |
| LOC-I | (Loss Of Control In-flight) Gubitak kontrole tijekom leta |
| MCTOW | (Maximum Certified Take-off Mass) Najveća certificirana masa zrakoplova pri polijetanju |
| MEDA | (Maintenance Error Decision Aid) pomoć pri odlučivanju o pogrešci održavanja |
| MTOM | (Maximum Take-off Mass) maksimalna masa pri polijetanju |

| | |
|------|--|
| OFP | (Operational Flight Plan) operativni plan leta |
| OJT | (On the Job Training) Osposobljavanje na radnom mjestu |
| RASP | (Regional Aviation Safety Plan) Regionalni plan sigurnosti zračnog prometa |
| RE | (Runway Excursion) Izlijetanje s uzletno-sletne staze |
| SRM | (Safety Risk Management) upravljanje sigurnosnim rizicima |
| UTC | (Coordinated Universal Time) koordinirano svjetsko vrijeme |

Popis slika

| | |
|--|----|
| Slika 1. Sadržaj ICAO Dodatka 13 | 5 |
| Slika 2. Procedure vezane za provođenje istrage nesreća ili nezgoda | 11 |
| Slika 3. Proces prijeletnog pregleda | 21 |
| Slika 4. Distribucija nesreća sa smrtnim ishodom po kategoriji nesreće od 2002. do 2022. godine | 22 |
| Slika 5. Postotak fatalnih nesreća po fazama leta u vremenskom razdoblju od 2012. godine do 2021. godine | 23 |
| Slika 6. Nesreće sa i bez fatalnih posljedica od 1959. do 2021. godine | 23 |
| Slika 7. Godišnji broj smrtno stradalih osoba na komercijalnim zrakoplovima od 1959. do 2020. godine | 24 |
| Slika 8. Uzroci ljudske pogreške | 25 |
| Slika 9. Klasifikacija grešaka prema vrsti greške koja se javlja u održavanju zrakoplova | 25 |
| Slika 10. Proces upravljanja sigurnosnim rizikom | 27 |
| Slika 11. Sadržaj prikupljenih podataka..... | 29 |
| Slika 12. Meteorološki podaci | 29 |
| Slika 13. Tehnički podaci zrakoplova..... | 30 |
| Slika 14. McDonnell Douglas DC-10 | 36 |
| Slika 15. Pozicije motora jedan, dva i tri na zrakoplovu DC-10 | 38 |
| Slika 16. Prikaz fugoida | 38 |
| Slika 17. Putanja kretanja zrakoplova DC-10 | 39 |
| Slika 18. Mjesto pada i putanja kretanja zrakoplova DC-10..... | 40 |
| Slika 19. Putanja olupine zrakoplova DC-10 i mjesta pronađenih dijelova zrakoplova na zračnoj luci Sioux Gateway | 41 |
| Slika 20. Podaci o ozljedama putnika na letu United Airlines-a 232 | 42 |
| Slika 21. Oštećenje horizontalnog stabilizatora i hidrauličkih sustava na zrakoplovu DC-10 | 42 |
| Slika 22. Sklop zrakoplova DC-10 | 43 |
| Slika 23. Disk ventilatora stupnja 1 motora broj dva (rekonstruiran s lopaticama) zrakoplova DC-10 | 44 |
| Slika 24. Uvećani prikaz mikropukotine..... | 45 |
| Slika 25. Zrakoplov Douglas DC-3C zračnog prijevoznika Buffalo Airways | 47 |
| Slika 26. Dijelovi motora: glava cilindra, indukcijska cijev cilindra i klip..... | 50 |
| Slika 27. Putanja leta zrakoplova DC-3C..... | 51 |
| Slika 28. Mjesto pada zrakoplova DC-3C..... | 52 |

Popis tablica

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Zrakoplovi za koje se ne primjenjuje Uredba 216/2008 na temelju njihove maksimalne mase pri polijetanju | 9 |
| Tablica 2. Čimbenici koji se odnose ne pogrešku u instalaciji elemenata na zrakoplov | 26 |
| Tablica 3. Podaci o letu UA232..... | 36 |
| Tablica 4. Podaci o letu 168 zračnog prijevoznika Buffalo Airways | 47 |

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

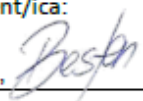
IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ **diplomski rad**
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom _____ **Istraga zrakoplovnih nesreća uzrokovanih greškama u održavanju zrakoplova** _____, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

U Zagrebu, 09. srpnja 2023.

Student/ica:
Ana Besten, 
(ime i prezime, potpis)