

Proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A320 prijevoznika Croatia Airlines

Horvat, Nadia

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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:119:024294>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-04**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Nadia Horvat

**PROCES URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA A320
PRIJEVOZNIKA CROATIA AIRLINES**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2017.

Zagreb, 24. travnja 2017.

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

ZAVRŠNI ZADATAK br. 3974

Pristupnik: **Nadia Horvat (0135231249)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Zračni promet**

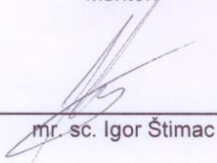
Zadatak: **Proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A320 prijevoznika Croatia Airlines**

Opis zadatka:

Zadatak završnog rada sastoji se od nekoliko segmenata koje je potrebno obraditi kako slijedi. U prvom dijelu rada potrebno je navesti pregled uvodnih postavki te navesti dosadašnja istraživanja vezana uz temu. Nadalje, u sljedećem poglavlju potrebno je jasno definirati razloge uravnoteženja i opterećenja zrakoplova te opisati osnovne parametre vezane za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova. Nakon opisa osnovnih parametara, potrebno je dijagramom prikazati procese i tijek uravnoteženja i opterećenja zrakoplova s aspekta osobe koja je zadužena za taj posao. U tome poglavlju potrebno je navesti koja se dokumentacija koristi za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova, od kojih službi se dostavlja i u kojem vremenu u odnosu na let. Temeljni dio istraživanja mora biti fokusiran na izradu studije slučaja uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A320 Croatia Airlinesa na način da se u prvom dijelu poglavlja navedu specifičnosti zrakoplova A320 predmetnog zračnog prijevoznika te da se detaljno opiše proces izrade utovara i liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A320. Na kraju rada potrebno je iz svega navedenoga izraditi zaključna razmatranja s određenim preporukama.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:



mr. sc. Igor Štimac

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

PROCES URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA A320
PRIJEVOZNIKA CROATIA AIRLINES

WEIGHT AND BALANCE PROCESS FOR CROATIA AIRLINES A320
AIRCRAFT

Mentor: Dr.sc. Igor Štimac

Student: Nadia Horvat

JMBAG: 0135233217

Zagreb, 2017.

SAŽETAK

Kako bi svaki zrakoplov bio upravljiv po svim osima, on treba biti i stabilan. Na stabilnost zrakoplova djeluju osnovne aerodinamičke sile koje su bitne za kretanje svakog zrakoplova. Za to se brine Ured za opterećenje i uravnoteženje zrakoplova, koji na siguran način pomoću kontrole težine zrakoplova i pozicije centra težišta osigurava letačku sposobnost svakog zrakoplova. U ovom radu obraditi će se o općim pojmovima vezanim za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova Airbus 320, te njegove usporedbe sa zrakoplovom Airbus 319 nacionalnog zračnog prijevoznika Croatia Airlines. Uz te pojmove biti će prikazana distribucija podataka i dokumenata kroz sve organizacijske jedinice prema Uredu opterećenja i uravnoteženja zrakoplova.

Ključne riječi: lista uravnoteženja i opterećenja; uputa ukrcaja/iskrcaja s izvješćem; mase zrakoplova; težište zrakoplova.

SUMMERY

To make control of aircraft in all its parts, it must be stable. The stability of the aircraft is based on the basic aerodynamic forces that are essential to the movement of each aircraft. Weight and balance office is taking care about the entire process, which in a secure way ensures the flying ability of each aircraft by control of the aircraft weight and the position of the center of gravity. In this paper, we will talk about the general terms related to the weight and balance of the A320 aircraft, and its comparison with the aircraft A319 of national Air carrier Croatia Airlines. In addition to these concepts, the distribution of data and documents will be presented through all organizational units to the weight and balance office.

Key words: loadsheet; loading instruction report; aircraft mass; center of aircraft.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. ELEMENTI URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA.....	2
2.1. STABILNOST ZRAKOPLOVA	2
2.1.1. AERODINAMIČKE SILE I MOMENTI NA ZRAKOPLOVU.....	2
2.1.2. TEŽIŠTE ZRAKOPLOVA	5
2.2. MASE ZRAKOPLOVA	8
2.2.1. KONSTRUKCIJSKE MASE ZRAKOPLOVA	8
2.2.2. STVARNE MASE ZRAKOPLOVA.....	9
2.2.3. OPERATIVNE MASE ZRAKOPLOVA	10
2.3. METODE IZRADA LISTE URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA.....	12
3. ANALIZA DISTRIBUCIJE PODATAKA I DOKUMENTACIJE PREMA UREDU ZA URAVNOTEŽENJE I OPTEREĆENJE ZRAKOPLOVA	15
4. IZRADA STUDIJE SLUČAJA URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA A320 ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA CROATIA AIRLINES	23
4.1. TEHNIČKE SPECIFIKACIJE I ZNAČAJKE ZRAKOPLOVA A320.....	24
4.2. PROCES PLANIRANJA UTOVARA I IZRADA LISTE URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA A320	26
4.3. PROMJENE U POSLJEDNJIM TRENUCIMA LMC.....	36
5. USPOREDBA URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA A320 SA ZRAKOPLOVOM A319 CROATIA AIRLINES	38
6. ZAKLJUČAK	46
Popis literature.....	48
Popis slika	49
Popis tablica	50

1. UVOD

Svaka zračna luka prema standardima i najboljoj praksi propisuje odredbe koje su vezane za prihvatanje i otpremu zrakoplova, a koje su usuglašene od strane Međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstvo (engl. International Civil Aviation Organization, ICAO). Pod pojam prihvat i otprema zrakoplova podrazumijeva se svaka aktivnost na zemlji koja je bitna kako bi zrakoplov mogao na siguran način poletjeti, letjeti a tako i sletjeti. Svaki odjel zračne luke mora provoditi propisane odgovarajuće mjere kako bi se spriječilo kašnjenje zrakoplova koje je u cijelom procesu jedan od najvažnijih parametara.

Zračni prijevoz je jedan od najznačajnijih modaliteta prijevoza u svijetu, pa je prvi korak koji svaka zračna luka mora osigurati da svaki zrakoplov komercijalnog zračnog prometa bude predmet zaštitne provjere.

Da bi se zrakoplovom moglo upravljati on mora biti upravljiv po svim osima, kako bi se izvršio let od polazišta do odredišta. Da bi se ispunili svi uvjeti sigurnosti leta, jedan od glavnih preduvjeta sigurnosti je stabilnost svakog zrakoplova. To je dio procesa prihvata i otpreme zrakoplova, a njime se bavi Ured opterećenja i uravnoteženja zrakoplova. Uravnoteženje i opterećenje zrakoplova je najvažniji faktor koji omogućuje sigurno polijetanje, let te slijetanje zrakoplova. Cijeli proces započinje od bazne mase koju izračunava proizvođač zrakoplova u tvornici za svaki tip zrakoplova posebno. Svaki zrakoplov je konstruiran na način da zadovolji određenu nosivost, masu tereta koju može podnijeti. Krivo izračunate vrijednosti, pretežak zrakoplov ili pomicanje centra težišta izvan dozvoljenih granica dovode do nesigurnog, neefikasnog i opasnog leta, a samim time u opasnost dovodi i putnike te djelatnike zračne luke. Da bi se takav proces izvršio mora se prikupiti potrebna dokumentacija od svih dionika uključenih u ovaj proces.

Pod procesom uravnoteženja i opterećenja spada i kontrola ukrcanja tereta, prtljage i pošte te putnika na pravilan način, kao što će biti prikazano u ovom radu na primjeru zrakoplova Airbus 320 zračnog prijevoznika Croatia Airlines, te njegova usporedba sa zrakoplovom Airbus 319 istog zračnog prijevoznika.

2. ELEMENTI URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA

Elementi uravnoteženja i opterećenja zrakoplova obuhvaćaju sve elemente potrebne za slijetanje, uzlijetanje i manevriranje zrakoplova. U nastavku ovog poglavlja biti će opisani svi dijelovi potrebni za stabilnost zrakoplova na zemlji ili u zraku.

2.1. STABILNOST ZRAKOPLOVA

Pojam stabilnost je svojstvo nekog sustava koji održava ravnotežu nakon što je uzrok što je tu ravnotežu poremetio prestao djelovati. Na zrakoplov u stabilnom letu osim njegove vlastite težine, sile potiska i sile otpora, na krilo i rep djeluje sila uzgona. Djeluju još i momenti koji predstavljaju spreg kraka i sile koje djeluju na zrakoplov. Da bi se postigla stabilnost zrakoplova zbroj momenata zrakoplova trebaju se izjednačiti sa nulom.

2.1.1. AERODINAMIČKE SILE I MOMENTI NA ZRAKOPLOVU

Na zrakoplov, u njegovom kretanju kroz zrak, djeluju dvije osnovne aerodinamičke sile, uzgon i otpor. Kako svako tijelo na zemlji ima svoju masu odnosno težinu, zahvaljujući sili teže, tako i ta sila utječe na letenje. Zrakoplov je upravljiva letjelica teža od zraka te prema tome treba, uz uzgon, i silu koja ga pokreće kroz zrak.¹

Iz navedenog proizlaze četiri sile koje utječu na letenje zrakoplova:

- Uzgon,
- Otpor,
- Težina i
- Potisak.

Sila uzgona nastaje na krilima zrakoplova, pa su krila noseća površina. Krilo svojim oblikom (aeroprofil), veće zakrivljenosti gornje površine od donje, stvara razliku u pritiscima.

¹ Jirasek, D.: Težine i uravnoteženje zrakoplova, Zračna luka Zagreb, Zagreb, 1998.

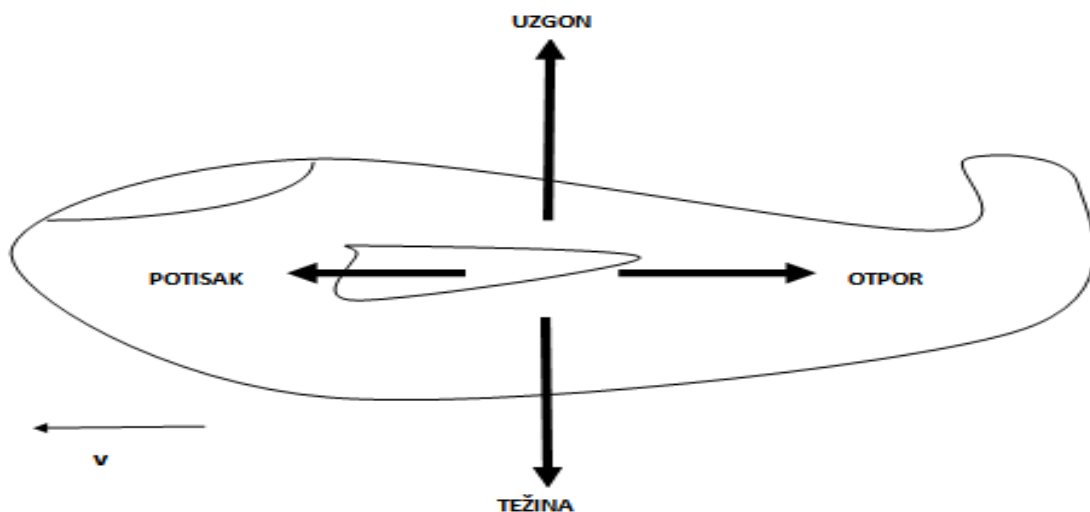
Povećavanjem brzine strujanja zraka preko gornje površine krila, stvara se sila uzgona koja nastoji krilo pomaknuti prema gore. Sila uzgona se konstrukcijski može povećati dodavanjem uređaja za hiper potisak (pretkrilca i/ili zakrilca) kao i povećanjem napadnog kuta krila.²

Sila otpora se stvara kod svakog tijela koje se kreće kroz zrak.³

Težina je ukupna masa nekog zrakoplova te odgovara gravitacijskoj sili zemljine sile teže.⁴

Potisak stvaraju motori zrakoplova propelerom ili izlaznim potiskom mlaznog motora.⁵

Na slici 1. prikazane su aerodinamičke sile koje utječu na zrakoplov.



Slika 1.: Sile koje djeluju na zrakoplov u ustaljenom horizontalnom letu

Izvor: Autorovo djelo

Osim aerodinamičkih sila koje su prethodno spomenute, na zrakoplov djeluju i momenti koji predstavljaju spreg kraka i sile. Umnožak težine sa krakom kao rezultat daju neki moment.

Moment je sprega sile i kraka na kojem djeluje. Razlikuju se momenti oko osi x,y i z. Os x je zamišljena crta od nosa do repa koja prolazi uzduž zrakoplova.

² Jirasek, D.: Težine i uravnoteženje zrakoplova, Zračna luka Zagreb, Zagreb, 1998.

³ Ibid

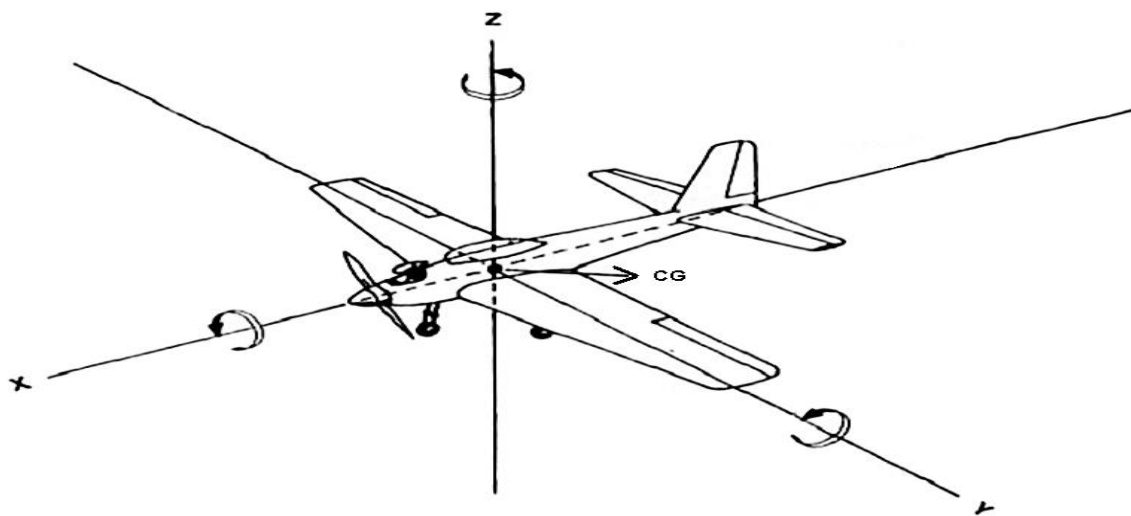
⁴ Ibid

⁵ Ibid

Za uravnoteženje zrakoplova važno je da je zbroj momenata na osi y jednak nuli. Os y zamišljena je crta koja prolazi uzduž raspona krila.⁶ Osi zrakoplova prikazane su na slici 2.

Ako nos zrakoplova ima moment poniranja, taj moment se naziva negativnim, a ako ima moment podizanja, govori se o pozitivnom momentu. Po osi y na zrakoplov djeluje raspored tereta koji je u njega ukrcan i pomiče težište prema naprijed ili natrag. Da bi moment bio jednak nuli, potrebno je izračunati položaj težišta koji se izražava u postocima srednje aerodinamičke tetive (Mean Aerodynamic Chord), a izražava se s %MAC.

Da bi zrakoplov bio uravnotežen, negativni i pozitivni momenti trebaju biti jednaki nuli.



Slika 2.: Osi za određivanje momenata zrakoplova

Izvor: Internetska stranica, URL: www.FlyFreak.net, (pristupljeno: travanj 2017.)

Prethodno spomenute sile i momenti međusobno utječu jedni na druge. Već pri samoj konstrukciji zrakoplova uspostavljene su sile i momenti oko osi z koji imaju međusobne odnose. Po osi x uspostavljeni su odnosi sile težine zrakoplova sa silom uzgona. Po osi y razlikuje se, jer na os y utječe raspored tereta koji je ukrcan u zrakoplov, bilo prema naprijed ili prema natrag.

⁶Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva I., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

2.1.2. TEŽIŠTE ZRAKOPLOVA

Položaj težišta zrakoplova uvjetuje njegove letačke sposobnosti odnosno njegovu uzdužnu stabilnost i upravljivost. Ukoliko se težište zrakoplova nalazi sprijeda, isti će se tijekom leta ponašati drugačije nego kada se težište nalazi na stražnjem dijelu. Iz tih razloga proizvođači zrakoplova dostavljaju kupcima granične vrijednosti položaja težišta i to krajnji prednji dozvoljen položaj težišta i krajnji zadnji dozvoljen položaj težišta.⁷

Zrakoplov kod kojeg je težište sprijeda imat će slijedeće osobine:

- promjenu napadnog kuta krila što je znak velike uzdužne stabilnosti zrakoplova, ali je takav zrakoplov vrlo teško upravljiv,
- ako težište prijeđe jednu određenu granicu, onda pilot i pri maksimalnom otklonu kormila dubine neće moći dovesti zrakoplov u takav položaj da krilo postigne najveći koeficijent uzgona potreban za slijetanje, pa će zrakoplov zbog toga imati prilikom slijetanja veću brzinu od one koju bi po svojim ostalim karakteristikama mogao ostvariti. Ova situacija nije pogodna zbog činjenice da povećanje brzine slijetanja na izvjestan način ugrožava sigurnost slijetanja. Slično će biti i pri polijetanju, zrakoplov će se teže odvojiti od tla, zahtijevati će veću brzinu polijetanja, a time i veću raspoloživu dužinu uzletno-sletne staze. Za vrijeme leta ovako uravnotežen zrakoplov zahtijevat će trimanje (korigiranje) kako bi mogao ostvariti horizontalan let i pri tome rasteretiti upravljačku palicu. Pri takvom letu se stvara dodatni otpor zrakoplova zbog čega se povećava potrošnja goriva.⁸

Zrakoplov kod kojeg je težište na stražnjem dijelu imat će slijedeće osobine:

- sa malim pokretima upravljačkom palicom zrakoplov će znatno promijeniti napadni kut krila, a to se postiže djelovanjem vrlo malom silom na palici. To je znak da zrakoplov ima malu uzdužnu stabilnost, ali je zato njime vrlo lako upravljati. Rukovanje upravljačkom palicom u ovakvom slučaju mora biti vrlo nježno, jer nagli pomak palice može dovesti do preopterećenja strukture zrakoplova. Suvremeni zrakoplovi koji za pokretanje komandnih površina koriste servo uređaje imaju ugrađen poseban sustav tzv. „umjetni osjećaj“ koji stvara silu na palici, tako da je grubo rukovanje upravljačkom palicom ovim sustavom onemogućeno;

⁷ Nastavni materijali: Uravnoteženje i opterećenje, Dr.sc. Igor Štimac, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.

⁸ Ibid

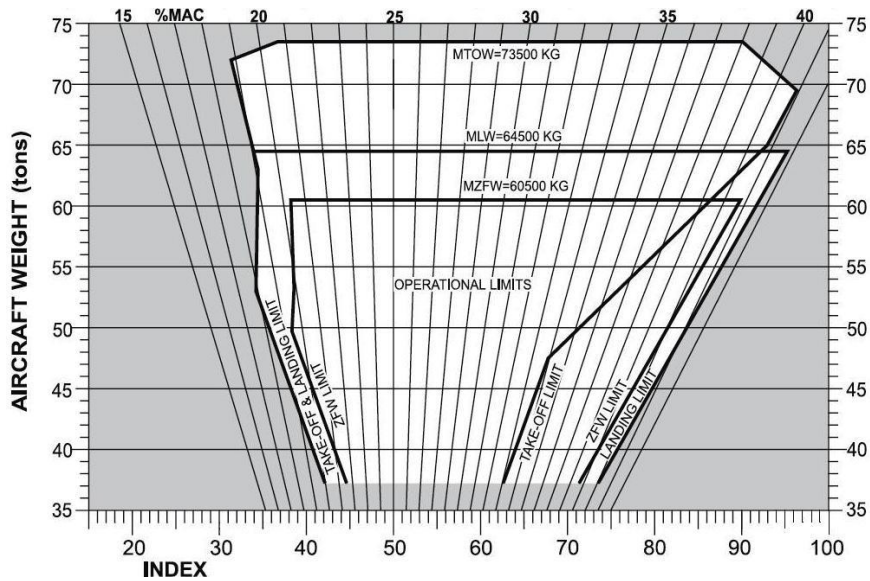
- ako se težište nalazi i dalje na stražnjem dijelu te padne na određenu točku (poznatu kao „neutralna točka“), tada takav zrakoplov ne može letjeti već se ponaša poput lista papira pri slobodnom padu;
- težište pomaknuto više unatrag predstavlja pogodniju konfiguraciju jer je trimanje (korigiranje) jako malo ili posve nepotrebno, a samim time je i potrošnja goriva smanjena. Suvremeni zrakoplovi se projektiraju na način da imaju manju uzdužnu stabilnost, a time se smanjuju repne površine i postiže se manja potrošnja goriva tijekom leta.⁹

Svaka od ovih graničnih vrijednosti položaja težišta ima dvije vrijednosti. Postoje vrijednosti za koje je zrakoplov ispitan da u letu zadovoljava sve potrebne kriterije. Te se vrijednosti dijele na:

1. certificirane granične vrijednosti (engl. Certified limits) - one zahtijevaju širi opseg mogućih položaja težišta.
2. operativne granične vrijednosti (engl. Operational limits) - ove operativne granične vrijednosti dozvoljenog opsega položaja težišta zrakoplova pokrivaju uži opseg u usporedbi sa certificiranim graničnim vrijednostima.

Razlog za sužavanje operativnih granica u odnosu na certificirane je u tome da se izvjesne pogreške, koje se mogu pojaviti prilikom određivanja položaja težišta, na taj način uzmu u obzir te se tako poveća sigurnost letenja.

⁹ Nastavni materijali: Uravnoteženje i opterećenje, Dr.sc. Igor Štimac, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.



Slika 3.: Slika dijagrama dozvoljenog položaja težišta zrakoplova A320

Izvor: Nastavni materijali: Uravnoteženje i opterećenje, Dr.sc. Igor Štimac, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.

Težište se tijekom leta pomiče iz više razloga:

- kod zrakoplova sa strelastim krilima, uslijed potrošnje goriva, težište ostatka goriva će se pomicati pa se samim time pomiče i težište cijelog zrakoplova;
- zbog uvlačenja i izvlačenja stajnih trapova u fazi polijetanja i slijetanja;
- zbog kretanja posade zrakoplova i putnika tijekom leta unutar putničke kabine;
- serviranja hrane koja se prenosi iz određenog mjesta gdje je smještena prilikom polijetanja pa do svakog putnika;
- prodaje robe bez carinske nadoknade.¹⁰

¹⁰ Nastavni materijali: Uravnoteženje i opterećenje, Dr.sc. Igor Štimac, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.

2.2. MASE ZRAKOPLOVA

Teoretski gledano, svi segmenti zračnog prometa imaju jedinstvene standarde koji su propisani i provedeni kroz preporučene prakse i mjere kojih se moraju pridržavati. Tako i mase zrakoplova koje su prvenstveno definirane, a zatim i propisane od strane organizacija koje su radile na standardizaciji svih segmenata, pa i masa zrakoplova. Propisane mase su potrebne za izradu lista za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova, zbog postojanja raznih modela zrakoplova koji imaju različite mase. Mase zrakoplova su podijeljene na konstrukcijske mase, stvarne mase i operativne mase zrakoplova koje će biti opširnije opisane u sljedećim potpoglavljima.

2.2.1. KONSTRUKCIJSKE MASE ZRAKOPLOVA

Konstrukcijske mase zrakoplova određene su pri projektiranju zrakoplova te uvjetovane strukturalnom čvrstoćom u pojedinim fazama korištenja zrakoplova. Konstrukcijske mase, bez obzira na ugradnju novih dijelova, ne mogu se mijenjati prema višim vrijednostima bez odobrenja konstruktora i nadležnih zrakoplovnih vlasti.¹¹

Konstrukcijske mase zrakoplova podijeljene su na sljedeći način:

1. **Najveća konstrukcijska masa zrakoplova na stajanci (*Maximum Design Ramp Weight - MDRW*)** ujedno je i najveća moguća masa potpuno opterećenog zrakoplova. Ova masa ne smije biti prekoračena zbog strukturalnih ograničenja čvrstoće zrakoplova. Kod tog se opterećenja zrakoplov ne smije kretati, kako snagom vlastitih motora, tako ni zemaljskim sredstvima.¹²
2. **Najveća konstrukcijska masa zrakoplova za vožnju po zemlji (*Maximum design taxi weight – MDTW*)**, predstavlja najveću masu koju zrakoplov može imati tijekom eksploatacije. To je konstruktivna težina jer je ona mjerodavna za proračun izvjesnih dijelova strukture.¹³
3. **Najveća konstrukcijska masa zrakoplova pri uzlijetanju (*Maximum design take-off weight – MTOW*)** predstavlja najveću masu koju zrakoplov smije imati u

¹¹ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva I., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

¹² Ibid

¹³ Ibid

trenutku polijetanja. Ta masa se ponekad naziva i maksimalna masa u momentu puštanja kočnica, kada se zrakoplov nalazi na uzletno-sletnoj stazi s koje treba poletjeti poravnan s osi uzletno-sletne staze (engl. Maximum Brake Release Weight). U tu se masu ne ubraja masa goriva utrošena za pokretanje motora i vožnju po voznim stazama.¹⁴

4. **Najveća konstrukcijska masa zrakoplova bez goriva (Maximum design zero fuel weight – MZFW)**, maksimalna konstruktivna masa zrakoplova bez goriva je strukturalna masa zrakoplova, a to znači da se zrakoplov statički proračunava na tu masu.¹⁵
5. **Najveća konstrukcijska masa zrakoplova pri slijetanju (Maximum design landing weight – MLW)** predstavlja najveću masu zrakoplova pri kojoj on može sigurno sletjeti. Prekoračenje te mase izaziva strukturalna opterećenja stajnog trapa, spojeva krila i trupa zrakoplova. Razliku u masi između te konstrukcijske mase zrakoplova pri uzlijetanju čini potrošeno putno gorivo.¹⁶

2.2.2. STVARNE MASE ZRAKOPLOVA

Stvarne mase zrakoplova su mase koje se izračunavaju na listi uravnoteženja i opterećenja, a odnose se na mase zrakoplova pri kretanju po zemlji, bez goriva, pri uzlijetanju i slijetanju. Ove mase smiju biti do vrijednosti najvećih dopuštenih masa, nikako iznad.¹⁷

Stvarne mase zrakoplova su sljedeće:

1. **Tvornička masa praznog zrakoplova (Manufacturer empty weight – MEW)** ukupna je masa zrakoplova kakav se isporučuje korisniku. Pod tvorničkom masom praznog zrakoplova razumijeva se masa strukture zrakoplova, njegovih pogonskih grupa, opreme, sustava te drugih dijelova opreme zrakoplova koji se smatraju sastavnim dijelom zrakoplova u izvjesnoj konfiguraciji zrakoplova.¹⁸

¹⁴ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva I., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

¹⁵ Ibid

¹⁶ Ibid

¹⁷ Jirasek, D.: Težine i uravnoteženje zrakoplova, Zračna luka Zagreb, Zagreb, 1998

¹⁸ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva I., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

2. **Osnovna masa praznog zrakoplova (Basic Empty Weight – BEW)** ukupna je tvornička masa zrakoplova MEW i težina neiskorištenih tekućina, kao što su neiskorišteno gorivo i mazivo, voda za piće i toalete.¹⁹
3. **Osnovna masa zrakoplova (Basic Weight – BW)**, ukupna je osnovna masa praznog zrakoplova BEW i mase operativne opreme koja nije obuhvaćena u BEW. Ova se oprema može mijenjati od leta do leta, a određuje ju zrakoplovni prijevoznik. Osnovna masa zrakoplova obuhvaća: motorno ulje, tekućine za odleđivanje, priručnike, navigacijsku opremu, opremu za slučaj prisile (emergency), pokretnu opremu u putničkoj kabini i slično.²⁰
4. **Stvarna masa zrakoplova bez goriva (Actual Zero Fuel Weight – AZFW)** je zbroj Suhe operativne mase i Ukupno ukrcanog tereta (DOW+TTL).²¹
5. **Stvarna masa zrakoplova pri uzlijetanju (Actual Take-Off Weight – ATOW)** je zbroj mase zrakoplova bez goriva i mase putnog goriva (ZFW+Take Off Fuel).²²
6. **Stvarna masa zrakoplova pri slijetanju (Actual landing weight – ALW)** sastoji se od mase zrakoplova pri uzlijetanju umanjene za potrošeno putno gorivo.²³
7. **Stvarna masa zrakoplova pri kretanju po zemlji (Actual taxi weight – ATW)**, je zbroj Suhe operativne mase, Ukupno ukrcanog tereta i Ukupno potrebnog goriva (DOW+TTL+Block fuel).²⁴

2.2.3. OPERATIVNE MASE ZRAKOPLOVA

Operativne mase zrakoplova služe u svrhu proračunavanja uravnoteženja te kao provjera prekoračenja najvećih dopuštenih masa.²⁵

One se dijele na:

1. **Suha operativna masa (Dry operating weight – DOW)**, koja je sastavljena od osnovne mase zrakoplova, na koju se dodaje masa posade i njihove prtljage, masa hrane i pića. Suha operativna masa mijenja se u odnosu na karakter leta i broj članova

¹⁹ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva I., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

²⁰ Ibid

²¹ Ibid

²² Ibid

²³ Ibid

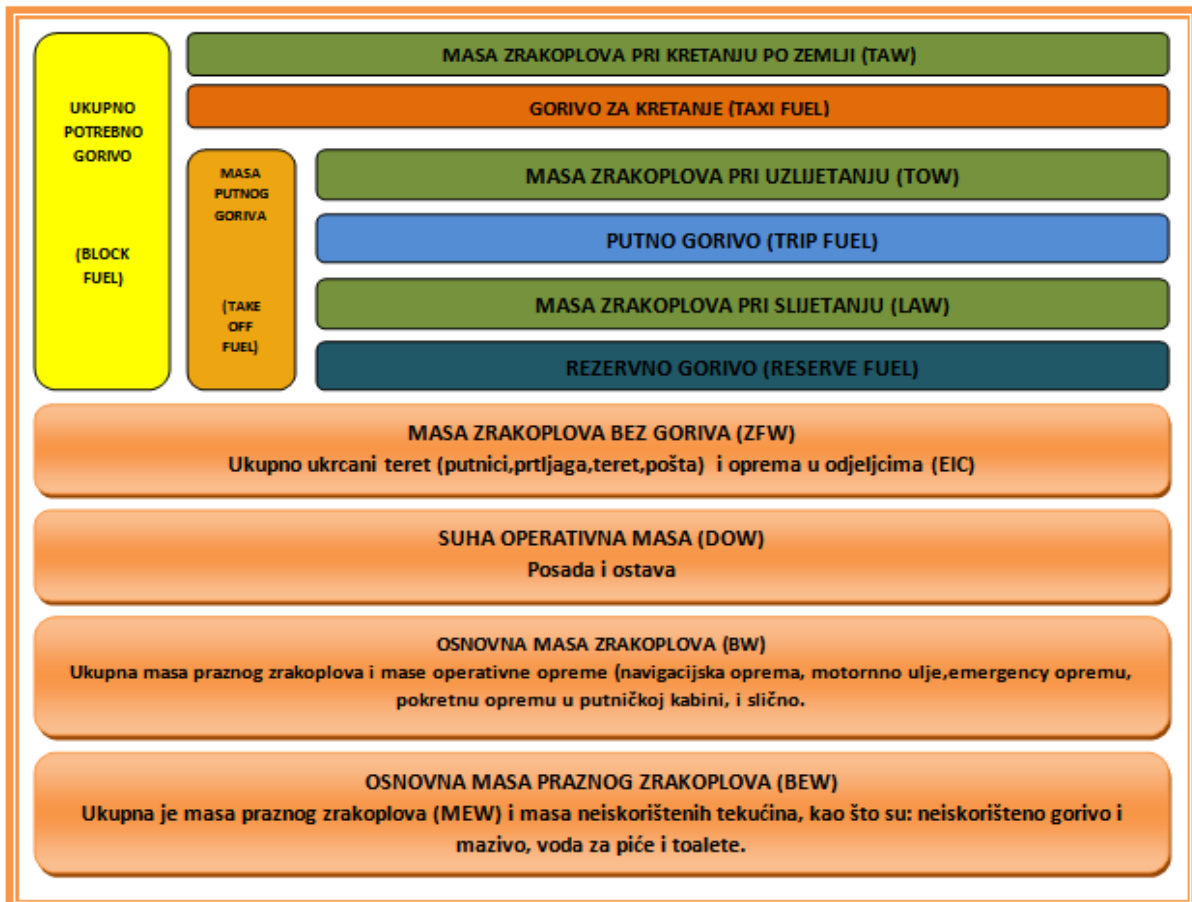
²⁴ Jirasek, D.: Težine i uravnoteženje zrakoplova, Zračna luka Zagreb, Zagreb, 1998

²⁵ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva I., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

posade. Uz „suhu operativnu masu“ određen je i „operativni index“ (DOI) koji služi kao ishodište za dobivanje proračuna težišta zrakoplova. DOW i DOI nalaze se u zrakoplovnom priručniku aviokompanije²⁶

- 2. Operativna masa (Operating weight – OW),** koju čine „suha operativna masa“ i dodana količina goriva potrebnog za let.²⁷

Mase zrakoplova su prikazane na slici 4. i njihov međusobni odnos.



Slika 4.: Mase zrakoplova i njihov međusobni odnos

Izvor: Nastavni materijali: Uravnoteženje i opterećenje, Dr.sc.Igor Štimac, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.

²⁶ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva I., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

²⁷ Ibid

2.3. METODE IZRADE LISTE URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA

Postoji nekoliko metoda po kojima se može izračunati položaj hvatišta sile teže nekog zrakoplova. Svaki zračni prijevoznik odlučuje o načinu na koji će određivati i prikazati raspored tereta u zrakoplovu. Obveza zračnog prijevoznika je da svoj način prikazivanja izračunavanja uravnoteženja zrakoplova jasno prikaže putem priručnika, te obavi izobrazbu osoblja koje će te poslove obavljati.²⁸

Izračunavanje hvatišta sile teže zrakoplova (Center of Gravity – CG) može se obaviti sljedećim metodama:

- 1. Analitičko-matematičkim postupkom;** tim se postupkom položaj težišta zrakoplova izračunava pomoću koordinatnog sustava. U koordinatnom sustavu računaju se momenti svih težinski mjerljivih sustava te se dijele s njihovom vlastitom težinom. Množenjem težina sustava i kraka na kojem djeluje dobiva se materijalna točka (CG) toga sustava. Prvo je potrebno izračunati težinu za svaku pojedinu sastavnicu praznog zrakoplova, a kasnije i svaki ukrcani teret. Taj se postupak 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.²⁹
- 2. Indeksni postupak;** uvođenjem ideksa, pojam za bezdimenzijski cijeli broj, uklanja se mogućnost pogrešaka u proračunavanju. Indeks je preobraženi moment, broj koji predstavlja moment a u sprezi s težinom zrakoplova određuje položaj težišta. Svaki proizvođač zrakoplova odnosno zračni prijevoznik, za svaki tip zrakoplova, određuje početni indeks koji je prikazan u standardnim tabelama, a sastoji se od podatka vrijednosti početnog indeksa i težine na kojoj je određen.³⁰
- 3. Grafički postupak;** tim se postupkom otklanjaju moguće pogreške u izračunavanju, ali postupak nije toliko precizan kao kod indeksne metode. Za grafički je postupak potrebno ukrcajne prostore zrakoplova, uključujući putničku kabinu i spremnike goriva, podijeliti u odsječke. Svaki zrakoplov ima svoj centar težišta. Što se više kreće prema prednjem dijelu zrakoplova, negativni moment raste, a prema kraju zrakoplova

²⁸ Jirasek, D.: Težine i uravnoteženje zrakoplova, Zračna luka Zagreb, Zagreb, 1998

²⁹ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva I., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

³⁰ Jirasek, D.: Težine i uravnoteženje zrakoplova, Zračna luka Zagreb, Zagreb, 1998

raste pozitivni moment. Grafički je prikaz položaja težišta zastupljeniji od indeksnog prikaza. Nedostatak je nepreciznost pri ucrtavanju koja nastaje zbog crtanja kemijskom olovkom po relativno malom dijagramu. To otežava preciznost pri očitavanju vrijednosti.³¹ Lista uravnoteženja i opterećenja grafičkim postupkom prikazana je na slici 5.

- 4. Elektronički izrađena Lista opterećenja i uravnoteženja zrakoplova;** Razvojem računala povećala se i njihova primjena na području balansiranja zrakoplova. Balansiranje zrakoplova se danas može izvršiti u vrlo kratkom vremenu i unaprijed se može zatražiti određeni balans za koji računalo daje elemente opterećenja zrakoplova. Podrazumijeva se da za taj način rada u memoriju računala moraju biti uneseni podaci za svaki tip zrakoplova, a paralelno mora postojati i program (software) pomoću kojeg će računalo obrađivati podatke. Velika prednost računala očituje se i u lakoj pohrani podataka kojima se može pristupiti ako za to postoji potreba. U današnje vrijeme piloti imaju prijenosna računala na kojima sami mogu izrađivati listu uravnoteženje i opterećenja zrakoplova, ali i pomoću prijenosnog računala pilot zrakoplova može u svakom trenutku nadgledati rad zemaljskih službi. Balansiranje zrakoplova mora se obavljati vrlo precizno uzimajući u obzir i najmanje korekcije na zrakoplovu, dok s druge strane čitav postupak treba biti jednostavan i brz. Cilj je pronaći što veću preciznost te najmanje korekcije na zrakoplovu. Dosad opisane metode balansiranja zadovoljavaju sve zahtjeve, međutim u njih su ugrađene izvjesne karakteristike za svaku pojedinu vrstu tereta.³²

³¹ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva I., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

³² Ibid

3. ANALIZA DISTRIBUCIJE PODATAKA I DOKUMENTACIJE PREMA UREDU ZA URAVOTEŽENJE I OPTEREĆENJE ZRAKOPLOVA

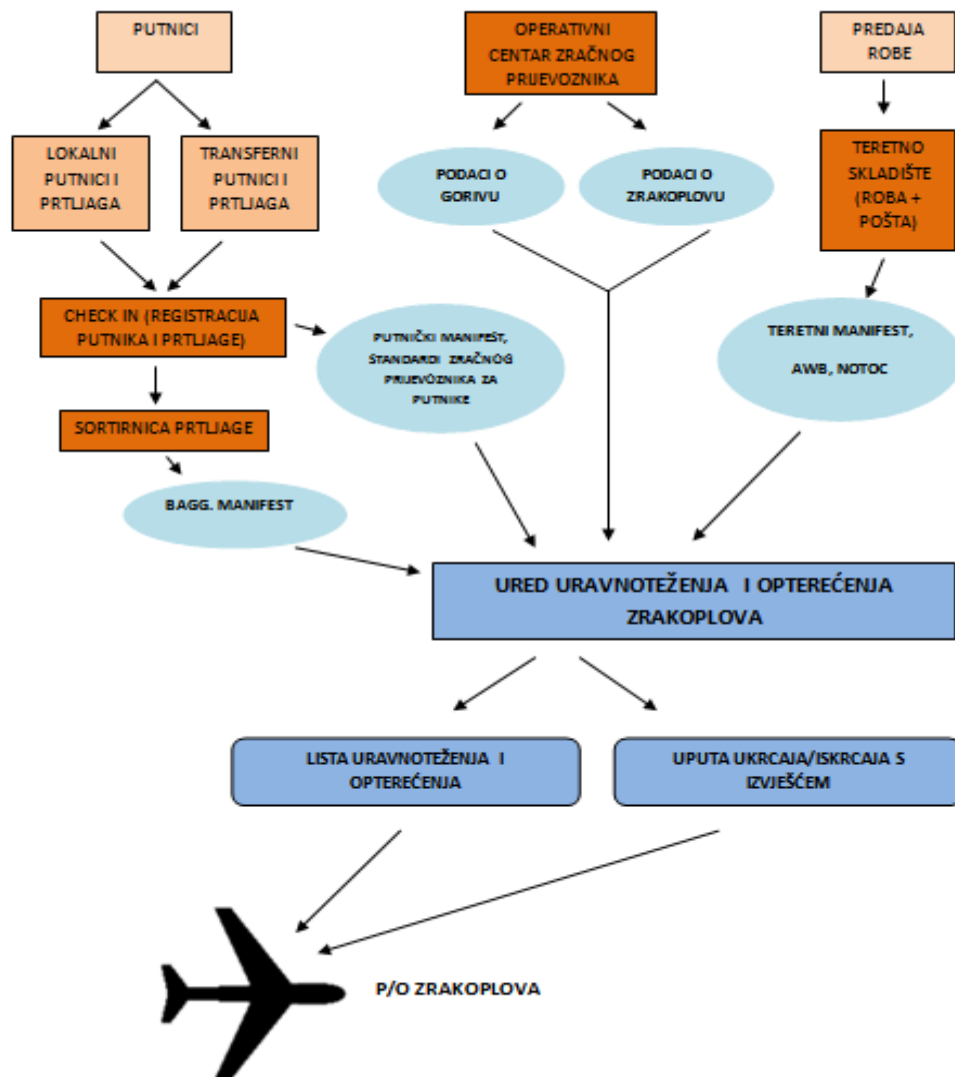
U ovom poglavlju biti će opisana distribucija podataka i dokumenata kroz cijeli proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Da bi osoba koja izrađuje listu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova mogla izraditi listu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova mora posjedovati niz podataka i informacija prikupljenih od strane drugih organizacijskih jedinica. Te informacije i podaci su:

- Operativna težina praznog zrakoplova
- Količina goriva koja je potrebna za let, a da je zrakoplov opskrbljen
- Broj putnika te njihova težina
- Vrsta putnika (muškarci/žene/djeca/bebe)
- Količina prtljage i njihova ukupna kategorija
- Uputa o načinu ukrcanja prtljage
- Količina i ukupna težina tereta i poštanskih pošiljaka
- Broj transfernih i tranzitnih putnika i težina njihove prtljage
- Registracija i tip zrakoplova
- Raspored sjedenja po sekcijama
- Podaci o specijalnom teretu ukoliko ga ima (engl. Dangerous Goods Regulations, DGR)

Uz navedene informacije balanser zrakoplova posjeduje informacije o količini i težini prtljage koju su putnici registrirali na šalterima te da li postoji transferna prtljaga. Putem radioveze ili internetske pošte balanser zrakoplova dobiva sve ostale informacije koje se ne nalaze unutar računalnog sustava ili koje nije moguće dobiti iz SITA-e (Societe Internationale de Telecommunications Aeronautiques, SITA). SITA je zrakoplovna telekomunikacijska mreža za razmjenu poruka između svih zračnih luka. Također putem radioveze balanser dobiva od kontrolora opsluživanja informaciju o količini goriva kojim je opskrbljen zrakoplov za let. Kada balanser ima sve dostupne informacije za let može pristupiti izradi liste za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova.³³

³³ Pavlin, S., Bračić, M.: Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2014.

Dalje u radu na slici 6. prikazan je dijagram dokumenata i njihova distribucija kroz organizacijske jedinice prema uredu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.



Slika 6. Dijagram distribucije dokumenata u procesu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova

Izvor: Autorovo djelo

U procesu opterećenja i uravnoteženja zrakoplova važno je da se osoblje koje obavlja uravnoteženje i opterećenje zrakoplova služi priručnicima zračnih prijevoznika od kojih se mogu izdvojiti SOM (Station Operation Manual), GOM (Ground Operation Manual) i FOM (Flight Operation Manual). To su priručnici u kojima zračni prijevoznik određuje postupke za proračunavanje opterećenja i uravnoteženja svojih zrakoplova. U priručnicima su prikazane

mase i indeksi za svaki tip zrakoplova, raspored teretnih prostora i raspored sjedala putničke kabine.³⁴

Putnički Manifest (engl. Passenger Manifest) je poimenični popis putnika registriranih na letu. Za potrebe službe uravnoteženja i opterećenja zrakoplova izdvaja se broj putnika po klasama (poslovna, ekonomska, prva klasa), dobi (odrasli, djeca, bebe) i spolu (muškarci, žene).³⁵ Primjer putničkog manifesta prikazan je na slici 7.

Teretni Manifest (engl. Cargo Manifest) je dokument koji donosi Cargo služba. Na njemu se očitava vrsta robe, količina, bruto masa, posebna roba (ako je ima) i pošta. Ako zatreba, ispisuje se i Notification to captain (NOTOC) ako je riječ o opasnoj ili specijalnoj robi. Kod predaje pošiljke obavlja se njen pregled. Pošiljka se važe i za takvu primljenu pošiljku izdaje se zračni teretni list (engl. Air Waybill). Nakon što je pošiljka prihvaćena i AWB potpisan, treba pripremiti ukrcaj u zrakoplov. Pošta dogovorena ranije ima prednost nad svakom drugom robom na tom letu. Podaci o masi pošte upisuju se u Teretni Manifest.³⁶ Primjer teretnog manifesta prikazan je na slici 8.

³⁴ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva I., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

³⁵ Ibid

³⁶ Ibid

potpisati NOTOC prije polaska. NOTOC se ispunjava samo kada je riječ o opasnoj ili specijalnoj robi. Ispunjava se u tri primjerka.³⁸

Lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova (engl. Load Sheet) je obvezan dokumenti propisan IATA-inim (engl. IATA-International Air Transport Association) regulativama i propisima. Može biti izrađena ručno, u pisanom obliku, i u elektroničkom obliku u četiri primjerka.

Promjene u posljednjim trenucima (engl. LMC- Last Minute Changes) koje se pojavljuju nakon izdavanja liste opterećenja, smatraju se promjenama u posljednjim trenucima.

Postoje još i elementi koji se susreću prilikom izrade liste za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova, a veoma su važni za proces izračuna. Ti elementi su:

- **Putnici;** oni su iz priloženih metoda izračuna vidljivo glavni elementi za pristup izrade procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Većine zračnih prijevoznika usvojile su standarde prema kojima se izračunava srednja vrijednost mase putnika prema spolu. Zračni prijevoznik Croatia Airlines koristi sljedeće vrijednosti za izračunavanje mase putnika:
 - Muškarci 88 kg;
 - Žene 70 kg;
 - Djeca 35 kg;
 - Bebe 0 kg.

U te mase putnika ubrojane su i vrijednosti mase ručne prtljage koje putnici imaju pravo unijeti u zrakoplov za vrijeme leta.

- **Masa posade;** to je također jedan od elemenata sa kojim se kreće u izradu liste za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova, te su dane vrijednosti prema kojima se izračunava masa posade. Masa posade uključena je u masu suhe operativne vrijednosti (engl. Dry Operating Weight, DOW). Razlika je jedino između kokpit osoblja i kabinskog osoblja.
- **Utjecaj rasporeda posade u kokpitu na položaj težišta zrakoplova;** kokpit je dosta udaljen od referentne točke zrakoplova od koje se izračunavaju svi momenti, pa se stoga unaprijed treba znati broj posade kokpita kako bi se unaprijed izračunale

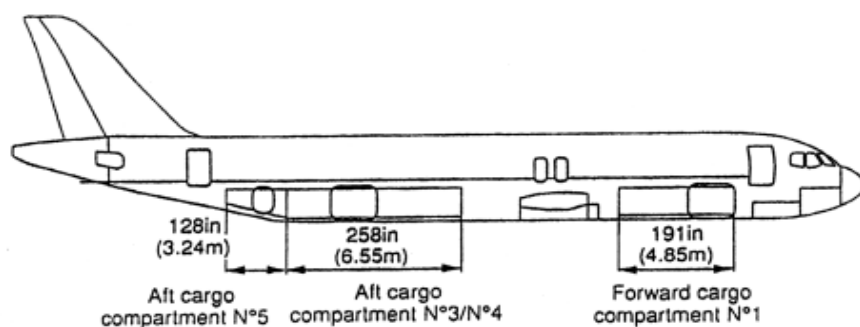
³⁸ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva I., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

promjene indeksa zrakoplova, s time da je masa posade uključena u vrijednost indeksa uravnoteženja i opterećenja (engl. Dry Operating Index, DOI).

- **Utjecaj putničke kabine na položaj težišta zrakoplova;** putničke kabine dijele se na klase, i s obzirom da je svaka klasa promjenjiva zbog broja putnika, zbog toga svaka klasa ima svoj kod prema kojem se točno zna broj sjedala, i koliko putnika može biti primljeno po svakoj klasi. Kod zračnog prijevoznika Croatia Airlines postoje samo dvije putničke klase, i to su ekonomska i poslovna s obzirom na vrstu leta, koje su pregrađene sa pomičnom zavjesom.
- **Utjecaj prtljažnih prostora na položaj težišta zrakoplova;** prilikom utovara tereta u prtljažne prostore treba se paziti na ravnomjerno raspoređivanje tereta kako nebi došlo do pomicanja težišta zrakoplova izvan definiranih sigurnih zona.
- **Utjecaj rasporeda tereta na položaj težišta zrakoplova;** pod ovim pojmom se podrazumijeva plaćeni teret koji se ravnomjerno mora rasporediti a da ne dođe do pomaka težišta. Pod plaćeni teret spadaju svi putnici, njihova prtljaga, teret i pošta. Najviše se treba paziti na raspored putnika unutar putničke kabine i raspored velikih tereta koji također mogu puno utjecati na pomak položaja težišta zrakoplova.
- **Kuhinja (engl. Galley);** pod pojam kuhinja podrazumijeva se masa kolica u koja se utovaruje sva hrana i piće za jedan let.
- **Utjecaj goriva na položaj težišta zrakoplova;** gorivo također ima velik utjecaj na težište zrakoplova, zbog njegove potrošnje tijekom leta. A sve ovisi o tome gdje su tvornički postavljeni spremnici goriva na zrakoplovima.

4. IZRADA STUDIJE SLUČAJA URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA A320 ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA CROATIA AIRLINES

U ovom poglavlju za izradu studije slučaja uzet je primjer zrakoplova Airbus 320 zračnog prijevoznika Croatia Airlines za uravnoteženje i opterećenje istoga. Planiranje utovara zrakoplova A320 zasniva se prvo na prikupljanju svih potrebnih dokumenata koji se odnose na zrakoplov, njegove mase, zatim se prikuplja masa tereta (engl. cargo) i pošte (engl. mail). Da bi osoba odgovorna za izradu liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova mogla izraditi slučaj nekog zrakoplova potrebno je da posjeduje niz informacija, počevši od masa zrakoplova, količine tereta, pošte, broja putnika i njihove prtljage. Petnaest (15) minuta prije leta, balanser zrakoplova dobiva informacije iz odjela prihvata i otpreme putnika u čijem se sastavu nalazi i sortirnica, nakon čega posjeduje informacije o količini prtljage koja je registrirana i broju putnika koji su tu prtljagu registrirali, te da li postoji transferna prtljaga. Putem radioveze ili računalnog internog sustava zračne luke dobiva sve ostale informacije, a to su informacije o količini goriva, posebnim vrstama tereta ako postoje, i ostale. Ukupnu izradu utovara balanser mora isplanirati na način da se ne ugroze vrijednosti teretnih prtljažnih prostora zrakoplova te da je uravnoteženje i opterećenje zrakoplova pravilno izrađeno kako bi pilot zrakoplova mogao osigurati sigurno uzlijetanje, krstarenje, i slijetanje. Na slici 10. prikazan je primjer zrakoplova A320 koji je uzet za primjer izrade slučaja sa njegovim prtljažnim odjeljcima. Prema priloženom može se zaključiti da zrakoplov A320 ima tri prtljažna odjeljka sa oznakama 1,3,4 i 5 koji su smješteni ispod putničke kabine.



Slika 10.: Prikaz zrakoplova A320 sa prtljažnim odjeljcima

Izvor: Internetska stranica, URL: <http://members.liwest.at/gerys/airbus320-321.htm>,

(pristupljeno: srpanj,2017.)

U tablici 1. prikazana je podna nosivost prema odjeljcima, jer se prilikom utovara mora paziti kako bi se ravnomjerno rasporedio teret da ne bi došlo do prekoračenja nosivosti prtljažnika pa samim time i znatnog pomaka položaja težišta zrakoplova.

Tablica 1. Nosivost prtljažnih odjeljaka zrakoplova A320

	Odjeljak 1	Odjeljak 3 i 4		Odjeljak 5
Maksimalna nosivost (kg)	3402	2268	2268	1497
Podna nosivost (kg/m^3)	488	488		732
Volumen (m^3)	13,2	9,7	8,5	5,88

Izvor: Internetska stranica, LTU International Airways, Ground Operatios Manual (pristupljeno: srpanj, 2017.)

Zadaća balansera je izraditi listu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova na taj način da se težište nalazi u dozvoljenim i propisanim vrijednostima, čime se osigurava stabilnost i upravljivost zrakoplova tijekom leta, a i tijekom boravka zrakoplova na zemlji.

4.1. TEHNIČKE SPECIFIKACIJE I ZNAČAJKE ZRAKOPLOVA A320

Airbus 320 je dvomotoran uskotrupan zrakoplov kratkog do srednjeg doleta sa kapacitetom od najviše 180 putnika koji je proizveo europski proizvođač Airbus S.A.S. A320 je bio prvi model obitelji A320 sa jednim prolazom. Pokreću ga CFM International CFM56-5 ili International Aero Engines (IAE) V2500 motori.³⁹

Na slici 11. je prikazan zrakoplov A320 zračnog prijevoznika Croatia Airlines, prema kojem se u radu izrađuje slučaj uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, a u tablici 2. biti će prikazane njegove tehničke specifikacije i značajke.

³⁹ Internetska stranica, URL: www.airbus.com, (pristupljeno: srpanj, 2017.)



Slika 11.: Zrakoplov Airbus 320 zračnog prijevoznika Croatia Airlines

Izvor: Internetska stranica, URL: www.croatiaairlines.com, (pristupljeno: srpanj, 2017.)

Tablica 2. Tehničke specifikacije i značajke zrakoplova A320

DIMENZIJE ZRAKOPLOVA	AIRBUS 320
Dužina zrakoplova (m)	37,6
Raspon krila (m)	34,1-35,8
Visina (m)	11,8
MASE ZRAKOPLOVA	
MTOW (kg)	73.500-78.000
MLDW (kg)	64.500-66.000
Operating Empty Weight (kg)	42.100
MZFW (kg)	61.000-62.500
Plaćeni teret (t)	16,6
Kapacitet goriva (L)	24.210-27.200
PERFORMANSE ZRAKOPLOVA	
Dolet sa plaćenim teretom (km)	6.100
Max. brzina (km/h)	890

Izvor: Internetska stranica, URL: <https://www.airlines-inform.com/commercial-aircraft/Airbus-A320.html>, (pristupljeno: srpanj, 2017.)

4.2. PROCES PLANIRANJA UTOVARA I IZRADA LISTE URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA A320

Nakon što se prikupe svi potrebni podaci o teretu izrađuje se uputa ukrcaja/iskrcaja s izvješćem (engl. Loading Instruction Report, LIR). Uputa ukrcaja/iskrcaja s izvješćem se sastoji od zaglavlja, opće obavijesti, upute o utovaru i izvještaju o utovaru te područja za upis specijalnih instrukcija u koja se upisuju verzija putničke kabine, specijalni tereti ili opasna roba. U LIR se upisuje i destinacija, koja je u ovom slučaju let OU660 na relaciji Zagreb (ZAG) – Dubrovnik (DBV), te podatke o broju putnika, količini predane prtljage, teretu i pošti koji se smještaju u prtljažne odjeljke zrakoplova A320. U nastavku u tablici 3. su prikazani podaci dobiveni od drugih organizacijskih jedinica koji će biti upisani u uputu ukrcaja/iskrcaja s izvješćem (engl. Loading Instruction Report, LIR) ručnom metodom.

Tablica 3. Početni podaci za izradu upute ukrcaja/iskrcaja s izvješćem (engl. Loading Instruction Report, LIR)

Broj leta:	OU660
Polazište:	Zagreb (ZAG)
Odredište:	Dubrovnik (DBV)
Tip zrakoplova:	A320
Registracija zrakoplova:	9ACTJ
Vrijeme polijetanja:	10:15
Verzija:	COM174
U dolasku roba:	Početni let/ NIL
BOOKING	
Putnici (engl. Pax) / Status:	154 pax / M (ekonomska klasa): 154 Transferni: 34 pax Lokalni: 120 pax
Prtljaga:	154 pcs (BT= 34 pcs= 476 kg/ BL= 120 pcs= 1.680kg) UKUPNA TEŽINA: 2.156 kg
Teret:	1000 kg <ul style="list-style-type: none"> • 900 kg novine (prtljažni odjeljak 1) • 50 kg (AVI-mačke) prtljažni odjeljak 1 • 50 kg (EAT-hrana) prtljažni odjeljak 3
Pošta:	500 kg, prtljažni odjeljak 5

Izvor: Autorovo djelo

Nakon što su zaprimljeni podaci o broju putnika, količini njihove prtljage, količini tereta, te pošti može se krenuti u izradu upute ukrcaja/iskrcaja s izvješćem. U tablici je prikazano da se na letu OU660 nalazi 154 putnika prema planu (engl. booking) od kojih su 120 lokalnih, a 34 transfernih, izračunato je da je 2.156 kg predane prtljage, od koje je prema zadanim parametrima zračnog prijevoznika za prtljagu izračunato da je 476 kg transferne prtljage koja će biti smještena u prtljažni odjeljak broj 5, a ostatak lokalne prtljage koja iznosi 1680 kg će se smjestiti u odjeljak broj 4. Dobiveni su podaci o teretu i pošti, od kojih teret iznosi 1.000 kg, što je podijeljeno na način da je 900 kg tereta, a tih 900 kg tereta su novine, smješteno u prtljažni odjeljak broj 1, ostalih 50 kg su žive životinje koje su smještene u prtljažni odjeljak broj 1, i 50 kg hrane koja je smještena u prtljažni odjeljak broj 3. Prema standardima kada se teret ukrcava postoje pravila odnosno IATA DGR tablica razdvajanja prema kojoj se vidi da žive životinje moraju biti odvojene od hrane koja se također prevozi u tom zrakoplovu. Takav teret je posebno pakiran, učvršćen i označen. Na slici 12. prikazana je ručno izrađena uputa ukrcaja/iskrcaja (engl. Loading Instruction Report) za zrakoplov A320 sa početnim podacima za let OU660.

CROATIA AIRLINES		Loading Instruction A320 Passenger Version				
Station	Flight No.	Destination	AC Reg.	STD (L/T)	Planner's Signature / Desk-Phone	Date
2AG	OU 660	DBV	9A-CTJ	10-15	Horvat Horvat	20 JUL 17
COMPARTMENT		5	4	3	CABIN	1
OFF at this Station		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
TRANSIT		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
						BAGGAGE-ID: <input type="checkbox"/>
53 (770kg)	52 (363kg)	51 (374kg)	42 (1134 kg)	41 (1134 kg)	32 (1134 kg)	31 (1134 kg)
DBV H-500 kg BT -			DBV BL -		C-50 kg (AVI) C-900 kg (EAT)	
					13 (1134 kg)	
					12 (1134 kg)	
					11 (1134 kg)	
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.
SI: AVI/4/60 EAT/3/50						
ESTIMATES						
Dest.	PAX	BAG (Pcs)	CARGO	MAIL		
DBV	154	154	1000	500		
						Loading Supervisor or Person Responsible for Loading

Slika 12.: Uputa ukrcaja/iskrcaja sa početnim podacima za zrakoplov A320

Izvor: Autorovo djelo

Uputa ukrcaja/iskrcaja s izvješćem je određena prema IATA (engl. International Air Transport Association) standardima, a svaki zračni prijevoznik određuje izgled tog obrasca prema tipu zrakoplova, poštujući standarde i formu određene od strane IATA-e. Uputu ukrcaja/iskrcaja s izvješćem popunjava osoba koja je licencirana i koja planira ukrcaj/iskrcaj zrakoplova. Lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova (engl. Loadsheets) ne može biti završena i predana u zrakoplov ako nije u skladu sa uputom ukrcaja/iskrcaja s izvješćem. Ako postoje odstupanja od upute ukrcaja/iskrcaja s izvješćem ona moraju biti zabilježena u Listu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.

Nakon prikupljanja svih informacija, izrađuje se lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova (engl. Loadsheets). Lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova mora biti, uz eventualne manje promjene, izrađena prema naputku planiranja.⁴⁰

⁴⁰ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva I., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

Uz navedene početne informacije nakon izrade upute ukrcaja/iskrcaja balanser zrakoplova posjeduje informacije o masi i količini prtljage koju su putnici registrirali. Putem radioveze ili faxes balanser zrakoplova dobiva sve ostale informacije, od drugih organizacijskih jedinica, koje su potrebne za izradu Liste uravnoteženja i opterećenja. Balanser također dobiva od kontrolora opsluživanja, koji je zadužen za sve pod procese prilikom prihvata i otpreme zrakoplova, informaciju o količini goriva kojim je zrakoplov opskrbljen. U tablici 4. prikazani su dobiveni parametri koji su potrebni za izradu Liste uravnoteženja i opterećenja.

Tablica 4. Parametri za izradu Liste uravnoteženja i opterećenja

Block Fuel (Ukupno potrebno gorivo):	8.500
Taxi Fuel (Gorivo za kretanje):	500
Take Off Fuel (Block Fuel-Taxi Fuel):	8.000
Trip Fuel (Putno gorivo):	4.000
Fuel correction index (Indeks korekcije goriva):	-3,00
Crew (Posada):	2/4
MZFW:	61.000
MTOW:	73.500
MLDW:	64.500
DOW:	43.446
DOI:	45,7
STVARAN BROJ	
Pax (Putnika):	M (M)/83 (7.304 kg) F (Ž)/57 (3.990 kg) C (djeca od 2-12god.)/14 (490 kg) I (djeca od 0-2 god.)/ 0
Bagg. (Prtljage):	2156 kg (BT= 476 kg / BL= 1.680 kg)
Cabin (Putnička kabina):	OA: 50 / OB: 54 / OC: 50

Izvor: Autorovo djelo

Lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova je sastavljena od nekoliko cjelina od kojih je prva zaglavljena s adresama u koje upisujemo:

- Predznak slanja koji označava brzinu prijenosa poruke od polazišnog do odredišnog aerodroma. U ovom slučaju za let OU660 upisuje se predznak QU koji označava žurnu poruku, a upotrebljava se za kratke letove.
- Adrese primatelja (DBVAPXH)
- Adresu izdavatelja poruke (ZAGAPXH)
- Datum i vrijeme

- Inicijale osobe koja je izradila Listu uravnoteženja i opterećenja (NH)
- Broj leta (OU660)
- Registraciju zrakoplova (9A-CTJ)
- Verziju zrakoplova prema dokumentima zračnog prijevoznika (COM174)
- Broj članova posade (2/4)
- Datum (20JUL17).

Početak izračunavanja je različit i zavisi o zamisli vaganja zrakoplova i određivanju početnih težina i indeksa. Neki zračni prijevoznici zahtijevaju početno izračunavanje od Osnovne mase s pripadajućim indeksom, dok većina kao početnu vrijednost uzima Suhu operativnu masu i pripadajući indeks. Na slici 13. biti će prikazane vrijednosti Suhe operativne mase i pripadajućih indeksa za zrakoplov A320 zračnog prijevoznika Croatia Airlines koji s kojima se kreće u izračun Liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.

DRY OPERATING WEIGHT / DRY OPERATING INDEX
DOW/ DOI (kgs/ index)

Applicable for aircraft registration:
9A-CTJ, 9A-CTK.

CREW	DOW	DOI
2+0	42622	46.4
3+0	42718	45.2
4+0	42814	43.9
2+4	43446	45.7
2+5	43532	46.8
3+4	43542	44.4
3+5	43628	45.5
4+4	43638	43.2
4+5	43724	44.2

Slika 13.: Suha Operativna masa i pripadajući indeksi za zrakoplov A320

Izvor: Croatia Airlines, Aircraft Data, A320-214 AHM 560

Posada na letu OU660 je 2/4 stoga se uzima vrijednost 43.446 kg i pripadajući indeks 45,7. Nakon što se vrijednosti Suhe Operativne Mase (engl. Dry Operating Weight) upišu u

Listu uravnoteženja i opterećenja izračunavaju se ostale mase vezane za gorivo koje je potrebno za let. Na Suhu Operativnu Masu (engl. Dry Operating Weight) dodaje se gorivo potrebno za polijetanje zrakoplova (engl. Take Off Fuel), koje je u ovom slučaju 8.000 kg, nakon čega se iz izračuna dobije Operativna Masa zrakoplova (engl. Operating Weight) koja je 51.446 kg.

Sljedeći parametri koje je potrebno upisati su vrijednosti mase zrakoplova bez goriva (engl. Maximum Zero Fuel Weight) 61.000 kg kojoj se dodaje potrebno gorivo za polijetanje (engl. Take Off Fuel) 8.000 kg. Ukupna masa tih parametara daje izračun dozvoljene mase za polijetanje koja iznosi 69.000 kg. U drugi stupac za izračun masa upisuje se vrijednost mase zrakoplova sa gorivom koje je predviđeno za polijetanje (engl. Maximum Take Off Weight) koje iznosi 73.500 kg. U sljedeći stupac potrebno je upisati vrijednost mase zrakoplova sa gorivom pri slijetanju (engl. Maximum Landing Weight) 64.500 kg na koju se u izračunu dodaje gorivo predviđeno za let odnosno putno gorivo (engl. Trip Fuel) koje iznosi 4.000 kg. Njihov zbroj daje dozvoljenu masu za polijetanje koja iznosi 68.500 kg.

Nakon što je napravljen izračun masa uzima se najmanja masa, iz razloga što se ne smije prekoračiti ta najmanja masa jer zrakoplov tada nebi mogao biti na pravilan način uravnotežen i opterećen. u ovom slučaju je to 68.500 kg, od koje se oduzima vrijednost operativne mase (engl. Operating Weight), koja iznosi 51.446 kg, i njihovim oduzimanjem dobije se vrijednost dozvoljenog opterećenja zrakoplova (engl. Allowed Traffic Load) od 17.054 kg što će se vidjeti na slici 16. Liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A320.

Mase zrakoplova: MZFW, MTOW, MLW unaprijed su određene i propisane od strane zračnog prijevoznika, a ovise o vrsti zrakoplova. Na slici 14. prikazane su mase zrakoplova A320 zračnog prijevoznika Croatia Airlines.

6.1. Aircraft Weight Limitations

Maximum weights for:

Aircraft Reg.	Ramp/Taxi	Design take-off	Zero fuel	Design landing
9A-CTJ	73900	73500	61000	64500
9A-CTK	73900	73500	61000	64500

Slika 14.: Mase zrakoplova A320 zračnog prijevoznika Croatia Airlines

Izvor: Croatia Airlines, Aircraft Data, A320-214 AHM 560

U daljnjem izračunu upisuje se troslovnna oznaka aerodroma, redosljedom slijetanja. U ovom slučaju destinacija je jedna i upisuje se oznaka aerodroma Dubrovnik- DBV. Sljedeće što se upisuje je broj putnika na letu prema traženim stupcima, da li su to muškarci kojih na letu OU660 ima 83, žene kojih ima 57, djeca kojih je 14, ili bebe kojih u ovom slučaju nema. U zbroj putnika upisuje se ukupno stanje registriranih putnika prema Putničkom manifestu (engl. Passenger Manifest). Svaki zračni prijevoznik ima određene standardne mase putnika koji putuju njihovim zrakoplovima, što je prikazano na slici 15.

1.1. Passenger weights

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

Slika 15.: Standardne težine putnika

Izvor: Croatia Airlines, Aircraft Data, A320-214 AHM 560

Nakon izračuna mase putnika upisuje se masa prtljage, tereta i pošte u predviđene odjeljke prema jedinicama, kako bi se preglednije te mase mogle zbrojiti. Ukupan zbroj mase

tereta u zrakoplovu iznosi 3.656 kg. U sljedeće stupce taj isti teret se razvrstava prema odjeljcima u koji bi trebao biti ukrcan, te se teret prema odjeljcima zbraja da se točno vidi izračun koliko teži svaki odjeljak sa teretom. Nakon tereta potrebno je upisati koliko se putnika nalazi u poslovnoj klasi zrakoplova, a koliko u ekonomskoj. U ovom slučaju nema putnika poslovne klase, stoga su svi putnici na letu u ekonomskoj klasi (154). Svaki stupac potrebno je zbrojiti i upisati u polja koja su predviđena za to.

U daljnjem izračunu potrebno je pomnožiti broj putnika sa njihovom masom, prema standardima iz tablice, nakon čega se dobije izračun ukupne mase putnika (engl. Total passenger weight) koja iznosi 11.784 kg. U polje iznad upisuje se ukupna masa prtljage, tereta i pošte koja iznosi 3.656 kg, nakon čega se zbrojem ta dva parametra dobije izračun mase kojom se smije opteretiti zrakoplov (engl. Total traffic load), 15.440 kg.

Na masu kojom se smije opteretiti zrakoplov (engl. Total traffic load) dodaje se suha operativna masa zrakoplova (engl. Dry Operating Weight), a njihov zbroj daje izračun mase zrakoplova bez goriva (engl. Zero Fuel Weight), 58.886 kg, koja ne smije prekoračiti standarde mase zrakoplova bez goriva koji su zadani u tablici od strane zračnog prijevoznika.

Na masu zrakoplova bez goriva (engl. Zero Fuel Weight) potrebno je dodati gorivo predviđeno za polijetanje zrakoplova (engl. Take Off Fuel) nakon čega se dobije masa zrakoplova pri polijetanju (engl. Take Off Weight) kojoj je također propisana vrijednost koja se ne smije prekoračiti, a izračun te mase iznosi 66.886 kg.

Kada se od mase zrakoplova pri polijetanju (engl. Take Off Weight) oduzme masa goriva predviđenog za let (engl. Trip Fuel) dobije se masa zrakoplova pri slijetanju (engl. Landing Weight), kojoj je također propisana vrijednost koja se ne smije prekoračiti, a izračun iznosi 62.886 kg.

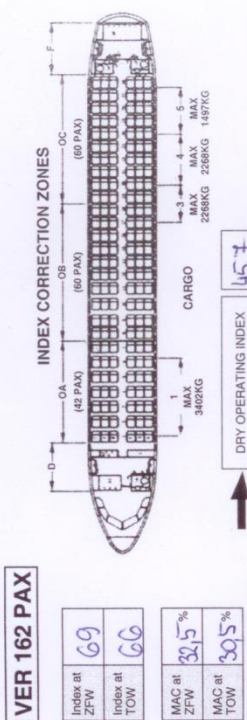
U sljedećem stupcu prepisuje se dozvoljeno opterećenje zrakoplova (engl. Allowed traffic load), koje je već prethodno izračunato (17.054 kg) od kojeg se oduzme masa kojom je zrakoplov opterećen (engl. Total traffic load) koja iznosi 15.440 kg, i dobije se vrijednost kojom se zrakoplov još smije opteretiti do polijetanja, a ona iznosi 1.614 kg, odnosno to je granica do koje se mogu unijeti promjene ako do njih dođe. Takve promjene nazivaju se Promjene u posljednjim trenucima (engl. Last Minute Changes, LMC) o kojima će se više govoriti u potpoglavlju 4.3.

Poslije izračuna spomenutih parametara izrađuje se grafički dio, u kojem se otklanjaju moguće pogreške u izračunavanju. Kada se obilježe odsječci zrakoplova koji su zadani, određuje se grafička dužina pomaka mase za neki krak unutar svakog odsječka. Pomak se

računa prema zadanim vrijednostima. Ovisno o smještaju ukrcajnog odjeljka, ucrtava se pomak za ukrcani teret prema nosu ili prema repu zrakoplova. U tako obilježene odjeljke jednostavnim ucrtavanjem crte, pomoću ravnala, koja predstavlja masu tereta, ili broj putnika dolazi se do željenog položaja težišta.

Dijagram uravnoteženja može se podijeliti kod očitavanja na dva segmenta. Na X-osi su prikazane vrijednosti mase zrakoplova, koje se isčitavaju iz dijagrama, a iznose: masa zrakoplova pri polijetanju (engl. Take Off Weight, TOW) 67 tona, a masa zrakoplova bez goriva (engl. Zero Fuel Weight, ZFW) iznosi 58,5 tona. One se nalaze u granicama koje su predviđene od strane proizvođača, što znači da je zrakoplov dobro uravnotežen i opterećen. Na Y-osi su predstavljeni indeksi i postotak srednje aerodinamičke tetive (MAC). Indeks za ZFW iznosi 69 tona, za TOW 66 tona što je također isčitano iz dijagrama. Postotak srednje aerodinamičke tetive za ZFW iznosi 32,5 %, a za TOW 30,5 %. Nakon što se isčitaju vrijednosti za indekse i postotak za srednju aerodinamičku tetivu, izrađuje se dijagram trim, koji nam pokazuje da li je zrakoplov opterećen prema nosu ili repu zrakoplova. Na taj dijagram se prenosi postotak srednje aerodinamičke tetive za TOW koji iznosi 30,5 %. To nam pokazuje da je težište zrakoplova pomaknuto malo prema unaprijed, odnosno prema nosu zrakoplova, stoga je kod takvog leta potrebno dodatno korigiranje zrakoplova što izaziva dodatnu potrošnju goriva zbog dodatnog otpora. U nastavku na slici 16. prikazana je ručno izrađena Lista uravnoteženja i opterećenja (engl. Loadsheel) zrakoplova A320 za navedeni slučaj.

LOAD & TRIM SHEET
OB-PSU-004/0
A320-214
CROATIA AIRLINES

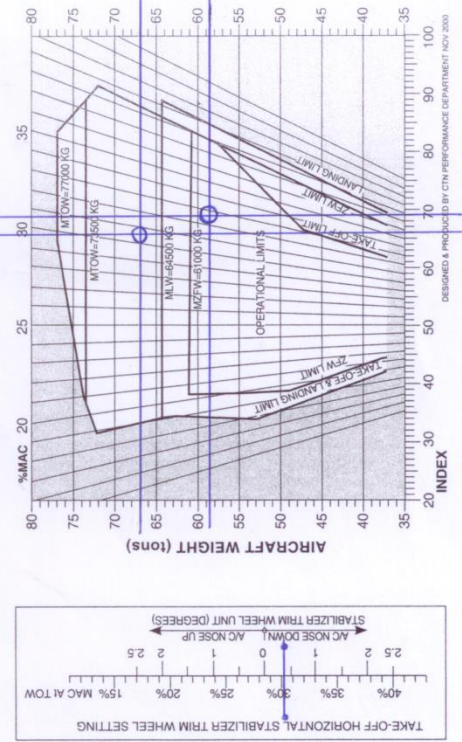


VER 162 PAX

Index at ZFW	69
Index at TOW	66
MAC at ZFW	30.5%
MAC at TOW	30.5%

ZONES	NUM.	WEIGHT (kg)
CARGO 1	950	
CARGO 3	50	
CARGO 4	1680	
CARGO 5	976	
CABIN OA	50	
CABIN OB	54	
CABIN OC	50	

DEST	M	F	CH	INF	TOTAL	DISTRIBUTION WEIGHT	REMARKS - PAX
D	83	57	14	0	2156	1680 476	154
B					1000	950 50	0 154
V	83	57	14	0	3656	1950 304 1680 976	



Priority: **QU** Address(es): **DBVAPXH** Recharge/Date/Time: **11015** Initials: **NH** Version: **LDM**

Originator: **ZAGAPXH** A/C Reg: **9A-C-TJ** Crew: **2/4** Date: **20 JULY 2018**

Flight: **OU660** Version: **CON114**

DRY OPERATING WEIGHT	43446	MAXIMUM WEIGHTS FOR	ZERO FUEL	611000	LANDING	64500
TAKE-OFF FUEL	8000	TAKE-OFF FUEL	8000	TRIP FUEL	4000	
OPERATING WEIGHT	51446	ALLOWED WEIGHT FOR TAKE-OFF (Lowest of a, b or c)	69000			
		OPERATING WEIGHT	51446			
		ALLOWED TRAFFIC LOAD				

TOTAL PASSENGER WEIGHT	3656	950 50 1680 976	ALLOWED TRAFFIC LOAD	17054	SI	154
TOTAL TRAFFIC LOAD	15440		UNDERLOAD BEFORE	15440		
DRY OPERATING WEIGHT	43446		UNDERLOAD	1614		
ZERO FUEL WEIGHT	58886		LAST MINUTE CHANGES			
TAKE-OFF FUEL	8000		BEST SPEC (CROSS WEIGHT)			
TAKE-OFF WEIGHT	66886		DBV STAX A +	264		
TRIP FUEL	4000		DBV BAG	24		
LANDING WEIGHT	62886					

TOTAL PASSENGERS: **157**
PREPARED BY: **157**
APPROVED BY: **157**

Slika 16.: Ručni izračun liste uravnoteženja i opterećenja za zrakoplov A320

Izvor: Autorovo djelo

4.3. PROMJENE U POSLJEDNJIM TRENUCIMA LMC

Sve promjene masa tereta u zrakoplovu, kao i masa goriva u spremnicima zrakoplova, koje se pojavljuju nakon izdavanja liste opterećenja, smatraju se promjenama u posljednjim trenucima (engl. Last minute changes, LMC).

Kod unošenja LMC-a treba voditi računa da najveće dozvoljene mase primjenjive za dotični zrakoplov ne budu prijeđene, ograničenja težinskih vrijednosti u pojedinom teretnom odjeljku ne budu prijeđeni te da težište zrakoplova uvijek ostane u dozvoljenim granicama. Svaka zrakoplovna kompanija ima propisanu maksimalnu težinu LMC-a.

Promjene mase nekoliko trenutaka prije polijetanja su u praksi vrlo česte zbog kašnjenja putnika na registraciju, pa su uvedena odgovarajuća ograničenja iznad kojih je potrebno izvršiti korekciju ili novi proračun balansa zrakoplova. LMC promjena dozvoljava jedino promjenu mase plaćenog tereta (putnika, prtljage), dok promjena mase goriva nije dozvoljena.⁴¹

U izradi slučaja za let OU660 nakon što je izrađena lista uravnoteženja i opterećenja dobivene su informacije da su se na let OU660 prijavila još tri putnika, od kojih su samo dva registrirala predanu prtljagu. Tri putnika su muškarci, pa se prema standardima zračnog prijevoznika izračuna masa putnika, i masa prtljage. Zbroj tri muška putnika i zbroj dvije predane prtljage iznosi dodatnih 292 kg. Masa LMC-a ne smije prijeći izračunatu vrijednost kojom se zrakoplov još smije opteretiti prije polijetanja, a ona je iznosila 1.614 kg. Svaki zračni prijevoznik ima određenu vrijednost mase do koje se smiju unositi promjene ako do njih dođe, što je prikazano u tablici 5.

⁴¹ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva I., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

5. USPOREDBA URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA A320 SA ZRAKOPLOVOM A319 CROATIA AIRLINES

Airbus 319 je moderan uskotrupni putnički zrakoplov sa kratkim i srednjim doletom. Karakteristike su mu slične kao i kod Airbus-a 320 koji je dulja inačica, a zajedno predstavljaju najpopularnije inačice ove skupine zrakoplova. U slučajevima kada balanser izrađuje listu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova njegova je dužnost pripremiti listu u skladu s važećom domaćom i međunarodnom regulativom, te lista mora biti usklađena prema pravilniku o svakom zrakoplovu posebno, u ovom slučaju prema pravilima zrakoplovnog prijevoznika Croatia Airlines. Svaka vrsta zrakoplova ima posebnu dokumentaciju za uravnoteženje i opterećenje, odnosno drugačiji izgled Upute ukrcaja/iskrcaja s izvješćem (engl. Loading instruction report, LIR) i Liste uravnoteženja i opterećenja (engl. Loadsheet). Croatia Airlines ima zadane instrukcije i pravila po kojima se mora obaviti ukrcaj za svaki zrakoplov posebno.

Flota zrakoplova Airbus 319 Croatia Airlines-a se sastoji od četiri (4) zrakoplova sa brojem putničkih mjesta od 144 sjedala. Za razliku od zrakoplova Airbus 320 kojih je, u floti zrakoplovnog prijevoznika Croatia Airlines, ukupno dva (2) sa 174 putničkih mjesta. Dopuštena masa zrakoplova (MTOW) A319 Croatia Airlines iznosi 64.000 kg, dok je za zrakoplov A320 73.500 kg.⁴²

Slično kao i za zrakoplov A320 koji se obradio u poglavlju četiri (4) za izradu Upute ukrcaja/iskrcaja s izvješćem za zrakoplov A319 u prvi dio (zaglavlje) upisuju se podaci o destinaciji, broju leta, registraciji, verziji zrakoplova, vremenu polijetanja i izrade izvješća i datumu. U središnjem dijelu su iscrtkani prtljažni odjeljci od kojih svaki ima upisano maksimalno opterećenje koje može podnijeti. Zrakoplov A319 sastoji se tri prtljažna odjeljka oznaka 1,4, i 5 od kojih je odjeljak broj 1 prednji, a 4 i 5 su zadnji. Nosivost prtljažnika 1 iznosi 2.268 kg, prtljažnika 4 je 3.021 kg, a prtljažnika broj 5 1.497 kg. Masa plaćenog tereta je maksimalna 14.000 kg koju zrakoplov A319 može prenijeti, za razliku od zrakoplova A320 koja je 16.600 kg. Zadnji dio Upute ukrcaja/iskrcaja za zrakoplov A319 se sastoji od ovjere izvješća. Izvješće se ovjerava potpisom kao dokaz da je zrakoplov ukrcan prema pravilima prijevoznika. Na slici 18. prikazana je Uputa ukrcaja/iskrcaja s izvješćem za zrakoplov A319

⁴² www.croatiaairlines.com, (pristuljeno: srpanj, 2017.)

zračnog prijevoznika Croatia Airlines sa parametrima koji su zadani u tablici 6., i isti su kao i za slučaj A320 u prethodnom poglavlju. S obzirom da zrakoplov A319 ima 144 putničkih mjesta, izraditi će se Lista uravnoteženja i opterećenja (engl. Loadsheet) sa 120 registriranih putnika, koji su lokalni, dok transfernih putnika neće biti na letu OU662 Zagreb – Dubrovnik. U tablici je prikazano da se na letu OU662 nalazi 120 putnika koji su lokalni, od kojih je prema zadanim parametrima zračnog prijevoznika za prtljagu izračunato da je 1.680 kg lokalne prtljage od koje će 680 kg biti smješteno u prtljažni odjeljak broj 4, a ostatak lokalne prtljage koja iznosi 1.000 kg će se smjestiti u odjeljak broj 5.

Tablica 6.: Početni podaci za izradu Upute ukrcaja/iskrcaja s izvješćem za zrakoplov A319

Broj leta:	OU662
Polazište:	Zagreb (ZAG)
Odredište:	Dubrovnik (DBV)
Tip zrakoplova:	A319
Registracija zrakoplova:	9ACTI
Vrijeme polijetanja:	16:15
Verzija:	COM144
U dolasku roba:	Početni let/ NIL
BOOKING	
Putnici (engl. Pax) / Status:	120 pax / M (ekonomska klasa): 120 Lokalni: 120 pax
Prtljaga:	120 pcs (BL= 120 pcs= 1.680kg) UKUPNA TEŽINA: 1.680 kg
Teret:	1000 kg <ul style="list-style-type: none"> • 900 kg novine (prtljažni odjeljak 1) • 50 kg (AVI-mačke) prtljažni odjeljak 4 • 50 kg (EAT-hrana) prtljažni odjeljak 1
Pošta:	500 kg, prtljažni odjeljak 4

Izvor: Autorovo djelo

Svi parametri osim broja putnika isti su kao i kod zrakoplova A320 čiji je slučaj izrađen u prethodnom poglavlju. Ostatak tereta od 1.000 kg biti će raspoređeno u prtljažne odjeljke 1 i 4, dok će pošta od 500 kg biti smještena u prtljažni odjeljak broj 4, što je prikazano na slici 18. u uputi ukrcaja/iskrcaja s izvješćem.

Station ZAG	Flight No. OU 662	Destination DBV	A/C Reg. 9ACTI	STD (T/T) 1615	Planner's Signature/ Desk Phone Hrnat Hrnat	Date 20 JUL 17
COMPARTMENT	5		4		CABIN	
OFF at this station ▶	NIL		NIL		NIL	
TRANSIT ▷	NIL		NIL		NIL	
BAGGAGE-ID: <input type="checkbox"/>						
51 (1497kg)	42 (1695kg)		41 (326kg)		12 (1223kg)	
BL-1000	M-500 kg BL-		C-50 kg LAVI J		C-900 kg C-50 kg [EAT]	
Special instructions SI: EAT/1/50 AVI/4/50						
ESTIMATES					This aircraft has been loaded in accordance with these instructions including the deviations recorded. The load has been secured in accordance with company regulations.	
Dest.	PAX	BAG(Pcs.)	CARGO	MAIL	Loading Supervisor or Person Responsible for Loading	
DBV	120	120	1000	500		

OB-ZOU-006/0 od 15.05.2005.

Slika 18.: Uputa ukrcaja/iskrcaja s izvješćem zrakoplova A319 Croatia Airlines

Izvor: Međunarodna zračna luka Zagreb

Za daljnju izradu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, kao i kod A320, mora se iz Upute ukrcaja/iskrcaja te dobivene dokumentacije pristupiti izradi Liste uravnoteženja i opterećenja. Lista uravnoteženja i opterećenja je podijeljena na nekoliko dijelova, i slična u izradi za zrakoplov A319 kao i za zrakoplov A320 koji je napravljen u poglavlju 4. Prvi dio se, isto kao i kod Upute ukrcaja/iskrcaja s izvješćem, sastoji od osnovnih podataka vezanih za let. U sljedećem dijelu liste uravnoteženja i opterećenja ispisane su maksimalne i stvarne mase zrakoplova bez goriva, pri polijetanju i slijetanju, ukupna ukrcana masa te iznos suhe operativne mase, kao i kod izrade za zrakoplov A320. Dopusštene granice masa prikazane su na slici 19. za zrakoplov A319 Croatia Airlines, te Suha operativna masa i pripadajući indeks na slici 20. Isto tako tu se nalazi ukupna količina goriva koja je potrebna za polijetanje i za let.

6.1. Aircraft Weight Limitations

Maximum weights for:

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 19.: Mase zrakoplova s obzirom na registraciju zrakoplova A319 zračnog prijevoznika

Croatia Airlines

Izvor: Croatia Airlines, Aircraft Data, A319-112 AHM 560

DRY OPERATING WEIGHT / DRY OPERATING INDEX

DOW/ DOI (kgs/ index)

Applicable for aircraft registration:

9A-CTG, 9A-CTL, 9A-CTH, 9A-CTI

CREW	DOW	DOI
2+0	40810	44.8
3+0	40906	43.6
4+0	41002	42.6
2+3	41575	44.8
2+4	41661	45.8
3+3	41671	43.7
2+5	41747	46.7
3+4	41757	44.7
3+5	41843	45.6
4+4	41853	43.6
4+5	41939	44.5

Slika 20.: Suha Operativna masa i pripadajući indeksi za zrakoplov A319

Izvor: Croatia Airlines, Aircraft Data, A319-112 AHM 560

S obzirom da je za let OU662 ZAG – DBV uzet zrakoplov A319 registracijskih oznaka 9A-CTI, uzimaju se mase koje su za taj zrakoplov zadane od strane zračnog prijevoznika Croatia Airlines, kao i što je zadano da je posada na letu 2/4 uzima se da je Suha operativna masa (engl. Dry Operating Weight) 41.661 kg, a pripadajući indeks iznosi 45,8. U tablici 8. prikazani su parametri za izradu Liste uravnoteženja i opterećenja koji su isti kao i za zrakoplov A320 iz prethodnog poglavlja, osim broja putnika koji je određen za ovaj let, a iznosi 120 putnika.

Tablica 7. Parametri za izradu Liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A319

Block Fuel (Ukupno potrebno gorivo):	8.500
Taxi Fuel (Gorivo za kretanje):	500
Take Off Fuel (Block Fuel-Taxi Fuel):	8.000
Trip Fuel (Putno gorivo):	4.000
Fuel correction index (Indeks korekcije goriva):	-2,90
Crew (Posada):	2/4
MZFW:	57.000
MTOW:	64.000
MLDW:	61.000
DOW:	41.661
DOI:	45,8
STVARAN BROJ	
Pax (Putnika):	M (M)/80 (7.040 kg) F (Ž)/30 (2.100 kg) C (djeca od 2-12god.)/10 (350 kg) I (djeca od 0-2 god.)/ 0
Bagg. (Prtljage):	1680 kg (BL= 1.680 kg)
Cabin (Putnička kabina):	OA: 60 / OB: 60

Izvor: Autorovo djelo

Mase putnika također su zadane od strane zračnog prijevoznika i iste su kao i za zrakoplov A320 što je prikazano u poglavlju 4. Ukupna masa putnika na letu OU662 ZAG – DBV iznosi 9.490 kg.

Ispod masa dolaze podaci o razmještanju putnika u zrakoplovu. Zrakoplov je podijeljen u dvije sekcije (A i B) od kojih se sekcija A nalazi u prednjem dijelu, a sekcija B u stražnjem dijelu zrakoplova. U prednjem dijelu zrakoplova smješteno je 60 putnika, kao i u stražnjem dijelu isto 60 putnika.

Predzadnji dio Liste opterećenja se odnosi na promjene u zadnjim trenucima (engl. Last Minute Changes, LMC), za koje postoje granice do koje se može opteretiti zrakoplov i one su propisane od strane zračnog prijevoznika i iste su kao i za zrakoplov A320. Nakon što je izrađena Lista uravnoteženja i opterećenja na let se registriralo još tri putnika, sa prijavljena dva komada prtljage. Zbroj tri muška putnika i zbroj dvije predane prtljage iznosi dodatnih 292 kg. Ukupna masa promjena u zadnjim trenucima iznosi 292 kg, i s obzirom da je kao i kod zrakoplova A320 propisano do koje se vrijednosti mogu unositi promijene, isto tako je i za zrakoplov A319. Kao i kod izrade slučaja za zrakoplov A320, u izradi Liste uravnoteženja i opterećenja za A319 poslije izračuna spomenutih parametara izrađuje se grafički dio, u kojem se otklanjaju moguće pogreške u izračunavanju. Kada se obilježe odsječci zrakoplova koji su zadani, određuje se grafička dužina pomaka mase za neki krak unutar svakog odsječka. Pomak se računa prema zadanim vrijednostima. Ovisno o smještaju ukrcajnog odjeljka, ucrtava se pomak za ukrcani teret prema nosu ili prema repu zrakoplova. Na taj način dolazi se do izračuna težišta zrakoplova. Iz dijagrama su isčitane: masa zrakoplova pri polijetanju (engl. Take Off Weight, TOW) koja iznosi 62,5 tona, a masa zrakoplova bez goriva (engl. Zero Fuel Weight, ZFW) iznosi 49,5 tona. One se nalaze u granicama koje su predviđene od strane proizvođača, što znači da je zrakoplov dobro uravnotežen i opterećen. Na Y-osi su predstavljeni indeksi i postotak srednje aerodinamičke tetive (MAC). Sjecište odgovarajućih masa i indeksa točka je uravnoteženja zrakoplova za navedenu masu, i ono se uvijek treba nalaziti unutar operativnih granica koje su zadane. Indeks za ZFW iznosi 61, za TOW 58,8 što je također isčitano iz dijagrama. Postotak srednje aerodinamičke tetive za ZFW iznosi 30%, a za TOW 28,2 %. Nakon što se isčitaju vrijednosti za indekse i postotak za srednju aerodinamičku tetivu, izrađuje se dijagram trim, koji nam pokazuje da li je zrakoplov opterećen prema nosu ili repu zrakoplova. Na taj dijagram se prenosi postotak srednje aerodinamičke tetive za TOW koji je u ovom slučaju 28,2 %. To nam pokazuje da je težište zrakoplova pomaknuto malo prema unatrag, odnosno prema repu zrakoplova, stoga je korigiranje vrlo malo i smanjena je potrošnja goriva. Nakon izrade Lista uravnoteženja i opterećenja je valjana tek nakon potpisa od strane kapetana zrakoplova koji je dužan prije potpisa provjeriti točnost masa, centra težišta i rasporeda tereta. Lista se izrađuje u četiri primjerka. Izvornik, prva i zadnja preslika idu prijevozniku, od kojih preslike ostaje prijevozniku, a izvornik se predaje osoblju na zračnoj luci opredjeljenja. Druga preslika ostaje u pohrani zračne luke polijetanja. U nastavku na slici 21. prikazana je izrađena Lista uravnoteženja i opterećenja za zrakoplov A319 zračnog prijevoznika Croatia Airlines sa istim parametrima kao i za zrakoplov A320.

Nakon što su izrađene Liste uravnoteženja i opterećenja za oba zrakoplova, A320 i A319, može se reći kako položaj težišta uvelike igra glavnu ulogu u kretnji zrakoplova, uvjetuje njegove letačke sposobnosti, te stabilnost i upravljivost tim zrakoplovima. Prema grafičkom dijelu Liste uravnoteženja i opterećenja za oba zrakoplova, težište je ispalo približno oko 30% srednje aerodinamičke tetive, što bi značilo da je otprilike na središnjci zrakoplova.

Iz tih razloga proizvođači zrakoplova dostavljaju kupcima granične vrijednosti položaja težišta, i to krajnji prednji dopušten položaj težišta i krajnji stražnji dopušten položaj težišta.⁴³ A slučajevi zrakoplova A320 i A319 nalaze se u odobrenim granicama.

⁴³ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva I., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

6. ZAKLJUČAK

Proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova sastavni je dio cjelokupnog procesa prihvata i otpreme zrakoplova. Taj proces jedan je od najvažnijih koraka prilikom pripreme zrakoplova za novi let, te je usko vezan za daljnje performanse zrakoplova u svim fazama leta, počevši od rulanja, polijetanja, penjanja, krstarenja, prema poniranju, prilazu i naposljetku slijetanju zrakoplova.

Za izradu Liste uravnoteženja i opterećenja potrebno je prikupiti svu dokumentaciju koja se izrađuje posebno za svaki let. Svaka organizacijska jedinica mora prikazati stvaran broj svakog elementa koji će biti na letu, da bi shodno tim podacima ured za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova, bez propusta i prema pravilima, odradio na što bolji način cjelokupan proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Svaki zračni prijevoznik ima drugačiji izgled Liste uravnoteženja i opterećenja, ali one moraju biti u skladu s regulativom i propisima koji su doneseni od strane IATA-e. Balanser koji izrađuje Listu mora biti osoba licencirana i školovana za taj posao, te kada izrađuje Listu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova dužnost mu je izraditi ju u skladu s važećom domaćom i međunarodnom regulativom. Najbitnija stvar je da se cjelokupan proces odradi bez ijednog propusta, jer ako dođe do prekoračenja ukupne mase zrakoplova, koju propisuje proizvođač tog istog zrakoplova, prekoračenje može utjecati na sile koje utječu na zrakoplov (uzgon, potisak, otpor i gravitacijska sila) koje u najgorem slučaju mogu uzrokovati nesreću zrakoplova.

Na temelju izrade slučaja u radu za zrakoplov A320 zračnog prijevoznika Croatia Airlines, zaključuje se da u svim fazama procesa uravnoteženja i opterećenja trebaju biti ispravno donesene odluke na temelju dobivenih podataka, kako ne bi došlo do krivih odluka i postupaka što uvelike može utjecati na sigurnost zrakoplova, a samim time i putnika, te ostalih djelatnika zračne luke. U radu je prikazana i usporedba između dva zrakoplova istog zračnog prijevoznika, na temelju koje se može zaključiti da je izrada Liste uravnoteženja i opterećenja blisko povezana, i veoma slična za izradu, osim razlika koje su zadane u priručnicima zračnih prijevoznika za svaki zrakoplov posebno. Zrakoplovi A319 i A320 su uskotrupni, dvomotorni mlažnjaci iz iste obitelji Airbus industrije. Oblikom i karakteristikama su veoma slični, ali se razlikuju po dužini. Kod oba zrakoplova centar težišta praznog zrakoplova se nalazi ispred glavnog podvozja, i ono se mijenja tijekom procesa prihvata i otpreme zrakoplova, i samoga leta. Položaj centra težišta praznog zrakoplova A320 nalazi se

na 28,5% srednje aerodinamičke tetive, dok se kod zrakoplova A319 nalazi na 30,5% MAC. Prazan zrakoplov A320 ima težište više prema nosu zrakoplova, a A319 prema repu zrakoplova. S obzirom na izradu slučaja za oba zrakoplova sa istim scenarijem izuzev broja putnika, prikazano je da s istim utovarom zrakoplov A320 opterećen prema nosu zrakoplova i centar težišta mu se nalazi na 30,5% MAC, dok je A319 opterećen prema repu zrakoplova i centar težišta sa ukupnim teretom mu iznosi 28,2% MAC. S obzirom da se zrakoplovu A320 centar težišta nalazi više prema nosu zrakoplova, može se reći da je takav zrakoplov osjetljiviji jer je kod takvog leta potrebno dodatno korigiranje zrakoplova što izaziva dodatnu potrošnju goriva zbog dodatnog otpora. Za razliku od zrakoplova A319 kojem je centar težišta više prema repu zrakoplova, nije potrebno korigiranje zrakoplova što uvelike smanjuje potrošnju goriva, iako je utovarena ista količina tereta, pošte, prtljage i putnika kao i kod izrade slučaja za zrakoplov A320. Oba zrakoplova su opterećena simetrično i približno prema centru težišta samog zrakoplova. S obzirom da su veoma slični, uravnoteženje i opterećenje tih zrakoplova se vrši na sličan način.

Prema svim podacima u ovom radu zaključuje se da svi elementi koji utječu na neki zrakoplov moraju biti u određenim granicama propisanim od proizvođača, te da se procesom uravnoteženja i opterećenja dolazi do točke u kojoj sila teže djeluje na masu zrakoplova koja se naziva težište.

Popis literature

1. Airbus; Flight Operations Support & Line Assistance: Getting to Grips with Aircraft Weight and Balance
2. Understanding and Using Chapter 1 „Control and Loading“
3. Jirasek, D.: Težine i uravnoteženje zrakoplova, Zračna luka Zagreb, Zagreb, 1998.
4. Nastavni materijali: Uravnoteženje i opterećenje, Fakultet prometih znanosti Zagreb, 2016.
5. Pavlin, S., Bračić, M.: Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2014.
6. Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva I., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
7. Nastavni materijali: Osnove tehnike zračnog prometa, Vidović, A., Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
8. Croatia Airlines, Aircraft Data, A320-214 AHM 560
9. Croatia Airlines, Aircraft Data, A319-112 AHM 560
10. Internetska stranica, URL: www.airbus.com, (pristupljeno: srpanj, 2017.)
11. Internetska stranica, URL: <https://www.airlines-inform.com/commercial-aircraft/Airbus-A320.html>, (pristupljeno: srpanj, 2017.)
12. Internetska stranica, URL: www.croatiaairlines.com, (pristupljeno: srpanj, 2017.)
13. Internetska stranica, URL: <http://members.liwest.at/gerys/airbus320-321.htm>, (pristupljeno: srpanj, 2017.)
14. Internetska stranica, LTU International Airways, Ground Operatios Manual (pristupljeno: srpanj, 2017.)

Popis slika

Slika 1.: Sile koje djeluju na zrakoplov u ustaljenom horizontalnom letu.....	3
Slika 2.: Osi za određivanje momenata zrakoplova	4
Slika 3.: Slika dijagrama dozvoljenog položaja težišta zrakoplova A320	7
Slika 4.: Mase zrakoplova i njihov međusobni odnos.....	11
Slika 5.: Grafička metoda za izradu liste za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova A319 ...	14
Slika 6. Dijagram distribucije dokumenata u procesu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova	16
Slika 7.: Primjer Putničkog Manifesta	18
Slika 8.: Primjer Teretnog Manifesta	19
Slika 9.: Uputa ukrcanja/iskrcanja za zrakoplov Airbus 319 Croatia Airlines zračnog prijevoznika.....	20
Slika 10.: Prikaz zrakoplova A320 sa prtljažnim odjeljcima	23
Slika 11.: Zrakoplov Airbus 320 zračnog prijevoznika Croatia Airlines.....	25
Slika 12.: Uputa ukrcanja/iskrcanja sa početnim podacima za zrakoplov A320	28
Slika 13.: Suha Operativna masa i pripadajući indeksi za zrakoplov A320.....	30
Slika 14.: Mase zrakoplova A320 zračnog prijevoznika Croatia Airlines	32
Slika 15.: Standardne težine putnika	32
Slika 16.: Ručni izračun liste uravnoteženja i opterećenja za zrakoplov A320	35
Slika 17.: Promjene u posljednjim trenucima	37
Slika 18.: Uputa ukrcanja/iskrcanja s izvješćem zrakoplova A319 Croatia Airlines.....	40
Slika 19.: Mase zrakoplova s obzirom na registraciju zrakoplova A319 zračnog prijevoznika Croatia Airlines	41
Slika 20.: Suha Operativna masa i pripadajući indeksi za zrakoplov A319.....	41
Slika 21.: Ručni izračun Liste uravnoteženja i opterećenja za zrakoplov A319.....	44

Popis tablica

Tablica 1. Nosivost prtljažnih odjeljaka zrakoplova A320	24
Tablica 2. Tehničke specifikacije i značajke zrakoplova A320	25
Tablica 3. Početni podaci za izradu upute ukrcaja/iskrcaja s izvješćem (engl. Loading Instruction Report, LIR)	26
Tablica 4. Parametri za izradu Liste uravnoteženja i opterećenja	29
Tablica 5. Korekcija balansa zrakoplova za A320	37
Tablica 6.: Početni podaci za izradu Upute ukrcaja/iskrcaja s izvješćem za zrakoplov A319.	39
Tablica 7. Parametri za izradu Liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A319	42



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**

A320 prijevoznika Croatia Airlines

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

U Zagrebu, 28.8.2017. _____

Student/ica:

Nadia Horvat

(potpis)