

# Unaprjeđenje procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova u funkciji sigurnosti leta

---

Hrženjak, Tanja

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

*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:119:397166>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-28**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Tanja Hrženjak**

**UNAPRJEĐENJE PROCESA URAVNOTEŽENJA I**  
**OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA U FUNKCIJI**  
**SIGURNOSTI LETA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2018.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**  
**ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 23. ožujka 2018.

Zavod: **Zavod za zračni promet**  
Predmet: **Osnove tehnike zračnog prometa**

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 4567**

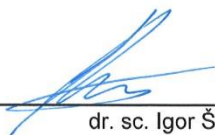
Pristupnik: **Tanja Hrženjak (0135235622)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Unaprjeđenje procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova u funkciji sigurnosti leta**

### **Opis zadatka:**

U radu je potrebno definirati ključne parametre koji se koriste kod uravnoteženja i opterećenja zrakoplova te dokumentaciju koja je potrebna da se kvalitetni izračun uravnoteženja i opterećenja zrakoplova realizira. Nadalje, potrebno je analizirati na globalnoj razini propuste koji su doveli do nesreća zrakoplova zbog krivog izračuna uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. S ciljem implementacije korektivnih mjera, potrebno je utvrditi procese i tijek kretanja postojećih informacija u dijelu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova te u slučaju utvrđenih nesukladnosti, navesti korektivne mjere koje bi trebale biti implementirane kako bi se smanjio rizik i povećala sigurnost leta.

Mentor:



dr. sc. Igor Štimac

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **ZAVRŠNI RAD**

### **UNAPRJEĐENJE PROCESA URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA U FUNKCIJI SIGURNOSTI LETA**

### **IMPROVEMENT OF WEIGHT AND BALANCE PROCESS IN FUNCTION OF FLIGHT SAFETY**

Mentor: Dr.sc. Igor Štimac

Student: Tanja Hrženjak

JMBAG: 0135235622

Zagreb, rujan 2018.

## SAŽETAK

Aerodinamičke sile, težište i mase zrakoplova su parametri definirani u prvom dijelu rada, bitni kod izračuna uravnoteženja i opterećenja. Navedene su i objašnjene metode za izračunavanje centra težišta. Slijede objašnjenja dokumenata koji osiguravaju prijenos informacija između aerodromskih službi. Ured za uravnoteženje i opterećenje prima sve te informacije od aerodromskih službi pomoću kojih planira utovar i izrađuje listu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Pomoću nekoliko baza podataka, analizirane su i statistički pokazane pogreške zbog izračuna uravnoteženja i opterećenja zrakoplova kod kojih dolazi do zrakoplovnih nesreća i incidenata. Na samom kraju rada naveden je tijek kretanja informacija u procesu uravnoteženja i opterećenja. U slučaju neispunjenja postavljenih zahtjeva, navedene su korektivne mjere kako smanjiti rizik i povećati sigurnost leta u segmentu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.

**Ključne riječi:** težište; plan utovara; lista uravnoteženja i opterećenja; zrakoplovne nesreće; sigurnost leta.

## SUMMARY

The aerodynamic forces, the center of gravity and the masses of the aircraft are the parameters defined in the first part of the work, important for the calculation in weight and balance. Mentioned and explained are the methods for calculating the center of gravity. Following are explanation of documents that provide transfer between aerodrome services. The Load Control Office receives all the information from the aerodrome services by which it plans Loading Instruction and makes the Loadsheets of the aircraft. Using several databases, statistical errors have been analyzed for weight and balance of aircraft which involves aviation accidents and incidents. At the end of the work the flow of information in the weight and balance process is specified. In the case of failure required requirements, corrective measures are provided to reduce the risk and increased flight safety in the weight and balance segment of the aircraft.

**Keywords:** center of gravity; Loading Instruction; Loadsheets; aviation accidents; flight safety.

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. DEFINIRANJE OSNOVNIH PARAMETARA U PROCESU URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA.....	2
2.1. Aerodinamične sile i momenti.....	2
2.2. Težište zrakoplova .....	3
2.3. Mase zrakoplova .....	5
2.3.1. Konstrukcijske mase zrakoplova .....	6
2.3.2. Stvarne mase zrakoplova.....	8
2.3.3. Operativne mase zrakoplova.....	9
2.3.4. Ostali pojmovi .....	9
2.4. Metode izrade liste opterećenja i uravnoteženja zrakoplova.....	9
3. UTJECAJ KVALITETE PROTOKA INFORMACIJA AERODROMSKIH SLUŽBI NA IZRAČUN URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA .....	12
4. STATISTIČKA ANALIZA ZRAKOPLOVNIH NESREĆA UZROKOVANIH NEADEKVATNIM IZRAČUNIMA URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA.....	19
4.1. Analiza podataka od 1970. – 2005. godine .....	19
4.1.1. Analiza nesreća prema fazi leta .....	20
4.1.2. Analiza čimbenika u nesrećama.....	20
4.1.3. Trend stope nesreće .....	22
4.1.4. Stopa nesreće po regijama .....	22
4.2. Analiza incidenata od 1998. – 2004. godine .....	23
4.3. Analiza izvješća od 2003. – 2010. godine .....	24
4.4. Analiza podataka u razdoblju od 2008. – 2016. godine .....	26
5. UNAPRJEĐENJE PROCESA URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA U FUNKCIJI POVEĆANJA SIGURNOSTI LETA .....	27
5.1. Tijek kretanja informacija.....	27
5.2. Utjecaj posade, putnika, tereta i pošte na položaj težišta zrakoplova .....	34
5.3. Korektivne mjere za povećanje sigurnosti leta.....	37
5.4. Unaprjeđenje procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.....	40
6. ZAKLJUČAK .....	41
LITERATURA.....	42
POPIS KRATICA.....	43

POPIS SLIKA .....	46
POPIS TABLICA .....	46
POPIS GRAFIKONA .....	46

## 1. UVOD

Uravnoteženje i opterećenje zrakoplova, odnosno balansiranje zrakoplova dio je procesa prihvata i otpreme zrakoplova. Balansiranje provodi Ured opterećenja i uravnoteženja zrakoplova na zračnoj luci. Prema pravilu svaki zrakoplov mora proći postupak uravnoteženja i opterećenja koji je usko povezan s performansama zrakoplova. Kod postupka izračuna uravnoteženja i opterećenja zrakoplova zrakoplov se stavlja u određene granice djelovanja sile teže. Za pravilan izračun težišta zrakoplova bitno je poznavati vrste masa jer masa djeluje na položaj težišta. Uravnoteženje i opterećenje zrakoplova upravo je bitno da ne dođe do negativnih pojava kao što je preopterećenje zrakoplova, zatim položaj centra težišta zrakoplova izvan dozvoljenih granica čime dolazi do opasnosti i ugrožavaju se životi ljudi koji se prevoze u zračnom prometu, ali i ljudi na zemlji kad dođe do nesreće.

U svrhu razumijevanja procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova u prvom poglavlju objašnjene su aerodinamične sile koje djeluju na zrakoplov u horizontalnom letu, mase zrakoplova i težište u prednjim i stražnjim granicama. Navedene su vrste metoda koje se koriste za postavljanje težišta u dozvoljene granice i pojašnjena je procedura izrade liste uravnoteženja i opterećenja.

Zatim da se prikupe sve potrebne informacije za izračun uravnoteženja i opterećenja, zbog velikog broja sudionika aerodromskih službi, formirani su dokumenti pomoću kojih se dolazi do informacija vezanih uz svaki pojedini let. Ured opterećenja i uravnoteženja zrakoplova pomoću informacija izrađuje plan utovara i listu opterećenja i uravnoteženja zrakoplova.

Nadalje, u radu su analizirane zrakoplovne nesreće koje su se dogodile zbog krivog izračuna uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Globalna analiza od 1970. do 2005. godine iz baze podataka Nacionalnog zrakoplovnog laboratorija, prikazuje nesreće prema fazi leta; čimbenike u nesrećama; trend stope nesreća i razloge zbog kojih dolazi do nesreća za putničke i teretne zrakoplove. Uz navedenu bazu podataka, analizirala se i australska ATSB baza podataka te zadnja analiza stanja generalne avijacije.

U zadnjem poglavlju opisani su sudionici i tijek kretanja informacija prema uredu za izradu liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Naveden je utjecaj posade, putnika, prtljage, tereta i pošte na težište zrakoplova, jer pravilno raspoređivanje unutar zrakoplova ima za rezultat pravilno opterećen zrakoplov. Mjere za povećanje sigurnosti leta i smanjenje pogrešaka koje se događaju u procesu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova su cilj ovog rada.

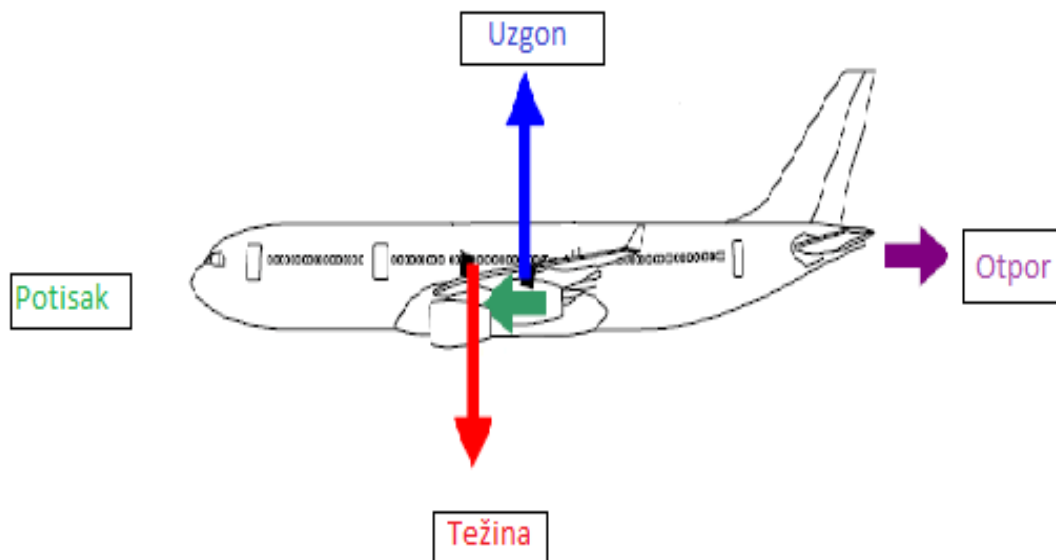


## 2. DEFINIRANJE OSNOVNIH PARAMETARA U PROCESU URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA

U ovom poglavlju biti će objašnjeno međudjelovanje sila: uzgona, težine, otpora i potiska koje omogućuju ostvarivanje leta. Masa zrakoplova utječe na silu težu koja vuče zrakoplov prema zemlji, zbog čega je bitno izračunavati težište zrakoplova. Prije izračunavanja položaja težišta, treba poznavati konstrukcijske, stvarne i operativne mase zrakoplova, dok se položaj težišta može odrediti analitičko - matematičkom, indeksnom ili grafičkom metodom.

### 2.1. Aerodinamične sile i momenti

Četiri aerodinamične sile djeluju na zrakoplov u horizontalnom letu. To su: sila teža, sila uzgona, sila otpora, te vučna ili potisna sila. Sila uzgona koja djeluje prema gore i sila teža koja djeluje prema zemlji međusobno se poništavaju, isto tako se potisna sila koja djeluje prema naprijed poništava sa silom otpora koja djeluje u suprotnom smjeru.



**Slika 1.** Djelovanje sila na zrakoplov u letu  
Izvor: [1]

Težina zrakoplova je ukupna masa zrakoplova koja odgovara gravitacijskoj sili zemljine teže.

Na krilima zrakoplova nastaje sila uzgona, zato se krila zrakoplova nazivaju nosećom površinom. Zbog veće zaobljenosti gornjeg dijela krila od donjeg dijela krila, kod povećanja brzine zrakoplova, na gornjoj strani krila je brzina strujanja zraka veća te manji tlak, dok je na donjoj strani suprotno. Zbog razlike u tlakovima stvara se sila

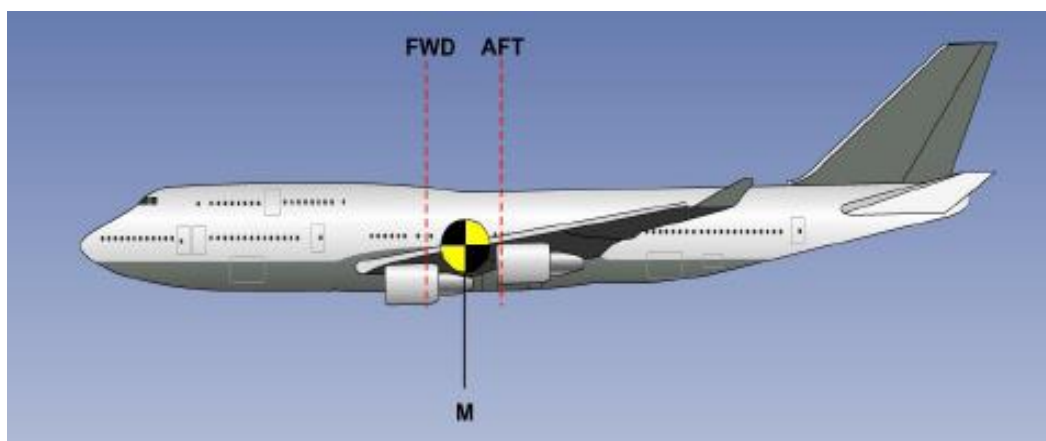
uzgona koja krila pomiče prema gore. Ugradnjom pretkrilca, zakrilca i povećanjem napadnog kuta isto se može povećati sila uzgona.

Motori zrakoplova stvaraju silu potiska koja omogućuje zrakoplovu kretanje unaprijed, dok otpor sprječava tu pojavu.

Uz ove četiri sile na zrakoplov u letu djeluje i moment sile. Moment je umnožak sile i kraka na kojem djeluje. Zamišljena os  $y$  koja prolazi uzduž raspona krila važna je zbroj momenata na njoj koji mora biti jednak nuli da bi zrakoplov bio u ravnoteži. Moment može biti pozitivan ako ima moment podizanja i negativan ako ima moment poniranja zrakoplova. Težište zrakoplova pomiče se prema naprijed ili unazad ovisno o tome kako je ukrcao teret, odnosno na  $y$  os djeluje raspored tereta. Zato je potrebno izračunati položaj težišta koji se izražava u postocima srednje aerodinamične tetive u %MAC (engl. Mean Aerodynamic Chord), da bi moment bio jednak nuli.<sup>1</sup>

## 2.2. Težište zrakoplova

Točka gdje sila teža djeluje na ukupnu masu zrakoplova naziva se težište zrakoplova. Centar težišta propisuje proizvođač zrakoplova. Težište mora biti u određenim granicama da ne dođe do negativnih pojava tijekom leta. Uravnoteženjem i opterećenjem zrakoplova težište se stavlja u prednje (engl. Forward - FWD) i stražnje (engl. Afterward - AFT) granične vrijednosti što je vidljivo na slici 2.<sup>2</sup>



**Slika 2.** Prikaz centra težišta zrakoplova  
Izvor: [2]

<sup>1</sup>Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 182.

<sup>2</sup>Bračić, M., Pavlin, S.: *Nastavni materijali, Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017., str.162.

Težište zrakoplova koje se nalazi sprijeda imati će potpuno drugačiji utjecaj na ponašanje zrakoplova od težišta na stražnjem dijelu.

Osobine koje se javljaju kad je težište zrakoplova na prednjem dijelu:

- promjena napadnog kuta krila, potrebna je velika sila na upravljač zrakoplova bilo zbog toga da ga treba povećati ili smanjiti. Znak je to velike uzdužne stabilnosti, te je zbog toga zrakoplov vrlo teško upravljiv.;
- kad težište zrakoplova prijeđe određenu granicu, teško će pilot opet dovesti u takav položaj da dostigne najveći koeficijent uzgona potreban za slijetanje pri maksimalnom otklonu kormila što rezultira većom brzinom prilikom slijetanja od ostvarene brzine tijekom leta. Povećanje brzine ugrožava sigurnost slijetanja u ovoj situaciji. Kod polijetanja se događa slična stvar, zrakoplov se teže odvaja od tla, zahtijeva veću brzinu, a ona i veću raspoloživu duljinu uzletno-sletne staze. Ovakav zrakoplov tijekom leta zahtijeva korigiranje za ostvarenje horizontalnog leta, stvara dodatni otpor, a otpor povećava potrošnju goriva.<sup>3</sup>

Osobine koje se javljaju kad je težište zrakoplova na stražnjem dijelu:

- velika promjena napadnog kuta krila malim pokretima upravljačkom palicom, vrlo malom snagom na palici. Znak je to male uzdužne stabilnosti zrakoplova, ali je zrakoplovom zbog toga vrlo jednostavno upravljati. U ovakvim slučajevima rukovanje upravljačkom palicom mora biti nježno, suvremeni zrakoplovi koriste tzv. "servo" uređaje koji imaju ugrađen sustav za stvaranje umjetnog osjećaja koji stvara silu na palici i onemogućuje grubo rukovanje.;
- težište padne na „neutralnu točku“ na stražnjem dijelu zrakoplov ne može letjeti već se ponaša kao list papira u slobodnom padu.;
- težište koje je pomaknuto više unatrag predstavlja pogodniju konfiguraciju jer je korigiranje jako malo ili nepotrebno, te je tako potrošnja goriva manja. Projektiranje na način da suvremeni zrakoplovi imaju manju uzdužnu stabilnost, smanjuje repne površine i smanjuje potrošnju goriva.<sup>4</sup>

Obje granične vrijednosti položaja težišta imaju dvije vrijednosti, vrijednosti za koje je zrakoplov ispitan da u letu zadovoljava sve kriterije. Te vrijednosti se dijele na:

1. certificirane granične vrijednosti (engl. Certified limits) koje zahtijevaju širi opseg mogućih položaja,

---

<sup>3</sup>Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 186.

<sup>4</sup>Ibid., str.186.-187.

2. operativne granične vrijednosti (engl. Operational limits) koje pokrivaju uži opseg u usporedbi s certificiranim graničnim vrijednostima. Sužavanje granica omogućava da se pogreške uzmu u obzir i poveća sigurnost letenja.<sup>5</sup>

Razlozi pomicanja težišta tijekom leta su sljedeći:

- uslijed potrošnje goriva kod zrakoplova sa strelastim krilima, ostatak goriva će pomicati težište cijelog zrakoplova,
- zbog uvlačenja i izvlačenja stajnih trapova u fazi polijetanja i slijetanja,
- kretanje posade i putnika po putničkoj kabini tijekom leta,
- serviranje hrane koja se prenosi s određenog mjesta do svakog putnika,
- te predaja robe bez carinske nadoknade.<sup>6</sup>

Prekoračenje dozvoljene mase zrakoplova ili nepravilno balansiranje zrakoplova dovodi po posljedica kao što su:

- povećana duljina uzletno-sletne staze u uzlijetanju,
- nemogućnost dostizanja gornje granice leta,
- nemogućnost dostizanja određene brzine krstarenja,
- smanjeni dolet i istrajnost zrakoplova,
- otežano manevriranje zrakoplovom,
- povećanje stall<sup>7</sup> brzine,
- veće opterećenje na pojedine dijelove zrakoplova.<sup>8</sup>

### 2.3. Mase zrakoplova

Razvoj zrakoplovne tehnike uzrokovao je velik broj različitih pojmova u zrakoplovstvu pa tako i različitih pojmova masa zrakoplova. Uslijed toga, izdvojena su dva bitna: Udruženje civilnih zračnih prijevoznika IATA (engl. IATA – International Air Transport Association) i Udruženje zračnih prijevoznika SAD-a (engl. ATA – Air Transport Association of America) uvelo je standardne definicije pojmova. Mase zrakoplova su bitne jer se koriste kod izračuna uravnoteženja i opterećenja. Razlikujemo: konstrukcijske, stvarne i operativne mase zrakoplova.

---

<sup>5</sup>Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 187.

<sup>6</sup>Ibid., str. 188.

<sup>7</sup>Stall – odvajanje strujnica od aerodinamične površine, što rezultira gubitkom uzgona i brzine

<sup>8</sup>Bračić, M., Pavlin, S.: *Nastavni materijali, Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017., str.162.

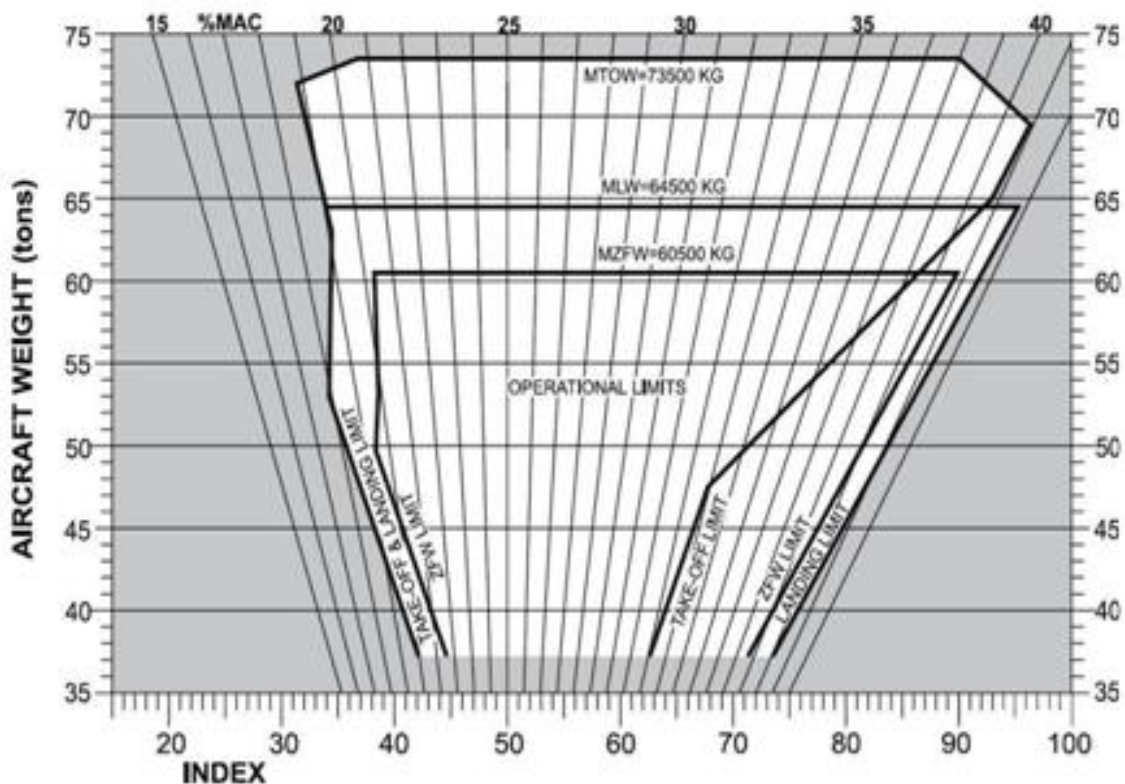
### 2.3.1. Konstrukcijske mase zrakoplova

Konstrukcijske mase zrakoplova određene su pri konstruiranju zrakoplova. Uvjet im je strukturalna čvrstoća u pojedinim fazama korištenja. U konstrukcijske mase pripadaju:

1. Maksimalna konstrukcijska masa zrakoplova na stajanci (engl. MDRM - Maximum Design Ramp Mass) je maksimalna masa potpuno opterećenog zrakoplova. Zbog strukturalnih ograničenja čvrstoće zrakoplova ova se masa ne smije prekoračiti. Ovo ograničenje vrijedi za zrakoplov koji se ne kreće, kako snagom vlastitih motora, tako ni zemaljskim sredstvima.
2. Maksimalna konstrukcijska masa za vožnju po zemlji (engl. MDTM - Maximum Design Taxi Mass) to je maksimalna masa koju zrakoplov može imati tijekom eksploatacije. Ova konstruktivna masa je mjerodavna za izračun izvjesnih dijelova strukture, odnosno ako se ova masa prekorači dolazi do strukturalnog oštećenja na spojevima trupa, krila i podvozja zrakoplova. To je zapravo ukupna masa natovarenog zrakoplova koja uključuje ukupno gorivo koje će biti potrošeno tijekom taksiranja (engl. Taxi Fuel). To je razlog što je maksimalna konstrukcijska masa za vožnju po zemlji veća od maksimalne mase pri polijetanju.
3. Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova pri polijetanju (engl. MTOM - Maximum Design Take Off Mass) je najveća masa koju zrakoplov smije imati u trenutku polijetanja. Ponekad se ova masa naziva maksimalna masa u momentu puštana kočnica jer zrakoplov koji treba poletjeti s uzletno-sletne staze mora biti poravnat s osi uzletno-sletne staze. U ovu masu ne ulazi masa goriva potrošena za pokretanje motora i vožnju po zemlji.
4. Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova bez goriva (engl. MZFM - Maximum Zero Fuel Mass) je strukturalna masa zrakoplova, što znači da se zrakoplov statički preračunava na ovu masu. To je najveća masa koju zrakoplov može imati tijekom leta ako potroši ukupno gorivo koje se nalazi u krilu zrakoplova, tada su izloženi noseći elementi strukture krila. To je masa bez goriva.
5. Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova pri slijetanju (MDLM - Maximum Design Landing Mass) je najveća masa zrakoplova pri kojoj zrakoplov može sigurno sletjeti. Strukturalno opterećenje stajnog trapa, spojeva krila i trupa pokazatelji su prekoračenja ove mase. Razlika u masama između maksimalne konstruktivne mase pri polijetanju i maksimalne konstruktivne mase pri slijetanju čini potrošeno putno gorivo (engl. Trip Fuel). Dok kod maksimalne

konstruktivne mase zrakoplova pri slijetanju u zrakoplovu ostaje rezervno gorivo (engl. Reserve Fuel).<sup>9</sup>

Ove maksimalne konstruktivne mase zrakoplova, proizvođač zrakoplova u listi opterećenja i uravnoteženja predočuje u obliku grafikona za određivanje težišta zrakoplova. Vrijednosti su prikazane pomoću envelope, odnosno krivulja koje pokazuju granicu gdje mase dosežu svoju maksimalnu vrijednost i u kojim granicama moraju biti.<sup>10</sup>



**Slika 3.** Envelopa maksimalnih konstruktivnih masa zrakoplova za određivanje težišta  
Izvor: [3]

<sup>9</sup>Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 183.

<sup>10</sup>Bračić, M., Pavlin, S.: Nastavni materijali, *Tehnologija prijehata i otpreme zrakoplova*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017., str.163.

### 2.3.2. Stvarne mase zrakoplova

Stvarne mase zrakoplova se izračunavaju na listi opterećenja, a odnose se na zrakoplov pri kretanju po zemlji, bez goriva, pri uzlijetanju i slijetanju. U stvarne mase se ubrajaju:

1. Tvornička masa praznog zrakoplova (engl. MEM – Manufacturer Empty Mass) to je proizvođačeva ukupna masa zrakoplova koja se isporučuje korisniku. To je masa sa svim sastavnim dijelovima, motorima, instalacijama i svom potrebnom opremom za koje je zrakoplov dobio potvrdu za let. Ova masa se naziva još i suhom masom jer ne sadrži fluide.
2. Osnovna masa praznog zrakoplova (engl. BEM – Basic Empty Mass) je prethodna tvornička masa praznog zrakoplova uz masu sve opreme i neiskorištenih tekućina kao što su: gorivo, mazivo, voda za piće, voda za toalete.
3. Osnovna masa zrakoplova (engl. BM – Basic Mass) je prethodna osnovna masa praznog zrakoplova i masa operativne opreme koja nije uključena u prethodnu masu. Zračni prijevoznik odlučuje o operativnoj opremi koja se može mijenjati ovisno o kojem se letu radi. Osnovna masa zrakoplova obuhvaća: priručnike, navigacijsku opremu, opremu za hitni slučaj, pokretnu opremu u putničkoj kabini, motorno ulje i tekućine za odležavanje.
4. Stvarna masa zrakoplova bez goriva (engl. AZFM – Actual Zero Fuel Mass) je zbroj suhe operativne mase i ukupno ukrcanog tereta. Suha operativna masa se sastoji od osnovne mase zrakoplova, posade, njihove prtljage, hrane i pića. Znači da stvarna masa zrakoplova bez goriva obuhvaća osnovnu masu zrakoplova, posadu i njihovu prtljagu, te mase ukrcanog tereta.
5. Stvarna masa zrakoplova pri uzlijetanju (engl. ATOM - Actual Take Off Mass) je zbroj operativne mase zrakoplova i ukupno ukrcanog tereta. Operativnu masu zrakoplova čini suha operativna težina zrakoplova i količina goriva potrebna za let. Stvarna masa zrakoplova pri uzlijetanju je zaključno operativna masa zrakoplova, gorivo potrebno za let i ukupno ukrcani teret.
6. Stvarna masa zrakoplova pri slijetanju (engl. ALM – Actual Landing Mass) je masa zrakoplova pri uzlijetanju umanjena za putno gorivo.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup>Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 184.

### 2.3.3. Operativne mase zrakoplova

Operativne mase osim za proračun uravnoteženja i opterećenja, služe za provjeru najvećih dopuštenih masa. Operativne mase dijele se na:

1. Suhu operativnu masu (engl. DOM – Dry Operating Mass) koja je osnovna masa zrakoplova na koju je dodana masa posade i njihove prtljage, masa hrane i pića. Ovisno o broju članova posade i karakter leta mijenja se suha operativna masa. Uz suhu operativnu masu dolazi i operativni indeks (engl. DOI – Dry Operating Index) koji je ishodište za dobivanje proračuna težišta zrakoplova.
2. Operativnu masu (engl. OM – Operating Mass) čini prethodna suha operativna masa na koju je dodana količina goriva potrebna za određeni let.<sup>12</sup>

### 2.3.4. Ostali pojmovi

Osim navedenih masa, pri uravnoteženju i opterećenju zrakoplova koriste se pojmovi:

- Plaćeni teret (engl. Payload - PL) u koji se ubraja masa putnika, masa prtljage, masa tereta, masa pošte. Sve je to teret koji se naplaćuje.
- Putno gorivo (engl. Trip Fuel - TF) je gorivo potrebno od točke polijetanja do točke slijetanja. Ono se nalazi u gorivu za polijetanje.
- Gorivo za polijetanje (engl. Take Off Fuel - TOF) sastoji od goriva za polijetanje, put i rezervnog goriva.<sup>13</sup>

## 2.4. Metode izrade liste opterećenja i uravnoteženja zrakoplova

Postoje tri metode kojima se može izračunati hvatište sile teže nekog zrakoplova, a to su:

1. Analitičko-matematička metoda - ovom se metodom položaj težišta izračunava pomoću koordinatnog sustava u kojem se računaju momenti svih težinskih mjerljivih sustava i dijele s njihovom vlastitom masom. Centar gravitacije dobiva se množenjem masa sustava i kraka na kojem djeluje. Potrebno je izračunati masu za svaki pojedini dio praznog zrakoplova, a kasnije za svaki

---

<sup>12</sup>Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 185.

<sup>13</sup>Ibid., str. 186.



ukrcani teret. Ova metoda koristi se za određivanje početnog položaja točke težišta zrakoplova kada se primjenjuju jednostavniji načini određivanja položaja točke težišta opterećenog zrakoplova, ne koristi se u svakodnevnom preračunavanju.

2. Indeksna metoda - uvođenjem bezdimenzionalnog cijelog broja zvanog indeks, uklanja se mogućnost pogreške u preračunavanju. Indeks predstavlja moment koji u sprezi s masom zrakoplova određuje položaj težišta. Svaki pojedini prijevoznik određuje početni indeks za određeni zrakoplov u svojoj floti. Ova metoda se bazira na indeksima očitanim iz tablica.
3. Grafička metoda - za ovu metodu potrebno je podijeliti ukrcajne prostore zrakoplova u odsječke, uključujući putničku kabinu i spremnike s gorivom. Svaki zrakoplov ima svoj centar težišta. Kretanjem prema prednjem dijelu zrakoplova negativni moment raste, a kretanjem prema kraju raste pozitivni moment. Grafički prikaz je zastupljeniji od indeksnog, ovim se postupkom uklanjaju moguće pogreške u izračunavanju, ali postupak nije precizan kao indeksna metoda zbog nepreciznosti pri ucrtavanju kemijskom olovkom po relativno malom dijagramu i otežanom očitavanju vrijednosti.<sup>14</sup> Ovu metodu izračuna uravnoteženja i opterećenja koristi osoblje za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova na Međunarodnoj zračnoj luci Zagreb. Primjer za zrakoplov Airbus A320 Croatia Airlines prikazan je na slici 4. u nastavku.

Osim navedene tri metode, postoji i elektronska izrada liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Instaliranim sustavom na računalu pomoću kojeg se obrađuju podaci koji se unose u sustav, u vrlo kratkom vremenu može se izraditi lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Prednost elektronske metode je lak pristup i pohrana podataka, preciznost, jednostavnost i brzina izrade liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.

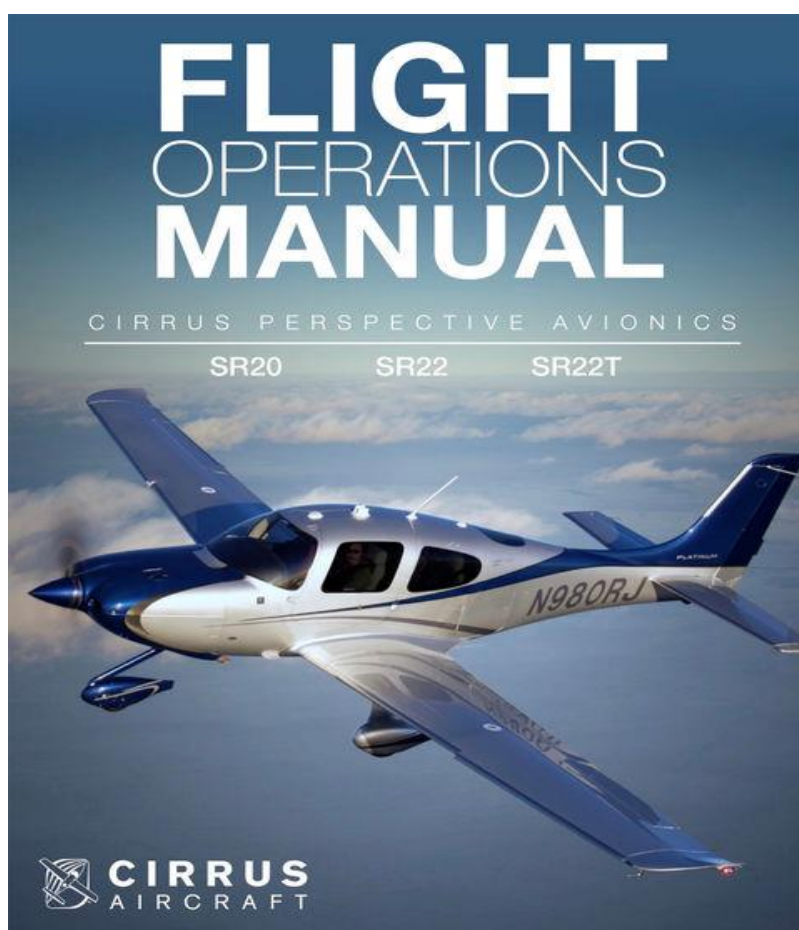
---

<sup>14</sup>Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 189.



### 3. UTJECAJ KVALITETE PROTOKA INFORMACIJA AERODROMSKIH SLUŽBI NA IZRAČUN URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA

Kod procesa izračuna uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, bitno je da se osoblje služi: **SOM** (engl. Station Operation Manual), **GOM** (engl. Ground Operation Manual) i **FOM** (engl. Flight Operation Manual) priručnicima. Pomoću tih priručnika zračni prijevoznici određuju postupak za izračunavanje opterećenja i uravnoteženja zrakoplova, na slici 5. nalazi se primjer FOM priručnika. Priručnici sadrže mase i indekse za određene tipove zrakoplova, raspored teretnih prostora i unutrašnjost putničke kabine. Osnovni izvor podataka za posao uravnoteženja i opterećenja zrakoplova su upravo ti operativni priručnici, dok su ostali izvori dopune zračnih prijevoznika.<sup>15</sup>



**Slika 5.** Primjer FOM priručnika  
Izvor: [5]

<sup>15</sup>Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 200.

Osim priručnika, osoblje za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova se još koristi sljedećom dokumentacijom: Putničkim manifestom, Teretnim listom, Cargo manifestom, podacima o gorivu, NOTOC (engl. Notification to Captain) dokumentom te specijalnom dokumentacijom.

**Popis putnika ili Putnički manifest** (eng. Pax Manifest) je popis putnika koji su se registrirali za određeni let, izdaje ga služba za registraciju putnika. Primjer dokumenta Putničkog manifesta priložen je ispod na slici.

**APPENDIX 1. GENERAL DECLARATION**

**GENERAL DECLARATION**  
(Outward/Inward)

Operator .....

Marks of Nationality and Registration\* ..... Flight No. .... Date .....

Departure from ..... Arrival at .....

(Place) ..... (Place)

---

**FLIGHT ROUTING**  
(Place\* Column always to list origin, every en-route step and destination)

**APPENDIX 2. PASSENGER MANIFEST**

**PASSENGER MANIFEST**

Operator .....

Marks of Nationality and Registration\* ..... Flight No. .... Date .....

Point of embarkation ..... Point of disembarkation .....

(Place) ..... (Place)

Surname and initials	For use by operator only	For official use only
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

1 3/4 (inches)

**Slika 6.** Prikaz Putničkog manifesta  
Izvor: [2]

Služba uravnoteženja i opterećenja zrakoplova za potrebe izrade liste opterećenja i uravnoteženja koristi podatke o broju putnika po klasi, dobi i spolu gdje saznaje masu putnika. Za pojednostavljenje postupka usvojene su standardne mase putnika za određene zrakoplove i tipove leta, zbog nemogućnosti vaganja svakog putnika prije ulaska u zrakoplov, što se može vidjeti u tablici 1.<sup>16</sup>

<sup>16</sup>Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str 191.

**Tablica 1.** Standardne težine putnika

<b>Spol</b>	<b>Redovni promet</b>	<b>Charter promet</b>
<b>Muško</b>	88 kg	83 kg
<b>Žensko</b>	70 kg	69 kg
<b>Djeca</b>	35 kg	35 kg
<b>Bebe</b>	0 kg	0 kg

Izvor: [6]


**Teretni list ili Tovarni list** (engl. The Air Waybill – AWB) ugovor je o prijevozu robe zrakom između pošiljatelja i prijevoznika. To je najvažniji Cargo dokument, te se izdaje za sve pošiljke primljene na prijevoz. Dokument se izdaje odmah nakon primitka robe u tri primjerka. Postupak slanja pošiljke počinje prihvaćanjem, sigurnosnim pregledom te pozicioniranjem u skladište. Zatim slijedi sortiranje teretnog lista prema letu i dodjeljivanje Cargo manifestu. Teretni list bitan je Uredu uravnoteženja i opterećenja jer pokazuje o kojoj je vrsti tereta riječ te ima li posebne vrste robe s kojom se mora na određen način rukovati.<sup>17</sup>

**Cargo manifest ili Robni manifest** je dokument kojeg izdaje služba za prihvata i otpremu robe, odnosno Cargo služba. Cargo manifest je dokument koji sadrži popis pošiljaka koje se šalju zrakoplovom, iz njega se može očitati: vrsta robe, količina robe, bruto težina robe, ukoliko postoji posebna roba i pošta. Kod predaje pošiljke na prijevoz prvo se obavlja pregled, zatim vaganje same pošiljke te se izdaje teretni list (engl. Air Waybill – AWB). Slijedi potpisivanje teretnog lista i ukrcaj u zrakoplov.<sup>18</sup> Primjer Cargo manifesta sa Međunarodne zračne luke Zagreb od zračnog prijevoznika Lufthanse nalazi se ispod na slici 7.

---

<sup>17</sup>Pašagić Škrinjar, J., Štimac, I.: Nastavni materijali, *Tehnologija prihvata i otpreme tereta i pošte*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.

<sup>18</sup>Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 200.



**CARGO MANIFEST Type 11**

**I.C.A.O. annex 9, appendix 3**

Owner or Operator: Lufthansa Cargo

Marks of Nationality/Registration Number: \_\_\_\_\_ Flight No: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

Point of loading: Zagreb, ZAGREB, CROATIA Point of unloading: Frankfurt, FRANKFURT INTL GERMANY

Driver Name:			
Driver ID:		Seal:	
Truck Reg No:			
Remarks:			

**Surface Transportation as per IATA Resolution 507 B**

Pallet/ULD No:				For use by owner/operator			
No	Air Waybill and Part No	No Of Pieces	Nature of goods	Gross Weight	ORI/DES	SHC	Official use
<b>ULD: BULK FRA</b>							
<b>COMMERCIAL CARGO / TRANSIT</b>							
1	020-81551604	3	CONSOLIDATION	1377,0	ZAG/JFK	PER,HEA	X
2	020-81545584	1	SPINDLE PARTS N	100,0	ZAG/ORD		X
3	020-81545573	2	SPARE PARTS	4240,0	ZAG/PVG	HEA	X
4	020-81552492	1	CONSOLIDATION	123,0	ZAG/SFO	HEA	X
5	020-81557718	3	CONSOL	955,0	ZAG/TLS	HEA	C
<b>Total</b>		<b>10</b>		<b>6195,0</b>			
<b>Manifest Totals</b>		<b>10</b>		<b>6195,0</b>			

**Slika 7.** Cargo manifest s Međunarodne zračne luke Zagreb  
Izvor: [7]

**Podaci o gorivu** dostavljaju se Uredu za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova od strane posade zrakoplova. Važno je dostaviti sljedeće podatke o:

- količini goriva koja se nalazi u spremnicima zrakoplova (engl. Block Fuel – BF)
- količini goriva potrebnoj za pokretanje motora i rulanje (engl. Taxi Fuel – TXF)
- količini goriva potrebnoj za polijetanje ( engl. Take Off Fuel - TOF = BF – TXF)
- količini goriva procijenjenog za put, do slijetanja (engl. Trip Fuel – TF)<sup>19</sup>

**NOTOC** (engl. Notification to Captain) je dokument koji se izdaje kao obavijest kapetanu zrakoplova koja vrsta, količina specijalne i opasne robe se nalazi u zrakoplovu. Kapetan može regulirati tlak i temperaturu u odjeljcima zrakoplova gdje se nalazi roba, te u slučaju izvanrednih situacija reagirati po odgovarajućoj proceduri.

<sup>19</sup>Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 201.

Dokument izdaje sam prijevoznik, Aerodromska robna služba ili Služba uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, primjer dokumenta se nalazi na slici 8. NOTOC se potpisuje prije polijetanja u tri primjerka; jedan potpisuje kapetan zrakoplova, drugi odgovorna osoba za ukrcaj u zrakoplov, a treći primjerak ostaje u arhivi službe koja je izdala NOTOC.<sup>20</sup>

SPECIAL LOAD – NOTIFICATION TO CAPTAIN														
Station of Loading TAG		Flight Number		Date	Aircraft Registration		Reported By							
		OS684		03Feb12	OELVB									
DANGEROUS GOODS														
Station of unloading	Airwaybill number	Proper shipping name		Class or Division for class 1	UN or ID number	Sub Risk	Number Of Packages	Net quantity	Radio Active	Packing Group	Code	CAO (t)	Loadst ULD ID	Position
1	VIE	02096675224	CARBON DIOXIDE,SOLID		9	UN1845	2	6 KG		III	ICE	9L		
2	VIE	02082038880	CARBON DIOXIDE,SOLID		9	UN1845	1	4 KG		III	ICE	9L		
3	VIE	02082038865	CARBON DIOXIDE,SOLID		9	UN1845	2	7 KG		III	ICE	9L		
4	VIE	02082038854	CARBON DIOXIDE,SOLID		9	UN1845	2	7 KG		III	ICE	9L		
OTHER SPECIAL LOAD														
Site of origin	Airway bill Number	Content and Description		Number Of packages	Quantity	Supplementary Information				Code	Loadst ULD ID	Position		
VIE	02082038876	BIOLOGICAL SAMP		2	1					PER				
VIE	02096675224	BIOLOGICAL SAMP		4	14					PER				
VIE	02082038880	BIOLOGICAL SAMP		1	5					PER				
VIE	02082038865	BIOLOGICAL SAMP		2	16					PER				
VIE	02082038854	BIOLOGICAL SAMP		2	16					PER				

**Slika 8.** Primjer NOTOC-a  
Izvor: [7]

**Specijalna dokumentacija** vrijedi u posebnim slučajevima kada se na zrakoplov prima posebna kategorija putnika kao što su osobe sa smanjenom pokretljivošću (engl. Passenger with Reduced Mobility - PRM), bolesne osobe i djeca bez pratnje (engl. Unaccompanied Minors - UM). Takve kategorije putnika moraju potpisati Izjavu o naknadi štete.

Postoji više vrsta PRM putnika, zbog čega su specificirani PRM kodovi za:

- MEDA (engl. Medical) za medicinski slučaj
- LEGL/LEGR/LEGB (engl. Leg Left, Leg Right, Leg Both) putnik s lijevom/desnom/obje nogom/noge u gipsu
- STCR (engl. Stretcher) putnik na nosilima
- OXYG (engl. Oxygen) putnik koji za vrijeme leta treba bocu s kisikom
- WCHR (engl. Wheelchair Ramp) putnik u kolicima koji se može penjati, spuštati po stepenicama i doći do svojeg mjesta, ali treba kolica od/do zrakoplova
- WCHS (engl. Wheelchair Steps) putnik u kolicima koji se ne može penjati, spuštati po stepenicama, ali može do svojeg mjesta, treba kolica od/do zrakoplova

<sup>20</sup>Pašagić Škrinjar, J., Štimac, I.: Nastavni materijali, Tehnologija prihvata i otpreme tereta i pošte, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.

- WCHC (engl. Wheelchair Cabin Seat) potpuno nepokretan putnik
- BLND (engl. Blind) putnik koji je slijep
- DEAF putnik koji je gluhi.<sup>21</sup>

**Plan utovara** (engl. Loading Instruction/Report) zasniva se na prikupljanju informacija koje se odnose na teret i poštu te okvirni broj putnika planiran 24 sata prije leta. Kod planiranja utovara bitno je da se zrakoplov nalazi u okviru granica sigurnosti, tako da se ne prijeđu maksimalne postavljene granice nosivosti teretnih prostora zrakoplova. Pojedini utovar mora sadržavati skicu utovara po odjeljcima, dio za uputu o utovaru/istovaru i izvještaj o provedenom utovaru. U zaglavlje obrasca se upisuje broj leta, registracija zrakoplova, datum, destinacija i vrijeme polijetanja. U drugi dio općih obavijesti, gdje se nalaze oznake odjeljaka, upisuje se predviđeni ukrcaj. Nakon dobivenog Cargo manifesta točne vrijednosti se upisuju u odjeljke koji pokazuju unos tereta. Područje za upis specijalnih instrukcija nalazi se na samom kraju instrukcije.<sup>22</sup> Primjer plana utovara zrakoplova Airbus 319 dan je na slici 9.

**CROATIA AIRLINES** Loading instructions A319  
Passenger Version

Station	Flight No.	Destination	A/C Reg.	STD (T/T)	Planner's Signature/ Desk Phone	Date
	OU					
<b>COMPARTMENT</b>		5	4	<b>CABIN</b>		1
<b>OFF at this station</b> ▶						
<b>TRANSIT</b> ▷						

BAGGAGE-ID:

51 (1497kg)	42 (1695kg)	41 (326kg)	12 (1223kg)	11 (1045kg)
-------------	-------------	------------	-------------	-------------

Special instructions

ESTIMATES				
Dest.	PAX	BAG(Pcs.)	CARGO	MAIL

This aircraft has been loaded in accordance with these instructions including the deviations recorded. The load has been secured in accordance with company regulations.

**Loading Supervisor or  
Person Responsible for Loading**

OB-ZOU-006/0 od 15.05.2005.

A REGIONAL STAR ALLIANCE MEMBER

**Slika 9.** Plan utovara  
Izvor: [4]

<sup>21</sup>Nastavni materijali: *Tehnologija prihvata i otpreme putnika i prtljage*, Škurla Babić, R., Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb

<sup>22</sup>Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008. str.197.



**Lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova** (engl. Loadsheet/ Trimsheet) mora biti izrađena prema određenom napatku planiranja. Moguća je izrada ručne i elektroničke liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Nakon svih prikupljenih podataka i napravljene liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, lista se ispisuje u tri kopije i nosi kapetanu zrakoplova.<sup>23</sup> Slika 4. prikazuje obrazac ručne izrade liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Na lijevoj strani liste vrši se računanje maksimalnih vrijednosti masa, dok se na desnoj strani obrasca računa položaj težišta zrakoplova.

---

<sup>23</sup>Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 199.

## **4. STATISTIČKA ANALIZA ZRAKOPLOVNIH NESREĆA UZROKOVANIH NEADEKVATNIM IZRAČUNIMA URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA**

Svake godine događa se niz nesreća koje su povezane s uravnoteženjem i opterećenjem zrakoplova, gdje zrakoplovi prelaze granice mase i ravnoteže. Takve nesreće se događaju uglavnom zbog pogrešaka kod ukrcaja i zbog korištenja pogrešne težine za uzlijetanja zrakoplova. U ovom poglavlju analizirane su nesreće uzrokovane krivim izračunima uravnoteženja i opterećenja komercijalnih zrakoplova na globalnoj razini od 1970. godine.

Pomoću baze podataka u razdoblju od 1997. – 2005. godine prikazana je statistička analiza zrakoplovnih nesreća. Ove podatke iznio je Nacionalni zrakoplovni laboratorij (engl. National Aerospace Laboratory - NLR) u Amsterdamu 2007. godine.

U drugom dijelu prikazana je analiza baze incidenata od 1998. – 2004. godine, vezanih uz uravnoteženje i opterećenje zrakoplova u više od 1.200 slučajeva. Navedeni podaci također su uzeti iz NLR baze podataka.

Analiza izvješća Australanskog ureda za sigurnost prijevoza (engl. The Australian Transport Safety Bureau - ATSB) uzeta je za razdoblje od 2003. - 2010. godine. U izvješću je ispitana pojava utovara zrakoplova, vezana uz proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.

Posljednja analiza u ovom radu je analiza u razdoblju od 2008. - 2016. godine iz baze Nacionalnog odbora za sigurnost prijevoza (engl. National Transportation Safety Boards - NTSB) generalne avijacije.

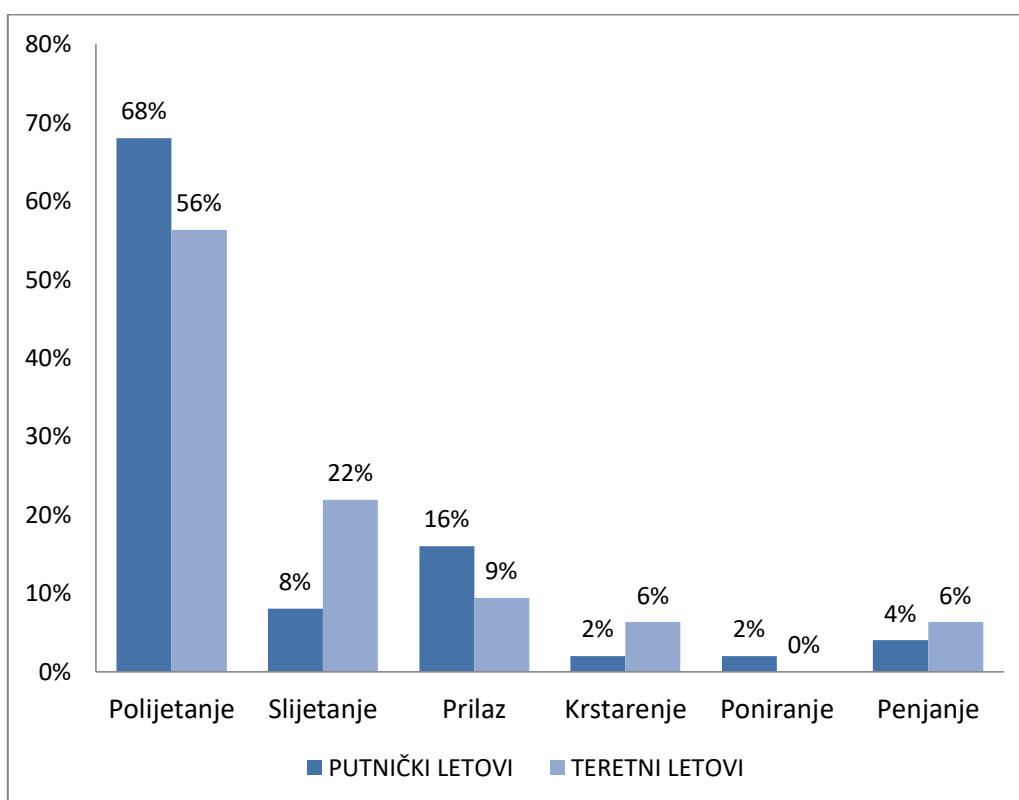
### **4.1. Analiza podataka od 1970. – 2005. godine**

Pretraga NLR Air Safety baze podataka za nesreće obuhvatila je pregled slučajeva koji su prekoračili granice mase i ravnoteže, zrakoplove s maksimalnom masom pri uzlijetanju od 5.500kg i više, opremljeni turbo jet/fan ili turboprop motorima. Uključeni su putnički i teretni letovi. Dok su isključeni testni letovi, slijetanje u hitnim slučajevima, pojave u vezi s sabotazom ili bilo kojim drugim kriminalnim djelom. Pronađene su 82 zrakoplovne nesreće koje su ispunile navedene kriterije. Uzorak se sastoji od 50 putničkih letova i 32 teretna leta, u postocima 61% putnički letovi i 39% teretni letovi. Provodi se više putničkih od teretnih letova, ali tip leta nije značajan, ako nije povezan s izlaganjem svakog tipa leta. Pomoću NLR Air Safety baze podataka moguće je izračunati izloženost putničkog i teretnog zrakoplova. Za navedeno razdoblje od 1970. – 2005. godine izračunato je da su 93% prihodovnih letova puni putnički letovi, a 7% svih prihoda su puni teretni zrakoplovi. Na temelju

toga zaključuje se da je rizik od nesreće s pogrešnim uravnoteženjem i opterećenjem zrakoplova kod teretnog leta za 8.5 puta veći nego kod putničkog leta.<sup>24</sup>

#### 4.1.1. Analiza nesreća prema fazi leta

Nesreće zrakoplova zbog uravnoteženja i opterećenja zrakoplova prema fazi leta prikazane su na grafikonu 1. Faze leta koje su uzete u obzir kao kritične su: polijetanje, slijetanje, prilaz, krstarenje, poniranje i penjanje. Najkritičnija faza je faza polijetanja za putničke i teretne letove, što čini više od polovice svih nesreća.



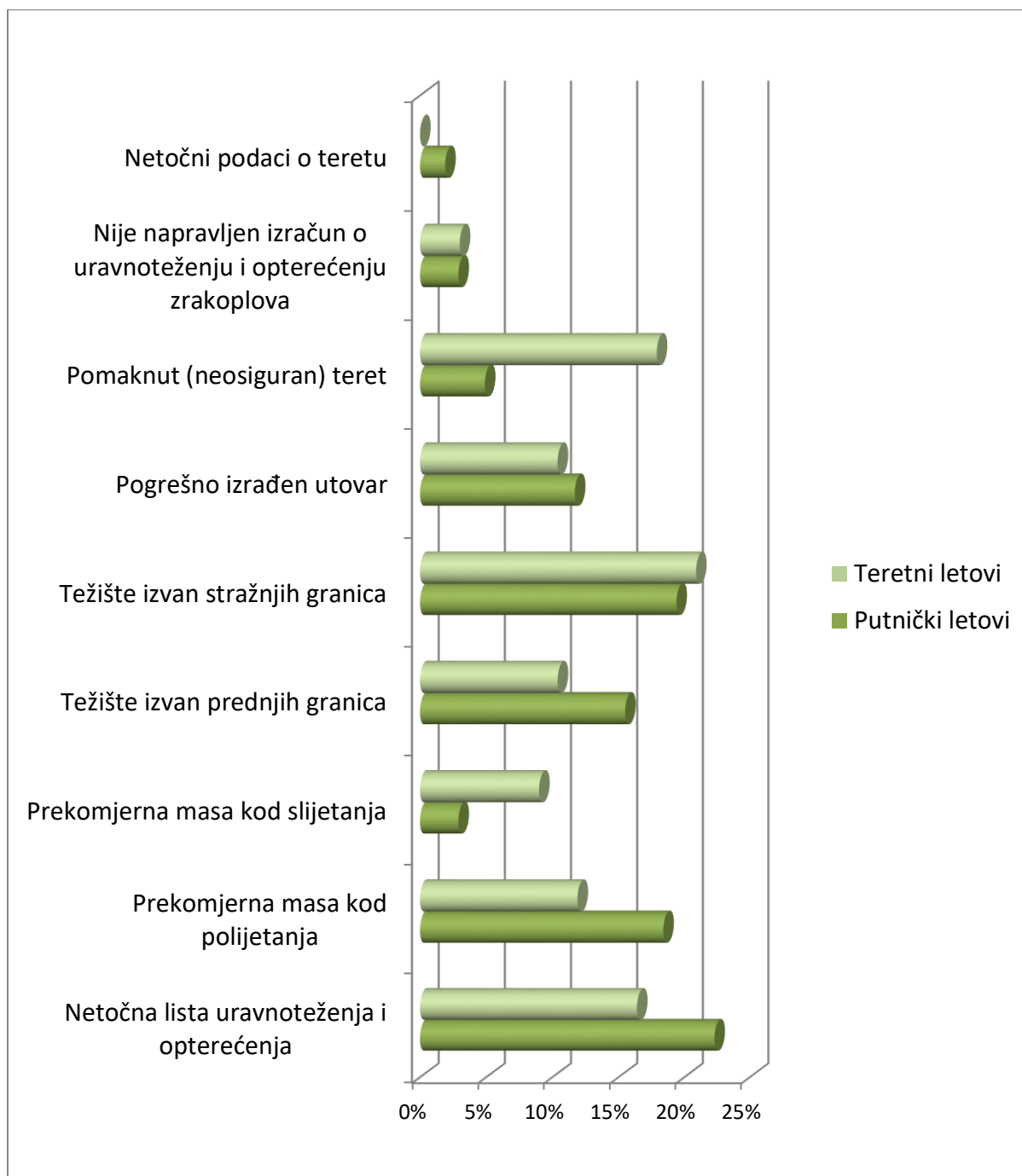
**Grafikon 1.** Udio nesreća prema fazi leta  
Izvor: [8]

#### 4.1.2. Analiza čimbenika u nesrećama

Na grafikonu 2. prikazani su čimbenici koji su uključeni u nesreće povezane s uravnoteženjem i opterećenjem zrakoplova. Jasno je uočljiva razlika između teretnih i putničkih letova. Prekomjerna masa kod polijetanja javlja se češće nego prekomjerna

<sup>24</sup>National Aerospace Laboratory NLR: *Analysis of aircraft weight and balance related safety occurrences*, Air Transport, 2007.

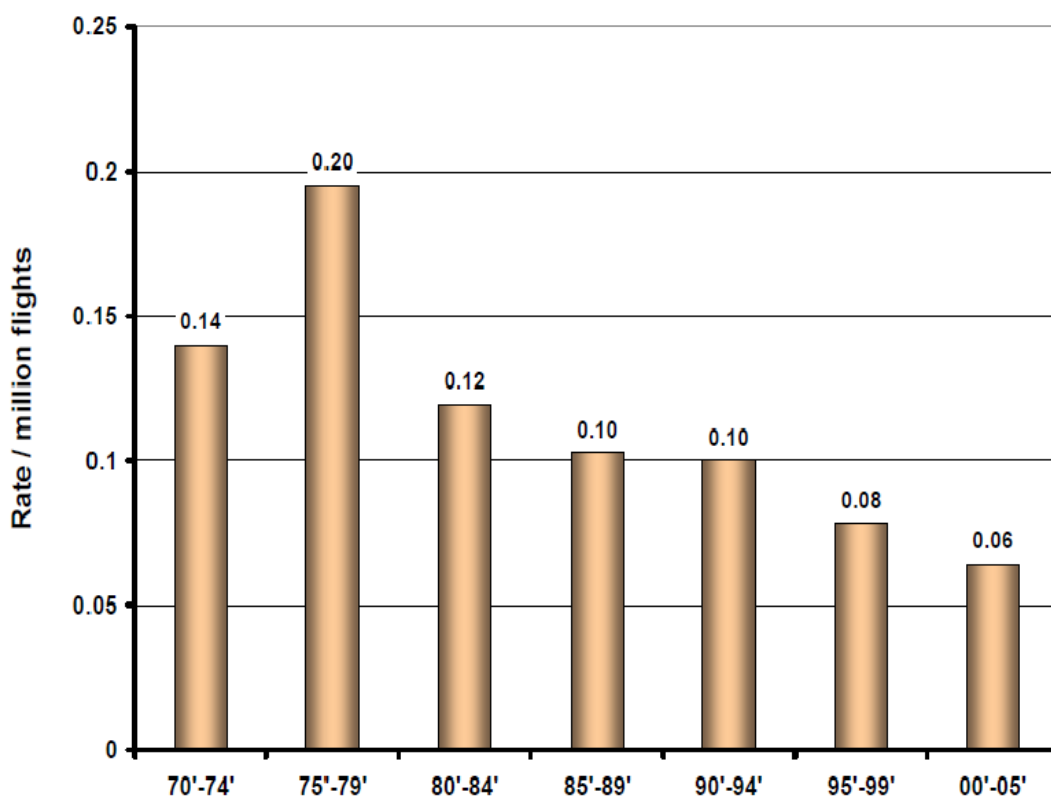
masa kod slijetanja, ali ne postoji sustavna razlika između putničkih i teretnih letova kad se gleda prekomjerna masa kod polijetanja i slijetanja. Isto tako težište izvan stražnjih granica javljaju se češće nego težište izvan prednjih granica. Pomaknut, odnosno neosiguran teret čimbenik je koji se događa češće kod teretnih letova, nego kod putničkih jer se kod putničkih ne obraća tolika pozornost na teret. Ostali čimbenici su: nije napravljen izračun o uravnoteženju i opterećenju zrakoplova, netočni podaci o teretu, pogrešno izrađen utovar, netočna lista uravnoteženja i opterećenja.



**Grafikon 2.** Udio čimbenika uravnoteženja i opterećenja zrakoplova  
Izvor: [8]

### 4.1.3. Trend stope nesreće

Za razdoblje ispitivanja od 1970. do 2005. godine pomoću grafikona 3. prikazana je stopa nesreća, vezana za nesreće uzrokovane pogreškama u procesu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova u odnosu na milijun letova. Uzeti su podaci putničkih i teretnih letova zajedno, da bi dobili visoku statističku točnost u izračunatim stopama. Podaci pokazuju rast stope nesreća do 1979. godine, a zatim do 2005. godine smanjenje stope nesreća čak za dva faktora. Teško je reći što je uzrokovalo ovo poboljšanje, vjerojatno kombinacija brojnih čimbenika.



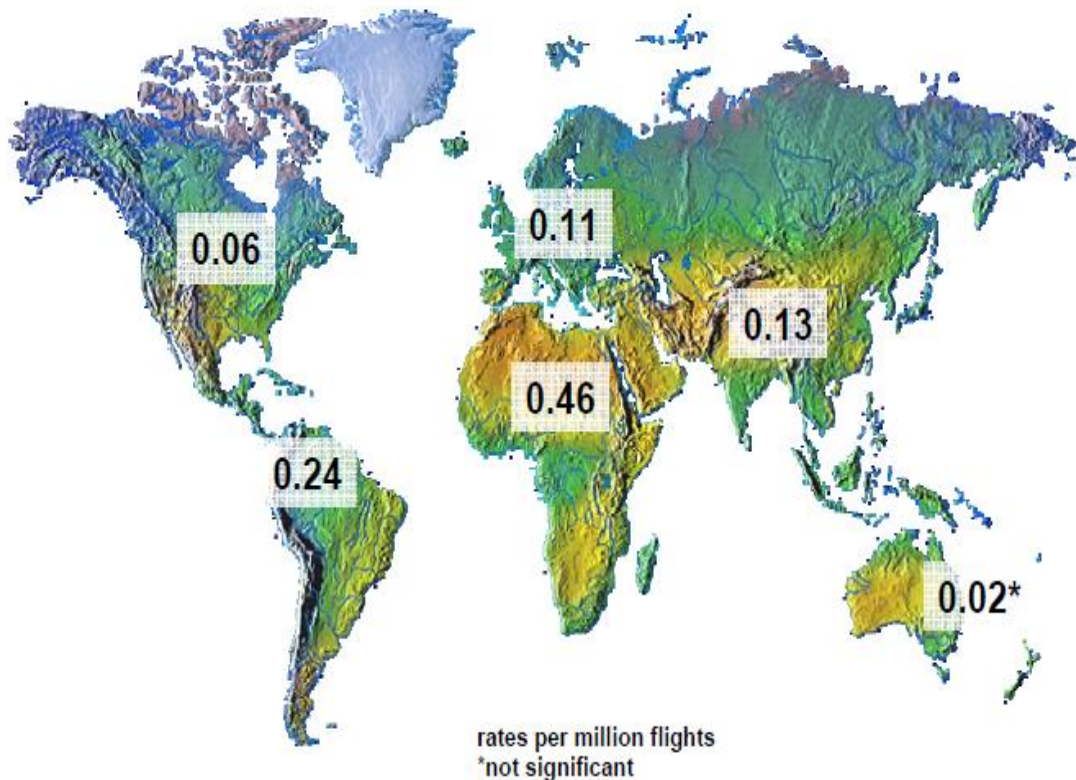
**Grafikon 3.** Stopa nesreće

Izvor: [8]

### 4.1.4. Stopa nesreće po regijama

Stopa nesreće po svjetskoj regiji dana je na ispod na slici 10. Velike razlike vidljive su prema u pogledu stopa nezgoda povezane s uravnoteženjem i opterećenjem zrakoplova. Regija koja je pokazala najmanju stopu nesreće je Sjeverna Amerika, dok je regija s najvećom stopom Afrika. Razlog tome je to što se najviše starih zrakoplova iz Sjeverne Amerike, Europe i Rusije prodaje u Afriku, a ti zrakoplovi tamo nisu dovoljno dobro održavani. Iznenadjujuće je to što nisku stopu nisu uzrokovali teretni, nego putnički letovi. Širom svijeta stopa nesreća koja se

odnosi na uravnoteženje i opterećenje zrakoplova od 1970. godine smanjena je za 50%.<sup>25</sup>



**Slika 10.** Stopa nesreće u svijetu  
Izvor: [8]

## 4.2. Analiza incidenata od 1998. – 2004. godine

Analiza baze podataka iz NLR Air Safety u razdoblju od 1998. – 2004. godine sastoji se od zrakoplovnih sigurnosnih izvješća više od 40 operatera. Ovo istraživanje obuhvatilo je incidente vezane za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova. Pretraživanjem baze podataka pronađeno je 1.200 incidenata uravnoteženja i opterećenjem. Grafikon 4. pokazuje razloge uravnoteženja i opterećenja zbog kojih dolazi do incidenata. Najčešći faktor je pogrešno napravljena lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova s postotkom od 29.1%, slijedi centar težišta izvan ili blizu prednjih granica s 27.8%. Prekomjerna težina kod polijetanja i slijetanja prema statistici najmanji je čimbenik uzroka incidenta s 6.3%.<sup>26</sup>

<sup>25</sup>National Aerospace Laboratory NLR: *Analysis of aircraft weight and balance related safety occurrences*, Air Transport, 2007.

<sup>26</sup>Ibid.

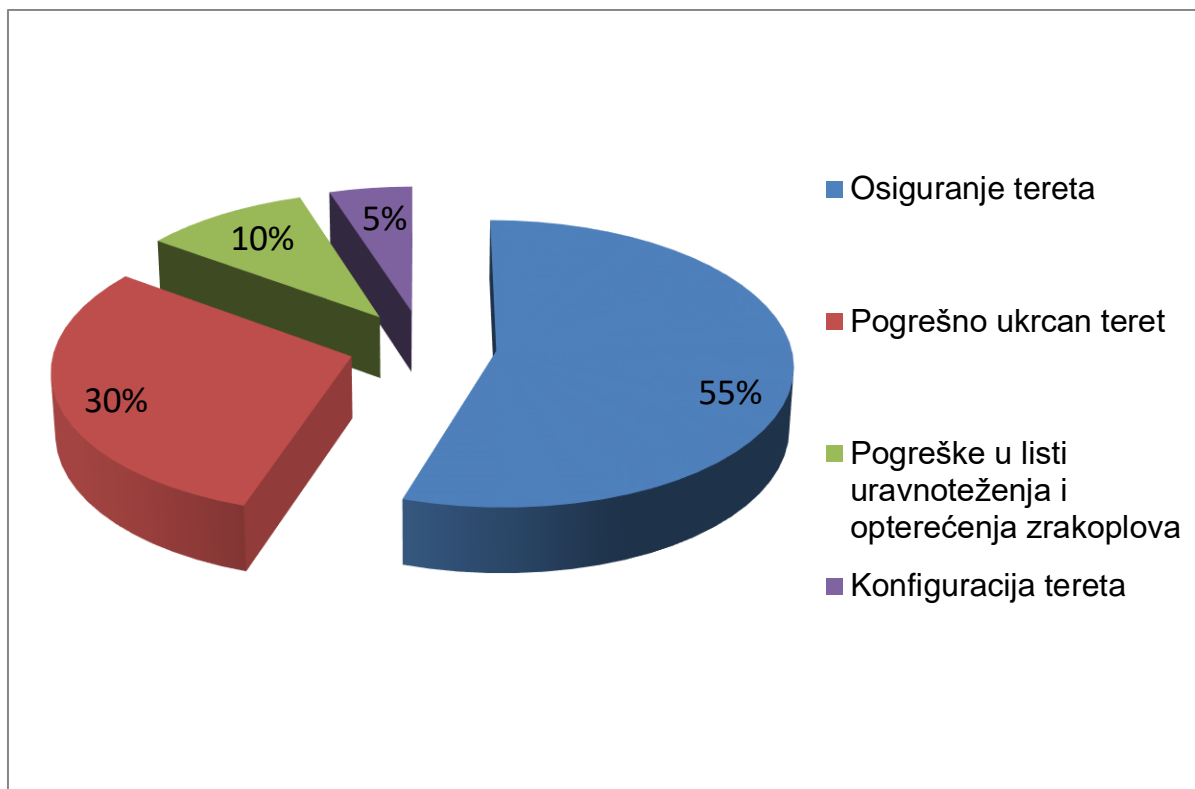


**Grafikon 4.** Razlozi incidenata uravnoteženja i opterećenja zrakoplova  
Izvor: [8]

#### 4.3. Analiza izvješća od 2003. – 2010. godine

Tijekom sedmogodišnjeg razdoblja provedeno je izvješće od strane ATSB-a (engl. The Australian Transport Safety Bureau). Ovo izvješće uključuje sigurnosne događaje vezane uz uravnoteženje i opterećenje zrakoplova, točnije ukrcaj u zrakoplov. ATSB uredu je prijavljeno 260 izvješća u koje su uključene operacije velikih zrakoplova. Od ukupnih 260 ukrcaja; 55% odnosi se na osiguranje tereta, 30% na pogrešno ukrcavanje tereta, 10% pogrešaka u listi uravnoteženja i opterećenja zrakoplova te 5% u konfiguraciji tereta, prikazano na grafikonu 5. Statistika nakon 2006. godine pokazuje povećanje pogrešnog utovara i osiguranja tereta, dok pogreške u listi uravnoteženja i opterećenja zrakoplova i konfiguraciji tereta ostaju slične.<sup>27</sup>

<sup>27</sup>URL: <https://www.atsb.gov.au/media/2226870/ar2010044.pdf> (pristupljeno: kolovoz, 2018.)



**Grafikon 5.** Pogreške vezane uz ukrcaj u zrakoplov  
Izvor: [10]

Problema s osiguranjem tereta bilo je 145 od ukupnih 260 izvješća, a tih 145 problema dogodilo se zbog nepodignutih teretnih brava, što omogućuje kretanje tereta tijekom leta i utječe na težište i kontrolu zrakoplova. Uglavnom su razlog tome bile različite konfiguracije zrakoplova. Izvješća o pomaknutom neučvršćenom teretu bilo je 18, kod kojih nisu bili osigurani kontejneri, palete i prtljaga putnika. Posljedice ove pojave primijećene su kod uzlijetanja, u usponu ili spuštanju.

Za pogrešno ukrcan teret, bilo je zabilježeno 79 događaja, a događaji se odnose na; neispravne mase tereta, pogrešan položaj kontejnera, paleta i prtljage, te oštećenje zrakoplova. Opasnost koja se veže uz ove događaje je dovođenje zrakoplova izvan ravnoteže.

Vrlo male nepravilnosti u izradi liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, svega 10% dogodile su se zbog pogrešnog broja zabilježenih putnika u zrakoplovu i poslana liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova posadi tijekom trajanja procesa ukrcanja tereta u zrakoplov.

Najmanji postotak, 12 događaja dogodilo se zbog konfiguracije tereta.<sup>28</sup>

<sup>28</sup> URL: <https://www.atsb.gov.au/media/2226870/ar2010044.pdf> (pristupljeno: kolovoz, 2018.)



#### **4.4. Analiza podataka u razdoblju od 2008. – 2016. godine**

U ovom razdoblju dogodilo se 136 zrakoplovnih nesreća generalne avijacije zbog nepravilnog provođenja obaveznog prije - letnog informiranja pilota o uravnoteženju i opterećenju zrakoplova ili općeg izostavljanja informiranja. Piloti koji ne rade proračune mase i težišta prije polijetanja, mogu tijekom leta doći u opasnost prekomjerne mase i naći se izvan granica težišta. Nad takvim zrakoplovom je lako izgubiti kontrolu tijekom polijetanja ili slijetanja. Analiza je pokazala da je 1/3 nesreća rezultirala smrću pilota i putnika ili oboje.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup>URL: <https://www.nts.gov/safety/safety-alerts/Documents/SA-072.pdf> (pristupljeno: kolovoz, 2018.)

## 5. UNAPRJEĐENJE PROCESA URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA U FUNKCIJI POVEĆANJA SIGURNOSTI LETA

### 5.1. Tijek kretanja informacija

Prikupljanje informacija koje se šalju Službi uravnoteženja i opterećenja zrakoplova kreće od same Službe za registraciju putnika i prtljage, odnosno check-in šaltera. Početak otvaranja šaltera za prijavljivanje na let, vrijeme zatvaranja leta do kad se prihvaćaju samo putnici s potvrđenim rezervacijama i zatvaranje šaltera određeno je vremenskim standardima posebno kod svakog pojedinog zračnog prijevoznika. U tablici 2. su prikazani vremenski okviri za Croatia Airlines.

**Tablica 2.** Vremenski standardi za prihvat putnika

	OTVARANJE ŠALTERA	ZATVARANJE LETA	ZATVARANJE ŠALTERA
DOMAĆI PROMET	najmanje 60 minuta prije EDT <sup>30</sup>	45 minuta prije EDT	15 minuta prije EDT
MEĐUNARODNI PROMET	barem 90 minuta prije EDT	45 minuta prije EDT	20 minuta prije EDT

Izvor: [9]

Šalteri za registraciju putnika i prtljage opremljeni su DCS računalnim sustavom (engl. Departure Control System) pomoću kojeg se izdaju prtljažni privjesci (engl. Baggage Tags) i ukrcajne propusnice za ulazak u zrakoplov (engl. Boarding Passes), te se automatski dodjeljuju sjedala. Tijekom dolaska putnika na Check – in šalter prvo se provjerava točnost i valjanost putnih i ostalih dokumenata, a zatim se provjerava broj i težina ručne prtljage. Nakon provjerene ručne prtljage, provjerava se masa predane prtljage koja je ograničena na 20 kilograma. Ako postoji višak prtljage, putnika se upućuje na šalter prodaje karata. Za vrijeme provjere predane prtljage, putnika se obavještava na ograničenja u vezi prijevoza opasne ili specijalne robe (engl. Dangerous Goods).

Konačno se izdaje prtljažni privjesak koji sadrži kod od tri slova, koji predstavlja konačnu destinaciju do koje prtljaga putuje, a težina prtljage upisuje se u DCS sustav. Slijedi unos podataka o putniku u DCS sustav i izdavanje ukrcajne propusnice koja služi kao potvrda putniku da je prijavljen na let. Putnik dalje: prolazi kroz zaštitni pregled i kontrolu putovnice, dolazi na izlaz i čeka ukrcaj u zrakoplov.

<sup>30</sup> EDT - Procijenjeno vrijeme odlaska (engl. Estimated Time of Departure)

Služba za registraciju putnika i prtljage nakon zatvaranja leta, što je vremenski u tablici prikazano 45 minuta, a u nekim slučajevima je u praksi 30 minuta prije predviđenog polijetanja, šalje podatke Uredu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova putem DCS sustava o: broju, vrsti putnika, količini i težini prtljage putem za to specifičnih sustava. Uz to se dostavlja broj transfernih putnika i njihove prtljage koja se mora ukrcati zadnja, da bi se prva iskrcala.

Putem unaprijed utvrđenim standardnim masama radi se podjela prema:

- vrsti putnika: muškarci, žene, djeca, bebe;
- tipu leta: izvanredni ili redoviti.<sup>31</sup>

Ured uravnoteženja i opterećenja zrakoplova dobiva uvid u ukupnu masu putnika. U standardnu masu putnika uračunata je i ručna prtljaga. Ukupna masa putnika i predane prtljage osnova je za izradu liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.

Osim putnika koji prolaze kroz zaštitni pregled, predana prtljaga također prolazi kroz proces provjere. Putem rendgenskog skenera moguće je vidjeti sadržaj i spriječiti unošenje zabranjenih stvari i tekućina. Ako postoji sumnja koja nije vidljiva odmah, moguće je prtljagu poslati na dodatni pregled i na samom kraju moguće je otvaranje te prtljage. Predana prtljaga nakon predaje na check – in šalteru po pokretnoj traci dolazi do sortirnice u prizemlje terminala. U sortirnici Međunarodne zračne luke Zagreb se manipulacija prtljage nadalje vrši ručno, uzima se s pokretne trake i slaže na kolica za prijevoz prtljage ili u kontejnere.

Uz mase putnika i prtljage, u obzir se uzimaju masa posade koje su također standardizirane zbog bržeg i lakšeg izračuna uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. U tablici 3. prikazane su standardne masa posade u koju je uključena masa njihove prtljage koju smještaju kraj sebe u kokpit ili kabinu, a ona iznosi 11 kg.

**Tablica 3.** Standardne mase posade

<b>Kokpit osoblje (pilot, kopilot)</b>	<b>96 kg</b>
<b>Kabinsko osoblje</b>	<b>86 kg</b>

Izvor: [3]

Informacije koje su još potrebne za izradu liste uravnoteženja i opterećenja su vezane za teret i poštu, a šalje ih Služba prihvata i otpreme tereta i pošte koja se nalazi u zgradi robnog prometa. Zaprimanje teretnih i poštanskih pošiljaka, vaganje i

<sup>31</sup> Nastavni materijali: *Uravnoteženje i opterećenje*, Štimac, I., Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2018.

obilježavanje, okrupnjavanje i popunjavanje popratne dokumentacije zadaća je odjela prihvata i otpreme tereta i pošte. Nakon obavljenog posla, Služba prihvata i otpreme tereta i pošte (engl. Cargo) šalje informacije putem mail-a ili radioveze o količini i masi svake pojedine poštanske pošiljke, odnosno jediničnog sredstva utovara Uredu za izradu liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Uz to još se šalje u Službu za prihvata i otpremu zrakoplova. Ured za izradu liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova dobiva informacije o teretu i pošti 2 sata prije međunarodnog leta, te 1,5 sati prije domaćeg leta putem Cargo manifesta. Plan utovara zrakoplova izrađuje se nakon dobivenog Cargo manifesta te se predaje kontroloru opsluživanja (engl. Ramp Agent) kojem dokument pokazuje kako zrakoplov treba utovariti. Svaki tip zrakoplova na planu utovara ima unaprijed definiranu masu svakog pojedinog odjeljka. Ako se ta masa prijeđe, dolazi do negativnih pojava u letu, te se ugrožava sigurnost.

Ispod općih podataka na planu utovara, nalazi se uputa o istovaru tereta, ako takav teret postoji, a ako ne postoji stavlja se oznaka NIL (engl. Nothing In Load). Osim u planu utovara, oznaka NIL koristi se u Cargo manifestu kad ne postoji teret ili pošta za utovar u zrakoplov, što je prikazano na slici 11.

Hermes 09:10 07/27/18

MZLZ  
Zemaljski saopćenje  
Ground Handling Services

CARGO MANIFEST

Owner or Operator: Croatia Airlines dd

Marks of Nationality/Registration Number: 9ACQC

Point of loading: Zagreb, ZAGREB, CROATIA

Flight No: OU 668 Date: 27/Jul/2018

Point of unloading: Dubrovnik, DUBROVNIK/CROATIA

CARGO,MAIL:NIL

Prepared By: Miss Renata Tačković

Page 1 of 1 Pages

**Slika 11.** Primjer Cargo manifesta u slučaju NIL  
Izvor: [4]

U odjeljke za unos tereta, nakon dobivenog Cargo manifesta, upisuju se točni podaci tereta, pošte i prtljage koja može biti lokalna i transferna. Oznaka za lokalnu prtljagu je BL (engl. Baggage Local), dok je za transfernu prtljagu oznaka BT (engl. Baggage Transfer). Dio SI oznaka je za specijalne instrukcije (engl. Special Instruction) i tamo se piše ukupan broj putnika, prtljage, tereta i pošte, ali uz to još dodatne informacije ako postoji posebna vrsta tereta ili opasna roba.

Posebne vrste tereta dijele se na:

1. lakopokvarljivu robu – oznaka PER (engl. Perishables)
2. opasnu robu – oznaka DGR (engl. Dangerous Goods)
3. žive životinje – oznaka AVI (engl. Live Animals)
4. oružje, municija i drugi ratni materijali oznaka
5. posmrtni ostaci – oznaka HUM (engl. Human Remains)
6. osobne stvari, nepraćena prtljaga
7. stvari jakog mirisa
8. vrijednosne pošiljke – oznaka VAL (engl. Valuables)
9. pošiljke pakirane s ledom – oznaka WET (engl. Wet Cargo)
10. teške pošiljke – oznaka HEA (engl. Heavy)
11. velike pošiljke – oznaka BIG (engl. Outsized Items)
12. živi ljudski organi – oznaka LHO (engl. Living Human Organs/Blood)
13. servisna roba
14. vozila
15. rezervne dijelove zrakoplova – oznaka AOG (engl. Aircraft on Ground)<sup>32</sup>

Opasna roba svrstava se prema skupinama i klasama. Prema Zakonu o prijevozu opasne robe, postoji devet klasa i skupina opasnih stvari:

Klasa 1: Eksplozivne supstance i predmeti koji se koriste za izvođenje eksplozija i pirotehničkih efekata

Klasa 2: Plinovi pod tlakom ili u tekućem stanju

Klasa 3: Zapaljive tekućine

Klasa 4: Zapaljive čvrste stvari

Klasa 5 Oksidirajuće stvari

Klasa 6: Otrovnost i infektivne stvari

Klasa 7: Radioaktivne stvari

Klasa 8: Korozivne stvari

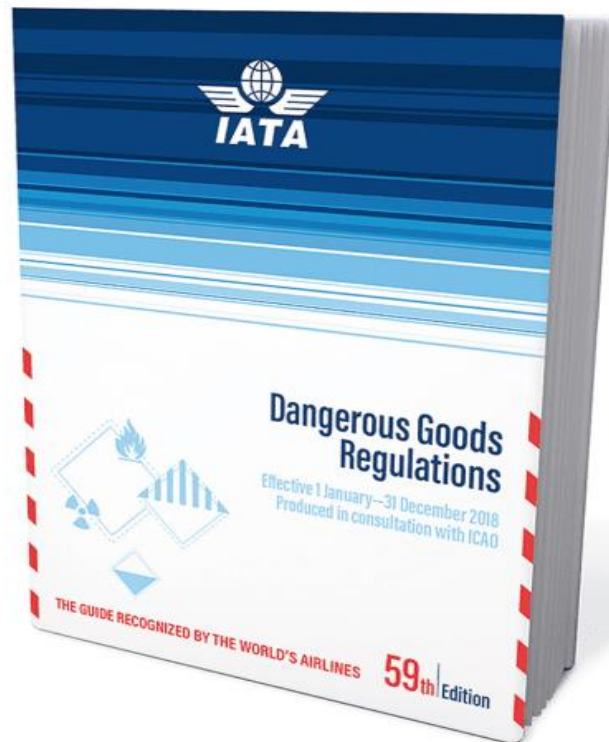
Klasa 9: Mješovite opasne stvari.<sup>33</sup>

---

<sup>32</sup> Bračić, M., Pavlin, S.: Nastavni materijali, *Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017., str.180.

<sup>33</sup> Pašagić Škrinjar, J., Štimac, I.: Nastavni materijali, *Tehnologija prihvata i otpreme tereta i pošte*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.

IATA DGR priručnik (engl. Dangerous Goods Regulation) sadrži informacije za rukovanje s opasnom robom koja se smije utovariti u zrakoplov i informacije za razdvajanje opasne robe kako se ne bi dogodile međusobne reakcije opasne robe. IATA DGR priručnik za razdoblje od siječnja do prosinca 2018. godine dan je na slici 12.



**Slika 12.** IATA DGR priručnik  
Izvor: [11]

Tereti koji se obavezno moraju osigurati su:

- teške pošiljke
- žive životinje
- posmrtni ostaci
- opasna roba
- te ostali predmeti koji mogu naštetiti zrakoplovu.<sup>34</sup>

U rubriku specijalnih instrukcija upisuje se upravo taj teret koji treba osigurati i učvrstiti da ne dođe do pomicanja tereta tijekom leta, te se upisuju upozorenja vezana za opremu. Učvršćivanje tereta se postiže vezanjem, ispunjenjem mrežnog odjeljka ili potpunim ispunjenjem teretnog prostora. Kod ukrcaja velikih i teških pošiljaka treba paziti na ograničenje podne nosivosti teretnog prostora da ne dođe do oštećenja strukture zrakoplova. Podna nosivost unaprijed je određena od

<sup>34</sup> Pašagić Škrinjar, J., Štimac, I.: Nastavni materijali, *Tehnologija prihvata i otpreme tereta i pošte*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.

proizvođača zrakoplova. Kad masa tereta, koja se prevozi, prelazi dozvoljenu podnu nosivost, postoji mogućnost postavljanja proširivača podne nosivosti ispod tereta.

Proširivač mora zadovoljiti dva uvjeta, a to su:

- a) čvrstoća - proširivač mora biti napravljen od materijala koji je dovoljno čvrst da može izdržati pritisak mase tereta koja se stavlja na njega.
- b) raspoređivanje mase - proširivač mora moći rasporediti masu utovarenog tereta tako da je masa ispod ili do granične vrijednosti podne nosivosti.<sup>35</sup>

Nakon upisane specijalne i opasne robe u plan utovara, NOTOC dokument se šalje kapetanu zrakoplova. Kapetan mora biti upoznat s takvim teretom i potpisati odgovornost, jer postoje posebni uvjeti prijevoza za takav teret. Primjer su životinje koje se prevoze u bagažniku zrakoplova kojima kapetan regulira temperaturu u kokpitu koja s visinom opada. Na samom kraju plana utovara je izvještaj o utovaru prema pravilima prijevoznika.

Poslije utovara zatvara se let, u praksi 30 minuta prije samog vremena polijetanja. To je vrijeme kad Ured uravnoteženja i opterećenja zrakoplova izrađuje listu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Glavni zadatak Službe uravnoteženja i opterećenja je izraditi listu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, tako da težište bude u propisanim granicama čime se osigurava stabilnost i upravljivost zrakoplova tijekom leta, a time sigurnost leta. Služba za registraciju putnika i prtljage šalje im točne podatke o broju i kategoriji putnika i njihovoj prtljazi. Ponekad se događa da jedna osoba za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova mora izraditi više lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova jer zrakoplovi polijeću u isto vrijeme, te im to zapravo ne ostavlja vremenski period od 30 minuta već se to vrijeme napola smanjuje. Osoblje za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova mora biti brzo i točno, a takav žurni rad može dovesti do pogrešaka.

U listi uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, osoblje za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova osim podataka o putnicima i njihovoj prtljazi, posadi, teretu i pošti, koristi i podatke o gorivu koje mu dostavlja posada preko kontrolora opsluživanja. Važno je koliko se još goriva nalazi u spremnicima zrakoplova, koliko je potrebno za pokretanje motora i rulanje, koliko je potrebno za polijetanje, a koliko za put. U nalog o gorivu pišu se navedeni podaci o gorivu, što je prikazano na slici 13. Nakon izračuna, da bi lista uravnoteženja i opterećenja bila gotova i važeća, potrebno je prikupiti tri potpisa što je ujedno pristanak i kontrola navedenog izračuna. Jedan primjerak potpisuje osoba koja izrađuje listu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, drugi kontrolor opsluživanja i treći primjerak kapetan zrakoplova.

---

<sup>35</sup> Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008. str. 206.

CROATIA AIRLINES				OB-PSU-042/2 from 11.04.2011			
<b>LOADSHEET INFORMATION</b>							
DAY	MTH	YR	FLT. NUMBER	DEP	DEST		
7	07	18	OU668	ZAG	DBV		
A/C REG		VERSION		CREW			
1A-CGC		C96		212			
DOW	W. DOI	MTOW	MLW				
8715	459	29257	28025				
OCK FUEL	TAXI FUEL	T/O FUEL	TRIP FUEL				
3800	115	3685	912				
ANNED FLIGHT TIME: 00:59							
EL AT NEXT STATION REQUIRED				<input type="checkbox"/> YES	<input checked="" type="checkbox"/> NO		
Remarks:							
Signature: <i>[Signature]</i>							

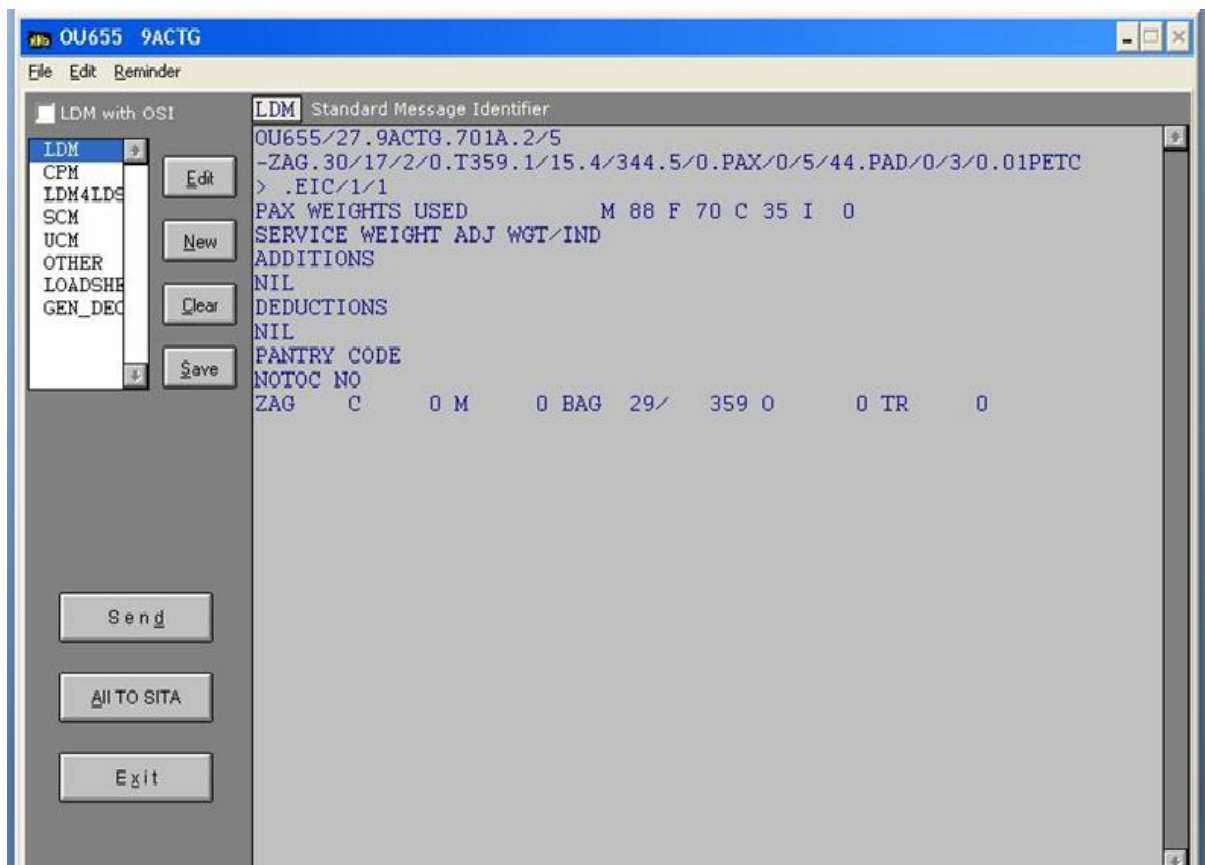
CROATIA AIRLINES				OB-PSU-041/1 from 11.04.2011			
<b>FUEL ORDER</b>							
FLT. NUM.	OU-	DATE					
A/C TYPE		FUEL SUPPL.					
A/C REG.		FUEL GRADE					
JET A-1 / other							
REQUIRED BLOCK FUEL				KGS			
START OF FUEL UPLIFT				UTC			
FUEL BEFORE UPLIFT				KGS			
FUEL AFTER UPLIFT				KGS			
Remarks:							
Signature:							

**Slika 13.** Nalog o gorivu  
Izvor: [4]

Promjene u posljednjim trenucima (engl. Last Minute Changes – LMC) su promjene koje se javljaju nakon izdane liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, gdje se mora napraviti njezina korekcija ili novi proračun. Pošto su promijene u posljednjim trenucima česte, dozvoljena je jedino promjena težine plaćenog tereta u što ulaze putnici i njihova prtljaga. Kod promjena treba obratiti pažnju da se ne prijeđu najveće dozvoljene mase i mase svakog pojedinog odjeljka zrakoplova, a isto tako da težište ostane u zadanim granicama. Svaki zrakoplov pojedinog zračnog prijevoznika ima propisane vrijednosti u slučaju kad nije potrebno raditi korekciju, kada je potrebno raditi samo korekciju i u slučaju kada treba izraditi novi proračun liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.

Kad zrakoplov poleti, osoba koja je radila uravnoteženje i opterećenje zrakoplova preko informacijskog sustava SITA-e šalje LDM (engl. Load Message) poruku o korisnom teretu u zrakoplovu. Njezina svrha je da zračna luka u koju dolazi teret dobi sve informacije i može se pripremiti za dolazni teret. Poruke dolaze u standardiziranim kodovima radi lakše i brže komunikacije. Primjer LDM poruke prikazan je na slici 14. Kada je zrakoplov u dolasku, Ured uravnoteženja i opterećenja zrakoplova također dobiva poruke putem SITA sustava o teretu koji dolazi i vremenu kada zrakoplov dolazi, odnosno LDM i MVT (engl. Aircraft Movement Message) poruke. U slučaju kada plaćeni teret dolazi u kontejnerima ili paletama, dolazi CPM (engl. Container/ Paller Distribution Message) poruka koja daje informaciju o sadržaju i rasporedu kontejnera unutar zrakoplova.





**Slika 14.** Primjer LDM poruke  
Izvor: [2]

Kontrolor opsluživanja (engl. Ramp Agent) nadzire i koordinira proces prihvata i otpreme zrakoplova. Njegova važnost je komunikacija s Uredom uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Listu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, listu putnika, teretni manifest i popratnu dokumentaciju kontrolor opsluživanja preuzima i dostavlja posadi zrakoplova. Osim toga, komunicira s pilotom, opskrbljivačem goriva, koordinira ukrcajem posebnih vrsta putnika i posebnih vrsta tereta i radi sigurnosnu kontrolu tijekom prihvata i otpreme zrakoplova.

## 5.2. Utjecaj posade, putnika, tereta i pošte na položaj težišta zrakoplova

Posao službe uravnoteženja i opterećenja zrakoplova uvijek se odnosi na dvije stvari:

1. da težište zrakoplova prilikom polijetanja, krstarenja, poniranja i slijetanja bude unutar propisanih operativnih granica, čime se postiže potreban nivo sigurnosti prilikom eksploatacije zrakoplova;

2. i da bude pravilno raspoređen teret unutar zrakoplova, jer se dobrim rasporedom unutar zrakoplova smanjuje potreba za korigiranjem tijekom leta i rezultira smanjenjem potrošnje goriva.<sup>36</sup>

Pravilnim raspoređivanjem posade, putnika, prtljage, tereta i pošte unutar zrakoplova dobiva se pravilno opterećen zrakoplov, čime je zagarantirana sigurnost leta. Pravilno opterećenim zrakoplovom smatra se kad se njegovo težište nalazi u zadanim granicama.

Utjecaj posade u kokpitu na položaj težišta zrakoplova mijenja se prema: broju članova posade potrebnih na određenom letu, rasporedu sjedenja i navedenim masama ranije iz tablice 3. Kokpit i posada u njemu smješteni su daleko od referentne točke zrakoplova od koje se računaju svi momenti. Masa posade proizvodi krak sile koja ima veliki utjecaj na težište cijelog zrakoplova.

Raspored putnika u putničkoj kabini znatno utječe na položaj težišta zrakoplova. Istraživanja pokazuju da svaki putnik u putničkoj kabini ima utjecaj na težište zrakoplova kao sedam putničkih torbi u bagažniku.<sup>37</sup> Putnička kabina dijeli se na prvu (oznaka F), poslovnu (oznaka C) i ekonomsku klasu (oznaka M). Ovisno o broju putnika određene klase i vrsti leta i zrakoplova, mijenja se veličina pojedine klase. Postoje različite verzije putničke kabine. Svaka pojedina putnička kabina ima svoj kod koji daje informaciju o broju sjedala po klasi. U Croatia Airlines-u najčešće konfiguracije koje se upotrebljavaju su 801 M i 801 A koja je navedena u tablici 4.

**Tablica 4.** Verzija putničke kabine 801 A

801 A	BROJ SJEDALA		UKUPAN BROJ SJEDALA PO KLASAMA
Naziv kabinske sekcije	Poslovna klasa (C)	Ekonomska klasa (M)	
0A	18	24	42
0B	0	60	60
0C	0	60	60
Ukupan broj:	18	144	-

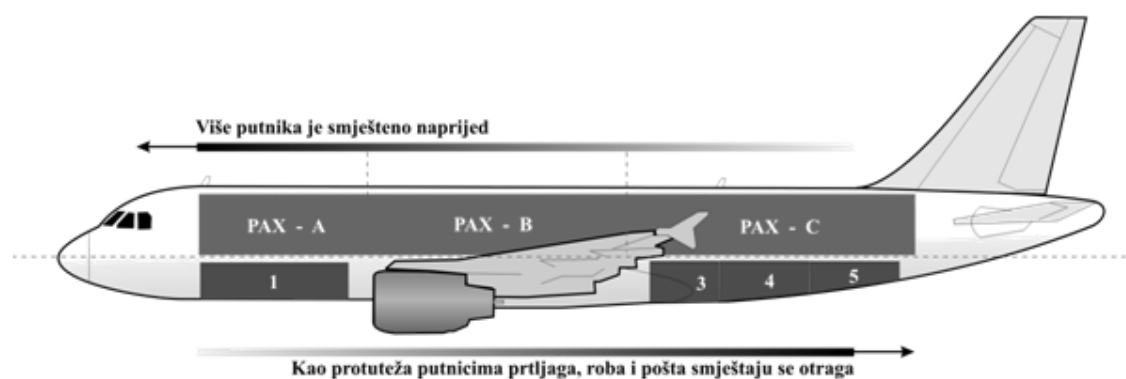
Izvor: [3]

<sup>36</sup> Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str 188.

<sup>37</sup> URL: <https://www.youtube.com/watch?v=eZbH62Bn0oM> (pristupljeno: kolovoz, 2018.)

Prilikom planiranja ukrcaja u prtljažne prostore mora se voditi računa o ravnomjernom raspoređivanju tereta da ne dođe do pomicanja položaja težišta i prekoračenja maksimalnih konstrukcijskih masa. Prtljažni prostor se dijeli na odjeljke. Stavljajući teret u određene odjeljke, može se točno izračunati utjecaj tereta na položaj težišta zrakoplova.

Raspored i količina tereta imaju najveći utjecaj na položaj težišta zrakoplova. To je zbog velikih masa koje stvaraju još veće momente. Pojam tereta obuhvaća plaćeni teret u koji ulaze putnici, prtljaga, teret i pošta. Momenti plaćenog tereta mogu biti pozitivni i negativni, ovisno kolika je udaljenost referentne točke od položaja tereta. Položaj težišta zrakoplova određuje se pomoću indeksa na skalama tereta i indeksa na listi uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Ako se prtljaga, teret i pošta smještaju u stražnji dio zrakoplova, kao protuteža više putnika se smješta u prednji dio. Situacija protuteže pokazana je na slici 15.



**Slika 15.** Raspored tereta i putnika  
Izvor: [3]

Položaj kuhinje je također važan za težište zrakoplova. Pod pojmom kuhinje podrazumijeva se masa stvari koja se stavlja u nju, a potrebna je za let. To su kontejneri sa tekućim i kontejneri sa suhim stvarima. Utjecaj kuhinje na položaj težišta zrakoplova izračunava se kroz indeks za suhu operativnu masu. Zadnje, što ima velik utjecaj na položaj težišta zrakoplova je gorivo. Zbog potrošnje goriva tijekom leta, mijenja se njegova količina u spremnicima. Ako su spremnici goriva smješteni u krilu zrakoplova, utjecaj na težište se svodi na minimum. Mala udaljenost između položaja težišta goriva i referentne točke rezultira malim momentom.<sup>38</sup>

<sup>38</sup> Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str 188.

### 5.3. Korektivne mjere za povećanje sigurnosti leta

Prije svakog pojedinačnog leta zrakoplova, potrebno je da lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova bude točna, pregledna i odobrena od strane kapetana zrakoplova. Brojne su stavke koje treba razmotriti u listi uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, te su brojne osobe uključene u sam proces, samim time ostaje mnogo mjesta za pogreške.

Podaci pokazuju da su tipični čimbenici za pogreške:

- loša komunikacija između službi,
- pritisak vremena zbog užurbanog obavljanja procesa,
- loša kvaliteta unutar organizacije zemaljskog osoblja,
- nedostatak obuke letačke/kabinske posade,
- nedostatak osposobljavanja zemaljskog osoblja i
- loše procedure utovara.

Loša komunikacija se ovdje odnosi na razmjenu informacija o uravnoteženju i opterećenju između letačkog i zemaljskog osoblja. Tu se propust može dogoditi kada promjene u posljednjim trenucima nisu pravilno prenesene pilotima ili se promjena javlja putem telefona pa se može pogrešno protumačiti. Dokazano je da je veća vjerojatnost pogrešaka kad se radi lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova za zrakoplove koji nisu česti za određenu zračnu luku. Također podaci pokazuju da redovita ili češća obuka pomaže kod izbjegavanja problema u procesu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.<sup>39</sup>

Pogreške u procesu i izradi liste uravnoteženja i opterećenja mogu dovesti do velikih problema, pa čak do nesreća. Najčešće pogreške kod osoba koje rade listu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova događaju se zbog:

- korištenja nepravilnih podataka kod izrade liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova,
- matematičkih pogrešaka u izračunima,
- poznavanja samo jedne metode izračuna,
- preopterećenosti zrakoplova,
- zaokruživanja vrijednosti mase na veću jedinicu,
- vlastitih uvjerenja „da se to događa drugim ljudima“,
- zaboravljanja pretvorbe mjernih jedinica.<sup>40</sup>

---

<sup>39</sup>National Aerospace Laboratory NLR: *Analysis od aircraft weight and balance related safety occurences*, Air Transport, 2007.

<sup>40</sup> URL: <http://www.boldmethod.com/blog/lists/2017/06/7-most-common-weight-and-balance-mistakes/>

U svrhu povećanja sigurnosti leta navedene su korektivne mjere prema navedenim pogreškama osoba koje rade uravnoteženje i opterećenje zrakoplova.

Kod izrade liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, presudno je korištenje novih podataka za trenutni specifični zrakoplov, jer su mase zrakoplova različite. Korištenje nepravilnih podataka rezultira netočnom listom uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.

Matematičke pogreške sprječavaju se na način da se dva puta izvrši provjera vlastitih izračuna liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Jednostavna pogreška mogla bi zrakoplov izbaciti iz težišta i maksimalne dozvoljene mase zrakoplova.

Što se tiče poznavanja metoda izračuna, različiti proizvođači zrakoplova, pružati će različite metode izračuna liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. U novu metodu su uključene: nove tablice, grafikoni i novi računalni sustav izračuna. Potrebno je poznavati sve vrste metode izračuna liste uravnoteženja i opterećenja. Ponekad osoba koja radi uravnoteženje i opterećenje, mora raditi novom metodom za zrakoplov koji nije uobičajen za tu zračnu luku. Poznavanje svih metoda sprječava događanje pogrešaka i mjera je za povećavanje sigurnosti leta.

Preopterećenje zrakoplova zbog neshvaćanja i uzimanja maksimalnih konstrukcijskih masa ozbiljno, može imati negativne učinke na karakteristike leta. Maksimalne konstrukcijske mase utječu na strukturalno ograničenje zrakoplova. Mogućnost uzlijetanja s preopterećenim zrakoplovom još je nekako moguća, ali konstrukcija zrakoplova neće biti dovoljno jaka da izdrži turbulenciju i točku težišta. Poznavanje i pridržavanje ograničenja maksimalnih konstrukcijskih vrijednosti masa, smanjuje rizik od preopterećenosti.

Zaokruživanje vrijednosti na veću jedinicu može dovesti do prekomjerne mase zrakoplova za koji se smatra da je unutar granica uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Preciznim određivanjem vrijednosti različitih predmeta prijevoza rješava se problem.

Postupanje prema vlastitim uvjerenjima, ne prema pravilima, može dovesti svaku osobu licenciranu za uravnoteženje i opterećenje u lošu situaciju, ali i sve ljude u zrakoplovu za čiji je zrakoplov osoba radila uravnoteženje i opterećenje.

Kada se napravi lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, ako je gorivo zadano u galonima, ne smije se zaboraviti galone pretvoriti u funte. Problem koji se događa kad se zaboravi pretvoriti je da se spremnik napuni s premalenom količinom goriva, koja nije dovoljna za let. Na samom kraju nakon izračuna, bitno je obratiti pažnju u kojoj je mjernoj jedinici zadano gorivo, kako bi se spremnici s gorivom pravilno napunili.<sup>41</sup>

---

<sup>41</sup> URL: <http://www.boldmethod.com/blog/lists/2017/06/7-most-common-weight-and-balance-mistakes/> (pristupljeno: kolovoz, 2018.)

Postizanje sigurnosti u prtljažnom prostoru postiže se učvršćivanjem tereta. Svaki teret koji predstavlja opasnost po masi, obliku ili svojstvu mora biti pravilno učvršćen i osiguran. Držati se plana utovara, provjera na samom kraju utovara, mjera je za smanjenje pomicanja neosiguranog tereta.

Da bi se spriječile pogreške i povećala sigurnost leta, piloti moraju:

- poznavati ograničenja zrakoplova i faktore koji mogu utjecati na performanse leta
- provjeriti da li su izračuni liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova u skladu s odgovarajućim priručnicima (engl. Aircraft Flight Manual – AFM) kako bi bili sigurni da je zrakoplov utovaren unutar svoje mase i granice težišta jer unutar svakog AFM-a ili pilotskog priručnika (engl. Pilot Operating Handbook - POH) sadržani su detalji o maksimalnim masama i ograničenjima težišta kod polijetanja i slijetanja
- biti spremni i provoditi izračune polijetanja i slijetanja kao dio prije-letnog planiranja, ne zaboraviti uzeti u obzir izračun potrošnje goriva tijekom leta što će rezultirati pomakom težišta i smanjenjem mase zrakoplova
- biti svjesni atmosferskih uvjeta koji postoje tijekom leta i uzeti u obzir sve čimbenike kod izračuna performansi
- zapamtiti da upravljanje zrakoplovom, koji je iznad svoje maksimalne dopuštene mase, može rezultirati duljom uzletnom stazom zbog usporenog ubrzanja zrakoplova i potrebom za većom brzinom uzlijetanja
- biti svjesni da operativni zrakoplov izvan težišta može smanjiti kvalitetu upravljanja što rezultira smanjenjem stabilnosti i rizikom gubitka kontrole nad zrakoplovom, za što je bitno biti budan na svakom letu
- odrediti težište makar je zrakoplov unutar dozvoljene maksimalne mase, jer može biti da je utovaren izvan granica težišta
- ne pretpostaviti već izračunati sve mase putnika i tereta jer su granice pogreške male pa čak i malo podcjenjivanja tih masa moglo bi uzrokovati povredu ljudi te dovesti do smrtnih slučajeva
- osigurati da osnovna masa praznog zrakoplova i moment zrakoplova odgovaraju specifičnim vrijednostima za trenutni zrakoplov kada se koristiti automatski sustav izračun liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, dok se prethodni podaci iz liste uravnoteženja i opterećenja ne smiju ponovo koristiti kao novi podaci za novu listu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova
- osigurati ažurirane informacije o promjeni sadržane u listi uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, ako dođe do velikih promjena mase ili težišta zrakoplova, kao npr. instalacija nove opreme na zrakoplovu<sup>42</sup>

---

<sup>42</sup> URL: <https://www.ntsb.gov/safety/safety-alerts/Documents/SA-072.pdf> (pristupljeno: kolovoz, 2018.)

## **5.4. Unaprjeđenje procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova**

Prikupljanje ažurnih preliminarnih informacija o letu i slanje podataka o putnicima i prtljazi nekoliko puta prije leta, bolje bi pripremlilo ured uravnoteženja i opterećenja na zrakoplov. Uvođenje pravila da se ni pod kojim uvjetom putnici nakon zatvaranja leta ne prihvaćaju na let, uklonilo bi promijene u posljednjim trenucima i s time mnogobrojne korekcije i nove proračune koji se inače moraju raditi.

Zrakoplov koji kasni u polijetanju, uzrokuje kašnjenje drugih zrakoplova. Vremena polijetanja se podudaraju i traže brzu izradu liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Zapošljavanje većeg broja osoblja u Službi uravnoteženja i opterećenja zrakoplova doprinijelo bi unaprjeđenju rada, smanjenju opterećenosti zaposlenika te smanjenju stresa. Tada bi svaka osoba imala za izraditi manji broj lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Više vremena doprinijelo bi preciznijem izračunu liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, a samim time povećala bi se sigurnost leta. Potrebno je održavati česte edukacije tijekom rada u Službi uravnoteženja i opterećenja zrakoplova za povećanje stručnosti radnog osoblja na način da se kontinuirano vježba izrada ručnih lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova te da se rade tečajevi za aplikacije kako bi se osoblje podsjetilo za naredbe i funkcionalnost aplikacija.

Kada bi se povećali vremenski standardi za predaju tereta i pošte, omogućilo bi se da se teret i pošta na vrijeme ukrcaju u zrakoplov i pravilno osiguraju. Tako bi više vremena ostalo za rukovanje specijalnom i opasnom robom čime bi se značajno unaprijedio proces prihvata i otpreme zrakoplova.

Upotrebom računala, elektronički rad liste uravnoteženja i opterećenja puno je pouzdaniji i uzrokuje manje pogrešaka nego čovjek. Prelaskom iz ručne na elektroničku metodu unaprijedio bi se proces zbog brzine izračuna i nemogućnosti računala da pogriješi u kalkulaciji. Bilo bi jednostavnije kad bi svi zračni prijevoznici imali isti princip izrade lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.

Svakako treba unaprijediti procedure provjere liste utovara i lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova na način da svaki zaposlenik u procesu mora na adekvatan način pregledati dokumentaciju i izračune te potvrditi to svojim potpisom.

Problemi koji nastaju zbog uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, mogli bi se ukloniti kad bi postojao sustav na samom zrakoplovu koji bi napravio automatsku procjenu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Već prije mnogo godina istražni odbor za nezgode predložio je razvoj ovakvog sustava. Brzi razvoj tehnologije ukazuju da je moguće izraditi takav sustav.

## 6. ZAKLJUČAK

Proces izračuna liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova potrebno je provoditi za svaki zrakoplov pola sata prije polijetanja. Za provođenje postupka uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, potrebno je poznavati sile, momente, mase koje djeluju na težište i vrste metoda za izračun liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Uz to poznavanje mnogobrojne dokumentacije koja se koristi u samom procesu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova rad s drugim službama u opisu je posla. Obavljanje procesa prema pravilima, s preciznošću, točnošću i bez pogrešaka doprinosi sigurnosti samog leta.

Statističkom analizom iz NLR baze podataka dokazano je da je rizik od nesreće uzrokovan uravnoteženjem i opterećenjem zrakoplova veći kod teretnih nego kod putničkih letova. Postoje mnogi čimbenici zbog kojih se događaju nesreće kod procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, a najčešći su: netočna lista uravnoteženja i opterećenja, pogrešno izrađen utovar i pomaknut odnosno neosiguran teret. U australskoj bazi podataka najčešće nesreće se događaju radi neosiguranog tereta. Kod generalne avijacije nesreće se događaju zbog nepravilnog ili općeg izostavljanja informiranja o uravnoteženju i opterećenju zrakoplova. Iz navedenih analiza može se zaključiti da se pogreške događaju zbog loše komunikacije, pritiska vremena, loše kvalitete organizacija, nedostatak zrakoplovnog i letačkog osoblja. Mala pogreška može prouzročiti nesreću. Dokazano je da češća obuka pomaže kod rješavanja problema s uravnoteženjem i opterećenjem zrakoplova.

Nakon opisanog postupka prikupljenih informacija o putnicima i njihovoj prtljazi, posadi, teretu i pošti i na samom kraju o gorivu, odgovorna osoba može započeti s izradom plana utovara te listom uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Zbog pružanja informacija od različitih službi, bitno je provjeriti točnost informacija i unaprijed definirane dozvoljene mase odjeljaka, da ne dođe do negativnih pojava u letu i ne ugrozi se sigurnost. Kad se dogode promjene u posljednjim trenucima, treba prema pravilima odlučiti da li je potrebno raditi korekciju ili novi proračun.

Cilj ovog rada je stavljanje težišta zrakoplova u zadane granice, odnosno pravilno raspoređivanje putnika, prtljage, tereta i pošte unutar zrakoplova, čime se dobiva pravilno opterećenje. Pravilno opterećen zrakoplov doprinosi sigurnosti leta, a uz to rad na mjerama za sprječavanje pogrešaka i edukacija osoblja rezultira unaprijeđenjem procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.



## LITERATURA

1. Airbus Flight Operations Support: *Getting to Grips with Weight and Balance*, Flight Operations Support & Line Assistance, Airbus, 2004.
2. Bračić, M., Pavlin, S.: Nastavni materijali, *Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.
3. Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
4. Croatia Airlines, *Ground Operations Manual*, Load Control, 2018.
5. URL: <https://itunes.apple.com/ie/book/flightoperationsmanual/id1072487639?mt=11> (pristupljeno: kolovoz, 2018.)
6. Nastavni materijali: *Uravnoteženje i opterećenje*, Štimac, I., Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2018.
7. Pašagić Škrinjar, J., Štimac, I.: Nastavni materijali, *Tehnologija prihvata i otpreme tereta i pošte*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.
8. National Aerospace Laboratory NLR: *Analysis of aircraft weight and balance related safety occurrences*, Air Transport, 2007.
9. Nastavni materijali: *Tehnologija prihvata i otpreme putnika i prtljage*, Škurla Babić, R., Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
10. URL: <https://www.atsb.gov.au/media/2226870/ar2010044.pdf> (pristupljeno: kolovoz, 2018.)
11. URL: <https://www.ecomed-storck.de/en/English-language-products/IATA-DGR-2018-englisch-Softcover.html> (pristupljeno: kolovoz, 2018.)
12. URL: <https://www.nts.gov/safety/safety-alerts/Documents/SA-072.pdf> (pristupljeno: kolovoz, 2018.)
13. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=eZbH62Bn0oM> (pristupljeno: kolovoz, 2018.)
14. URL: <http://www.boldmethod.com/blog/lists/2017/06/7-most-common-weight-and-balance-mistakes/> (pristupljeno: kolovoz, 2018.)

## POPIS KRATICA

AFM	(engl. Aircraft Flight Manual) priručnik za let zrakoplova
AFT	(engl. Afterward) stražnji dio
ALM	(engl. Actual Landing Mass) stvarna masa zrakoplova pri slijetanju
AOG	(engl. Aircraft on Ground) rezervni dijelovi zrakoplova
ATOM	(engl. Actual Take Off Mass) stvarna masa zrakoplova pri uzlijetanju
ATSB	(engl. The Australian Transport Safety Bureau) Australski ured za sigurnost prijevoza
AZFM	(engl. Actual Zero Fuel Mass) stvarna masa zrakoplova bez goriva
AVI	(engl. Live Animals) žive životinje
AWB	(engl. The Air Waybill) teretni list
BEM	(engl. Basic Empty Mass) osnovna masa praznog zrakoplova
BF	(engl. Block Fuel) gorivo u spremnicima zrakoplova
BIG	(engl. Oversized Items) velike pošiljke
BM	(engl. Basic Mass) osnovna masa zrakoplova
BL	(engl. Baggage Local) lokalna prtljaga
BLND	(engl. Blind) slijep putnik
BT	(engl. Baggage Transfer) transferna prtljaga
CPM	(engl. Container/ Pallet Distribution Message) poruka o kontejnerima i paletama
DEAF	(engl. Deaf) gluh putnik
DG	(engl. Dangerous Goods) opasna roba
DGR	(engl. Dangerous Goods Regulation) Pravilnik za prijevoz opasne robe
DOI	(engl. Dry Operating Index) operativni indeks
DOM	(engl. Dry Operating Mass) suha operativna masa
DCS	(engl. Departure Control System) sustav za kontrolu odlaska

FOM	(engl. Flight Operation Manual) Priručnik za let
FWD	(engl. Forward) prednji dio
GOM	(engl. Ground Operation Manual) Priručnik za zemaljski rad
HEA	(engl. Heavy) teške pošiljke
HUM	(engl. Human Remains) posmrtni ostaci
IATA	(engl. The International Air Transport Association) Međunarodno udruženje zračnih prijevoznika
LDM	(engl. Load Message) poruka o teretu
LEGB	(engl. Leg Both) putnik s obje noge u gipsu
LEGL	(engl. Leg Left) putnik s lijevom nogom u gipsu
LEGR	(engl. Leg Right) putnik desnom nogom u gipsu
LHO	(engl. Living Human Organs/ Blood) živi ljudski organi
LMC	(engl. Last Minute Changes) promjene u posljednjim trenucima
MAC	(engl. Mean Aerodynamic Chord) srednja aerodinamička tetiva
MDLM	(engl. Maximum Design Landing Mass) maksimalna konstruktivna masa pri slijetanju
MDTM	(engl. Maximum Design Taxi Mass) maksimalna konstruktivna masa za vožnju po zemlji
MDRM	(engl. Maximum Design Ramp Mass) maksimalna konstruktivna masa zrakoplova na stajanci
MEDA	(engl. Medical Case) medicinski slučaj
MEM	(engl. Manufacturer Empty Mass) tvornička masa praznog zrakoplova
MTOM	(engl. Maximum Design Take Off Mass) maksimalna konstruktivna masa zrakoplova pri polijetanju
MVT	(engl. Movement Message) poruka o kretanju zrakoplova
MZFM	(engl. Maximum Zero Fuel Mass) maksimalna konstruktivna masa zrakoplova bez goriva

NIL	(engl. Nothing In Load) nema utovara
NLR	(engl. National Aerospace Laboratory) Nacionalni zrakoplovni laboratorij
NTSB	(engl. National Transportation Safety Boards) Nacionalni odbor za sigurnost prijevoza
NOTOC	(engl. Notification to Captain) obavijest kapetanu
OM	(engl. Operating Mass) operativna masa
OXYG	(engl. Oxygen) putnik s bocom kisika
PER	(engl. Perishables) lakopokvarljiva roba
PL	(engl. Payload) plaćeni teret
POH	(engl. Pilot Operating Handbook) Operativni priručnik za pilote
PRM	(engl. Passenger with Reduced Mobility) osobe sa smanjenom pokretljivošću
SOM	(engl. Station Operating Manual) Operativni priručnik za postaju
STCR	(engl. Stretcher) putnik na nosilima
TF	(engl. Trip Fuel) gorivo za put
TOF	(engl. Take Off Fuel) gorivo za slijetanje
TXF	(engl. Taxi Fuel) gorivo za pokretanje motora i rulanje
UM	(engl. Unaccompanied Minors) djeca bez pratnje
VAL	(engl. Valuables) vrijednosne pošiljke
WET	(engl. Wet Cargo) pošiljke pakirane s ledom
WCHC	(engl. Wheelchair Cabin) potpuno nepokretan putnik
WCHR	(engl. Wheelchair Ramp) putnik u kolicima koji se može penjati, spuštati po stepenicama i doći do svojeg mjesta, ali treba kolica od/do zrakoplova
WCHS	(engl. Wheelchair Steps) putnik u kolicima koji se ne može penjati, spuštati po stepenicama i doći do svojeg mjesta, ali treba kolica od/do zrakoplova

## POPIS SLIKA

Slika 1. Djelovanje sila na zrakoplov u letu .....	2
Slika 2. Prikaz centra težišta zrakoplova .....	3
Slika 3. Envelopa maksimalnih konstruktivnih masa zrakoplova za određivanje težišta.....	7
Slika 4. Grafička metoda izračuna liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova .....	11
Slika 5. Primjer FOM priručnika .....	12
Slika 6. Prikaz Putničkog manifesta.....	13
Slika 7. Cargo manifest s Međunarodne zračne luke Zagreb .....	15
Slika 8. Primjer NOTOC-a .....	16
Slika 9. Plan utovara .....	17
Slika 10. Stopa nesreće u svijetu.....	23
Slika 11. Primjer Cargo manifesta u slučaju NIL.....	29
Slika 12. IATA DGR priručnik .....	31
Slika 13. Nalog o gorivu .....	33
Slika 14. Primjer LDM poruke.....	34
Slika 15. Raspored tereta i putnika .....	36

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Standardne težine putnika .....	14
Tablica 2. Vremenski standardi za prihvat putnika.....	27
Tablica 3. Standardne mase posade .....	28
Tablica 4. Verzija putničke kabine 801 A.....	35

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Udio nesreća prema fazi leta.....	20
Grafikon 2. Udio čimbenika uravnoteženja i opterećenja zrakoplova .....	21
Grafikon 3. Stopa nesreće .....	22
Grafikon 4. Razlozi incidenata uravnoteženja i opterećenja zrakoplova .....	24
Grafikon 5. Pogreške vezane uz ukrcaj u zrakoplov .....	25



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

### IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ završni rad  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na  
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.  
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz  
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.  
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj  
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.  
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ završnog rada  
pod naslovom **Unaprjeđenje procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova u  
funkciji sigurnosti leta**  
na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 5.9.2018 \_\_\_\_\_

Student/ica:

*Tanja Hrženjak*  
\_\_\_\_\_  
(potpis)