

Proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines

Krvavica, Zvonimir

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:119:538798>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-30**



Repository / Repozitorij:

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



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Zvonimir Krvavica

PROCES URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA
ZRAKOPLOVA AIRBUS A319 PRIJEVOZNIKA
CROATIA AIRLINES

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2018.

Zagreb, 27. ožujka 2018.

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

ZAVRŠNI ZADATAK br. 4615

Pristupnik: **Zvonimir Krvavica (0135242244)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines**

Opis zadatka:

U radu je potrebno definirati razloge uravnoteženja i opterećenja zrakoplova te opisati osnovne parametre vezane za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova. Nadalje, potrebno je dijagramom prikazati procese i tijek uravnoteženja i opterećenja zrakoplova s aspekta osobe koja je zadužena za taj posao te tijek kretanja dokumentacije prema službi za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova. Temeljni dio istraživanja mora biti fokusiran na izradu studije slučaja uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A319 Croatia Airlinesa na način da se navedu specifičnosti zrakoplova A319 predmetnog zračnog prijevoznika te da se detaljno opiše proces izrade utovara i liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A319. Završni dio rada mora prikazati preporuke unaprjeđenja procedura u segmentu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.

Mentor:

Dr.sc. Igor Štimac



Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

PROCES URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA
ZRAKOPLOVA AIRBUS A319 PRIJEVOZNIKA
CROATIA AIRLINES

WEIGHT AND BALANCE PROCESS FOR CROATIA
AIRLINES AIRBUS A319 AIRCRAFT

Mentor: Dr. Sc. Igor Štimac

Student: Zvonimir Krvavica
JMBAG: 0135242244

Zagreb, rujan 2018.

SAŽETAK

Završni rad obuhvaća sve ključne pojmove vezane za proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines. Let zrakoplova omogućuju aerodinamične sile i momenti koje djeluju na zrakoplov tijekom leta. Kako bi se zrakoplov postavio u područje stabilne ravnoteže, objedinjavanjem svih masa u jednu točku te korištenje različitih metoda pronalazi se idealan centar težišta pri kojem je zrakoplov siguran za let. Pomicanje tereta prema nosu ili repu zrakoplova, bitno utječe na pomak centra težišta. Nakon sve prikupljene dokumentacije, započinje proces izrade liste uravnoteženja i opterećenja koja predstavlja završnu radnju nakon koje se kapetanu zrakoplova daje informacija o idealnom položaju centra težišta te informacija da je zrakoplov spreman za let.

Ključne riječi: aerodinamične sile i momenti, sigurnost, idealan centar težišta, dokumentacija, izrada liste uravnoteženja i opterećenja.

SUMMARY

In this final paper are analyzed and explained all key terms relevant to the load and balance proces of an aircraft Airbus A319 Croatia Airlines. Aircraft flight is provided by aerodinamical forces and moments which are acting on aircraft during the flight. In order to allocate an aircraft in position of stable balance, consolidation of all masses in one point and using various methods, we are finding the ideal center of gravity where the aircraft is secure for flight. Moving the load around, towards nose or the tale of an aircraft, which significantly affect on position of center of gravity. After all collected documentation, starts process of producting load and balance sheet that represents the final action after which the captain of an aircraft is given information for ideal position of center of gravity and that the aircraft is secure for flight.

KEY WORDS: aerodinamical forces and moments, safety, ideal center of gravity, documentation, process of producting load and balance sheet.

Sadržaj

1.	UVOD	1
2.	OSNOVNI PARAMETRI URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA	2
2.1	Ravnoteža i stabilnost.....	2
2.2	Aerodinamične sile.....	3
2.3	Momenti oko osi zrakoplova.....	4
2.4	Međusobni odnos sila i momenata	5
2.5	Težište i centar težišta zrakoplova	5
2.6	Mase zrakoplova	6
2.6.1	Konstruktivske mase zrakoplova.....	6
2.6.2	Stvarne mase zrakoplova.....	7
3.	METODE IZRAČUNA URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA ...	9
3.1	Analitičko – matematička metoda računanja težišta	9
3.3	Grafička metoda računanja težišta	11
3.4	Indeksna metoda računanja težišta	12
3.5	Računanje Basic Index-a.....	13
3.6	Prekoračenje maksimalnih masa za sigurnu zračnu plovidbu.....	14
3.7	Utjecaj centra težišta na sigurnost leta zrakoplova	15
3.7.1	Težište pomaknuto prema naprijed	15
3.7.2	Težište pomaknuto prema unazad	16
4.	PREGLED DOKUMENTACIJE U PROCESU URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA	17
4.1	Putnički manifest.....	18
4.2	Teretni manifest.....	19
4.3	NOTOC – Notification To Captain.....	20
4.4	Uputa ukrcaja – Loading instruction.....	21
5.	PLANIRANJE UTOVARA I IZRADA LISTE URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA AIRBUS 319 PRIJEVOZNIKA CROATIA AIRLINES	26
5.1	Proces izrade liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines	26
5.2	Plan i izrada liste utovara za zrakoplov Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines ..	33
5.3	Primjer liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines sa centrom težišta unutar dopuštenih granica	35

5.4	Primjer liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines sa centrom težišta izvan dopuštenih granica	36
6.	ZAKLJUČAK	38
	LITERATURA.....	39
	POPIS SLIKA	40
	POPIS TABLICA.....	41

1. UVOD

Za sigurnu zračnu plovidbu te sigurnost zračnog prometa, uravnoteženje zrakoplova je ključan element. Kako bi se izbjeglo oštećenje zrakoplova, te kako bi se ostvarila maksimalna sigurnost za putnike, posadu te djelatnike zračne luke, potrebno je poštivati propise i pravila po kojima se obavlja proces prihvata i otpreme zrakoplova.

Zrakoplov se računanjem svih njegovih masa, masa ukrcanog tereta, goriva i putnika postavlja u ravnotežni položaj, gdje se izračunava *Indeks* koji pokazuje pilotu položaj centra težišta zrakoplova. Uravnoteženje i opterećenje zrakoplova je vrlo važan faktor za sigurnu zračnu plovidbu jer raspored svih težina u zrakoplovu utječe na njegov sam let i ponašanje u zraku.

Kada se zrakoplov ne bi postavljao u granice ravnotežnog položaja, dolazilo bi do pomicanja centra težišta u dozvoljenim granicama koje mogu utjecati na let samog zrakoplova te može dovesti do katastrofalnih nesreća. Ovaj rad prikazuje osnovne parametre vezane za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines, te prikupljanje i popunjavanje potrebne dokumentacije za izradu liste uravnoteženja i opterećenja (engl. Load & Trim Sheet).

2. OSNOVNI PARAMETRI URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA

2.1 Ravnoteža i stabilnost

Ravnoteža je stanje u kojem su sve sile koje djeluju na neki sustav međusobno ujednačene. Potrebno je da zbroj svih sila koje djeluju u pojedinim, materijalnim točkama toga tijela, bude jednak nuli. Ravnoteža može biti: stabilna, labilna i indiferentna (slika 1.).

- **Stabilnost** je kada se tijelo pod utjecajem sile pomakne iz stanja ravnoteže te se samo vraća u prvobitni položaj.
- **Labilnost** je kada se tijelo pomakne i nastavi udaljavati od ravnotežnog položaja.
- **Indiferentnost** je kada se tijelo pomakne iz ravnotežnog položaja, te se ne vraća niti se udaljava od ravnotežnog položaja. [1]



Slika 1. Stabilnost, labilnost i indiferentnost
Izvor: [1]

Za sigurnu zračnu plovidbu i let zrakoplova, stabilnost predstavlja ključan element koji je iznimno važan tokom cijelog leta zrakoplova kako bi se mogao održati u zraku. Labilnost i indiferentnost su dva faktora koja se nastoje izbjeći. Labilan zrakoplov pod utjecajem vanjske sile može predstavljati opasnost za putnike, osoblje i sam zrakoplov. Izračunavanjem centra težišta, tj. uravnoteženjem zrakoplova, nastoje se izbjeći neželjene sile i momenti koji mogu ugrožavati sigurnost zrakoplova. Iz navedenog proizlazi da se zrakoplov, iz sigurnosnih razloga, stalno mora nalaziti u području stabilne ravnoteže, jer samo u tom stanju uravnoteženja, pod utjecajem bilo koje druge sile vraća u stabilnu ravnotežu. [1]

2.2 Aerodinamične sile

Pri ustaljenom horizontalnom letu, na zrakoplov djeluju četiri osnovne sile koje uz pomoć nosećih tj. horizontalnih površina ostvaruju sile za održavanje zrakoplova u zraku, prikazane na slici 2. Te sile su:

- sila uzgona,
- sila otpora,
- sila mase zrakoplova,
- sila potiska. [2]



Slika 2. Aerodinamične sile koje djeluju na zrakoplov u letu
Izvor: [2]

Sila uzgona se najvećim dijelom formira pomoću krila gdje još sudjeluju i repne horizontalne površine. Čestice zraka na gornjoj strani krila tj. aeroprofila imaju veću brzinu nego na donjoj strani krila, što rezultira boljim opstrujavanjem gornjake.

U području većih brzina mora biti manji tlak, što govori da će tlak na gornjoj strani krila biti manji nego na donjoj strani krila. Zbog te razlike tlakova na gornjaci i donjaci dolazi do formiranja sile koja se naziva uzgon.

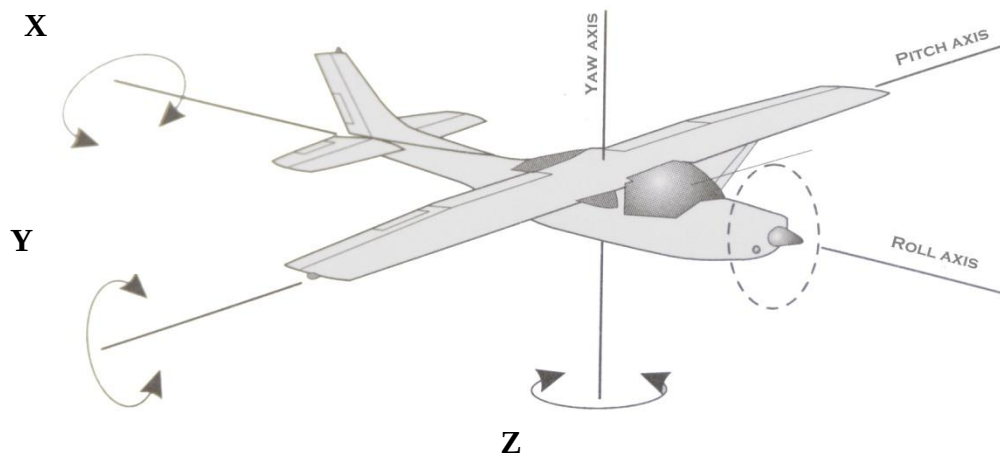
Sila otpora nastaje prilikom opstrujavanja viskoznog fluida oko tijela. Postoje dvije vrste otpora, a to su otpor trenja i otpor oblika. Otpor trenja i otpor oblika zajedno tvore otpor profila.

Masa zrakoplova je ukupna masa koja odgovara gravitacijskoj sili zemljine sile teže.

Sila potiska je sila koju stvaraju motori zrakoplova izlaznim potiskom mlaznog motora ili pomoću propelera. Težinu zrakoplova savladava sila uzgona, dok otpore savladava vučna ili potisna sila formirana od pogonskog sustava. [2]

2.3 Momenti oko osi zrakoplova

Moment je sprega sile i kraka. Težina, množena krakom, na kojem djeluje ta sila, daju ishod neki moment. Na zrakoplov u letu djeluju nekoliko momenata, ovisno oko koje osi se stvara sila. Razlikujemo momente osi **X**, **Y** i **Z** prikazani na slici 3. [2]



Slika 3. Momenti oko osi zrakoplova
Izvor: [3]

Os **X** je zamišljena crta koja prolazi uzduž zrakoplova, od nosa do repa te omogućuje zrakoplovu moment nagnjanja na desno ili lijevo.

Os **Y** je zamišljena crta koja prolazi uzduž raspona krila i omogućuje poniranje ili uspinjanje zrakoplova.

Os **Z** je zamišljena crta koja prolazi okomito kroz trup zrakoplova te omogućuje pomak nosa zrakoplova u lijevo ili desno.

Za sigurno uravnoteženje zrakoplova primjenjuje se načelo izjednačavanja negativnih i pozitivnih momenata oko osi **Y**. Moment poniranja – nos zrakoplova prema dolje, negativan je moment jer djeluje u suprotnom pravcu od smjera kretanja kazaljke na satu. Pozitivan moment, je moment kada nos zrakoplova ima namjeru podizanja te djeluje u smjeru kretanja kazaljke na satu. Svi momenti koji djeluju ispred uzgonskih površina su negativnog predznaka i obrnuto, dok svi momenti koji djeluju iza uzgonskih površina su pozitivnog predznaka.

Da bi zrakoplov bio u ravnoteži i kako bi se ostvarila potpuna stabilnost zrakoplova, zbroj negativnih i pozitivnih momenata treba biti jednak nuli. [2]

2.4 Međusobni odnos sila i momenata

Na zrakoplov u horizontalnom letu djeluju navedene sile i momenti, neki u većoj, a neki u manjoj mjeri. Sila teža i sila uzgona izjednačavaju se oko **X** osi raspoređivanjem ukrcanog tereta koji značajno utječe na pomicanje težišta prema naprijed ili prema nazad. Isto tako je i povezan sa momentima i silama oko **Y** osi, dok su sile i momenti oko **Z** osi uspostavljeni samom konstrukcijom zrakoplova tj. njegovom simetrijom.

Da bi zbroj momenata bio jednak nuli, prije svakog polijetanja potrebno je izračunati položaj centra težišta, koji se izračunava u postocima srednje aerodinamične tetive (engl. Mean Aerodynamic Cord - % MAC) prikazano formulom na slici 4. za svaku od stvarnih težina. [2]

$$\%MAC = \frac{\left(\frac{C \cdot (1 - K)}{W} \right) + \text{Ref. Sta.} - \text{LEMAC}}{\frac{MAC}{100}} \quad [1]$$

Formula 1. Izračunavanje srednje aerodinamične tetive
Izvor: [5]

2.5 Težište i centar težišta zrakoplova

Težište materijalnog tijela predstavlja točku u kojoj djeluje rezultanta sila što djeluje na to tijelo. Može se smatrati da je u toj točki sabrana ukupna masa tijela, odnosno sustav materijalnih točaka. Težište sustava određuje se u koordinatnom sustavu, u kojem se iskazuju položaji pojedinih težišta mase te materijalnih točaka za svaku težinu pojedinačno. Ako kruto tijelo, kakvim se smatra zrakoplov, ima centar, os ili ravninu simetrije, njegovo se težište podudara s tim centrom ili leži na toj osi tj. u toj ravnini. Taj centar naziva se centar gravitacije (engl. Center of gravity), prikazano na slici 4. Iz navedenog proizlazi da se zrakoplov, iz sigurnosnih razloga, stalno mora nalaziti u području stabilne ravnoteže. [3]



Centar gravitacije CG

Slika 4. Položaj centra gravitacije
Izvor: [6]

2.6 Mase zrakoplova

Prilikom opterećenja zrakoplova teretom, važno je znati maksimalne vrijednosti masa zrakoplova koje ne smiju biti prekoračene. Najveće dopuštene mase zrakoplova uvijek su niže od najvećih konstrukcijskih masa koje se uvode zbog uvjeta na uzletno sletnoj stazi, stajanki te meteoroloških uvjeta koji vladaju na zračnoj luci i oko nje. [5]

2.6.1 Konstrukcijske mase zrakoplova

Konstrukcijske mase zrakoplova su određene pri projektiranju zrakoplova, odnosno njegovih pojedinih dijelova. Konstrukcijske mase, bez obzira na ugradnju novih, dodatnih dijelova, ne mogu se mijenjati prema višim vrijednostima bez odobrenja konstruktora i nadležnih zrakoplovnih vlasti.

Konstrukcijske mase zrakoplova podijeljene su na sljedeći način:

- **Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova na stajanki (engl. MDRM-Maximum Design Ramp Mass)** je najveća moguća masa potpuno opterećenog zrakoplova. To je masa prije paljenja motora i bilo kakvog kretanja zrakoplova po stajanki.
- **Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova pri kretanju (engl. MDTM-Maximum Design Taxi Mass)** je najveća konstruktivna masa zrakoplova pri kretanju. Također je i najveća moguća masa zrakoplova umanjena za masu goriva za startanje i probu motora.
- **Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova pri polijetanju (engl. MDTOM-Maximum Design Take Off Mass)** je najveća moguća masa zrakoplova pri kretanju, umanjena za masu goriva za kretanje po voznoj stazi. Pri toj masi zrakoplov može sigurno uzletjeti. Uvjetovana je aerodinamičnim značajkama zrakoplova te snagom vlastitih motora.
- **Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova bez goriva (engl. MDZFM-Maximum Design Zero Fuel Mass)** je masa do koje se zrakoplov smije opteretiti ukupnim teretom ukrcanim u trup.
- **Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova pri slijetanju (engl. MDLM-Maximum Design Landing Mass)** je najveća masa zrakoplova pri slijetanju, tj. predstavlja razliku između mase u polijetanju, umanjena za iznos potrošenog putnog goriva. [5]

2.6.2 Stvarne mase zrakoplova

Stvarne mase zrakoplova predstavljaju mase s kojima se zrakoplov kreće po manevarskim površinama te isto tako ne smiju biti prekoračene od njihovih maksimalnih vrijednosti. Razlikujemo sljedeće stvarne težine:

- **Tvornička masa praznog zrakoplova (engl. MEM - Manufacturers Empty Mass)** je ukupna masa zrakoplova koji se isporučuje korisniku. Obuhvaća masu zrakoplova, motora i opreme koja je uključena u naručenu konfiguraciju.
- **Osnovna masa praznog zrakoplova (engl. BEM - Basic Empty Mass)** je masa MEM + masa ne iskorištenih tekućina u zrakoplovu.
- **Osnovna masa zrakoplova (engl. BM - Basic mass)** jednaka je BEM + DOM (Basic Empty Mass + operativna oprema).
- **Stvarna masa zrakoplova bez goriva (engl. AZFM - Actual Zero Fuel Mass)** jednaka je masi suhe operativne mase i ukupno ukrcanog tereta (DOM+TTL-total Traffic load).
- **Stvarna masa zrakoplova na polijetanju (engl. ATOM - Actual Take Off Mass)** jednaka je zbroju operativne mase i ukupnog ukrcanog tereta (OM +TTL).
- **Stvarna masa zrakoplova na slijetanju (engl. ALM - Actual landing mass)** je razlika između mase zrakoplova pri polijetanju i potrošenog putnog goriva (ATOM +TF-trip fuel).
- **Stvarna masa zrakoplova pri kretanju po zemlji (engl. ATM - Actual taxi Mass)** jednaka je zbroju suhe operativne mase, ukupnog tereta i ukupnog goriva (DOM +TTL+BLOCK FUEL¹). [5]

2.6.3 Operativne mase zrakoplova

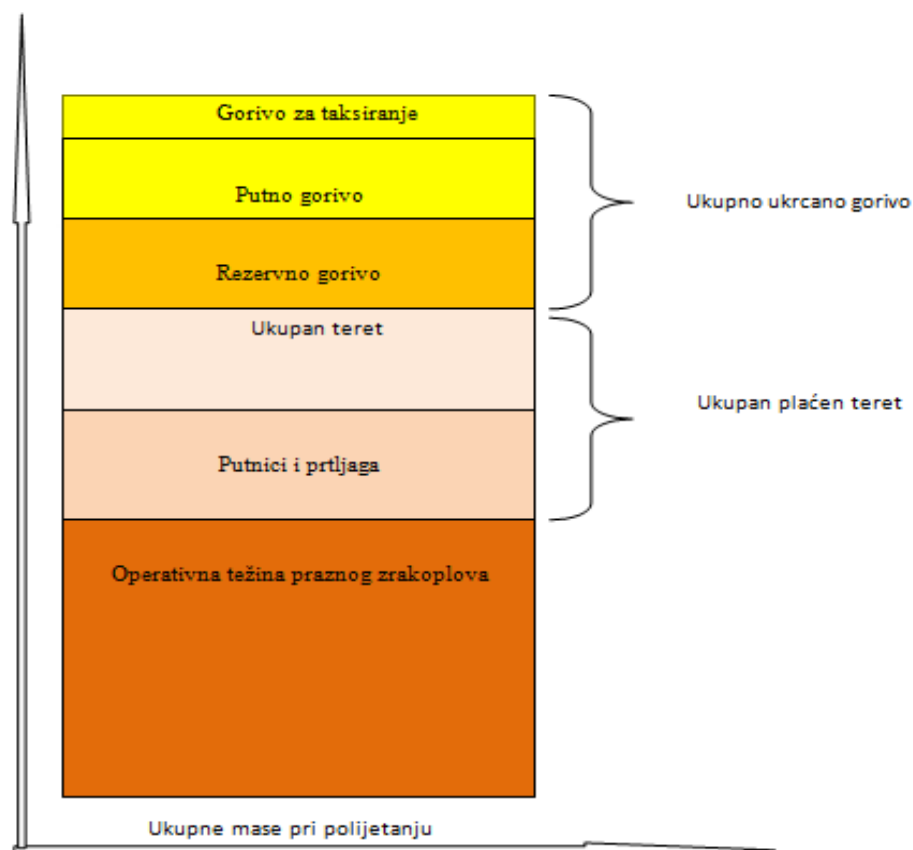
- **Suha operativna masa (engl. DOM - Dry Operating Mass)** je osnovna masa zrakoplova kojoj se dodaju promjenjivi operativni dodatci kao što su: masa posade i njihove prtljage, masa hrane i pića, masa nosila za bolesnike, oprema za vezanje tereta, itd. Mijenja se ovisno o broju članova posade.
- **Operativna masa (engl. OM - Operating Mass)** jednaka je zbroju DOM-a i potrebnog goriva za let. (OM = DOM +TOF-Take Off Fuel). To je najveća masa koju zrakoplov može imati na određenom aerodromu iz operativnih razloga.

Prilikom izračuna centra težišta, iznimno je važno voditi računa o maksimalnim konstruktivnim masama zrakoplova koje propisuje proizvođač te koje ne smiju biti prekoračene. Prekoračenjem tih masa može doći do strukturalnog oštećenja zrakoplova na spojevima krilo – trup te oštećenja nosnog i glavnog stajnog trapa. [5]

¹ Block Fuel – predstavlja ukupno gorivo potrebno za određeni let

Kako bi se zrakoplov doveo u područje stabilnosti, tj. ravnoteže, potrebno je ravnomjerno rasporediti sve mase koje uključuju gorivo, teret, putnike, opremu te same komponente zrakoplova koje se nalaze u zrakoplovu prikazano slikom 5.

Potrebno gorivo za sigurno obavljanje leta (engl. Block fuel), prikazano na slici 5., sastoji se od goriva za početno startanje motora, goriva potrebnog za vožnju od stajanke do uzletno sletne staze (engl. Taxi fuel), goriva za uzlijetanje (engl. Take – off fuel), putnog goriva (engl. Trip fuel) i rezervnog goriva (engl. Reserve fuel). [5]



Slika 5. Ukupne težine goriva, tereta, putnika i opreme na zrakoplovu
Izvor: [7]

Isto tako ubraja se i ukupan plaćeni teret (engl. Total payload) koji se sastoji od masa poštanskih pošiljaka, robe, putničke prtljage te samih putnika koji putuju određenim letom. Uz težine goriva i plaćenog tereta ubraja se i masa samog zrakoplova sa svom opremom, tekućinama i mazivima potrebnim za obavljanje leta.

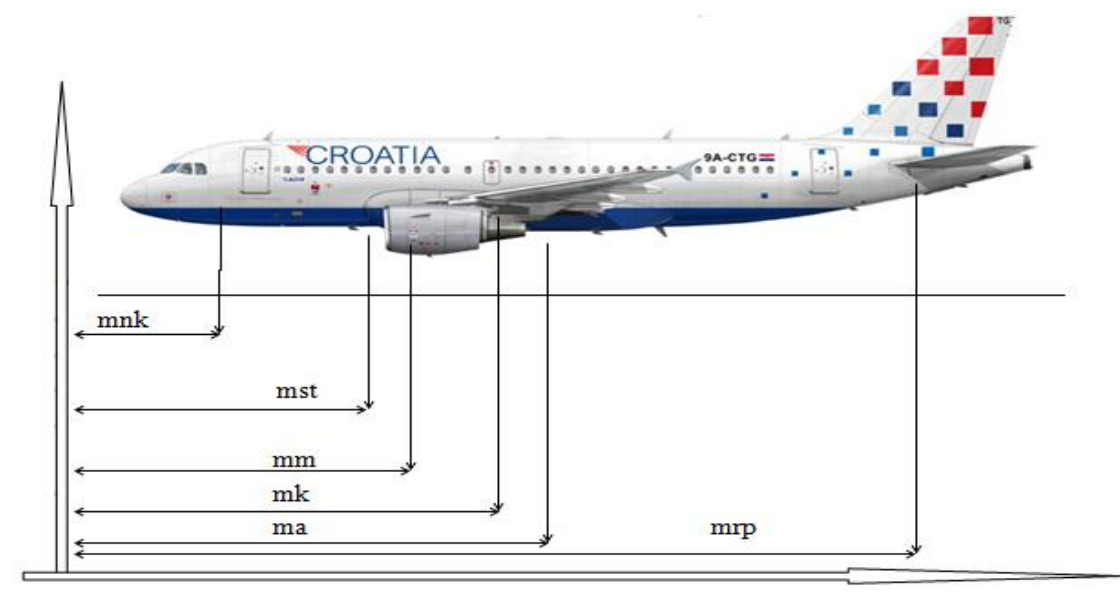
3. METODE IZRAČUNA URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA

Centar težišta određenog zrakoplova moguće je pronaći pomoću tri metode, analitičko matematička metoda, indeksna i grafička metoda. Rezultat svake metode je isti dok se postupak izračuna razlikuje od metode do metode. [7]

3.1 Analitičko – matematička metoda računanja težišta

Analitičko-matematičku metodu izračunavamo za prazan i pun zrakoplov (slika 6. i 7.).

Za prazan zrakoplov:



Slika 6. Analitičko-matematička metoda uravnoteženja za prazan zrakoplov
Izvor: [8]

Analitičko-matematičku metodu za prazan zrakoplov, prikazanu formulom ispod, čine: masa nosnog kotača (**mnk**) i njegov položaj (**Xnk**), masa motora (**mm**) i njegov položaj (**Xm**), masa stajnog trapa (**mst**) i njegov položaj (**Xst**), masa krila (**mk**) i njihov položaj (**Xk**), masa repnih površina (**mrp**) i njihov položaj (**Xrp**) te ukupna masa (**ma**) i njezin položaj (**Xa**). [1]

$$Xa = \frac{Xnk \cdot mnk + Xst \cdot mst + Xk \cdot mk + Xm \cdot mm + Xrp \cdot mrp}{mnk + mst + mk + mm + mrp + ma} \quad [2]$$

Formula 2. Analitička - matematička metoda za prazan zrakoplov
Izvor: [2]

Centar težišta praznog zrakoplova izračunava proizvođač zrakoplova u tvornici računajući masu svake komponente zrakoplova i njezinu udaljenost od koordinatnog početka i na taj se način dobiju momenti. [7]

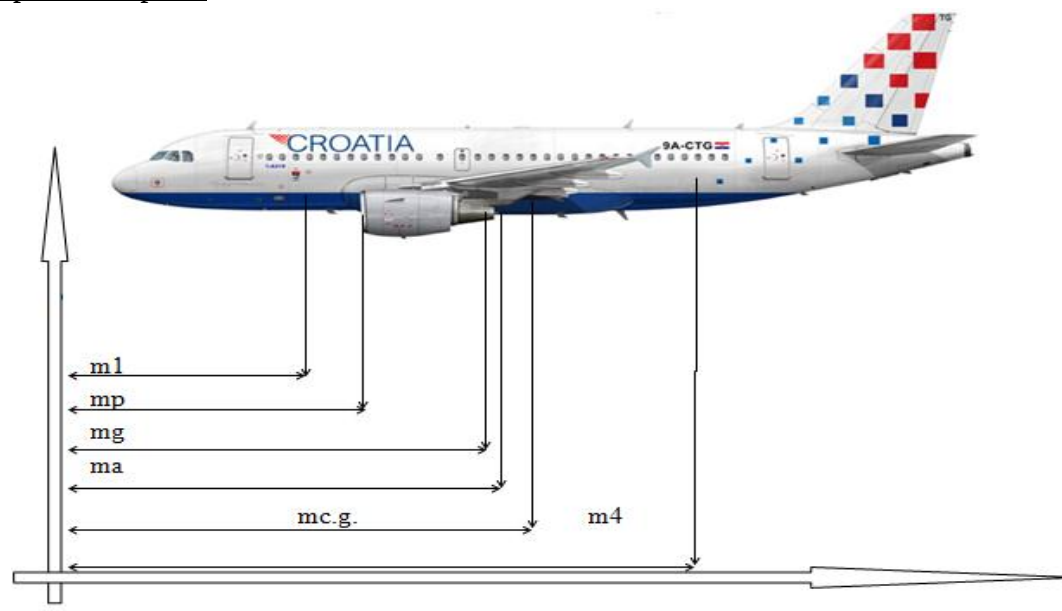
Moment je djelovanje neke sile na nekom putu. Osnovni uvjet težišta zrakoplova je da zbroj svih sila i momenata u toj točki budu jednaki nuli.

$$F=0, M=0$$

Ako zrakoplov nije u ravnoteži javljaju se momenti:

- X osi- moment penjanja i moment spuštanja.
- Y osi- moment naginjanja na lijevo ili desno.

Za pun zrakoplov:



Slika 7. Analitičko-matematička metoda uravnoteženja za puni zrakoplov
Izvor: [9]

Analitičko-matematičku metodu za puni zrakoplov čine: masa prvog prtljažnog odjeljka (**m1**) i njegov položaj (**X1**), ukupna masa odjeljka (**mp**) i njegov položaj (**Xp**), ukupna masa goriva (**mg**) i njezin položaj (**Xg**), masa centra težišta (**mc. g.**) i njezin položaj, masa četvrtog prtljažnog odjeljka (**m4**) i njezin položaj (**X4**) i ukupna masa (**ma**) te njezin položaj (**Xa**). [1]

$$Xa = \frac{X1 \cdot m1 + Xp \cdot mp + Xg \cdot mg + Xa \cdot ma + X4 \cdot m4}{m1 + mp + mg + ma + m4 + mc.g.} \quad [3]$$

Formula 3. Analitička - matematička metoda za puni zrakoplov
Izvor: [2]

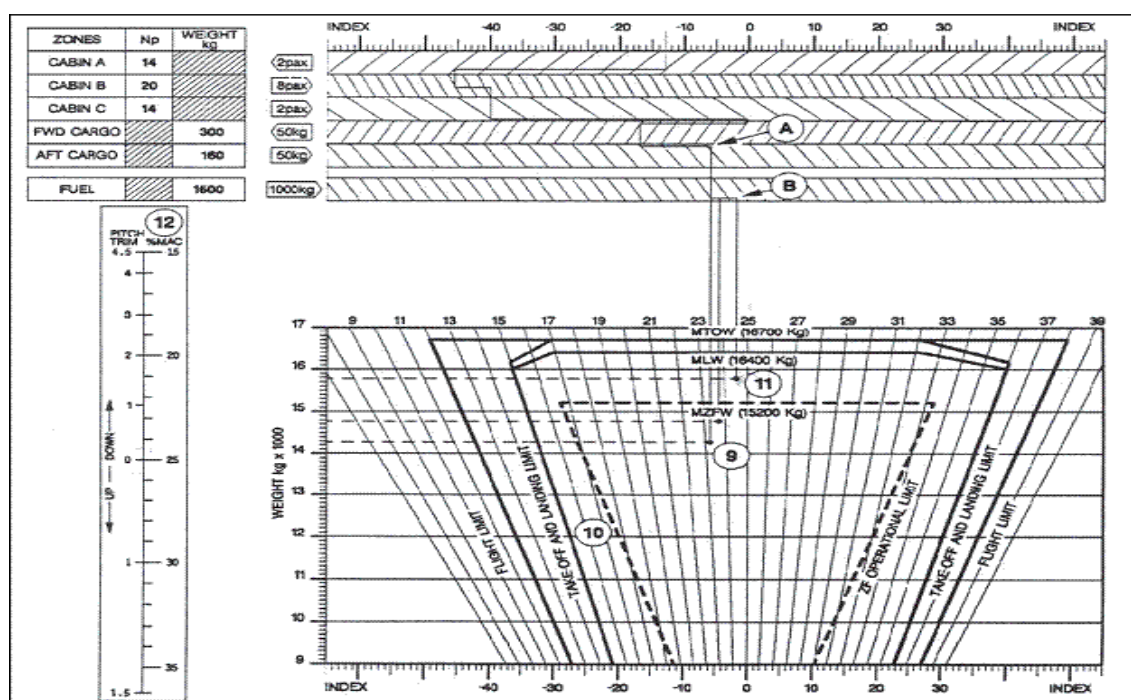
Analitička metoda zbog dugotrajnosti postupka nije pogodna za uravnoteženje zrakoplova (slika 6. i 7.).

Ovaj postupak se ne primjenjuje u svakodnevnom proračunavanju, ali se koristi za određivanje početnog položaja točke težišta zrakoplova kada se primjenjuju drugi, jednostavniji, načini određivanja položaja točke težišta opterećenog zrakoplova.

Dodatna poteškoća, koja se pojavljuje u ovom načelu određivanja točke težišta zrakoplova su decimalni brojevi u različitim mjernim jedinicama, što je mogući uzrok pogrešaka u proračunavanju. [1]

3.3 Grafička metoda računanja težišta

Ovim se postupkom otklanjaju moguće pogreške u izračunavanju, ali postupak nije toliko precizan kao kod Indeksnoeg računanja položaja težišta. Za potrebe proračuna uravnoteženja zrakoplova potrebno je ukrcajne prostore zrakoplova, uključujući putničku kabinu i spremnike goriva, podijeliti u odsječke. Svaki takav odsječak zrakoplova ima utjecaj na uravnoteženje zrakoplova kada u njega ukrcamo teret. Ukrcajem tereta ispred ravnine stvara se negativan moment, a ukrcajem iza postiže se suprotan učinak. Za svaku komponentu, u rubrike se ucrtava pomak težišta lijevo ili desno, tj. prema nosu ili repu zrakoplova. Pomak centra težišta ovisi o masi utovarenog tereta, putnika i lokaciji gdje su utovareni (slika 9.). [5]

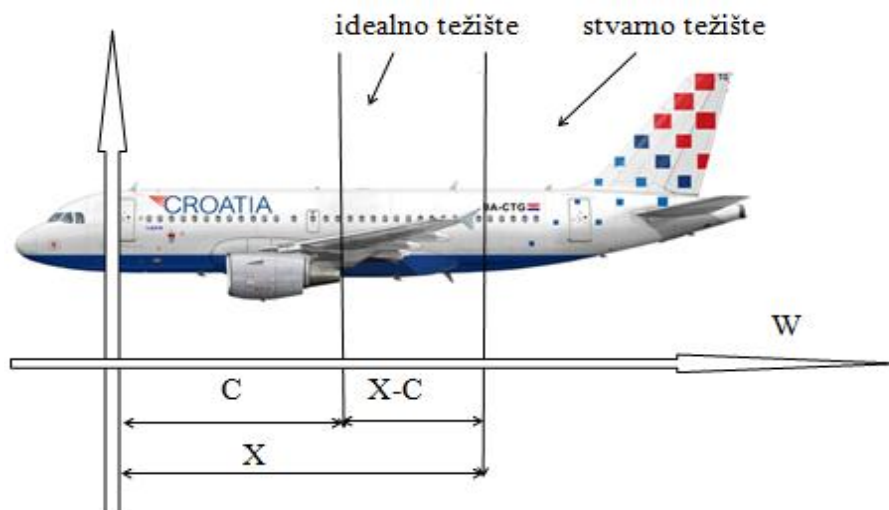


Slika 8. Grafička metoda uravnoteženja zrakoplova
Izvor: [10]

3.4 Indeksna metoda računanja težišta

Uvođenjem indeksa, pojam za bez dimenzijski cijeli broj, uklanja se mogućnost pogrešaka u proračunavanju te se traži idealno težište zrakoplova (slika 9.).

INDEKS- je bez dimenzionalni broj koji predstavlja moment, a zajedno s težinom daje položaj težišta zrakoplova. [1]



Slika 9. Indeksna metoda uravnoteženja zrakoplova
Izvor: [8]

$$I = \frac{X - c}{m} \cdot W \quad [4]$$

Formula 4. Indexna metoda ravnoteže zrakoplova
Izvor: [8]

Indeksnu metodu uravnoteženja zrakoplova čine: indeks (I), udaljenost stvarnog težišta od idealnog ($X-C$), težina (W) te koeficijent koji određuje razdiobu skale indeksa, što je veći skala je razvučenija, a što je manji skala je stisnutija. [1]

3.5 Računanje Basic Index-a

$$BI = \frac{X - C}{m} \cdot BM \quad [5]$$

Basic mass
↓

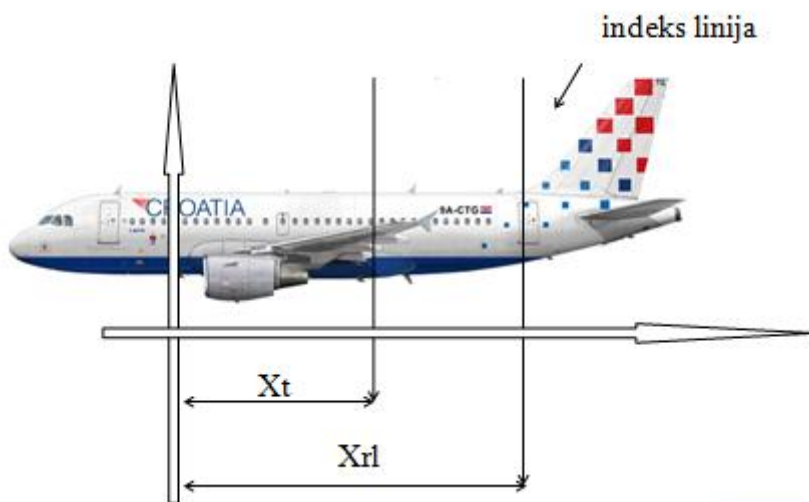
Formula 5. Basic Indeks
Izvor: [8]

Ako se umjesto Basic mass-a uvrsti suha operativna masa (Dry operating mass (DOM)) dobit će se suhi operativni indeks (Dry operating index (DOI)) (slika 10.).

Kada se prazan zrakoplov za koji je izračunat DOI (Dry operating index) opterećuje, potrebno je korigirati indeks na sljedeći način:

$$I_{\text{loaded}} = I_{\text{stariDOI}} \pm I_{\text{korekcija}} \quad \text{ili} \quad I_{\Delta} = \frac{(X_{rl} - X_t) \cdot m_t}{B} \quad [6]$$

Formula 6. Korekcija Indexa
Izvor: [8]



Slika 10. Računanje Indexa
Izvor: [8]

X_{rl} predstavlja udaljenost od proizvođačevog presjeka do referentne indeksne linije, **X_t** je udaljenost centra težišta od proizvođačevog presjeka, **m_t** je masa ukupnog zrakoplova sa teretom te **B** je konstanta koja osigurava da se indeks kreće unutar određenih zona. [1]

3.6 Prekoračenje maksimalnih masa za sigurnu zračnu plovību

Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova na stajanki (engl. MDRM - Maximum Design Ramp Mass), ne smije biti prekoračena zbog strukturalne čvrstoće zrakoplova.

Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova pri kretanju (engl. MDTM - Maximum Design Taxi Mass), prekoračenjem ove mase može doći do oštećenja na spojevima trupa i stajnog trapa, te trupa i krila prikazano na slici 11.

Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova pri polijetanju (engl. MDTOM - Maximum Design Take Off Mass), pri toj masi zrakoplov može sigurno uzletjeti te ne smije biti prekoračena.

Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova bez goriva (engl. MDZFM - Maximum Design Zero Fuel Mass), prekoračenjem ove mase dolazi do oštećenja na spojevima krila i trupa.

Maksimalna konstruktivna težina zrakoplova pri slijetanju (engl. MDLM - Maximum Design Landing Mass), prekoračenjem ove mase dolazi do oštećenja stajnog trapa. [5]



Slika 11. Prekoračenje maksimalnih masa
Izvor: [7]

3.7 Utjecaj centra težišta na sigurnost leta zrakoplova

Prilikom utovara tereta, robe, pošte, putničke prtljage, rasporeda po prtljažnim odjeljcima te rasporeda putnika unutar putničke kabine, potrebno je voditi brigu o svim masama kako bi se izbjegli nepoželjni momenti koji mogu utjecati na pomak centra težišta duž osi zrakoplova. Pomicanjem centra težišta unaprijed ili unazad dolazi do neuravnoteženja zrakoplova, što je ključan element za siguran let zrakoplova. [5]

3.7.1 Težište pomaknuto prema naprijed

Na utjecaj centra težišta za sigurnost leta zrakoplova kojemu je težište pomaknuto unaprijed utječe: Sila uzgona (engl. F_l - Lifting force), gravitacijska sila (engl. F_g - gravity force) i sila koja podiže horizontalni rep zrakoplova (engl. F - force), prikazano slikom 12.



Slika 12. Težište zrakoplova pomaknuto prema naprijed
Izvor: [9]

Na malim brzinama i pri velikim napadnim kutovima kada se centar potiska pomiče prema naprijed, horizontalni rep mora stvoriti silu na gore kako bi se poništio propinjući moment zrakoplova. [5]

3.7.2 Težište pomaknuto prema unazad

Na utjecaj centra težišta za sigurnost leta zrakoplova kojemu je težište pomaknuto unazad utječe: sila uzgona (engl. **F_l**-Lifting force), gravitacijska sila (engl. **F_g**-gravity force) i sila koja spušta horizontalni repni stabilizator zrakoplova prema dolje (engl. **F**-force), prikazano na slici 13.



Slika 13. Težište zrakoplova pomaknuto prema unazad
Izvor: [12]

Na velikim brzinama, te pri manjim napadni kutovima krila (α), centar potiska se pomiče prema unazad, pa se javlja obušavajući moment, tada horizontalni rep mora stvoriti silu na dolje koja će izazvat suprotni moment. [5]

4. PREGLED DOKUMENTACIJE U PROCESU URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA

Kako bi se zrakoplov mogao sigurno otpremiti u određenom roku, obučenost osoblja te pravovremeno prikupljanje i obrada dokumenata te informacija predstavlja ključan element otpreme zrakoplova.

Kako bi se radnje prihvata i otpreme obavljale u skladu sa pravilima i propisima Međunarodne organizacije za zračni promet (engl. IATA – International Air Transport Association), IATA izdaje priručnike koji obuhvaćaju sve propise vezane za pravilan prihvrat i otpremu zrakoplova.

Neki od tih dokumenata su: SOM (engl. Station operation manual), FOM (engl. Flight operations manual), GOM (engl. Ground operations manual), AHM (engl. Airport handling manual), DGR (engl. Dangerous goods regulations), LAR (engl. Live animals regulation) i dr., prikazani na slici 14. [7]



Slika 14. IATA priručnici
Izvor: [13]

To su priručnici kojima prijevoznik određuje načine i postupke za proračunavanje opterećenja i uravnoteženja svojih zrakoplova. U tim priručnicima su prikazani INDEX-i težina za svaki tip zrakoplova, raspored sjedala u putničkoj kabini, raspored robnog prostora i slično. Operativni priručnik je temeljni izvor obavijesti za uravnoteženje zrakoplova i sve što se pod time podrazumijeva.

4.1 Putnički manifest

Prilikom procesa uravnoteženja zrakoplova, nadležna osoba za izradu liste opterećenja i uravnoteženja od službe za registraciju putnika i prtljage (engl. Check In) dobiva informaciju o broju putnika, tj. točan broj muškaraca, žena i djece, količinu i ukupnu masu prtljage svih putnika nakon zatvaranja šaltera tj leta. Nakon zatvaranja leta konačan broj putnika šalje se u elektroničkom obliku uredu za izradu liste opterećenja i uravnoteženja kako bi nadležna osoba za izradu liste opterećenja i uravnoteženja uz prethodne informacije dobila sve potrebne podatke koji se koriste pri izradi liste opterećenja i uravnoteženja.

[illegible]

Slika 15. Lista putnika
Izvor: [14]

Popis putnika / Putnički manifest predstavlja poimenični popis putnika na letu s detaljima koji su potrebni prijevozniku za obračun i statistiku. Za potrebe uravnoteženja zrakoplova izdvaja se broj putnika prema uzrastu, razredu prijevoza. Putnički manifest izdaje osoba zadužena za nadgledanje registracije putnika na određeni let. Putnički manifest prikazan je na slici 16. [11]

4.2 Teretni manifest

Prilikom izrade liste uravnoteženja i opterećenja, uz putnički manifest iznimno je bitan i teretni manifest (engl. Cargo Manifest) prikazan na slici 16., koji nadležnoj osobi za izradu liste uravnoteženja i opterećenja daje informacije o ukupnoj količini tereta koji treba biti ukrcan u zrakoplov, ukupnu masu toga tereta te vrstu i kategoriju tereta ovisno radi li se o specijalnim kategorijama tereta ili opasnoj robi koja je propisana IATA pravilnikom o opasnoj robi (engl. DGR – Dangerous goods regulations). [16]

CROATIA AIRLINES CARGO MANIFEST (Robni manifest)

Owner: CROATIA AIRLINES

Flight No: _____ Date: _____

Point of loading: _____ Point of unloading: _____

Item No.	Quantity	Description	Weight	Volume	Remarks

MZLZ CARGO MANIFEST Type 11

Owner or Operator: Lufthansa Cargo

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

No	Av Waybill and Part No	No Of Pieces	Nature of goods	Gross Weight	ORIGES	SFC	Officeruse
1	020-61551604	3	CONSOLIDATION	1377.0	ZAG/JFK	PER/HEA	X
2	020-61545684	1	SPINDLE PARTS N	100.0	ZAG/VORD		X
3	020-61545673	2	SPARE PARTS	4240.0	ZAG/PVG	HEA	X
4	020-61552492	1	CONSOLIDATION	123.0	ZAG/SFO	HEA	X
5	020-61557716	3	CONSOL	565.0	ZAG/LLS	HEA	C
Total		10		6195.0			
Manifest Totals		10		6195.0			

Slika 16. Teretni manifest

Izvor: [15]

Robni manifest služi kao pripremna i ukrcajna lista robnih pošiljaka, prijava ukrcaja carini i sadrži podatke o teretu ukrcanom u zrakoplov. Robni manifest izrađuje se u Cargo skladištu, gdje se nakon zatvaranja leta sortira sav teret za određeni let, važe, te pakira i priprema za ukrcaj u zrakoplov. Robni manifest se izrađuje na temelju zračnog teretnog lista (engl. AWB – Air waybill²). U njega se upisuje broj zračnog teretnog lista pojedine pošiljke, broj komada pošiljaka, sadržaj tereta te najbitnije masu tereta koju nadležna osoba za izradu liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova uzima te upisuje u posebne rubrike na listi. [16]

Ukoliko na letu nema tereta, u rubrike se upisuje oznaka „NIL“, (engl. Nothing in Load).

² Zračni tovarni list - predstavlja sklopljeni ugovor o prijevozu između prijevoznika i naručitelja prijevoza

4.3 NOTOC – Notification To Captain

Obavijest kapetanu tj. NOTOC dokument, izdaje se kao obavijest kapetanu zrakoplova o prisutnosti posebnih kategorija tereta te o prisutnosti opasne robe na letu. Takav dokument sastoji se od kratice koja definira vrstu posebne kategorije tereta, broj komada tih pošiljaka, broja zračnog teretnog lista, sadržaj tereta te masu tog tereta, prikazano na slici 17.

Prilikom prijevoza određenih specijalnih kategorija tereta, kapetan zrakoplova mora biti upoznat sa njihovim prisustvom na letu kako bi po potrebi mogao regulirati tlak i temperaturu u teretnim odjeljcima zrakoplova te isto tako u izvanrednim situacijama, da može reagirati po odgovarajućim procedurama. [11]

CROATIA AIRLINES										Notification to Captain (NOTOC)									
Station of Loading ZAG		Flight Number OU414		Date 15JAN2010		Aircraft Registration		Classification Pink green – Captain Blue – Loading Supervisor Brown – Station Originator											
DANGEROUS GOODS										Prepared by ZAGFFAHZBOL									
There is no evidence that any damaged or leaking package containing dangerous goods have been loaded on the aircraft																			
Station of Unloading FRA	Air Waybill Number 1068 8541	Proper Shipping Name life-saving appliances self-inflating		Class (Division for Class 1 Comp. Goods) 9	UN or ID Number UN2950	Subsidiary Risk	Number of Packages 1	Net Quantity or Transport Index per Package 30.0kgG	Hazardous Material Category	UN Packing Group	Code (See Reverse) RMD	CAC (M)	Loaded in ULD ID CODE	Loaded in CPT/POB					
OTHER SPECIAL CARGO										Prepared by									
Station of Unloading FRA	Air Waybill Number 1068 5546	Contents and Description PHARMACEUTICALS		Number of Packages 30	Quantity 430,00	Code PER	Supplementary Information		Temperature Requirements +2 - +8	Loaded in ULD ID CODE	Loaded in CPT/POB								
SPECIAL BAGGAGE										Prepared by									
Station of Unloading	Code	Contents and Description		Number of Packages	Quantity	Supplementary Information		Temperature Requirements	Loaded in ULD ID CODE	Loaded in CPT/POB									
PASSENGER										Prepared by									
BRST	CODE	NAME		AGE, TITLE or DISABILITY		Special Cargo Codes: AV - Live Animals EAT - Foodstuff HEG - Hatching Eggs LHO - Live Human Organ PER - Perishables VAL - Valuables		Special Baggage Codes: PETC - Animal in Cabin AVIH - Animal in Hold BLRD - Blind Passenger DEAF - Deaf Passenger WCHR - Wheel Chair Ramp WCHS - Wheel Chair Steps WCHC - Wheel Chair Cabin Seat STCR - Stretcher Passenger INAD - Inattentive Passenger MEDA - Medical Case (others)											
Loaded as shown		Information accepted		Loading Supervisor's Signature		Captain's Signature													

Slika 17. Obavijest kapetanu (engl. Notification to Captain)

Izvor: [15]

4.4 Uputa ukrcaja – Loading instruction

Uputa utovara / istovara prikazana na slici 18., ispostavlja se za svaki let u dolasku, odlasku, transferu ili tranzitu. Sam prijevoznik određuje izgled svog obrasca uzimajući u obzir svoje tipove zrakoplova te njihove konfiguracije u prtljažnim odjeljcima. Uputa ukrcaja / istovara sadrži nacрте prtljažnih odjeljaka zrakoplova, dio za uputu utovara specijalnog tereta, dio za izvješće o stvarnom utovarenom teretu, razliku utovara u odnosu na predviđeno stanje te dio za uputu istovara tereta. Raspored utovara tereta po teretnim odjeljcima od iznimno važnog je značaja prilikom izrade liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova zbog rasporeda mase duž cijelog zrakoplova te određivanja centra težišta. [15]

CROATIA AIRLINES				Loading Instruction A319 Passenger Version		
Station	Flight No.	Destination	A/C Reg	STD (L/T)	Planner's Signature / Desk-Phone	Date
	OU		9A-CT			
COMPARTMENT	5		4		CABIN	1
OFF at this Station						
TRANSIT						
						BAGGAGE-ID: ☐
51 (1497kg)	42 (1695kg)	41 (1326kg)		12 (1223kg)	11 (1045kg)	
Special Instructions				This aircraft has been loaded in accordance with these instructions including the deviations recorded. The load has been secured in accordance with company regulations.		
ESTIMATES				Loading Supervisor or Person Responsible for Loading		
Dest.	PAX	BAG (Pcs.)	CARGO	MAIL		

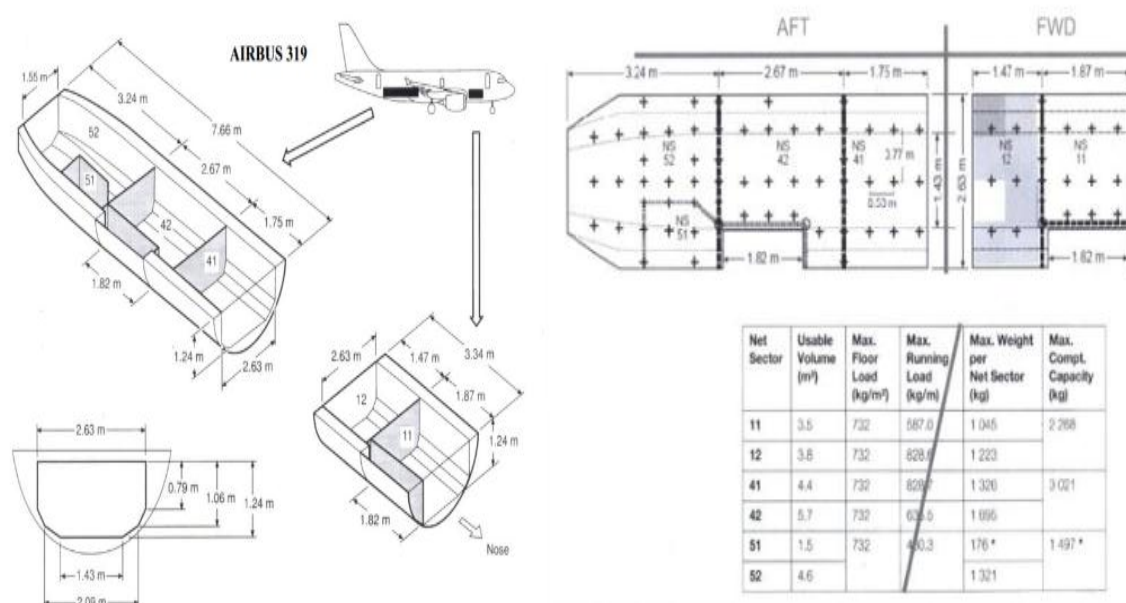
Slika 18. Plan utovara
Izvor: [16]

Na listu utovara (engl. Loading instruction) upisuje se:

- polaznu zračnu luku,
- broj leta,
- destinaciju,
- registraciju zrakoplova,
- potpis službenika koji je izradio listu utovara,
- datum leta,
- masu tereta ukrcanog u zadnji prtljažnik zrakoplova,
- masu tereta ukrcanog u prednji prtljažnik zrakoplova,
- specijalne instrukcije za utovar.

Prilikom utovara tereta u prtljažne odjeljke, vrlo je važno voditi računa o podnoj nosivosti, tj. o maksimalnoj masi tereta koja se može ukrcati u pojedini odjeljak. Te maksimalne mase nikada ne smiju biti prekoračene kako ne bih došlo do oštećenja trupa zrakoplova i samog teretnog odjeljka.

Zrakoplov Airbus A319 sastoji se od dva prtljažna odjeljka, na prednjem dijelu zrakoplova te na zadnjem koji su još podijeljeni na sekcije unutar samih odjeljaka. Tako se prednji odjeljak dijeli na dvije sekcije 11 i 12, dok zadnji na sekcije 41, 42, 51 i 52 prikazane slikom 21. [15]



Slika 19. Prikaz teretnih odjeljaka i podne nosivosti odjeljaka zrakoplova Airbus A319

Izvor: [18]

4.5 Tijek kretanja dokumentacije prema uredu za izradu liste uravnoteženja i opterećenja

Za svakog zrakoplovnog prijevoznika brzina opsluživanja zrakoplova na zemlji predstavlja iznimno važan faktor vezan za poslovanje njegove zrakoplovne kompanije, odnosno njegov profit. Nakon slijetanja zrakoplova na određenu zračnu luku, opsluživanje tj. prihvata i otprema zrakoplova nastoji se obaviti u što kraćem vremenskom roku kako bi troškovi boravka zrakoplova na zemlji bili što manji. Kako bi se to ostvarilo potrebna je dobra organizacija pojedinih poslova, stručna obučenost osoblja, sva potrebna manipulativna sredstva za prihvata i otpremu zrakoplova te najbitnije pravovremeno prikupljanje sve potrebne dokumentacije kako bi se zrakoplov otpremio u odgovarajućem vremenskom roku. No taj vremenski tijek prikupljanja dokumentacije ovisi o organizaciji aerodromskih službi za svaki aerodrom zasebno.

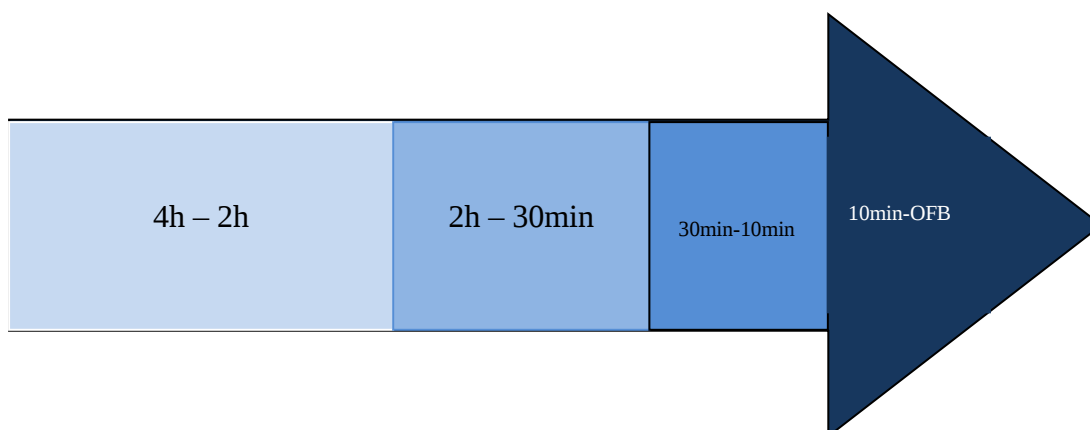
Početak prikupljanja dokumentacije za izradu liste uravnoteženja i opterećenja započinje prije nego što je zrakoplov sletio na određenu zračnu luku. Nadležna osoba za izradu liste uravnoteženja i opterećenja prikuplja preliminarne informacije i podatke dva sata prije dolaska zrakoplova te se na vrijeme počinje pripremati za taj let. Prvo se prikupljaju preliminarni podaci koje dostavlja služba za registraciju putnika i prtljage (engl. Check In) te daje informaciju o predviđenom broju putnika i njihovoj prtljazi koji uredno su obavili kupnju putničke karte. Ta informacija zapravo predstavlja planirani popis putnika koji će se nalaziti na tom letu. Uz rezervacije putnika iznimno je važno dobiti informaciju od službe za prihvata i otpremu tereta (engl. Cargo) o teretu i pošti predviđenom na tom letu, kako bi se sve mase mogle preračunati prilikom izrade liste utovara (engl. LIR – Loading instruction). Isto tako osoba za izradu liste uravnoteženja i opterećenja unaprijed planira potrebno gorivo za tu rutu te dodatne tehničke značajke bitne za let poput broja članova posade za taj tip zrakoplova i sl. Dobiva se preliminarne informacije o očekivanoj masi praznog zrakoplova bez goriva (engl. EZFM – Estimated zero fuel mass) koja nam govori koju količinu tereta je moguće ukrcati u trup zrakoplova te postoji li mogućnost od preopterećenja koja mogu uzrokovati strukturalna oštećenja pojedinih komponenta zrakoplova. Nakon toga izrađuje se preliminarne plan utovara (engl. LIR – Loading instruction) koji govori o rasporedu tereta, robe i pošte duž trupa zrakoplova. Nadležna osoba isto tako neprestano prikuplja i ažurira sve podatke te novonastale promjene za taj let.

Služba za registraciju putnika i prtljage u međunarodnom prometu otvara svoje šaltere za prijavu na let dva sata prije samog leta, dok u domaćem prometu sat i pol prije leta gdje se putnici počinju prijavljivati za let. Nadležna osoba za izradu liste uravnoteženja i opterećenja počinje pratiti i ažurirati sve aktualne podatke o popunjenosti sjedala (engl. Booking), aktualne podatke o potrebnom gorivu za let te aktualne podatke o teretu i pošti. [15]

Pola sata prije polijetanja zrakoplova služba za registraciju putnika i prtljage (engl. Check In) zatvara svoje šaltere te više ne prihvaća nijednog putnika na let. Nakon tog trenutka, nadležna osoba za izradu liste uravnoteženja i opterećenja može započeti sa krajnjim prikupljanjem stvarnih podataka za taj let. Dobiva aktualan popis svih putnika na letu ovisno o njihovoj dobi i spolu te količinu i masu njihove prtljage. Od službe za prihvat i otpremu tereta (engl. Cargo) dobiva aktualne podatke o teretu i pošti koji su unaprijed pripremljeni za taj let, isto tako od kapetana zrakoplova dobiva aktualne količinu potrebnog goriva za taj let te započinje sa izradom liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.

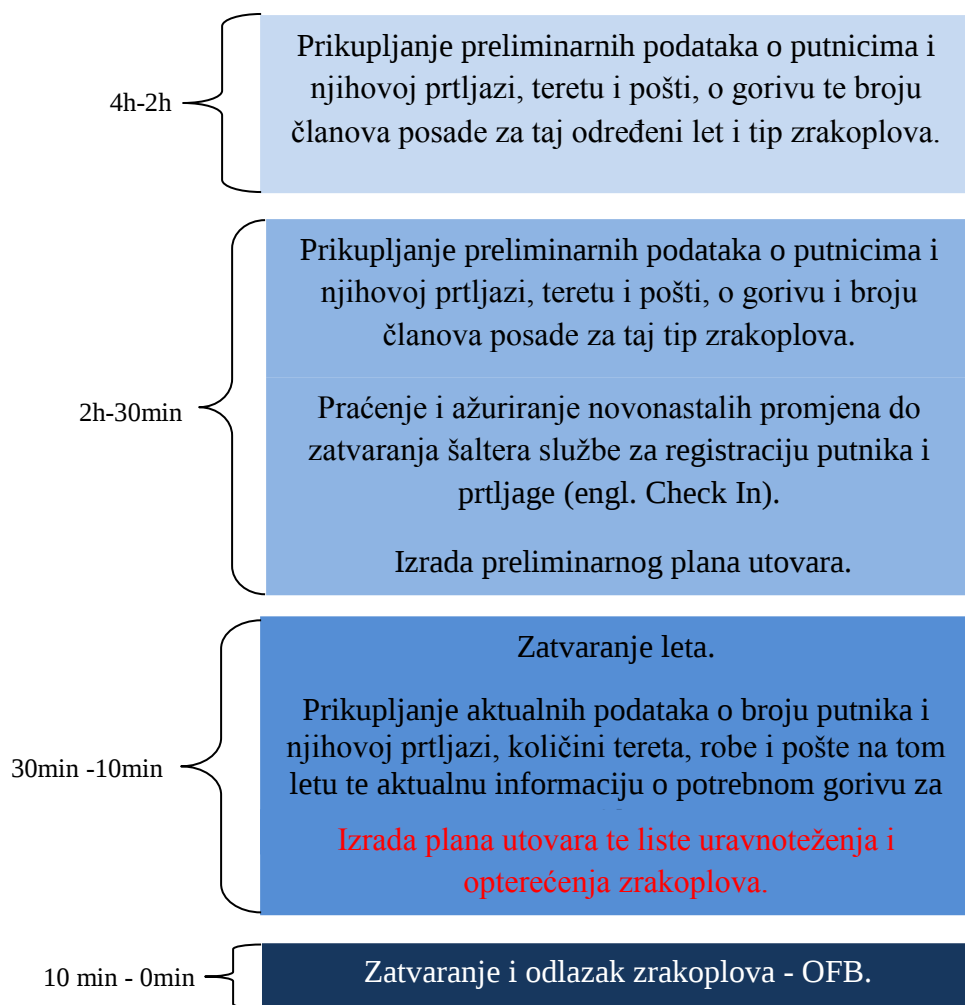
Kako bi se zrakoplov otpremio u željenom vremenskom roku, slijed svih aktivnosti i vremena prikupljanja svih podataka i informacija mora biti pravovremen i točan. Vremenski period prikazan je slikama 20 i 21.

Ovime zaključujemo da nadležna osoba za izradu liste uravnoteženja i opterećenja ima vremenski rok od dvadeset minuta, ponekad čak i manje za izradu liste uravnoteženja i opterećenja. Zadnjih deset minuta prije zatvaranja zrakoplova, sva potrebna dokumentacija kao i putnici, teret i pošta moraju biti u zrakoplovu te nakon toga je zrakoplov spreman za let. Završnu radnju predstavlja zatvaranje i odlazak zrakoplova (engl. OFB – Off block time ³). [15]



Slika 20. Vremenski period prikupljanja informacija i pripreme za let
Izvor: [15]

³ OFB – Off block time: vrijeme paljenja motora zrakoplova



Slika 21. Vremenski period prikupljanja informacija i pripreme za let
Izvor: [15]

DRY OPERATING WEIGHT					MAXIMUM WEIGHTS FOR				ZERO FUEL	TAKE-OFF	LANDING
					TAKE-OFF FUEL	+				TRIP FUEL	+
TAKE-OFF FUEL	+	1			ALLOWED WEIGHT FOR TAKE-OFF (Lowest of a, b or c)	a	2	b	3	c	4
OPERATING WEIGHT					OPERATING WEIGHT	-					
					ALLOWED TRAFFIC LOAD						

Slika 23. Rubrike sa masama
Izvor: [15]

U rubriku 1. upisuje se suha operativna masa zrakoplova (engl. Dry operating weight) koja predstavlja osnovnu masu zrakoplova kojoj se dodaju promjenjivi operativni dodatci. Toj masi pridodaje se potrebno gorivo za polijetanje, čime se dobije operativna masa zrakoplova (engl. Operating weight).

U sljedeće rubrike upisuju se maksimalne mase za zrakoplov bez goriva (engl. Zero fuel), zrakoplov pri polijetanju (engl. Take-off) i slijetanju (engl. Landing) propisane od strane proizvođača zrakoplova. Masi zrakoplova bez goriva pridodaje se potrebno gorivo za polijetanje (engl. Take - off fuel), masi zrakoplova pri slijetanju pridodaje se masa potrebnog goriva za cijelo putovanje (engl. Trip fuel), dok se maksimalna masa zrakoplova pri polijetanju samo prepisuje. Od tih tri vrijednosti odabire se najmanja dopuštena vrijednost mase zrakoplova za polijetanje (engl. Allowed weight for take – off) od koje se oduzima operativna masa zrakoplova (engl. Operating weight).

Daljnjim izračunom dobiva se dozvoljena masa plaćenog tereta (engl. Allowed traffic load) koja može biti ukrcana u prtljažne odjeljke zrakoplova. Ta masa ne smije biti prekoračena kako ne bih došlo do strukturalnog oštećenja trupa zrakoplova koja može utjecati na sigurnost zrakoplova i putnika u njemu. [16]

Na slici 24. prikazana je tablica sa rubrikama u koju se upisuju podaci o putnicima i teretu na letu te raspored tereta po teretnim odjeljcima.

DEST	Number of PAX				TOTAL	DISTRIBUTION WEIGHT				REMARKS - PAX		
	M	F	CH	INF		1	4	5	0	C	M	
1	2	3	4	5	6	7				8		
										PAX/	/	/
	/	/	/		T	.1/	.4/	.5/	.0/			VIII
					Tr							
					B							
					C					PAX/	/	/
					M							
	/	/	/		T	.1/	.4/	.5/	.0/			VIII

Slika 24. Rubrike sa brojem putnika i težinama tereta ovisno o teretnim odjeljcima
Izvor: [15]

Upisuje se:

1. odredišna zračna luka IATA⁴ tro slovnom kraticom,
2. ukupan broj muških putnika na letu,
3. ukupan broj ženskih putnika na letu,
4. ukupan broj djece na letu,
5. ukupan broj infant-a na letu,
6. ukupne težine tereta, robe, pošte i prtljage na letu (engl. Transit, Baggage, Cargo, Mail),
7. raspored masa prtljage, tereta i pošte po teretnim odjeljcima
8. broj putnika ovisno o klasi prijevoza bez infant-a, poslovna klasa (engl. C - Business class) i ekonomska klasa (engl. M - Economic class). [15]

Nakon upisivanja svih težina tereta, robe, pošte te same distribucije po teretnim odjeljcima, započinje postupak izračunavanja težina zrakoplova Airbus A319, prikazano na slici 25.

TOTAL PASSENGER WEIGHT	+	2	5	ALLOWED TRAFFIC LOAD	16	Si ▶	4	20
TOTAL TRAFFIC LOAD	=	6		→ -	17			
DRY OPERATING WEIGHT	+	7		UNDERLOAD BEFORE LMC	=	18		
ZERO FUEL WEIGHT	LMC	11		LAST MINUTE CHANGES				
MAX. 8	±			DEST. SPECIF. Cl/Cpt ±	WEIGHT			
TAKE-OFF FUEL	+	12					21	
TAKE-OFF WEIGHT	LMC	13			19			
MAX. 9	±							
TRIP FUEL	-	14						
LANDING WEIGHT	LMC	15						
MAX. 10	±							
				LMC TOTAL +/-				
						CHECK LMC TOTAL WITH UNDERLOAD	NOTES	
							TOTAL PASSENGERS:	22
							PREPARED BY:	LOAD MASTER:
							APPROVED BY:	23

Slika 25. Tablica za izračunavanje težina

Izvor: [15]

1. Upisuje se ukupan broj putnika ovisno o njihovom uzrastu i spolu (engl. Male, Female, Child, Infant)
2. Upisuje se ukupna masa tereta (engl. Transit mass + Baggage mass + Cargo mass + Mail mass)
3. Upisuju se ukupne mase prethodno raspoređenih masa po teretnim odjeljcima
4. Upisuje se ukupan broj putnika ovisno o klasi prijevoza bez infant-a (C/M)
5. Upisuje se zbroj masa putnika ovisno o njihovom broju, uzrastu i spolu, prikazano slikom 28. [15]

⁴ IATA – International Air Transport Association – Međunarodno udruženje zrakoplovnih prijevoznika

	ALL FLIGHTS EXCEPT HOLIDAY CHARTERS	HOLIDAY CHARTER FLIGHTS
Adult male	88	83
Adult female	70	69
Child	35	35
Infant	0	0

Slika 26. Težine putnika ovisno o njihovom uzrastu i spolu
Izvor: [19]

6. Zbrojem ukupne mase putnika i svog tereta dobiva se ukupna masa tereta ukrcanog u zrakoplov (engl. Total traffic load) koja ne smije prekoračiti dozvoljenu masu plaćenog tereta na tom letu
7. Upisuje se suha operativna masa (engl. Dry operating weight)
8. Upisuje se maksimalna masa zrakoplova bez goriva (engl. Max zero fuel weight)
9. Upisuje se maksimalna masa zrakoplova pri polijetanju (engl. Max take - off weight)
10. Upisuje se maksimalna masa zrakoplova pri slijetanju (engl. Max landing weight)

Sve te maksimalne mase zrakoplova propisane su od strane proizvođača zasebno za svaki tip i verziju zrakoplova pojedinog prijevoznika te ne smiju biti prekoračene. Maksimalne dopuštene mase zrakoplova ovisno o tipu i verziji zrakoplova prikazane su slikom 27. [16]

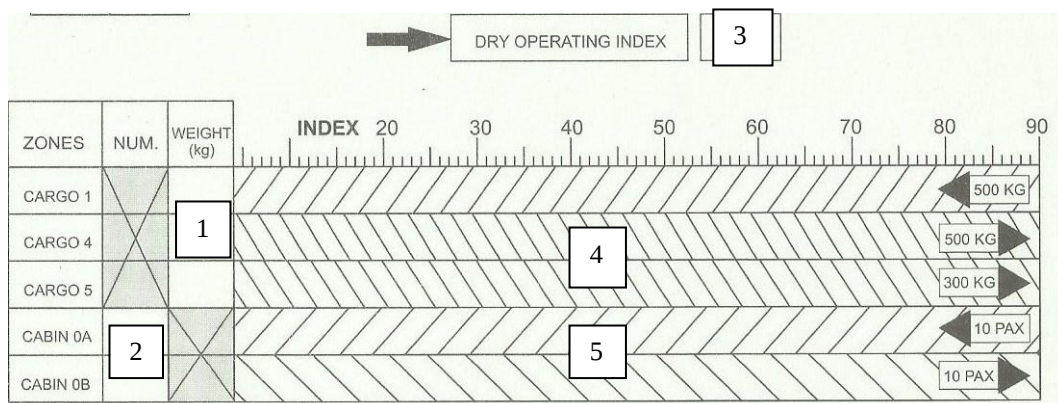
Aircraft Reg.or Subtype No.	Ramp/Taxi	Design take-off dry	Zero fuel	Design landing
9A-CTG	64400	64000	57000	61000
9A-CTH	64400	64000	57000	61000
9A-CTI	64400	64000	57000	61000
9A-CTL	64400	64000	57000	61000

Slika 27. Maksimalne dopuštene mase zrakoplova
Izvor: [19]

11. Upisuje se zbroj masa ukupnog plaćenog tereta (engl. Total traffic Load) i suhe operativne mase (engl. Dry operating weight) te ta masa ne smije prekoračiti maksimalnu vrijednost zrakoplova bez goriva (engl. Max zero fuel weight)
12. Upisuje se masa goriva potrebno za polijetanju (engl. Take - off fuel)
13. Upisuje se zbroj mase zrakoplova bez goriva (engl. Zero fuel weight) i mase potrebnog goriva za polijetanje (engl. Take - off fuel)
14. Upisuje se masa potrebnog putnog goriva (engl. Trip fuel) za taj let
15. Upisuje se razliku mase zrakoplova pri polijetanju (engl. Take - off weight) i mase potrebnog putnog goriva (engl. Trip fuel) te se dobiva masa zrakoplova pri slijetanju (engl. Landing weight)
16. Upisuje se dozvoljenu težinu tereta (engl. Allowed traffic load) koju možemo ukrcati u zrakoplov
17. Upisuje se masa ukupnog ukrcanog tereta u zrakoplov (engl. Total traffic load)

18. Upisuje se razlika prethodnih dviju masa koja govori koliko je još moguće tereta ukrcati u zrakoplov
19. Upisuju se sve pošiljke koje su pristigle na let u posljednjem trenutku (engl. LMC- Last Minute Changes) ovisno o odredištu, vrsti, statusu i masi. Ako se radi o pošiljkama mase do 300 kg, upisuje se u rubrike ali se ništa ne prepravljaju. Za pošiljke mase 300 – 900 kg, upisuju se u rubriku te se težine prepravljaju u rubrikama, dok za pošiljke većih masa od 900 kg mora se izraditi nova lista opterećenja i uravnoteženja
20. Upisuju se posebne napomene (engl. SI- Supplementary Information)
21. Upisuju se posebne bilješke (engl. Notes)
22. Upisuje se ukupan broj putnika (engl. Total passengers)
23. Potpis osobe koja je pripremila i izradila listu opterećenja i uravnoteženja [15]

Nakon računskog dijela izračuna svih masa koje se nalaze na zrakoplovu, slijedi postupak grafičkog dijela pronalaska centra težišta, prikazano slikom 28.



Slika 28. Raspored težina po teretnim odjeljcima u grafičkom obliku
Izvor: [15]

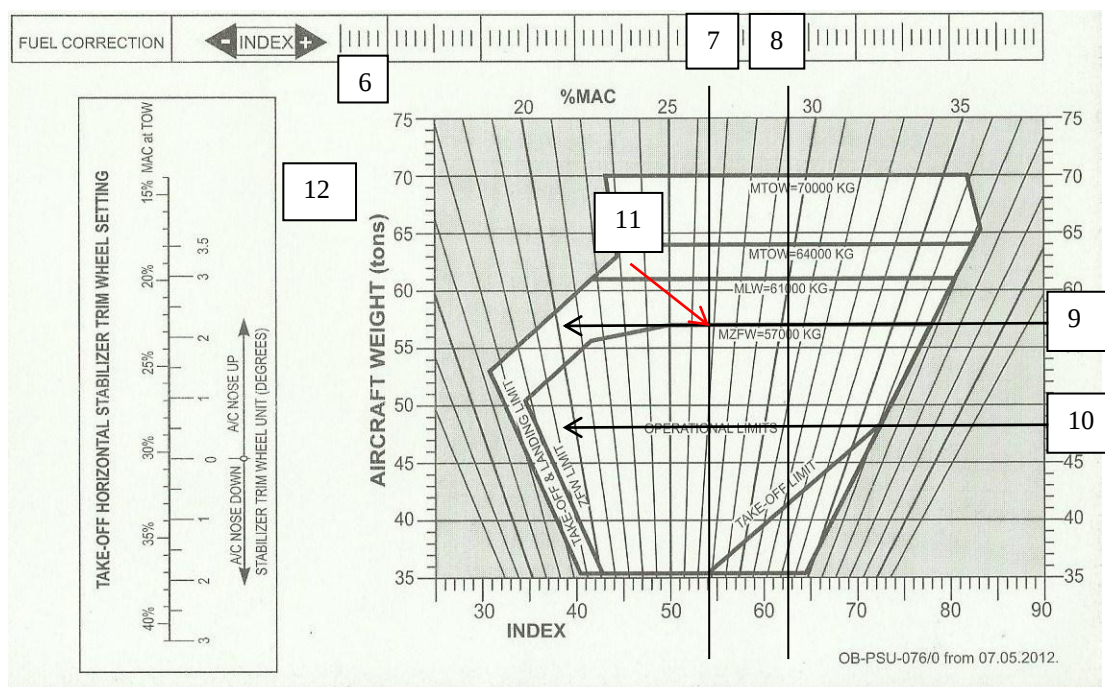
1. Upisuju se mase tereta po teretnim odjeljcima gdje je planiran utovar (Cargo 1, 4, 5),
2. Upisuje se broj putnika ovisno o poziciji u kabini zrakoplova (prednji dio A i zadnji dio B zrakoplova)
3. Vrijednost suhog operativnog indeksa očitano iz tablice prikazane slikom 31., nanosi se na indeksnu skalu sa brojevima
4. Spušta se okomita linija i pomiče se ulijevo ili udesno ovisno o masi teretnog odjeljka i tako za svaki teretni odjeljak
5. Nakon teretnih odjeljaka pomiče se linija ulijevo ili udesno ovisno o broju putnika u putničkom dijelu kabine A ili B [16]

9A – CTG, 9A-CTL			9A, CTH, 9A – CTI		
CREW	DOW	DOI	CREW	DOW	DOI
2+0	40912	44.4	2+0	40492	43.5
3+0	41008	43.3	3+0	40588	42.4
4+0	41104	42.2	4+0	40684	41.3
2+3	41693	44.8	2+3	41273	43.9
2+4	41779	45.7	2+4	41359	44.8
3+3	41789	43.6	3+3	41369	42.8
2+5	41865	46.6	2+5	41445	45.7
3+4	41875	44.6	3+4	41455	43.7
3+5	41961	45.5	3+5	41541	44.6
4+4	41971	43.5	4+4	41551	42.6
4+5	42057	44.4	4+5	41637	43.5

Tablica 1. Suha operativna težina i suhim operativnim indeksima ovisno o tipu zrakoplova i broju posade za određeni tip i verziju zrakoplova Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines

Izvor: [19]

Nakon pomicanja linije po grafikonu, linija se spušta na slijedeći grafički prikaz ispod, gdje se unosi korekcija goriva (engl. Fuel correction) koja pomiče liniju ulijevo ili udesno ovisno o korekciji. [16]



Slika 29. Balansni dijagram uravnoteženja

Izvor: [15]

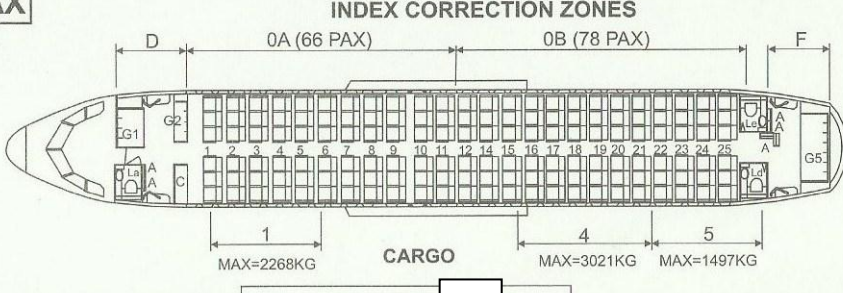
6. Upisuje se korekcija goriva koja pomiče drugu skalu ulijevo ili udesno

7. Spušta se okomita linija koja se dobila u prethodnom dijagramu
8. Pomiče se ulijevo ili udesno ovisno o iznosu korekcije goriva te se povlači još jedna linija koja je paralelna sa prethodnom linijom,
9. Uzima se vrijednost stvarne mase zrakoplova pri polijetanju (engl. ATOM - Actual take-off mass) te se nanosi na desnu (okomitu) skalu te se povlači horizontalna linija
10. Uzima se vrijednost stvarne mase zrakoplova bez goriva (engl. AZFM - Actual zero fuel mass) te se nanosi na desnu (okomitu) skalu te se povlači druga horizontalna linija
11. Očitava se dobivena vrijednost na gornjoj (horizontalnoj) skali koja siječe lijevu okomitu liniju
12. Na vertikalnu skalu ucrtava se vrijednost postotka srednje aerodinamične tetive (engl. MAC%) dobivena križanjem okomitih i horizontalnih linija.

Nakon grafičkog dijela i nakon određivanja postotka srednje aerodinamične tetive potrebno je popuniti slijedeće podatke prikazane slikom 30. Ti podaci iščitavaju se iz prethodno riješenog grafičkog dijela prikazanog slikom 31. [16]

 CROATIA AIRLINES	LOAD & TRIM SHEET OB-PSU-076/0	A319-112
---	-----------------------------------	----------

VER 144 PAX		
In ZF	1	
In TC	2	
M Z	3	%
M T	4	%



➔

DRY OPERATING INDEX

5

Slika 30. Zone indeksnih korekcija
Izvor: [15]

1. Upisuje se indeks pri masi zrakoplova bez goriva (engl. Index at zero fuel weight)
2. Upisuje se indeks pri masi zrakoplova kod polijetanja (engl. Index at takeoff weight)
3. Upisuje se položaj srednje aerodinamične tetive (engl. MAC – mean aerodynamic chord) pri masi zrakoplova bez goriva izražen u postotcima
4. Upisuje se položaj srednje aerodinamične tetive (engl. MAC – mean aerodynamic chord) pri masi zrakoplova kod polijetanja izražen u postotcima
5. Upisuje se suhi operativni indeks (engl. Dry operating index)

Nadležna osoba za izradu liste uravnoteženja i opterećenja ovim postupkom nastoji naći povoljan centar težišta, tj. da zrakoplov bude stabilan i unutar dozvoljenih granica. Pronalaskom položaja srednje aerodinamične tetive pri masi zrakoplova na polijetanju (engl. MAC at TOW – Mean aerodynamic chord at Take off weight) zaključuje se izrada liste uravnoteženja i opterećenja te taj podatak predstavlja ključan faktor za zrakoplov gdje kapetan zrakoplova postavlja trim na zrakoplovu. Ovaj postupak ručnog izračuna centra

težišta koristi se u slučaju „pada sistema“, te tada nadležna osoba za izradu liste uravnoteženja i opterećenja ima kratak vremenski period od 5 – 10 minuta za izradu liste uravnoteženja i opterećenja. [16]

5.2 Plan i izrada liste utovara za zrakoplov Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines

Kako bi zrakoplov bio u ravnoteži, važno je pravilno rasporediti teret, robu i poštu unutar teretnih odjeljaka zrakoplova. Svaki tip zrakoplova zasebno ima drugačiju konfiguraciju teretnih odjeljaka te putničke kabine što rezultira različitim položajem centra težišta tog zrakoplova. Prilikom izrade liste uravnoteženja i opterećenja, nadležna osoba isto tako je zadužena za izradu plana utovara (engl. Loading instruction) prikazanog slikom 31, u ovom slučaju za zrakoplov Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines. Zrakoplov Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines ne predstavlja toliko problem nadležnoj osobi za izradu liste uravnoteženja i opterećenja zbog same konfiguracije zrakoplova koja dopušta jednostavniju izradu liste uravnoteženja i opterećenja te izradu plana utovara. [11]

CROATIA AIRLINES Loading Instruction A319 Passenger Version

Sta	1	Flight No.	2	De	3	A/C R	4	STD (L/T)	5	Planner's Signature / Desk-Phone	6	Date	7
-----	---	------------	---	----	---	-------	---	-----------	---	----------------------------------	---	------	---

COMPARTMENT 5 4 CABIN 1

OFF at this Station

TRANSIT

BAGGAGE-ID:

51 (1497kg)	42 (1665kg)	41 (1325kg)	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

Slika 31. Plan utovara za zrakoplov Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines
Izvor: [15]

Popunjavanje liste utovara (engl. Loading instruction):

1. Upisuje se polazna zračna luka
2. Upisuje se broj leta
3. Upisuje se destinacija
4. Upisuje se registracija zrakoplova
5. Potpis službenika koji je izradio listu utovara
6. Datum leta
7. Upisuje se masa tereta ukrcanog u zadnji prtljažnik zrakoplova
8. Upisuje se masa tereta ukrcanog u srednji prtljažnik zrakoplova
9. Upisuje se masa tereta ukrcanog u prednji prtljažnik zrakoplova

10. Upisuju se specijalne instrukcije za utovar; Booking ⁵, MCD⁶, EZFM⁷

Na slici 32. prikazan je primjer popunjenog plana utovara (engl. Loading instruction) za zrakoplov Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines. Prilikom izrade istog korišteni su slijedeći parametri:

- Polazišna zračna luka (engl. Station): Međunarodna zračna luka Zagreb - ZAG,
- Broj leta (engl. Flight number): OU656
- Odredišna zračna luka (engl. Destination): SPU- Split
- Registracija zrakoplova (engl. A/C⁸ Registration): 9ACTI
- Potpis službenika (engl. Planner's Signature),
- Datum (engl. Date): 19.10.2008.g. (engl. 19OCT08)
- Masa putničke prtljage (engl. Baggage mass): 1792 kg.
- Masa tereta (engl. Cargo mass): 3500 kg,
- Položaj pomične pregrade klase prijevoza unutar putničke kabine između 3. i 4. reda (engl. MCD – Movable Class Divider): $\frac{3}{4}$ [11]

CROATIA AIRLINES					Loading instructions A319 Passenger Version											
Station ZAG	Flight No. OU 656	Destination SPU	A/C Reg. 9ACTI	STD (T/T) 2130	Planner's Signature/ Desk Phone ORGSIC / 0123456789	Date 19OCT08										
COMPARTMENT	5		4		CABIN	1										
OFF at this station ▶																
TRANSIT ▶																
BAGGAGE-ID:																
51 (1497kg) B-532/R C-200		42 (1695kg) B-1260 C-1300/R - STAND BY		41 (326kg)												
				12 (1223kg) C-2000 (.novine)		11 (1045kg)										
Special instructions																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ESTIMATES</th> <th>PAX</th> <th>BAG(Pcs.)</th> <th>CARGO</th> <th>MAIL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dest. SPU</td> <td>18/110</td> <td>128</td> <td>3500</td> <td>NIL</td> </tr> </tbody> </table>							ESTIMATES	PAX	BAG(Pcs.)	CARGO	MAIL	Dest. SPU	18/110	128	3500	NIL
ESTIMATES	PAX	BAG(Pcs.)	CARGO	MAIL												
Dest. SPU	18/110	128	3500	NIL												
OB-ZOU-006/0 od 15.05.2005.				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												

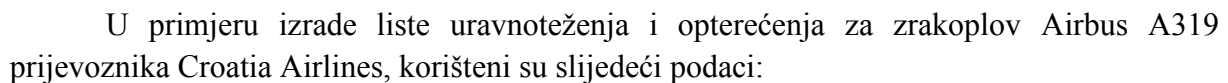
Slika 32. Primjer riješenog plana utovara zrakoplova Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines
Izvor: [15]

⁵ Booking – ukupan broj putnika na određenom letu

⁶ Movable Class Divider – pomična pregrada klase putnika unutar putničke kabine

⁷ Estimated Zero Fuel Mass - očekivana masa praznog zrakoplova bez goriva

⁸ A/C – Aircraft - Zrakoplov



Slika 33. Primjer liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines sa centrom težišta unutar dopuštenih granica
Izvor: [15]

5.4 Primjer liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines sa centrom težišta izvan dopuštenih granica

Prilikom izrade liste uravnoteženja i opterećenja nadležna osoba nastoji izbjeći da centar težišta zrakoplova bude izvan dopuštenih granica. U slučaju da se zrakoplov nalazi izvan dopuštenih granica, nadležna osoba za izradu liste uravnoteženja i opterećenja nastoji napraviti izmjene kod utovara zrakoplova po teretnim odjeljcima kako bi se zrakoplov našao u području stabilne ravnoteže. Zrakoplov čiji se centar težišta nalazi izvan dopuštenih granica ne smije uzletjeti jer može doći do pada, tj. sloma uzgona (engl. Stalling). Primjer zrakoplova izvan ravnotežnog položaja prikazan je slikom 34., gdje su korišteni slijedeći parametri:

Flight number (broj leta)	OU470
A/C Registration (Registracija zrakoplova)	9A-CTH
Crew (posada)	2/4
Date (datum leta)	17.05.2013
Take-off fuel (gorivo pri polijetanju)	8000 kg.
Trip fuel (putno gorivo)	3910 kg.
Destination (odredište)	CDG- Paris
Number of passengers (broj putnika)	M-50, F-59, CH-4, INF-1 6 C/class pax
Transit (transit)	-
Baggage (prtljaga)	1384 kg.
Cargo (teret)	2104 kg.
Mail (poštanske pošiljke)	108 kg.
LMC (promjene u zadnjem trenutku)	+2 Pax (Both male)

Tablica 2. Primjer zadatka
Izvor: Autor

6. ZAKLJUČAK

U zrakoplovstvu sigurnost zrakoplova i putnika u njemu predstavlja ključan faktor za odvijanje civilnog tj. komercijalnog zračnog prometa. Kako bi se to ostvarilo, bitno je da se čitav proces planiranja, organizacije poslova te prikupljanje dokumentacije obavi bez ijednog propusta. Danas prilikom opsluživanja zrakoplova uključene su razne službe koje obavljaju uslugu prihvata i otpreme zrakoplova gdje je ljudski faktor jedan od ključnih faktora prilikom obavljanja istog.

Pravilan ukrcaj zrakoplova i raspored svih masa koje se nalaze na zrakoplovu jedan je od najvažnijih elemenata koji moraju biti obavljeni uz najveću pozornost i predanost. Služba prihvata i otpreme koja je zadužena za utovar zrakoplova mora utovariti zrakoplov točno onako kako je nadležna osoba za izradu liste uravnoteženja i opterećenja naredila, također prateći upute utovara. Ukoliko dođe do promjena u utovaru te se dokumenti ne poklapaju sa stvarnim stanjem na zrakoplovu, zrakoplov ne smije poletjeti dok se nepravilnost ne ukloni.

Kako je zračni promet iznimno osjetljiv na pogreške najčešće uzrokovane ljudskom nepažnjom, iznimno su važne razne kontrole i provjere prilikom obavljanja istog posla, kako bi se na vrijeme uočile i popravile nepravilnosti.

Pravilnim rasporedom svih masa uzduž trupa na ovom primjeru zrakoplova A319 Croatia Airlinesa nadležna osoba za izradu liste uravnoteženja i opterećenja nastoji postaviti centar težišta zrakoplova unutar dozvoljenih granica te time povećati sigurnost zrakoplova.

Ovim završnim radom prikazano je kako je posao osobe za izradu liste uravnoteženja i opterećenja iznimno zahtjevan, odgovoran i kompleksan te isto tako iziskuje maksimalnu koncentraciju i predanost prilikom obavljanja istog.

LITERATURA

1. Vidović, A. : Nastavni materijali, Kolegij „Osnove tehnike u zračnom prometu“, Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu, Zagreb, 2018.
2. Nastavni materijali, Predmet „Prihvat i otprema tereta i zrakoplova“, Zrakoplovna tehnička škola Rudolfa Perešina, Velika Gorica, 2014.
3. <https://www.captainsim.org/forum/csf.pl?num=1395321389>, Zagreb, 2018.
4. http://www17.plala.or.jp/fox17/Flight_Lectures_ENG.html, Zagreb, 2018.
5. Croatia Airlines: „A319-112 AHM 560“, Zagreb, 30.04.2015.
6. <https://www.flickr.com/photos/airlinerart/5214358836>, Zagreb, 2018.
7. <https://aviation.stackexchange.com/questions/12956/what-are-different-types-of-weights-of-an-aircraft>, Zagreb, 2018.
8. Boc, K. : Nastavni materijali, Predmet „Prihvat i otprema tereta i zrakoplova“, Zrakoplovna tehnička škola Rudolfa Perešina, Velika Gorica, 2014.
9. Sente, M. : Završni rad, „Model uravnoteženja i opterećenja zrakoplova kod niskotarifnih zračnih prijevoznika“, Zagreb, 2015.
10. Jirasek, D. : Težine i uravnoteženje zrakoplova, zračna luka Zagreb, Zagreb, 1998.
11. <https://aviation.stackexchange.com/questions/21532/what-are-the-concerns-and-consequences-of-an-overweight-landing>, Zagreb, 2018.
12. Završni rad, „Model uravnoteženja i opterećenja zrakoplova kod niskotarifnih zračnih prijevoznika“, Zagreb, 2015.
13. <https://iata.freshdesk.com/support/solutions/articles/16000057649-iata-reader-for-windows-quick-user-guide>, Zagreb, 2018.
14. <https://passenger-manifest-form.pdfFiller.com/>, Zagreb, 2018.
15. Međunarodna zračna luka Zagreb, Zagreb, 2018.
16. Sektor Koordinacije prometa, Ured za opterećenje i uravnoteženje zrakoplova,
17. Međunarodna zračna luka Zagreb, 2018
18. Nastavni materijali, Kolegij „Prihvat i otprema tereta i pošte u zračnom prometu“, Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu, Zagreb, 2018.
19. Croatia Airlines: „A319-112 AHM 560“, Zagreb, 30.04.2015.

POPIS SLIKA

Slika 1. Stabilnost, labilnost i indiferentnost	2
Slika 2. Aerodinamične sile koje djeluju na zrakoplov u letu Izvor	3
Slika 3. Momenti oko osi zrakoplova	4
Slika 4. Položaj centra gravitacije.....	5
Slika 5. Ukupne težine goriva, tereta, putnika i opreme na zrakoplovu	8
Slika 6. Analitičko-matematička metoda uravnoteženja za prazan zrakoplov	9
Slika 7. Analitičko-matematička metoda uravnoteženja za puni zrakoplov.....	10
Slika 8. Grafička metoda uravnoteženja zrakoplova	11
Slika 9. Indeksna metoda uravnoteženja zrakoplova.....	12
Slika 10. Računanje Indeksa.....	13
Slika 11. Prekoračenje maksimalnih masa	14
Slika 12. Težište zrakoplova pomaknuto prema naprijed.....	15
Slika 13. Težište zrakoplova pomaknuto prema unazad.....	16
Slika 14. IATA priručnici	17
Slika 15. Lista putnika	18
Slika 16. Teretni manifest	19
Slika 17. Obavijest kapetanu (engl. Notification to Captain)	20
Slika 18. Plan utovara	21
Slika 19. Prikaz teretnih odjeljaka i podne nosivosti odjeljaka zrakoplova Airbus A319.....	22
Slika 20. Vremenski period prikupljanja informacija i pripreme za let.....	24
Slika 21. Vremenski period prikupljanja informacija i pripreme za let.....	25
Slika 22. Zaglavlje sa adresama.....	26
Slika 23. Rubrike sa masama	27
Slika 24. Rubrike sa brojem putnika i težinama tereta ovisno o teretnim odjeljcima	27
Slika 25. Tablica za izračunavanje težina	28
Slika 26. Težine putnika ovisno o njihovom uzrastu i spolu	29
Slika 27. Maksimalne dopuštene mase zrakoplova	29
Slika 28. Raspored težina po teretnim odjeljcima u grafičkom obliku.....	30
Slika 29. Balansni dijagram uravnoteženja.....	31
Slika 30. Zone indeksnih korekcija.....	32
Slika 31. Plan utovara za zrakoplov Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines	33
Slika 32. Primjer riješenog plana utovara zrakoplova Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines.....	34
Slika 33. Primjer liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines sa centrom težišta unutar dopuštenih granica	36
Slika 34. Primjer liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines sa centrom težišta izvan dopuštenih granica.....	37

POPIS TABLICA

Tablica 1. Suha operativna težina i suhim operativnim indeksima ovisno o tipu zrakoplova i broju posade za određeni tip i verziju zrakoplova Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines	31
Tablica 2. Primjer zadatka Izvor: Vlastiti rad	36



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 Proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A319 prijevoznika

Croatia Airlines

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

U Zagrebu, 4.9.2018

Student/ica:


(potpis)