

# Proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A321

---

**Bura, Ivana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*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:119:019793>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-28**



*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Ivana Bura**

**PROCES URAVNOTEŽENJA I  
OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA AIRBUS  
A321 PRIJEVOZNIKA TURKISH AIRLINES**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2019.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**ZAVRŠNI RAD**

**PROCES URAVNOTEŽENJA I  
OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA AIRBUS  
A321 PRIJEVOZNIKA TURKISH AIRLINES**

**WEIGHT AND BALANCE PROCESS FOR TURKISH  
AIRLINES AIRBUS A321 AIRCRAFT**

Mentor: Doc. dr. sc. Igor Štimac

Student: Ivana Bura

JMBAG: 0135244709

**Zagreb, rujan 2019.**

## SAŽETAK

U završnom radu obrađeni su i objašnjeni svi pojmovi vezani za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova Airbus A321 zračnog prijevoznika Turkish Airlines. Na zrakoplov tijekom leta djeluju aerodinamične sile i momenti koji omogućuju let zrakoplova. Posebnu pažnju prilikom uravnoteženja i opterećenja zrakoplova treba obratiti na mase zrakoplova, odnosno ne smije doći do prekoračenja maksimalnih masa zrakoplova. Za siguran let zrakoplova potrebno je odrediti centar težišta zrakoplova unutar dozvoljenih granica kako bi zrakoplov mogao sigurno uzletjeti, te kako tijekom leta ne bi došlo do pada zrakoplova. Pomicanjem tereta i prtljage prema nosu ili repu zrakoplova znatno se utječe na poziciju centra težišta zrakoplova, te do pomicanja istoga ne smije doći bez dozvole nadležne osobe. Nakon prikupljene sve potrebne dokumentacije može započeti izrada liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, koja također predstavlja završnu radnju prihvata i otpreme zrakoplova.

Ključne riječi: aerodinamične sile i momenti; metode uravnoteženja i opterećenja; dokumentacija; mase zrakoplova; izrada liste uravnoteženja i opterećenja.

## SUMMARY

In this final work is completely analyzed balancing and payload for aircraft Airbus A321 from Turkish Airlines. During the flight there are aerodynamic forces and moments that are affecting on the aircraft and enable flying. During the balancing aircraft special care has to be taken for aircraft mass, because every mass on the aircraft can not be exceeded. For the safe flight of the aircraft center of gravity has to be inside allowed boundaries. While loading a cargo closer to the nose of the aircraft or the tail has effect that move center of gravity outside of allowed boundaries and also has to be supervised. After all collected data and documentation the process of producing load and balance sheet can be started and that action represents the final facet of the whole process of aircraft handling.

Key words: aerodynamical forces and moments; weight and balance control ;documentation; masses of aircraft; process of producing load sheet.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. DEFINIRANJE OSNOVNIH PARAMETARA ZA URAVNOTEŽENJE I OPTEREĆENJE ZRAKOPLOVA</b> .....	2
2.1. Aerodinamične sile .....	2
2.2. Aerodinamični momenti osi zrakoplova.....	3
2.3. Mase zrakoplova.....	4
2.3.1. Konstrukcijske mase zrakoplova.....	4
2.3.2 Stvarne mase zrakoplova.....	6
2.3.3. Operativne mase zrakoplova .....	7
<b>3. METODE URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA</b> .....	10
3.1. Analitičko - matematička metoda.....	10
3.2. Grafička metoda.....	12
3.3. Indeksa metoda .....	14
3.4. Računanje Basic Indeksa.....	15
<b>4. DISTRIBUCIJA INFORMACIJA VEZANIH ZA URAVNOTEŽENJE I OPTEREĆENJE ZRAKOPLOVA</b> .....	16
4.1. Dokumentacija u procesu prihvata i otpreme zrakoplova.....	18
4.1.1. Putnički manifest.....	18
4.1.2. Teretni manifest .....	19
4.1.3. Obavijest kapetanu .....	23
4.1.4. Lista utovara.....	24
4.1.5. Zračni teretni list .....	26
4.1.6. Lista opterećenja .....	28
4.1.7. Opća deklaracija.....	30
<b>5. KARAKTERISTIKE ZRAKOPLOVA AIRBUS A321</b> .....	31
<b>6. PROCES UTOVARA I IZRADA LISTE OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA AIRBUS A321 – STUDIJA SLUČAJA</b> .....	36
6.1. Postupak izrade liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A321     prijevoznika Turkish Airlines .....	36
6.2. Izrada liste utovara za zrakoplov Airbus A321 prijevoznika Turkish Airlines .....	47
6.3. Primjer izrade liste uravnoteženje i opterećenja zrakoplova Airbus A321 prijevoznika Turkish Airlines sa centrom težišta unutar operativnih granica .....	49
6.4. Primjer izrade liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A321 prijevoznika Turkish Airlines sa centrom težišta izvan certificirane granice .....	52
<b>7. ZAKLJUČAK</b> .....	55
<b>LITERATURA</b> .....	56

<b>POPIS SLIKA .....</b>	<b>58</b>
<b>POPIS TABLICA.....</b>	<b>59</b>

## 1. UVOD

U završnom radu opisan je proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A321 zračnog prijevoznika Turkish Airlines.

Da bi se moglo zrakoplovom upravljati, zrakoplov treba biti upravljiv po svim osima. Također, treba ispuniti uvjete sigurnosnog letenja, a jedan od preduvjeta sigurnog letenja je i stabilnost zrakoplova.

Svaki zrakoplov ima posebnu konfiguraciju, te je konstruiran na način da zadovolji određenu nosivost, odnosno masu tereta i putnika koju može prenijeti. Do prekoračenja masa zrakoplova, ne smije doći niti u jednom trenutku, jer može doći do oštećenja strukture zrakoplova, oštećenje opreme zračne luke, te se može ugroziti sigurnosti putnika, posade i osoblja zračne luke.

Zbog određene nosivosti, teret u teretnim odjeljcima mora biti pravilno raspoređen, te o tome brigu mora voditi nadležna osoba za izradu liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, koja također sastavlja i plan utovara.

Dokumenti koji su potrebni u prihvatu i otpremi zrakoplova su: Opća deklaracija, putnički manifest, teretni manifest, lista utovara, zračni teretni list, obavijest kapetanu, te na kraju listu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.

Nadležna osoba za izradu liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova mora imati sve potrebne dokumente prije nego li započne izradu liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.

U radu su definirani osnovni parametri vezani za proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, dokumentacija koja je potrebna za izradu liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, te se uz izrađene liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova navode završna razmatranja.

## 2. DEFINIRANJE OSNOVNIH PARAMETARA ZA URAVNOTEŽENJE I OPTEREĆENJE ZRAKOPLOVA

### 2.1. Aerodinamične sile

Pri ustaljenom horizontalnom letu na zrakoplov djeluju četiri osnovne sile koje uz pomoć nosećih površina održavaju zrakoplov u zraku, te su prikazane na slici 1. To su sljedeće sile:

- Sila mase zrakoplova,
- Sila otpora,
- Sila uzgona i
- Sila potiska [1].



**Slika 1.** Prikaz sila u horizontalnom ustaljenom letu

Izvor: [2]

Sila mase zrakoplova ( $G$ ) je ukupna težina zrakoplova koju savladava sila uzgona ( $F_z$ ), a otpore ( $F_x$ ) savladava vučna ili potisna sila ( $F_t$ ).

**Sila mase zrakoplova** je ukupna masa koja odgovara gravitacijskoj sili zemljine sile teže.

**Sila uzgona** najvećim se dijelom formira pomoću krila gdje još sudjeluju horizontalne repne površine i trup zrakoplova, međutim, pri malim i srednjim napadnim kutovima njihov utjecaj se može zanemariti. Čestice zraka na gornjoj strani krila, imaju veću brzinu nego na donjoj strani krila. Tako zaključujemo da u području većih brzina mora biti manji tlak, odnosno tlak na gornjaci će biti manji od tlaka na donjaci, te zbog razlike tlakova će se formirati sila koja se naziva uzgon.

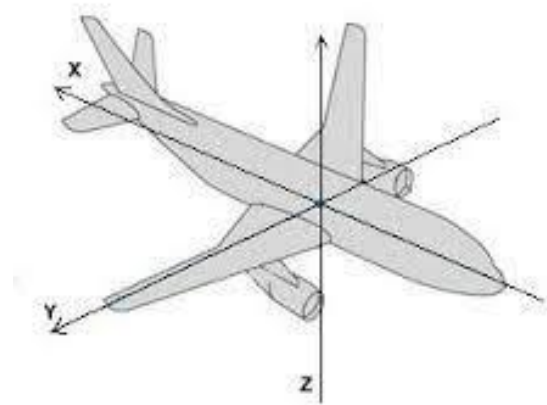


**Sila otpora** nastaje kada viskozni fluid struji oko tijela. Postoje dvije vrste otpora, otpor oblika i otpor trenja. Otpor trenja i otpor oblika zajedno tvore otpor profila [1].

**Sila potiska** je sila koju stvaraju motori zrakoplova izlaznim potiskom mlaznog motora ili pomoću propelera[1].

## 2.2. Aerodinamični momenti osi zrakoplova

Težište zrakoplova određuje se pomoću tri momentnih osi zrakoplova, os **X**, os **Y** i os **Z**, što je prikazano na slici broj 2. Moment je sprega sile i kraka. Težina množena krakom daje za ishod neki moment [3].



**Slika 2.** Momenti osi oko zrakoplova

Izvor:[4]

Os **X** je zamišljena crta koja prolazi uzduž zrakoplova, od nosa do rep ate omogućuje zrakoplovu moment naginjanja 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.

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). Izračun MAC je prikazan formulom 1 za svaku od stvarnih težina.

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 [3].

Prema [4] izračun srednje aerodinamične tetive pomoću formule (1) :

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

## 2.3. Mase zrakoplova

Mase zrakoplova su najvažniji parametri pri izradi liste opterećenja i uravnoteženja zrakoplova. Važno je poznavati maksimalne vrijednosti masa zrakoplova jer se one ne smiju prekoračiti. Mase s kojima se susreće balanser zrakoplova su konstrukcijske, operative i stvarne mase [3].

### 2.3.1. Konstrukcijske mase zrakoplova

Konstrukcijske mase zrakoplova određene su 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 [3].

U konstrukcijske mase zrakoplova ubrajaju se:

- *Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova na stajanci (engl. Maximum Design Ramp Mass – MDRM)* je najveća moguća masa potpuno opterećenog

zrakoplova. To je masa prije paljenja motora i bilo kakvog kretanja po stajanci. Ne smije biti prekoračena zbog strukturalne čvrstoće zrakoplova.

- *Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova pri kretanju (engl. Maximum Design Taxi Mass – MDTM)* je najveća moguća masa zrakoplova umanjena za težinu goriva za startanje i probu motora. Prekoračenjem ove mase može doći do oštećenja na spojevima trupa i stajnog trapa, te trupa i krila.
- *Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova na polijetanju (engl. Maximum Desing Take Off Mass – MDTOM)* je najveća moguća masa zrakoplova pri polijetanju umanjena za težinu goriva za kretanje po voznoj stazi. Uvjetovana je aerodinamičnim značajkama zrakoplova, te snagom vlastitih motora. Pri ovoj masi zrakoplov može sigurno uzletjeti.
- *Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova bez goriva (engl. Maximum Design Zero Fuel Mass – MDZFM)* je masa do koje se zrakoplov smije opteretiti ukrcanim teretom u trup. Prekoračenjem ove mase dolazi do oštećenja na spojevima krila i trupa. U masu nije uključena masa goriva.
- *Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova pri slijetanju (engl. Maximum Design Landing Mass – MDLM)* je najveća masa zrakoplova pri slijetanju. Računski gledano, to je masa kod polijetanja umanjena za potrošeno putno gorivo (trip fuel). Prekoračenjem ove mase dolazi do oštećenja stajnog trapa [1].

### 2.3.2 Stvarne mase zrakoplova

Stvarne mase zrakoplova su mase s kojima se zrakoplov kreće po manevarskim površinama, te također ne smiju biti prekoračene od njihovih maksimalnih vrijednosti.

Stvarne mase zrakoplova podijeljene su na:

- *Tvornička masa praznog zrakoplova (engl. Manufacturers Empty Mass – MEM)* 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. Basic Empty Mass – BEM)* je tvornička masa praznog zrakoplova kojoj je nadodana masa ne iskorištenih tekućina (gorivo, mazivo...).
- *Osnovna masa zrakoplova (engl. Basic Mass – BM)* jednaka je osnovnoj masi praznog zrakoplova, te joj je nadodana masa operativne opreme (motorno ulje, tekućina za odleđivanje, priručnici...).
- *Stvarna masa zrakoplova bez goriva (engl. Actual Zero Fuel Mass – AZFM)* jednaka je masi suhe operativne težine i ukupno ukrcanog tereta (DOM + TTL (Total Traffic load)) no bez goriva.
- *Stvarna masa zrakoplova na polijetanju (engl. Actual Take Off Mass – ATOM)* je masa koja je jednaka zbroju operativne mase i ukupno ukrcanog tereta.
- *Stvarna masa zrakoplova na slijetanju (engl. Actual Landing Mass – ALM)* je razlika između stvarne mase zrakoplova na polijetanju i potrošenog putnog goriva (ATOM – TF (trip fuel)).
- *Stvarna masa zrakoplova pri kretanju po zemlji (engl. Actual Taxi Mass – ATM)* je zbroj suhe operativne težine, ukupnog tereta i ukupno potrebnog goriva [1].

### 2.3.3. Operativne mase zrakoplova

- *Suha operativna masa (engl. Dry Operating Mass - DOW)* je osnovna masa zrakoplova kojoj se dodaju promjenjivi operativni dodaci kao na primjer masa posade i njihove prtljage, masa hrane i pića, oprema za vezanje terete itd. Masa se mijenja ovisno o broju članova posade (slika 3.).
- *Operativna masa (engl. Operating Mass - OW)* je masa koja je jednaka zbroju suhe operativne mase i potrebnog goriva za let. Operativna masa je najveća masa koju zrakoplov može imati na određenom aerodromu iz operativnih razloga [1].

% 100 POTABLE WATER							% 75 POTABLE WATER						
CREW	PANTRY CODES						CREW	PANTRY CODES					
	N	D	G	U	V	W		N	D	G	U	V	W
2/1	50450	50088	50229	50010	50181	50132	2/1	50400	50038	50179	49960	50131	50082
	39,1	37,6	38,9	39,1	41,1	39,9		38,3	36,8	38,1	38,3	40,3	39,1
2/4	50675	50313	50454	50235	50406	50357	2/4	50625	50263	50404	50185	50356	50307
	40,0	38,5	39,8	40,0	42,0	40,8		39,2	37,7	39,0	39,2	41,2	40,0
2/5	50750	50388	50529	50310	50481	50432	2/5	50700	50338	50479	50260	50431	50382
	41,2	39,7	41,0	41,2	43,2	42,0		40,4	38,9	40,2	40,4	42,4	41,2
2/6	50825	50463	50604	50385	50556	50507	2/6	50775	50413	50554	50335	50506	50457
	40,0	38,5	39,8	40,0	42,0	40,8		39,2	37,7	39,0	39,2	41,2	40,0
2/7	50900	50538	50679	50460	50631	50582	2/7	50850	50488	50629	50410	50581	50532
	41,2	39,7	41,0	41,2	43,2	42,0		40,4	38,9	40,2	40,4	42,4	41,2
2/8	50975	50613	50754	50535	50706	50657	2/8	50925	50563	50704	50485	50656	50607
	42,4	40,9	42,2	42,4	44,4	43,2		41,6	40,1	41,4	41,6	43,6	42,4
3/1	50535	50173	50314	50095	50266	50217	3/1	50485	50123	50264	50045	50216	50167
	37,7	36,2	37,5	37,7	39,7	38,5		36,9	35,4	36,7	36,9	38,9	37,7
3/4	50760	50398	50539	50320	50491	50442	3/4	50710	50348	50489	50270	50441	50392
	38,6	37,1	38,4	38,6	40,6	39,4		37,8	36,3	37,6	37,8	39,8	38,6
3/5	50835	50473	50614	50395	50566	50517	3/5	50785	50423	50564	50345	50516	50467
	39,8	38,3	39,6	39,8	41,8	40,6		39,0	37,5	38,8	39,0	41,0	39,8
3/6	50910	50548	50689	50470	50641	50592	3/6	50860	50498	50639	50420	50591	50542
	38,6	37,1	38,4	38,6	40,6	39,4		37,8	36,3	37,6	37,8	39,8	38,6
3/7	50985	50623	50764	50545	50716	50667	3/7	50935	50573	50714	50495	50666	50617
	39,8	38,3	39,6	39,8	41,8	40,6		39,0	37,5	38,8	39,0	41,0	39,8
3/8	51060	50698	50839	50620	50791	50742	3/8	51010	50648	50789	50570	50741	50692
	41,0	39,5	40,8	41,0	43,0	41,8		40,2	38,7	40,0	40,2	42,2	41,0

**Slika 3.** Tablica odnosa suhe operativne težine, suhog operativnog indeksa i posade

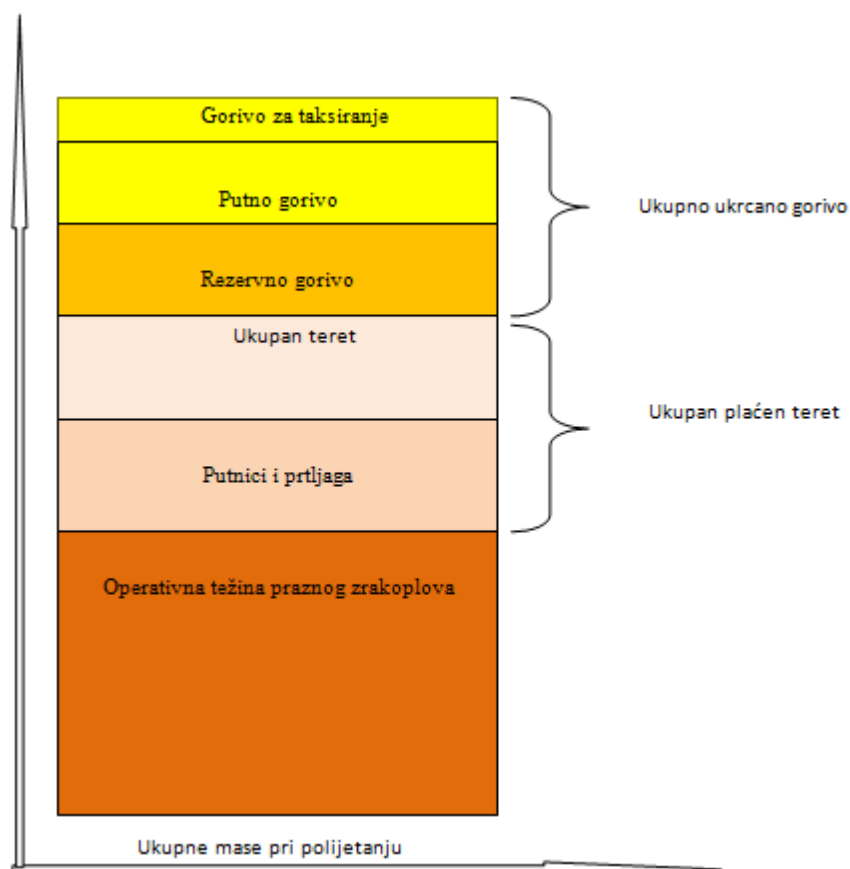
Izvor:[6]

Prilikom izračuna centra težišta zrakoplova, iznimno je važno voditi računa o maksimalnim konstruktivnim masama koje propisuje proizvođač, te koje ne smiju biti prekoračene. Prekoračenjem tih masa može doći do oštećenja strukture zrakoplova na

spojevima krilo – trup, te oštećenja nosnog i glavnog stajnog trapa ili u najgorem scenariju pada zrakoplova.

Kako bi se zrakoplov doveo u područje stabilnosti, potrebno je ravnomjerno rasporediti sve mase koje uključuju gorivo, teret, opremu te same komponente zrakoplova koje se nalaze u zrakoplovu prikazano slikom 4.

U zrakoplovu osim putnog goriva mora se nalaziti i rezervno gorivo koje ne treba biti potrošeno za vrijeme leta. U rezervno gorivo spada gorivo za *holding*, tj. gorivo za kruženje iznad aerodroma slijetanja u slučaju kašnjenja. U rezervno gorivo također spada i gorivo za alternaciju čija količina ovisi o udaljenosti odredišnog i alternativnog aerodrome u normalnim uvjetima. Osim putnog i rezervnog goriva, za sigurno obavljanje leta, potrebno je još i gorivo za početno startanje motora, gorivo potrebno za vožnju od stajanke do uzletno sletne staze (engl. Taxi fuel), te gorivo za uzlijetanje (engl. Take - Off Fuel) [3].



**Slika 4.** Ukupne težine goriva, tereta, putnika i opreme zrakoplova  
Izvor: [4]

Također , uz gorivo, za stabilnost zrakoplova potrebno je uzeti u obzir i ukupno plaćeni teret (engl. Total Payload) koji se sastoji od masa poštanskih pošiljaka, robe, putničke prtljage te samih putnika koji putuju određenim letom. Uz mase goriva i ukupnog plaćenog terete ubraja se i masa samog zrakoplova sa svom opremom, tekućinama i mazivima potrebnim za obavljanje leta [4].

### 3. METODE URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA

Centar težišta zrakoplova moguće je izračunati pomoću tri metode, analitičko matematičke metode, grafičke i indeksne metode. Sve tri metode na kraju izračuna daju isti rezultat, ali im se postupak razlikuje.

#### 3.1. Analitičko - matematička metoda

Zbog dugotrajnosti postupka, analitičko matematička metoda, nije pogodna za uravnoteženje zrakoplova.

##### a) Za prazan zrakoplov

Centar težišta praznog zrakoplova izračunava proizvođač zrakoplova u tvornici, računajući masu svake komponente zrakoplova i njezinu udaljenost od koordinatnog početka (Slika 5.) i na taj način se dobiju momenti. Osnovni uvjet težišta zrakoplova je da zbroj svih sila i momenata u toj točki bude jednak nuli  $\sum F = 0$ ,  $\sum M = 0$ . Ako zrakoplov nije u ravnoteži javljaju se momenti oko X osi, moment penjanja i moment spuštanja, te oko Y osi, moment naginjanja na lijevo ili desno krilo [3].



Slika 5. Analitičko – matematička metoda za prazan zrakoplov

Izvor: [2]

Prema [3] analitičko – matematička metoda za prazan zrakoplov računa se pomoću formule (2):

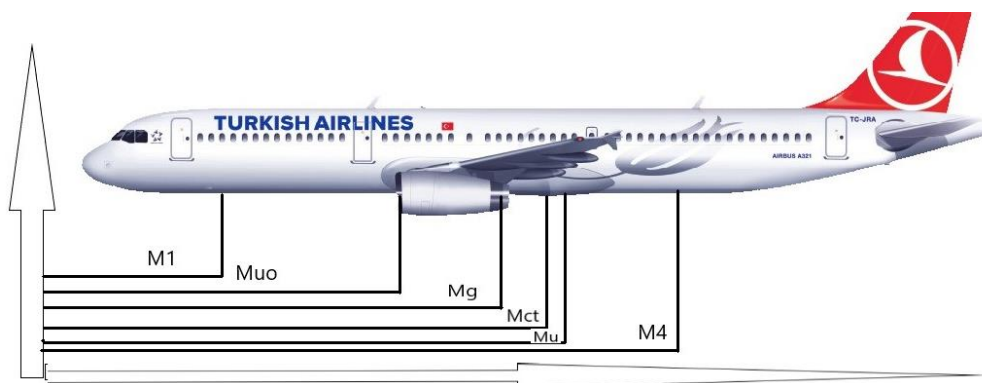
$$X_a = \frac{X_{nk} \cdot M_{NK} + X_{st} \cdot M_{ST} + X_m \cdot M_M + X_k \cdot M_K + X_{rp} \cdot M_{RP} + X_u \cdot M_U}{M_{NK} + M_{ST} + M_M + M_K + M_{RP} + M_U} \quad (2)$$

- $X_{nk}$  i  $M_{NK}$  položaj i masa nosnog kotača,
- $X_{st}$  i  $M_{ST}$  položaj i masa stajnog trapa,



- $X_m$  i  $MM$  položaj motora i masa motora,
- $X_k$  i  $MK$  položaj i masa krila,
- $X_{rp}$  i  $MRP$  položaj i masa repnih površina,
- $X_u$  i  $MU$  ukupna masa zrakoplova [3].

b) Za puni zrakoplov



Slika 6. Analitičko – matematička metoda za puni zrakoplov

Izvor: [2]

Prema [3] analitičko – matematička metoda za puni zrakoplov računa se pomoću formule (3):

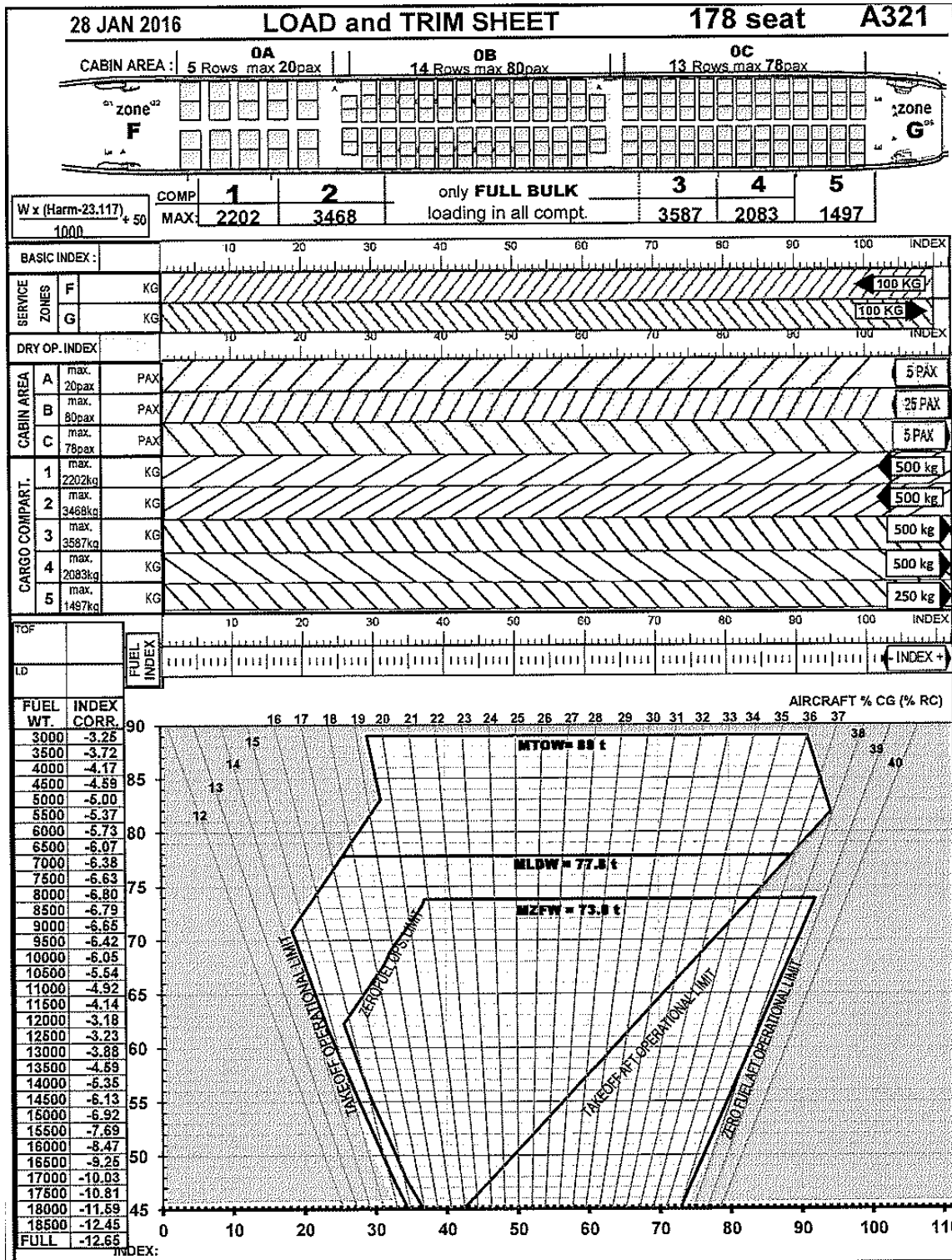
$$X_a = \frac{X_1 \cdot M_1 + X_{uo} \cdot M_{uo} + X_g \cdot M_g + X_{ct} \cdot M_{ct} + X_4 \cdot M_4 + X_u \cdot M_u}{M_1 + M_{uo} + M_g + M_{ct} + M_4 + M_u} \quad (3)$$

- $X_1$  i  $M_1$  položaj i masa prvog prtljažnog odjeljka,
- $X_{uo}$  i  $M_{uo}$  položaj i ukupna masa odjeljka,
- $X_g$  i  $M_g$  položaj i ukupna masa goriva,
- $X_{ct}$  i  $M_{ct}$  položaj i masa centra težišta,
- $X_4$  i  $M_4$  položaj i masu četvrtog prtljažnog odjeljka,
- $X_u$  i  $M_u$  položaj i ukupnu masu [3].

### 3.2. Grafička metoda

Grafičkom metodom uklanjaju se moguće pogreške u izračunavanju, ali postupak nije toliko precizan kao indeksni. Za potrebe računanja uravnoteženja zrakoplova grafičkim postupkom potrebno je podijeliti, ukrcaje odjeljke, putničku kabinu i spremnike goriva u odsječke. Svaki odsječak zrakoplova, ovisno o njegovom fizičkom smještaju u odnosu na ravninu, ima utjecaj na uravnoteženje zrakoplova kada u njega ukrcamo teret. Ukrcajem terete ispod osnovne ravnine stvaramo negativan moment, a ukrcajem iza postićemo suprotan učinak.

Kada se obilježe odsječci zrakoplova, određuje se grafička dužina pomaka težine za neki krak unutar svakog odsječka. Grafički prikaz položaja težišta zastupljeniji je od indeksnog, te je prikazan slikom 7. [3].



This Load & Trim sheet is valid for: TC-JMH

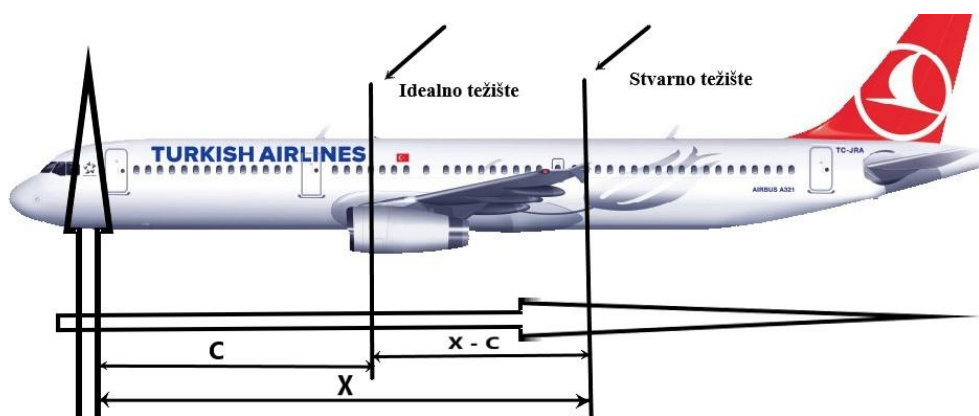
REV00

Slika 7. Grafička metoda uravnoteženja zrakoplova

Izvor: [6]

### 3.3. Indeksa metoda

Uvođenjem indeksa (pojam za bez dimenzionalni cijeli broj) uklanja se mogućnost pogrešaka u proračunavanju. Indeks je preobraženi moment ili broj koji predstavlja moment, a u sprezi s masom zrakoplova određuje položaj težišta. Indeksa metoda (Slika 8.) temelji se na indeksima koji se očitavaju iz tablica. Svaki prijevoznik određuje početni indeks (DOI – Dry Operating Index ili BI – Basic Index) za pojedini zrakoplov u svojoj floti [7].



Slika 8. Indekсна metoda

Izvor: [2]

Prema [3] indeksna metoda računa se prema formuli (4):

$$I = \frac{X-C}{m} * W \quad (4)$$

Indeksnu metodu uravnoteženja zrakoplova čine:

- $I$  Indeks,
- $X - C$  udaljenost idealnog težišta od stvarnog težišta,
- $m$  masa zrakoplova.
- $W$  koeficijent koji određuje razdiobu skale indeksa,

### 3.4. Računanje Basic Indeksa

Prema [3] Basic Indeks se izračunava po formuli (5):

$$BI = \frac{X-C}{m} * BM \quad (5)$$

- **BI** (engl. Basic Index) osnovni index,
- **X – C** udaljenost idealnog težišta do stvarnog težišta,
- **m** masa zrakoplova,
- **BM** (engl. Basic Mass) osnovna masa zrakoplova

Ako se umjesto osnovne mase zrakoplova (engl. Basic Mass - BM) uvrsti suha operativna masa (engl. Dry Operating Mass) dobit ćemo suhi operativni indeks (engl. Dry Operating Index – DOI).

Prema [4] kada se prazan zrakoplov za koji je izračunat DOI (engl. Dry Operating Index) opterećuje potrebno je korigirati indeks kao što je prikazano formulom (6):

$$I_{loaded} = I_{stariDOI} + I_{korekcija} \quad \text{ili} \quad \Delta I = \frac{(X_{RL}-X_T)}{B} * G_T \quad (6)$$

- $X_{RL}$  predstavlja udaljenost od proizvođačevog presjeka do referentne indeksne linije,
- $X_T$  predstavlja udaljenost centra težišta od proizvođačevog presjeka,
- $G_T$  masu ukupnog zrakoplova sa teretom,
- $B$  konstantu koja osigurava da se indeks kreće unutar određenih zona [4].

#### 4. DISTRIBUCIJA INFORMACIJA VEZANIH ZA URAVNOTEŽENJE I OPTEREĆENJE ZRAKOPLOVA

Distribucija informacija, odnosno njihovo prikupljanje i obrada predstavlja važan element u otpremi zrakoplova. Međunarodna organizacija za zračni promet (engl. IATA – International Air Transport Association) propisuje priručnike koji obuhvaćaju propise i pravila kako bi se radnje prihvata i otpreme zrakoplova obavile pravilno.

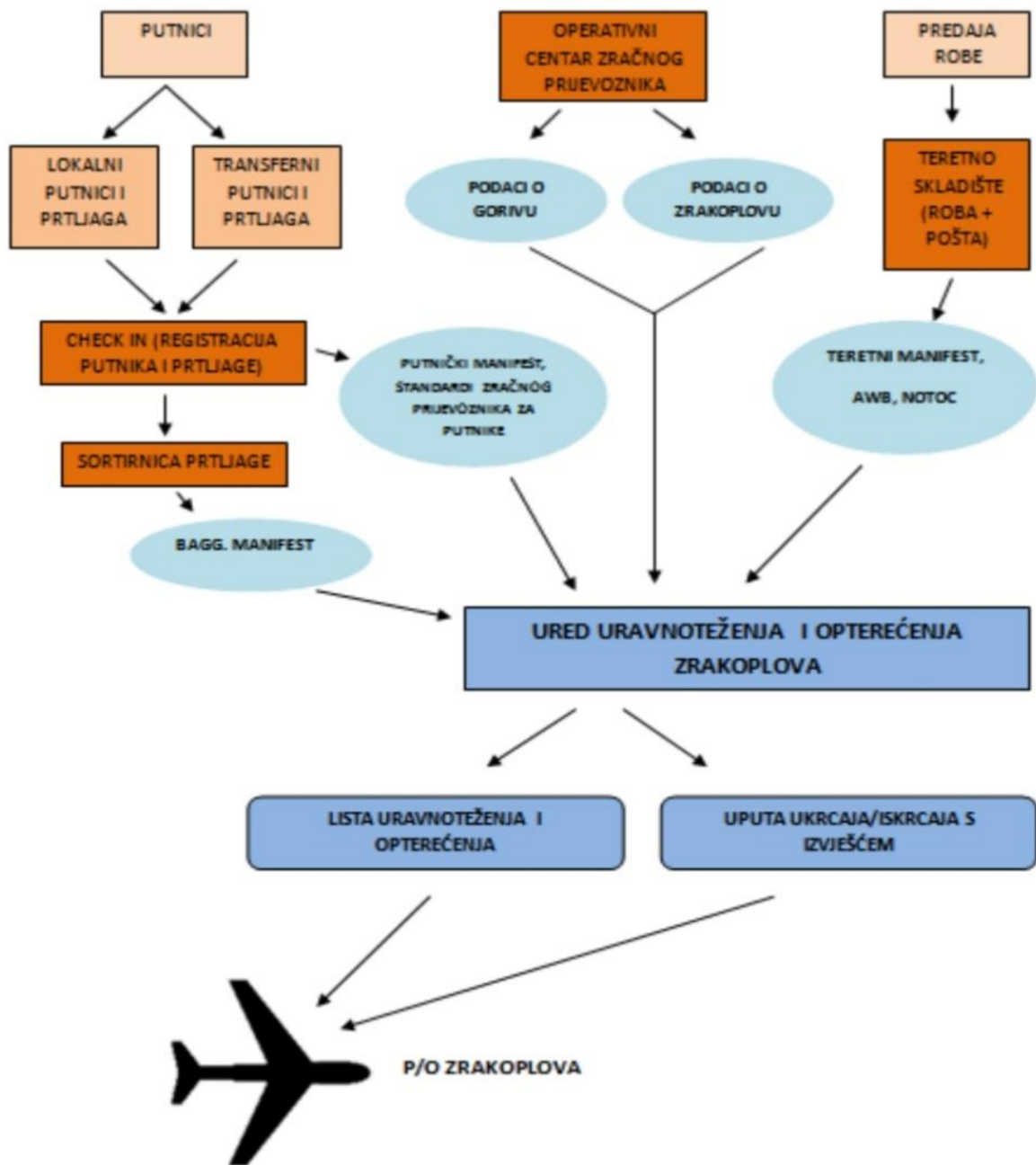
U nastavku je slikom 9. prikazan dio priručnika za prihvat i otpremu zrakoplova, obuku osoblja, te obradu i prikupljanje informacija kao što su: AHM (engl. Airport Handling Manual), DGR (engl. Dangerous Good Regulations), LAR (engl. Live Animals Regulation), GOM (engl. Ground Operations Manual), itd.



**Slika 9.** IATA priručnici  
Izvor: [8]

U IATA priručnicima, prijevoznik može pronaći sve načine i postupke za izračun uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, također u priručnicima je prikazan raspored sjedala u putničkoj kabini, raspored teretnih odjeljaka, te INDEX-i masa za svaki tip zrakoplova.

Također, uz navedene priručnike, svaki zračni prijevoznik dostavlja zračnoj luci svoj priručnik za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova, a koji je specifičan s uputama za svaki tip zrakoplova i registraciju u floti [4].



Slika 10. Dijagram distribucije dokumenata u procesu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova  
Izvor: [9]

## 4.1. Dokumentacija u procesu prijvata i otpreme zrakoplova

### 4.1.1. Putnički manifest

Prilikom izrade liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova važno je znati broj putnika, spol, dob, njihovu masu (u pravilu svaki zračni prijevoznik propisuje vlastite, okvirne, mase putnika s obzirom na spol i dob), te masu i količinu njihove prtljage. Te sve informacije, nakon zatvaranja leta, šalje služba za registraciju putnika i prtljage (engl. Check in) u elektroničkom obliku ili telefonski ukoliko računalni sustav ne radi, uredu za izradu liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova [4]. Putnički manifest (engl. Passenger Manifest) predstavlja poimenični popis putnika, spol, dob, razred prijevoza, te putnikove posebne zahtjeve. Putnički manifest je prikazan dolje slikom 11.

**Passenger Manifest**

Flight Date: \_\_\_\_\_ Air Carrier: \_\_\_\_\_ Flight Number: \_\_\_\_\_  
Departure Location: \_\_\_\_\_ Departure Time: \_\_\_\_\_ AC Type: \_\_\_\_\_  
Host Community: \_\_\_\_\_ Arrival Time: \_\_\_\_\_ AC Reg. #: \_\_\_\_\_

	Last Name, First Name	Sex M/F/C/I	Date of Birth	Special Requirements
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Total Infant (I) 0-2 \_\_\_\_\_ Total Child (C) 2-12 \_\_\_\_\_ Total Female (F) \_\_\_\_\_ Total Male (M) \_\_\_\_\_  
Total Passengers \_\_\_\_\_ Signature \_\_\_\_\_

**Slika 11.** Putnički manifest  
Izvor: [10]



#### 4.1.2. Teretni manifest

Teretni manifest (engl. Cargo Manifest) je dokument koji sadrži popis pošiljaka koje se šalju zrakoplovom na određenom letu, određenog dana na određeno odredište (Slika 12.). Služi također kao pripremna i ukrcajna lista robnih pošiljaka, prijava ukrcaja carini i sadrži podatke o teretu u zrakoplovu. Teretni manifest se izrađuje na osnovi zračnog teretnog lista (engl. AWB - Air Way Bill).

U njega se upisuje broj zračnog teretnog lista pojedine pošiljke, broj komada pošiljke, sadržaj tereta te najbitnije masu tereta koju osoba nadležna za izradu liste uravnoteženja i opterećenja uzima i upisuje u posebne rubrike na listi. Također ako na letu postoje posebne kategorije tereta ili opasna roba koja je propisana IATA pravilnikom o opasnoj robi (engl. Dangerous Goods Regulations).

Prihvat i otprema opasnih roba razlikuje se od obrade drugih posebnih ili standardnih kategorija tereta. Obveza vezanja tereta unutar ukrcajnoj prostora zrakoplova, obveza uporabe kontrolne liste, skladištenje u posebno dizajniranim i za to predviđenim komorama, uporaba NOTOC-a. Uz sve navedeno ostaje jedna bitna razlika karakteristična upravo za prihvat i otpremu opasnih roba, a to je obveza školovanja i polaganja licencije za svakog djelatnika koji je na bilo koji način i u bilo kojoj fazi tehnološkog procesa prihvata i otpreme uključen u obradu dokumenata ili pošiljke opasne robe.

Ukoliko na letu nema tereta u teretni manifest se upisuje „NIL“(engl. Nothing in load) [10].

**AIR CARGO MANIFEST**

19 CFR 122.35, 122.48, 122.52, 122.54, 122.70, 122.110, 122.118

1. PAGE NO.  
**01**

2. AIRCARRIER	3. MARKS OF NATIONALITY AND REGISTRATION	4. FLIGHT NO.
5. PORT OF LOADING	6. PORT OF UNLOADING	7. DATE

ITEMS ARE TO BE FOR CONSOLIDATOR USE ONLY 12. AIRWAYBILL TYPE (B-Bulk, B-Rate, B-Sub)	8. CONSOLIDATOR			9. CO-CONSOLIDATOR		
	13. NO. OF PIECES	14. WEIGHT (kg/Lb)	15. NO. OF UNITS	16. SHIPPER NAME AND ADDRESS	18. CONSIGNEE NAME AND ADDRESS	17. NATURE OF GOODS
11. AIR WAYBILL NO.						

**Slika 12.** Teretni manifest

Izvor:[10]

Na slici 12. prikazan je popunjen teretni manifest koji se koristi na Međunarodnoj zračnoj luci „Franjo Tuđman“. U njemu je prikazan popis tereta koji se nalaze na letu, te o kojim kategorijama tereta se radi.



## CARGO MANIFEST Type 11

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

Owner or Operator: Lufthansa Cargo

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

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

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

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

Pallet/ULD No:				For use by owner/operator			
No	Air Waybill and Part No	No Of Pieces	Nature of goods	Gross Weight	ORI/DES	SHC	Official use
<b>ULD: BULK FRA</b>							
COMMERCIAL CARGO / TRANSIT							
1	020-61551604	3	CONSOLIDATION	1377,0	ZAG/JFK	PER,HEA	X
2	020-61545584	1	SPINDLE PARTS N	100,0	ZAG/ORD		X
3	020-61545573	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	355,0	ZAG/TLS	HEA	C
<b>Total</b>		<b>10</b>		<b>6195,0</b>			
<b>Manifest Totals</b>		<b>10</b>		<b>6195,0</b>			

**Slika 13.** Teretni manifest

Izvor:[10]

Slikom 14. je prikazana IATA tablica razdvajanja opasnih i specijalnih roba. Koja prikazuje koja roba se ne smije prevoziti u istom odjeljku, istom kontejneru ili ULD-u. Kao što je primjer na slici da se skupa ne smiju prevoziti posmrtni ostatci i žive životinje.

**SEGREGATION REQUIREMENTS**

	1.3C	1.3G	1.4B	1.4C	1.4D	1.4E	1.4G	1.4S	2	2.1	2.2	2.3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	6.2	7	8	9	FIL	HUM	EAT	HEG	AVI
	RCX	RGX	RXB	RXC	RXD	RXE	RXG	RXS	RCL	RCG	RNG	RFG	REL	RFS	RSC	REW	ROX	ROP	RPB	RIS	RBY	RCM	ICE					
1.3C	RCX	Explosive																										
1.3G	RGX	Explosive																										
1.4B	RXB	Explosive																										
1.4C	RXC	Explosive																										
1.4D	RXD	Explosive																										
1.4E	RXE	Explosive																										
1.4G	RXG	Explosive																										
1.4S	RXS	Explosive																										
2	RCL	Cryogenic Liquid																										
2.1	RFG	Flammable Gas																										
2.2	RNO	Non-flammable Gas																										
2.3	RFG	Toxic Gas																										
3	RFL	Flammable Liquid																										
4.1	RFS	Flammable Solid																										
4.2	RSC	Spontaneously Combustible																										
4.3	RFW	Dangerous when Wet																										
5.1	ROX	Oxidiser																										
5.2	ROP	Organic Peroxide																										
6.1	RPB	Toxic Substance																										
6.2	RIS	Infectious Substance																										
7	RRY	Radioactive																										
8	RCM	Corrosive																										
9	ICE	Dry Ice																										
	FIL	Undeveloped Film																										
	HUM	Human remains in coffin																										
	EAT	Foodstuffs																										
	HEG	Hatching Eggs																										
	AVI	Live Animals																										

Slika 14. IATA tablica razdvajanja opasne i specijalne robe

Izvor: [10]

#### 4.1.3. Obavijest kapetanu

Za opasnu i specijalnu se robu izdaje poseban dokument, NOTOC (engl. Notification to Captain), kao obavijest kapetanu zrakoplova da se na letu nalazi posebna roba (Slika 15.). U NOTOC – u je navedeno koja vrsta i količina posebne robe se nalazi na zrakoplovu kako bi mogao, po potrebi, regulirati tlak i temperaturu u odjeljcima zrakoplova u slučaju incidentnih situacija reagirati odgovarajućom procedurom. Izdaje ga sam prijevoznik, aerodromska robna služba ili služba uravnoteženja zrakoplova u tri primjerka. Jedan ide kapetanu zrakoplova, drugi odgovornoj osobi za ukrcaj u zrakoplov, a treći ostaje u arhivi službe koja izdaje NOTOC [10].

CROATIA AIRLINES				Notification to Captain (NOTOC)									
Station of Loading <b>ZAG</b>		Flight Number <b>OU414</b>		Date <b>15JAN2010</b>		Aircraft Registration		Distribution Pale green - Captain Blue - Loading Supervisor Brown - Station Originator					
<b>DANGEROUS GOODS</b>				Prepared by <u>ZAGFFXHZIROVIC</u>									
				There is no evidence that any damaged or leaking package containing dangerous goods have been loaded on the aircraft									
Station of Unloading	Air Waybill Number	Proper Shipping Name	Class or Division (for Class 1 Compt. Group)	UN or ID Number	Subsidiary Risk	Number of Packages	Net Quantity or Transport Index per Package	Radioactive Material Category	UN Packing Group	Code (See Reverse)	CAO (X)	Loaded in ULD ID CODE	Loaded in CPT/POS
FRA	1068 8941	life-saving appliances self-inflating	9	UN2890		1	30.0kgG			RMD			
<b>OTHER SPECIAL CARGO</b>				Prepared by _____									
Station of Unloading	Air Waybill Number	Contents and Description	Number of Packages	Quantity	Code	Supplementary Information		Temperature Requirement	Loaded in ULD ID CODE	Loaded in CPT/POS			
FRA	1066 5546	PHARMACEUTICALS	30	430,00	PER			+2 - +6					
<b>SPECIAL BAGGAGE</b>				Prepared by _____									
Station of Unloading	Code	Contents and Description	Number of Packages	Quantity	Supplementary Information		Temperature Requirement	Loaded in ULD ID CODE	Loaded in CPT/POS				
							°C						
<b>PASSENGER</b>				Prepared by _____									
DEST	CODE	NAME	AGE, TITLE or DISABILITY	Special Cargo Codes:		Special Baggage Codes:							
				AV - Live Animalss		PETC - Animal in Cabin AVIH - Animal in Hold							
				EAT - Foodstaff		Passenger Codes:							
				HEG - Hatching Eggs		BLND - Blind Passenger DEAF - Deaf Passenger							
				LHO - Live Human Organ		UM - Unaccompanied Minor WCHR - Wheel Chair Ramp							
				PER - Perishables		VIP - Very Important Passenger WCHS - Wheel Chair Steps							
				VAL - Valuables		WCHC - Wheel Chair Cabin Seat STCR - Stretcher Passenger							
Loaded as shown			Information accepted			DEPO - Deportees INAD - Inadmissible Passenger MEDA - Medical Case (others)							
Loading Supervisor's Signature			Captain's signature										

Slika 15. Obavijest kapetanu – NOTOC

Izvor: [10]

#### 4.1.4. Lista utovara

Lista utovara (engl. Loadin Instruction), prikazana slikom 16; predstavlja oblik komunikacije između odgovorne osobe za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova i odgovorne osobe za ukrcaj tereta u zrakoplov (kontrolora opsluživanja). S jedne strane omogućava odgovornoj osobi za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova da preda plan utovara odgovornoj osobi za ukrcaj tereta u zrakoplov, a s druge strane omogućava odgovornoj osobi za ukrcaj tereta u zrakoplov da sazna sve informacije o samom teretu (sadržaj, vrstu, itd.), te točan raspored ukrcaja tereta u zrakoplov [10].

**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)
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

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 16. Lista utovara Croatia Airlines

Izvor: [4]

Listu utovara priprema i popunjava odgovorna osoba za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova kada zna s kojim opterećenjem može opteretiti zrakoplov prilikom transporta. Da bi se odredili ovi podaci, odgovorna osoba za uravnoteženje i opterećenje mora imati sljedeće informacije:

- Rezervacije putnika: za potrebe izračuna predviđene mase putnika,
- Prosječnu masu prtljage,

- poznavati raspoloživu nosivost u skladu s potrebnim gorivom za let,
- Dolazna poruka utovara: znati raspored tereta za iskrcaj, te ako postoji tranzitni teret / pošta,
- Teretni odjeljci: znati jesu li dostupni za let,
- Tip zrakoplov: poznavati podnu nosivost, posebne uvijete prijevoza u teretnim odjeljcima [11].

Kada je opterećenje poznato, odgovorna osoba za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova, određuje raspored tereta u teretnim odjeljcima, uzimajući u obzir podnu nosivost zrakoplova, centar težišta zrakoplova bez goriva, specifična ograničenja (poput posebnih kategorija tereta).

Izgled liste utovara određuje sam prijevoznik, uzimajući u obzir svoje zrakoplove iz flote, te njihove konfiguracije teretnih odjeljaka. Lista utovara sadrži nacрте teretnih odjeljaka, uputu za ukrcaj posebnih kategorija tereta, te izvješće o stvarnom utovaru.

Na listu utovara upisuje se:

- Polazna zračna luka,
- Broj leta,
- Odredišnu zračnu luku,
- Registracija zrakoplova,
- Potpis odgovorne osobe koja je izradila listu utovara,
- Datum leta,
- Masu tereta po teretnim odjeljcima,
- Posebne instrukcije za utovar [4].

CROATIA AIRLINES					Loading instructions A319																
					Passenger Version																
Station <b>ZAG</b>	Flight No. <b>OU 656</b>	Destination <b>SPU</b>	A/C Reg. <b>9ACTI</b>	STD (T/T) <b>2130</b>	Planner's Signature/ Desk Phone <b>OREŠIĆ Orešić</b>	Date <b>19 OCT 08</b>															
COMPARTMENT	<b>5</b>		<b>4</b>		<b>CABIN</b>	<b>1</b>															
OFF at this station ▶																					
TRANSIT ▷																					
<table border="1"> <tr> <td>51 (1497kg) <b>B-532/R</b> <b>C-200</b></td> <td>42 (1695kg) <b>B-1260</b> <b>C-1300/R - STAND BY</b></td> <td>41 (326kg)</td> <td colspan="4">BAGGAGE-ID: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>12 (1223kg) <b>C-2000 (.novine)</b></td> <td>11 (1045kg)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						51 (1497kg) <b>B-532/R</b> <b>C-200</b>	42 (1695kg) <b>B-1260</b> <b>C-1300/R - STAND BY</b>	41 (326kg)	BAGGAGE-ID: <input type="checkbox"/>							12 (1223kg) <b>C-2000 (.novine)</b>	11 (1045kg)				
51 (1497kg) <b>B-532/R</b> <b>C-200</b>	42 (1695kg) <b>B-1260</b> <b>C-1300/R - STAND BY</b>	41 (326kg)	BAGGAGE-ID: <input type="checkbox"/>																		
			12 (1223kg) <b>C-2000 (.novine)</b>	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.																
<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.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>SPU</b></td> <td><b>18/110</b></td> <td><b>128</b></td> <td><b>3500</b></td> <td><b>NIL</b></td> </tr> </tbody> </table>					ESTIMATES	PAX	BAG(Pcs.)	CARGO	MAIL	Dest.					<b>SPU</b>	<b>18/110</b>	<b>128</b>	<b>3500</b>	<b>NIL</b>	<p style="text-align: right;"><b>MCD 3/4</b></p> <p style="text-align: center;">Loading Supervisor or Person Responsible for Loading</p>	
ESTIMATES	PAX	BAG(Pcs.)	CARGO	MAIL																	
Dest.																					
<b>SPU</b>	<b>18/110</b>	<b>128</b>	<b>3500</b>	<b>NIL</b>																	
OB-ZOU-006/0 od 15.05.2005.																					

**Slika 17.** Primjer riješene liste utovara Croatia Airlines

Izvor: [4]

#### 4.1.5. Zračni teretni list

Zračni teretni list (Air Way Bill – AWB) prikazan slikom 18. je najvažniji cargo dokument, te predstavlja ugovor o prijevozu robe zrakom između pošiljatelja ili njegovog ovlaštenog agenta i prijevoznika ili njegovog ovlaštenog agenta.

Temeljem Varšavske Konvencije, to je neprenosivi prijevozni dokument koji ima sljedeće funkcije:

- Predstavlja ugovor između pošiljatelja i prijevoznika,
- Dokaz o primitku robe na prijevoz,
- Teretni račun, potvrda o plaćenim prijevoznim troškovima,
- Potvrda o osiguranju,
- Upute za rukovanje, otpremu robe,
- Carinski dokument,
- Dokaz o isporuci robe,
- Dokument za reklamacije [10].





PRIMJERAK	ZA	BOJA
ORIGINAL 3	pošiljatelj	plava
COPY 9	agent	bijela
ORIGINAL 1	prijevoznik koji je vlasnik AWB	zelena
ORIGINAL 2	primatelj	roza
COPY 4	potvrda o isporuci	žuta
COPY 5	zračna luka odredišta	bijela
COPY 6	treći prijevoznik	bijela
COPY 7	drugi prijevoznik	bijela
COPY 8	prvi prijevoznik	bijela
COPY 10	oddatni primjerak	bijela

**Slika 19.** Originali i kopije zračnog teretnog lista  
Izvor: [10]

#### 4.1.6. Lista opterećenja

Ispunjena lista opterećenja sadrži podatke koji se odnosi na određeni let, uključujući masu zrakoplova, posade, goriva, putnika, prtljage, robe i pošte. Ako je potrebno sadrži i podatke o raspodjeli tog tereta. Može biti izrađena ručno ili putem računala u elektroničkom obliku. Izrađuje se u četiri primjerka, a obavezan je dokument za svaki let. Lista opterećenja (engl. Load sheet) prikazana je slikom 20 [13].



#### 4.1.7. Opća deklaracija

Većina zemlja će dopustiti ulazak stranoj posadi u zemlju bez vize, ali pod uvjetom da je posada navedena u općoj deklaraciji (engl. General Declaration), te da posada na uniformi ima identifikacijski dokument s fotografijom. Ulazak na temelju opće deklaracije je privremen i u većini zemalja ograničen na 72 sata iako može biti maksimalno 7 – 10 dana. Kod produženja roka boravka u nekim zemljama ne predstavlja problem, dok u drugim zemljama može biti komplicirano. Pa ako zrakoplov planira duže ostati u nekoj zemlji, posada bi trebala dobiti vizu za tu zemlju. Na slici 20. prikazana je opća deklaracija [14].

DEPARTMENT OF HOMELAND SECURITY  
U.S. Customs and Border Protection  
**GENERAL DECLARATION**  
(Outward/Inward)  
AGRICULTURE, CUSTOMS, IMMIGRATION, AND PUBLIC HEALTH  
19 CFR 122.43, 122.52, 122.54, 122.73, 122.144

OMB No. 1651-0012  
Expires 06/31/2012  
See back of form for Paperwork Reduction Act Notice

---

Owner or Operator .....

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

Departure from ..... (Place) ..... Arrival at ..... (Place) .....

---

FLIGHT ROUTING  
("Place" Column always to list origin, every en-route stop and destination)

PLACE	TOTAL NUMBER OF CREW	NUMBER OF PASSENGERS ON THIS STAGE 1)
		Departure Place: .....
		Embarking ..... Through on same flight .....
		Arrival Place: .....
		Disembarking ..... Through on same flight .....
		NUMBER OF SED'S AND AVB'S
		SED'S _____ AVB'S _____

---

**Declaration of Health**  
Persons on board known to be suffering from illness other than airsickness or the effects of accidents, as well as those cases of illness disembarked during the flight:

.....

.....

Any other condition on board which may lead to the spread of disease:

.....

.....

Details of each disinsecting or sanitary treatment (place, date, time, method) during the flight. If no disinsecting has been carried out during the flight give details of most recent disinsecting:

.....

.....

Signed, if required .....

Crew Member Concerned

---

I declare that all statements and particulars contained in this General Declaration and in any supplementary forms required to be presented with this General Declaration are complete, exact and true to the best of my knowledge and that all through passengers will continue to have continued on the flight. **SIGNATURE** Authorized Agent or Pilot-in-Command

---

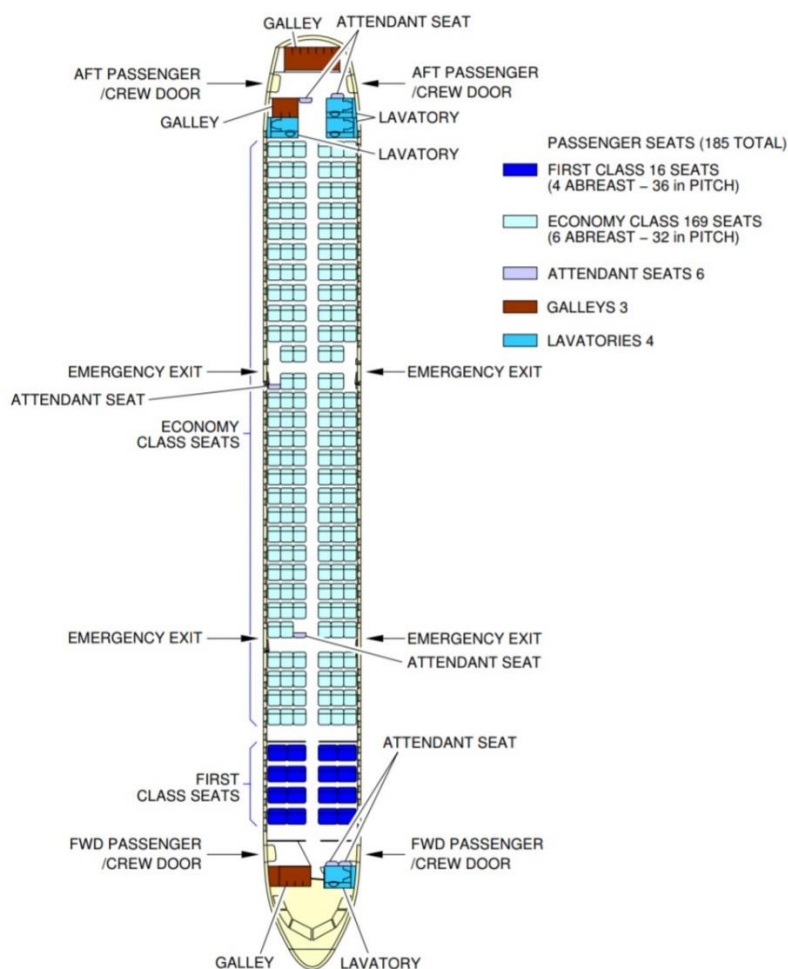
1) Not to be completed when passenger manifests are presented.

CBP Form 7507 (08/09)

**Slika 21.** Opća deklaracija  
Izvor:[14]

## 5. KARAKTERISTIKE ZRAKOPLOVA AIRBUS A321

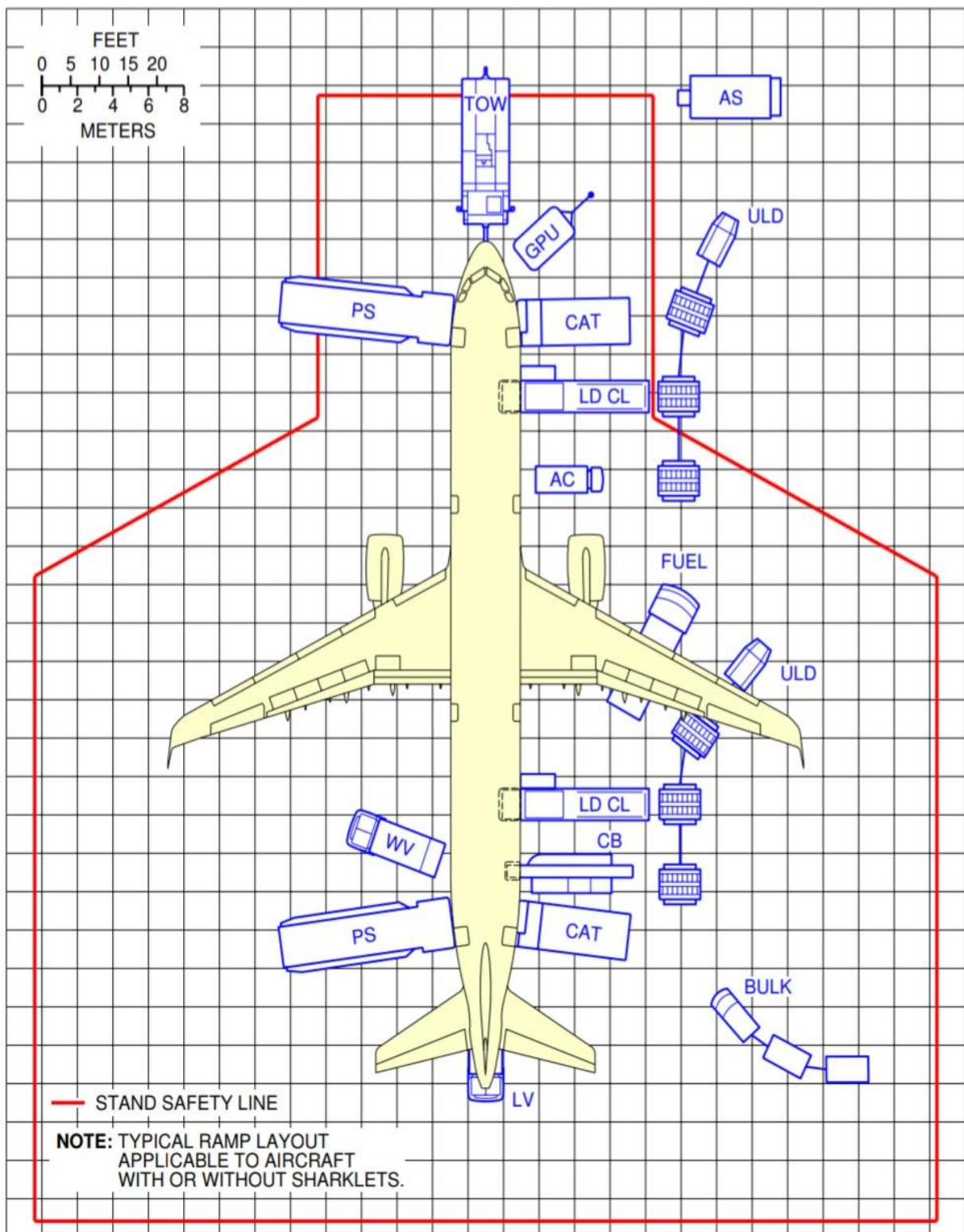
Zrakoplov Airbus A321 je uskotrupni zrakoplov, koji može primiti između 178 do 194 putnika u putničkoj kabini prikazano slikom 22. Raspon krila mu je 34,09 m, što ga svrstava u ICAO kodno slovo C (raspon krila između 24 – 36 m). Dužina zrakoplova je 44,51 m, a širina mu je 11,76 m. Maksimalna masa pri polijetanju mu je 89.000 kg, dok mu je maksimalna količina tereta koju može utovariti 12.837 kg [15].



**Slika 22.** Presjek putničke kabine Airbus A321

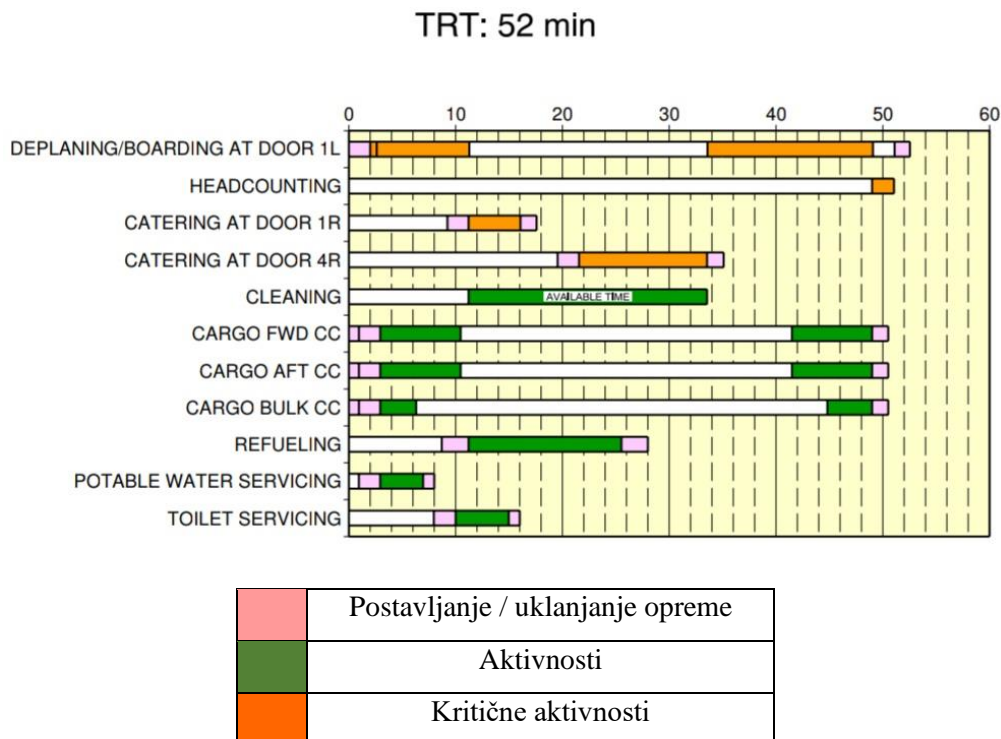
Izvor: [16]

Položaj opreme prilikom prihvata i otpreme zrakoplova Airbus A321 prikazan je slikom 23. prilikom pripreme opreme za istovar i utovar zrakoplova vrlo je važno znati koliko tereta se nalazi u zrakoplovu koji dolazi na zračnu luku, te o kojem teretu se radi i gdje je on smješten. Također je važno znati koji teret i gdje će se utovarivati teret prilikom utovara zrakoplova.



Slika 23. Shema kod prihвата i otpreme zrakoplova Airbus A321  
Izvor:[16]

Vrijeme prihvata i otpreme zrakoplova Airbus A321 prema proizvođaču iznosi 52 minute (Slika 24.), dok je u praksi vrijeme prihvata i otpreme zrakoplova u pravilu duže, jer se neke radnje ne mogu paralelno odvijati iako ih proizvođač navodi da se mogu odvijati paralelno.

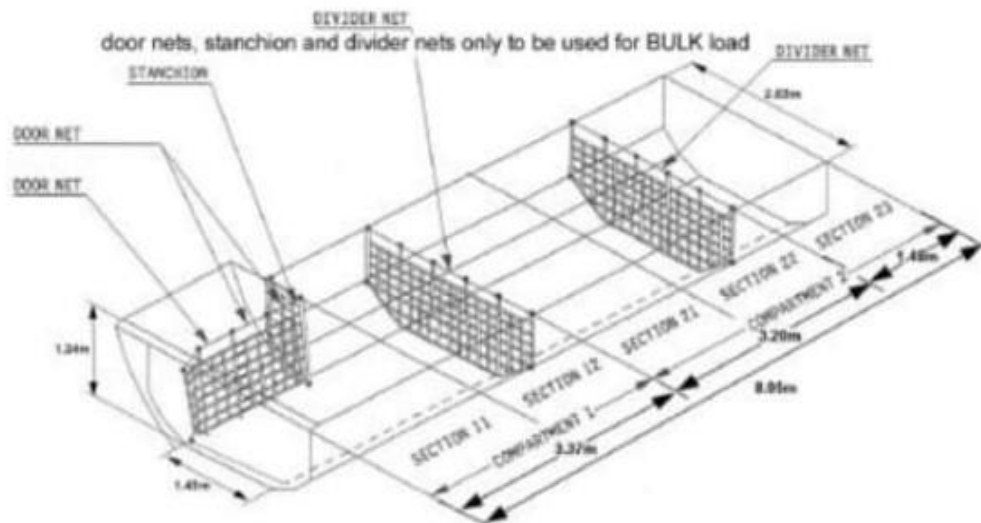


**Slika 24.** Vrijeme prihvata i otpreme zrakoplova Airbus A321  
Izvor:[16]

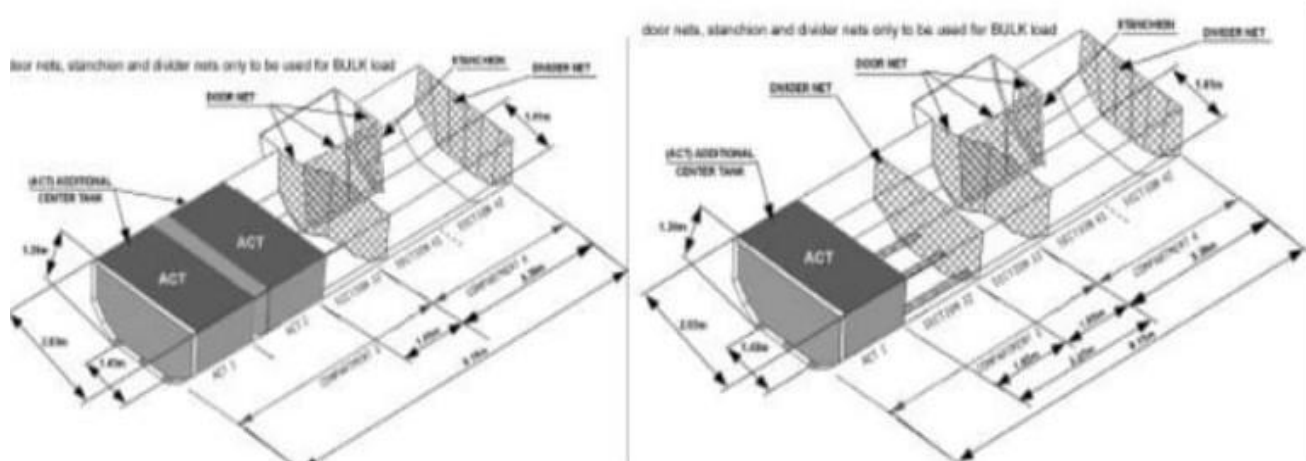
Zrakoplov Airbus A321 ima podijeljene teretne odjeljke na prednji i zadnji teretni odjeljak. Prednji teretni odjeljak sastoji se od sekcija 11, 12, 21, 22 i 23, kao što je prikazano na slici 25. Zadnji teretni odjeljak može imati instaliran jedan ili dva ACTs<sup>1</sup>, kao što je prikazano slikom 26. Ako je u zrakoplovu instaliran samo jedan ACTs, sekcije su podijeljene na ACT 1, 32, 33, 41 i 42, a ako su instalirana dva ACTs sekcije su podijeljene na ACT 1, ACT 2, 33, 41, 42. U prednjem dijelu se nalaze CPT<sup>2</sup> 1, čija je maksimalna nosivost 2.268 kg i CPT 2, čija je maksimalna nosivost 3.402 kg. A u zadnjem dijelu su smješteni CPT 3 i CPT 4, čija je maksimalna nosivost 3.402 kg i 2.268 kg [11].

<sup>1</sup> ACT – Additional Center Tanks: dodatni centralni spremnici

<sup>2</sup> CPT – Compartment: teretni odjeljak



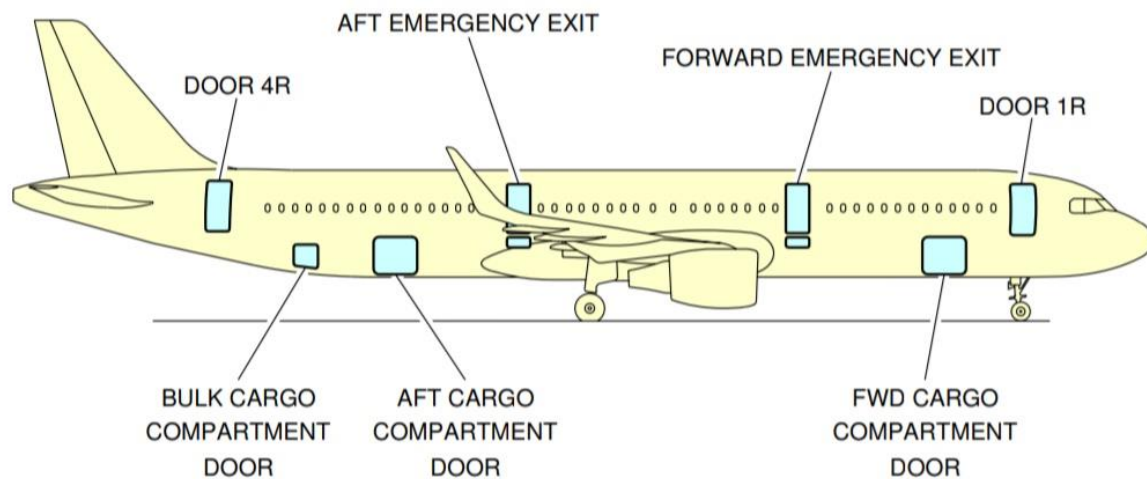
Slika 25. Prikaz prednjeg teretnog odjeljka  
Izvor: [11]



Slika 26. Zadnji teretni odjeljak s 1 ili 2 dodatna centralna spremnika  
Izvor [11]

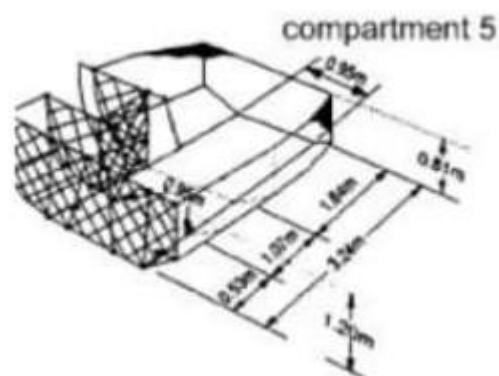
Na zrakoplovu se nalaze prednja vrata teretnog odjeljka, stražnja vrata teretnog odjeljka te vrata za bulk cargo kao što je prikazano slikom 27.





**Slika 27.** Prikaz pozicija vrata ukrcajnih odjeljaka  
Izvor:[16]

Također, zrakoplov Airbus A321, ima CPT 5 odnosno teretni odjeljak za Bulk Cargo prikazan slikom 28, čija je maksimalna nosivost 1497 kg. Dimenzije Bulk Cargo odjeljak jednake su za Airbus A320 i A321 [11].



**Slika 28.** Odjeljak 5  
Izvor: [11]

## **6. PROCES UTOVARA I IZRADA LISTE OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA AIRBUS A321 – STUDIJA SLUČAJA**

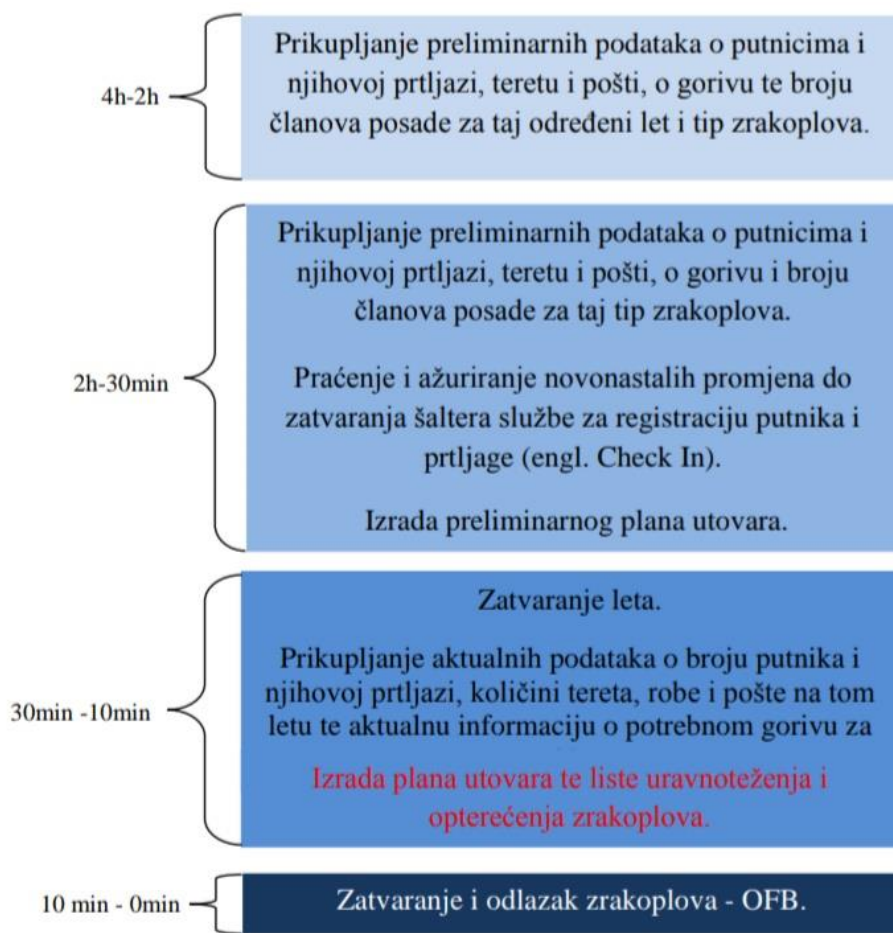
Početak procesa kreće s prikupljanjem informacija, te izradom utovara, a lista opterećenja se izrađuje nakon prikupljene sve potrebne dokumentacije sa svim aktualnim podacima. Lista uravnoteženja i opterećenja može biti izrađena ručno ili elektronski. Prvo se izrađuje lista uravnoteženja i opterećenja, pa tek onda plan utovara zrakoplova.

### **6.1. Postupak izrade liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A321 prijevoznika Turkish Airlines**

Kao što je prikazano slikom 29. postoji vremenski period prikupljanja informacija i pripreme za let koji je potrebno poštivati kako se nebi uzrokovalo kašnjenje zrakoplova. Kako se nebi uzrokovalo kašnjenje zrakoplova, npr. postoje vremenski standardi za otvaranje i zatvaranje šaltera za registraciju putnika i za zatvaranje leta. Za međunarodni promet otvaranje šaltera je 90 minuta prije ETD-a<sup>3</sup>, zatvaranje leta je 45 minuta prije ETD-a, a zatvaranje šaltera 20 minuta prije ETD –a. A za domaći promet šalter za registraciju putnika se otvara 1 sat prije ETD-a, let se zatvara 45 minuta prije ETD-a, a šalter se zatvara 15 minuta prije EDT-a [3].

---

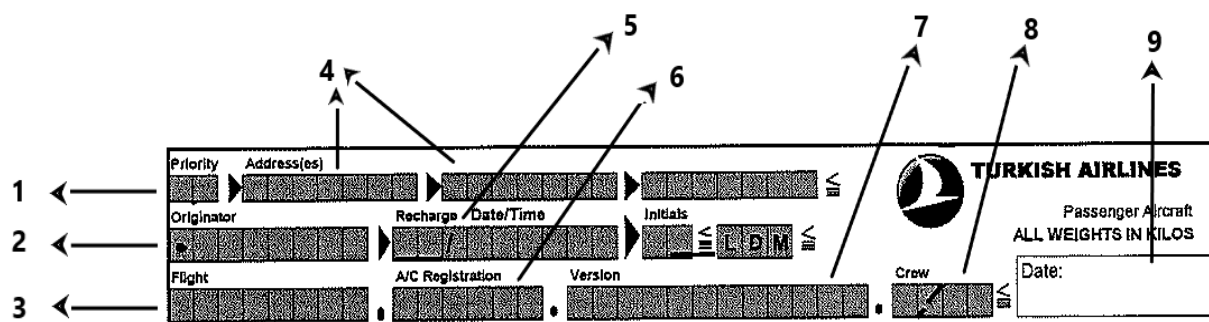
<sup>3</sup> ETD – Estimated Time Departure – očekivano vrijeme polijetanja



4

Slika 29. Vremenski period prikupljanja informacija i pripreme za let  
Izvor: [4]

Početak izrade liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova započinje popunjavanjem osnovnih podataka o zrakoplovu i samom letu. Svi osnovni podaci spadaju u zaglavlje liste uravnoteženja i opterećenja kao što je prikazano slikom 30.



Slika 30 . Zaglavlje Load and TrimSheet  
Izvor: [6]

<sup>4</sup> OFB – Off Block Time: vrijeme paljenja motora zrakoplova

1. Priority – dvoznamenkasta oznaka hitrosti,
2. Originator – SITA adresa izdavatelja poruke
3. Flight – broj leta
4. Address (es) – SITA adrese prema kojima se šalje poruka
5. Recharge / Date / Time – oznaka prijevoznika, datum i vrijeme leta
6. A/C Registration – registracija zrakoplova
7. Version – verzija zrakoplova
8. Crew – broj letačkog i kabinskog osoblja (letačko / kabinsko)
9. Date – datum leta

Nakon zaglavlja, slijedi popunjavanje rubrika s masama zrakoplova prikazano slikom 31. Mase zrakoplova dostavlja prijevoznik, ovisno o tipu zrakoplova, nosivosti zrakoplova, potrebnoj količini goriva, itd.

BASIC WEIGHT		MAX.WEIGHT FOR TAKE-OFF FUEL (+)	ZERO FUEL	TAKE-OFF	LANDING
COCKPIT CREW BAG. +					
CABIN CREW BAG. +					
PANTRY +					
DRY OPER. WEIGHT =		ALLOWED WEIGHT FOR TAKE-OFF (Lowest of 1,2,3) =	1	2	3
TAKE-OFF FUEL +	1	OPERATING WEIGHT (-)	2	3	4
OPERATING WEIGHT =		ALLOWED TRAFFIC LOAD =			

Slika 31. Prikaz masa zrakoplova  
Izvor: [6]

U prvom dijelu rubrike 1. na slici 31. upisuje se osnovna masa zrakoplova (engl. Basic Mass) na koju se pridodaje masa prtljage letačkog i kabinskog osoblja te catering. U drugom dijelu rubrike 1. na slici 31 kada se sve mase zbroje dobije se suha operativna masa (engl. Dry Operating Mass). Suhoj operativnoj masi pridodaje se gorivo za polijetanje (engl. Take – Off Fuel) te se njihovim zbrojem dobije operativna masa zrakoplova (engl. Operating Mass).

U rubriku 2. na slici 31. upisuje se maksimalna masa zrakoplova bez goriva (engl. Maximum Zero Fuel Mass) kojoj se pridodaje masa goriva za polijetanje.

U rubriku 3. na slici 31. se upisuje maksimalna masa zrakoplova pri polijetanju (engl. Maximum Take – Off Mass), te u rubriku 4. na slici 31. maksimalna masa zrakoplova pri slijetanju (engl. Maximum Landing Mass) na koju se dodaje masa goriva za put (engl. Trip Fuel). Nakon izračuna iz rubrike 2, 3 i 4 dobiju se dopuštene mase za polijetanje (engl. Allowed Mass for Take – Off), te se od njih uzima najmanja vrijednost od koje se oduzima operativna masa te se dobije kolika je dozvoljena masa plaćenog tereta (engl. Allowed Traffic Load) koja

se može utovariti u teretne odjeljke zrakoplova. Ta masa ne smije biti prekoračena kako ne bi došlo do strukturalnog oštećenja trupa zrakoplova, koja bi utjecala na sigurnost leta te putnike i posadu u zrakoplovu.

Nakon dobivanja mase koju je moguće utovariti u zrakoplov, slijedi popunjavanje rubrika o podacima putnika, te raspored tereta po teretnim odjeljcima zrakoplova kao što je prikazano slikom 32.

Dest	NO OF PAX				CAB. BAG.	TOTAL	DISTRIBUTION WEIGHT					REMARKS					
	M	F	CH	INF			1	2	3	4	5	Dcabin	PAX		CAB		
1	2					3	4					5					
							Tr										
							B										
							C										
							M										
				EIC													
				T													

Slika 32. Prikaz rubrika broja putnika, te teretnih odjeljka zrakoplova  
Izvor: [6]

U rubriku 1. na slici 32. upisuje se odredišna zračna luka zrakoplova tro slovnom IATA kraticom. U rubriku 2. na slici 32. se upisuje broj putnika, odnosno upisuje zasebno broj muških, ženskih, djece i INFANT putnika. Rubrika 3. na slici 32. označava dio liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova u koji se upisuje ukupna količina tranzita (engl. Tr - Transit), prtljage (engl. B - Baggage), tereta (engl. C - Cargo) i pošte (engl. M – Mail).

Rubrika 4. na slici 32. je namijenjena za raspored prtljage, tereta i pošte po teretnim odjeljcima zrakoplova, ali treba obratiti pažnju na maksimalnu nosivost svakog odjeljka kako ne bi došlo do prekoračenja podne nosivosti. Rubrika 5. predstavlja broj putnika prema klasi prijevoza ne uključujući INFANT putnike, klase prijevoza su poslovna klasa (engl. C – Business Class) i ekonomska klasa (engl. Y – Economic Class).

Nakon što se obavio utovar prtljage, tereta i pošte, kreće raspored po teretnim odjeljcima, te slijedi izračunavanje masa zrakoplova redom kao što je prikazano slikom 32.

The form is a grid-based calculation sheet. On the left side, there are several rows for weight calculations: 'TOTAL' (with sub-rows for Passenger Weight), 'TOTAL TRAFFIC LOAD', 'Dry Operating Weight (+)', 'ZERO FUEL WEIGHT LMC', 'Take-Off Fuel (+)', 'TAKE-OFF WEIGHT LMC' (with sub-rows for Max allowed and RTOW), 'Trip Fuel (-)', and 'LANDING WEIGHT LMC' (with sub-rows for Max allowed and RLDW). On the right side, there are sections for 'ALLOWED TRAFFIC LOAD', 'UNDERLOAD BEFORE LMC', 'LAST MINUTE CHANGES' (with columns for DEST, Specification, Cpt, WEIGHT, INDEX), 'NOTES', 'BALANCE SEATING', and 'TOTAL PASSENGERS'. There are also fields for 'PREPARED BY', 'CHECKED BY', and 'APPROVED BY'. The form is annotated with numbers 1 through 20 pointing to specific fields and sections.

Slika 33. Tablica za izračun masa  
Izvor: [6]

U ovom dijelu, kao što je prikazano slikom 33. upisuju se maksimalne vrijednosti masa, stvarne vrijednosti masa, te se izračunom dobije količina tereta koja je ukrcaja u zrakoplov. Prilikom upisivanja masa potrebno je paziti da se unesu točne vrijednosti. Također, u ovom dijelu se računa ako na letu ima LMC (engl. Last Minute Changes), te se upisuju posebne napomene i bilješke za let.

1. Ukupne mase putnika s obzirom na spol i dob. Također svaki zračni prijevoznik postavlja svoje mase, a za Turkish Airlines one iznose za muškarce (engl. M – Male) 88 kg, za žene (engl. F – Female) 70 kg, djeca (engl. CH – Child) 35 kg i za INFANT 0 kg. Te ukupna masa tereta (Transit + Baggage + Cargo + Mail),
2. Total Traffic Load – ukupna masa ukrcanog tereta, koja ne smije prekoračiti ukupnu dozvoljenu masu tereta na letu, a dobije se zbrojem ukupne mase putnika i ukupne mase tereta,
3. Suha operativna masa (engl. Dry Operating Mass) dodaje se na ukupnu masu ukrcanog tereta,
4. Zbroj mase ukupno ukrcanog tereta i suhe operativne mase,
5. Maksimalna masa zrakoplova bez goriva (engl. Maximum Zero Fuel Mass) – ne smije biti prekoračena zbrojem iz oznake 4.

6. Količina goriva potrebna za polijetanje (engl. Take – Off Fuel),
7. Maksimalna masa zrakoplova pri polijetanju (engl. Maximum Take – Off Mass),
8. Zbroj maksimalne mase zrakoplova bez goriva i količine tereta potrebnog za polijetanje ne smije prekoračiti maksimalnu masu zrakoplova pri polijetanju,
9. Maksimalna masa zrakoplova pri slijetanju (engl. Maximum Landing Mass),

Sve maksimalne mase zrakoplova proizvođač propisuje sam, ovisno o tipu i verziji zrakoplova pojedinog prijevoznika, kao što je prikazano slikom 34.

EDP-SYSTEM SEMI-PERMANENT DATA	AIRCRAFT DATA		C Sheet 4
Cabin Configuration(s) ALL	A/C TYPE A321-200	Carrier TK	

#### 4. LIMITATIONS

##### 4.1. Aircraft Weight Limitations

##### 4.1.1. Maximum weights for:

Aircraft Reg.	MSN	Ramp/Taxi	Design Take-off Wet	Design Take-off Dry	Zero Fuel	Design Landing
TC-JMH	3637	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JMI	3673	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JMJ	3688	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JMK	3738	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JML	3382	89400 kg	N/A	89000 kg	71500 kg	75500 kg
TC-JMM	2916	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JMN	2919	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRA	2823	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRB	2868	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRC	2999	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRD	3015	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRE	3126	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRF	3207	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRG	3283	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRH	3350	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRI	3405	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRJ	3429	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRK	3525	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRL	3539	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRM	4643	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRN	4654	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRO	4682	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRP	4698	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRR	4706	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRS	4761	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRT	4779	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRU	4788	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRV	5077	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRY	5083	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JRZ	5118	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JSA	5154	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JSB	5205	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JSC	5254	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JSD	5388	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JSE	5450	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JSF	5465	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JSG	5490	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JSH	5546	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JSI	5584	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JSJ	5633	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JSK	5663	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JSL	5667	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-JSM	5689	89400 kg	N/A	89000 kg	73800 kg	77800 kg
TC-LSA	8155	89400 KG	N/A	89000 kg	75600 kg	79200 kg
TC-LSB	8257	89400 KG	N/A	89000 kg	75600 kg	79200 kg
TC-LSC	8617	89400 KG	N/A	89000 kg	75600 kg	79200 kg
TC-LSD	8727	89400 KG	N/A	89000 kg	75600 kg	79200 kg
TC-LSE	8732	89400 KG	N/A	89000 kg	75600 kg	79200 kg
TC-LSG	8794	89400 KG	N/A	89000 kg	75600 kg	79200 kg

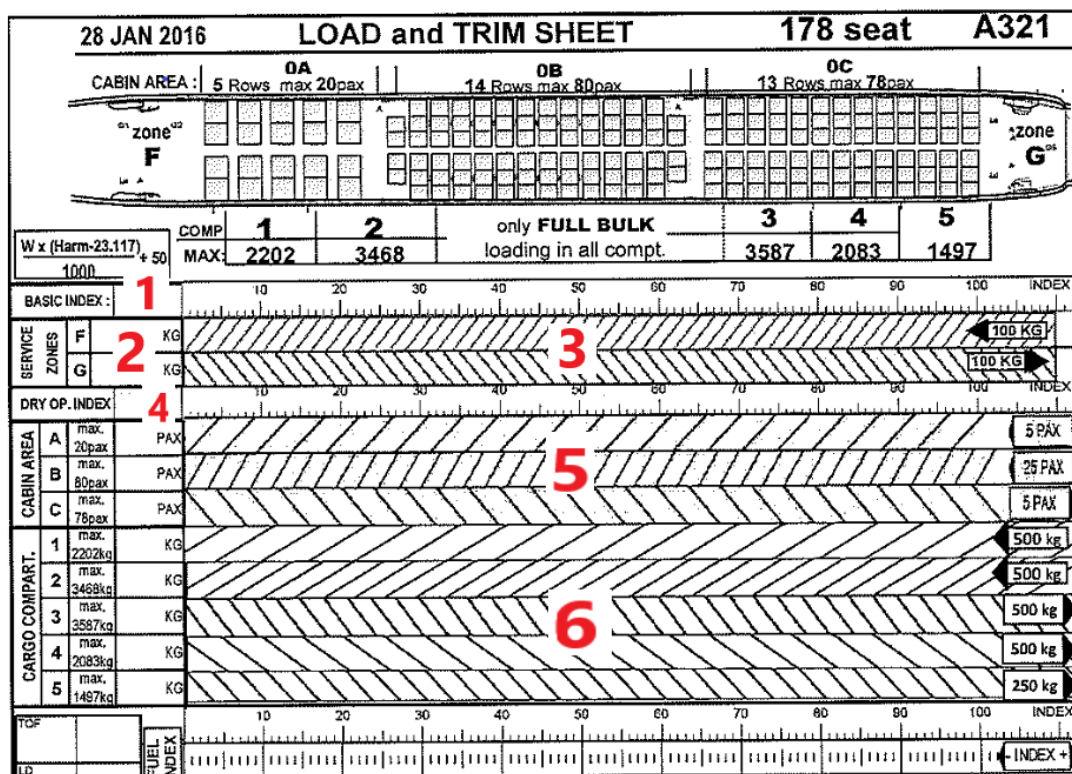
**Slika 34.** Tablica sa maksimalnim masama zrakoplova A321 prema registraciji

Izvor: [6]



10. Potrebna količina goriva za put (engl. Trip Fuel),
11. Razlika između mase zrakoplova pri polijetanju i goriva za put ne smije biti veća od maksimalne mase zrakoplova pri slijetanju,
12. Ukupne mase raspoređene po teretnim odjeljcima,
13. Dozvoljena masa plaćenog tereta (engl. Allowed Traffic Load)
14. Upisuje se ukupna masa ukrcanog tereta,
15. Razlika između dozvoljene mase plaćenog tereta i mase ukupno ukrcanog tereta pokazuje koliko je još moguće utovariti tereta,
16. Upisuju se posebne napomene (engl. SI – Supplementary Information),
17. Upisuju se posebne bilješke (engl. Notes),
18. Upisuju se sve pošiljke koje su pristigle u posljednjem trenutku (engl. LMC – Last Minute Changes) ovisno o destinaciji, vrsti i masi. Ako su pošiljke koje su pristigle u posljednjem trenutku do 300 kg samo se upisuju i ništa se ne prepravljaju na listi uravnoteženja i opterećenja. Ako pošiljke imaju masu između 300 kg – 900 kg, upisuju se u LMC te se mase u rubrikama prepravljaju, a za pošiljke mase veće od 900 kg potrebno je izraditi novu listu uravnoteženja i opterećenja.
19. Potpis odgovorne osobe,
20. Ukupna broj putnika (engl. Total Passengers).

Nakon što se računski dio izračunao, te su se utvrdile stvarne mase zrakoplova, slijedi grafički dio koji je prikazan na slici 35.



Slika 35. Raspored putnika i tereta u grafičkom dijelu

Izvor: [6]

Na slici 35. prikazan je grafički dio rasporeda putnika i tereta u zrakoplovu. U ovom dijelu se nalazi presjek putničke kabine, prema kojem je prikazan broj putnika prema određenom dijelu putničke kabine. Također prikazan je i raspored teretnih odjeljaka te maksimalna masa koja se može ukrcati u svaki odjeljak.

1. Upisuje se osnovni indeks (engl. Basic Indeks) koji se očitava iz tablice prema tipu zrakoplova i njegovoj registraciji
2. Upisuje se masa servisne zone, kuhinje, (engl. Service Zone, Galley) ovisno o masi koja je utovarena u zonu F ili G.
3. Prema dijagramu, u ovom slučaju, jedna „kućica“ predstavlja 100 kg, te se pomičemo u lijevo u iznosu mase koja je utovarena u F zonu, a desno se pomiče u iznosu mase koja je utovarena G zonu.
4. Upisuje se suhi operativni indeks (engl. Dry Operating Index) koji se očitava iz tablice prema broju letačkog i kabinskog osoblja i suhoj operativnoj masi (engl. Dry Operating Mass)

5. S obzirom na podjelu putnika u putničkoj kabini, u ovom slučaju, na A, B, C i D dio putničke kabine, upisuje se broj putnika u pojedinom dijelu putničke kabine.

Maksimalan broj putnika u dijelu putničke kabine A je 16 putnika, u B dijelu 52 putnika, C dio može primiti 58 putnika, dok je D dio namijenjen za 54 putnika.

Prema broju ukrcajnih putnika, ovisno o dijelu putničke kabine, jedna „kućica“ u A dijelu predstavlja 5 putnika te se pomičemo u lijevo, u B dijelu „kućica“ predstavlja 10 putnika te se također pomičemo u lijevo.

U C dijelu pak jedna „kućica“ predstavlja 15 putnika te pomičemo u desno, dok u D dijelu „kućica“ predstavlja 5 putnika, te je pomak isto predviđen u desno.

6. Podjela tereta prema odjeljcima, s obzirom na nosivost teretnog odjeljka. U ovom slučaju zrakoplov ima pet teretnih odjeljaka, a teretni odjeljak broj 5. je namijenjen za Bulk Cargo.

Kao i kod podjele putnika, tako i kod podjele tereta prema teretnim odjeljcima, upisuje se masa tereta u pojedinom odjeljku. Odjeljak 1 ima maksimalnu nosivost od 2.268 kg za teret, te 2.202 kg za prtljagu, odjeljak 2 ima maksimalnu nosivost od 3.402 kg za teret, odnosno 3.468 kg za prtljagu. Ukupno odjeljak 1 i 2 imaju nosivost od 5.670 kg ( teret + teret ili prtljaga + prtljaga). U 1. i 2. odjeljku jedna „kućica“ predstavlja 500 kg te je pomak u lijevo.

Odjeljak 3 i 4 također ukupno imaju nosivost od 5.670 kg, odnosno odjeljak 3 ima nosivost za teret 3.402 kg, a za prtljagu 3.587 kg, dok 4 odjeljak ima nosivost od 2.268 kg za teret, te 2.083 kg za prtljagu. Kod odjeljka 3 i 4 jedna „kućica“ predstavlja 500 kg, te se pomičemo u desno.

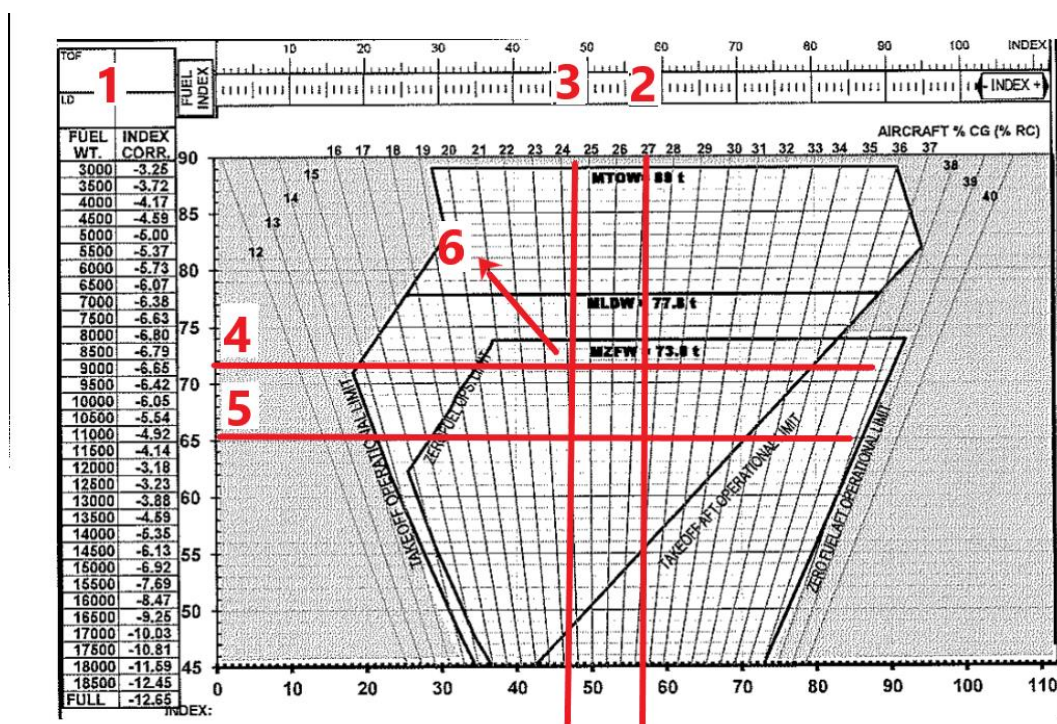
Kod 5 teretnog odjeljka, koji je namijenjen, za Bulk Cargo ukupna nosivost je 1.497 kg te je pomak u desno za 250 kg po jednoj „kućici“.

Slikom 36 je prikazan dijagram na kojem se prikazuje gdje se nalazi centar težišta zrakoplova.

Polje unutar operativnih granica naziva se bijelo polje. Centar težišta svako ispravno uravnoteženog zrakoplova treba se nalaziti u tom polju, polju stabilnosti.

Polje između operativne i certificirane granice je sivo polje. Ako se položaj težišta zrakoplova nalazi u tom polju, kapetan može odbiti prijevoz takvog zrakoplova.

Polje izvan certificirane granice je crno polje i u tom polju se centar težišta zrakoplova ne smije nikad nalaziti.



Slika 36. Dijagram uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A321

Izvor: [6]

Dvije okomite linije, jedna koja je dobivena pomoću dijagrama prikazanog slikom 25., te druga koja je dobivena korekcijom goriva. Te dvije horizontalne linije, gdje prva vrijednost predstavlja stvarnu masu zrakoplova pri polijetanju, a druga predstavlja stvarnu masu zrakoplova bez goriva. Sjecište okomitih i horizontalnih linija u dijagramu uravnoteženja i opterećenja prikazanog slikom 36. određuje se MAC (engl. Mean Aerodynamic Chord).

1. Upisuje se količina goriva koja je potrebna za polijetanje, te količina goriva na slijetanju,
2. Povlači se okomita linija dobivena iz prethodnog dijagrama,
3. Nakon korekcije goriva povlači se druga linija lijevo ili desno, paralelna s prethodnom,
4. Uzima se vrijednost stvarne mase zrakoplova pri polijetanju (engl. Actual Take – Off Mass),
5. Uzima se vrijednost stvarne mase zrakoplova bez goriva (engl. Actual Zero Fuel Mass),
6. Križanjem horizontalnih i okomitih linija očitava se vrijednost postotka srednje aerodinamične tetive (engl. MAC %).

## 6.2. Izrada liste utovara za zrakoplov Airbus A321 prijevoznika Turkish Airlines

Prilikom izrade liste uravnoteženje i opterećenja zrakoplova, važan faktor predstavlja i lista utovara (engl. Loading Instrukcion) koju također izrađuje nadležna osoba za izradu liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Lista utovara ovisi o konfiguraciji zrakoplova, jer svaki zrakoplov ima drugačiju konfiguraciju teretnih odjeljaka i putničke kabine.

Prilikom izrade liste utovara važno je voditi računa o nosivosti teretnih odjeljaka, kako ne bi došlo do strukturalnog oštećenja zrakoplova. Također važno je voditi računa o posebnim kategorijama tereta, te njihov raspored prema IATA tablicama za razdvajanje.

**Tablica 1:** Podaci iz elektroničke liste utovara

ODJELJCI	SADRŽAJ ODJELJAKA
Teretni odjeljak 2 – 21P (engl. Compartment 2 – 21P)	Tranzitna prtljaga - TRZ (engl. Transisit Baggage) 15 komada
Teretni odjeljak 2 – 22P (engl. Compartment 2 – 22P)	Tranzitna prtljaga - TRZ (engl. Transisit baggage) 20 komada
Teretni odjeljak 2 – 23P (engl. Compartment 2 – 23P)	Tranzitna prtljaga - TRZ (engl. Transisit Baggage) 15 komada
Teretni odjeljak 3 – 31P (engl. Compartment 3 – 31P)	Lokalna prtljaga – BY (engl. Local Baggage) 33 komada
Teretni odjeljak 3 – 32P (engl. Compartment 3 – 32P)	Lokalna prtljaga – BY (engl. Local Baggage) 9 komada
Teretni odjeljak 3 – 33P (engl. Compartment 3 – 33P)	Transferna prtljaga – BT (engl. Transfer Baggage) 29 komada
Teretni odjeljak 4 – 41P (engl. Compartment 4 – 41P)	Transferna prtljaga – BT (engl. Transfer Baggage) 16 komada
Teretni odjeljak 4 – 42P (engl. Compartment 4 – 42P)	Prioritetna prtljaga – BC (engl. Business Baggage) 9 komada
Teretni odjeljak 5 – 52 (engl. Compartment 5 – 52)	Prioritetna prtljaga – BC (engl. Business Baggage) 2 komada

Izvor: Autor

LOADING INSTRUCTION/REPORT		CHECKED	EDNO
WEIGHTS IN KILOS			1
FROM/TO FLIGHT	STD A-C/REG VERSION	CREW	DATE TIME
ZAG IST TK 1054 0910 TCJRZ	16C164Y	2/ 5	17JUN19 0747
PLANNED LOAD			
IST FIO C 13 Y154 C.	0 MD: 0 B	2134	
JOINING SPECS IST EIC/5/35			
LOADING INSTRUCTION			ACTUAL
*****			WEIGHT
CPT 1 FLF MAX 2268		::	IN KGS
*****			*****
:11P AKH			D
:ONLOAD IST N			
:REPORT			
:12P AKH			
:ONLOAD IST N			
:REPORT			
*****			
CPT 2 FLA MAX 3402		:: CPT 1 TOTAL :	
*****			
:21P AKH002153TK	TRZ - KBP		
:ONLOAD IST B/SBY	15		
:REPORT			
:22P AKH001782TK	TRZ - TKV	20	
:ONLOAD IST B/SBY			
:REPORT			
:23P AKH001187TK	TRZ - MCA	(15)	CE
:ONLOAD IST B/SBY			P
:REPORT			PE
*****			
CPT 3 ALF MAX 3402		:: CPT 2 TOTAL :	
*****			
:31P AKH002796TK	BY	(33)	21
:ONLOAD IST B/10			P
:REPORT			
:32P AKH000000TK	BY	(9)	21
:ONLOAD IST B/630	AKH 0726TK		P
:REPORT			
:33P AKH003657TK	BT - TRZ	(29)	
:ONLOAD IST B/630			
:REPORT			
*****			
CPT 4 ALA MAX 2268		:: CPT 3 TOTAL :	
*****			
:41P AKH003527TK	BT - TRZ	(16)	21
:ONLOAD IST B/630			02
:REPORT			
:42P AKH000000TK	BC		21
:ONLOAD IST B/SBY	AKH 1778 TK	PB(9)	
:REPORT			
*****			
CPT 5 BLK MAX 1497		:: CPT 4 TOTAL :	
*****			
:51			
:REPORT			
:52			
:ONLOAD IST B/R-ANY BC/234R C/R-ANY M/R-ANY			Be
:REPORT			BC2 PB-2
:53			
:ONLOAD IST 0/35			

Slika 37. Prikaz elektroničke liste utovara – TK1054, 17. JUN, 19.

Izvor: [6]

### 6.3. Primjer izrade liste uravnoteženje i opterećenja zrakoplova Airbus A321 prijevoznika Turkish Airlines sa centrom težišta unutar operativnih granica

Prilikom izrade liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, nadležna osoba, nastoji ravnomjerno rasporediti putnike, prtljagu, teret, poštu i gorivo kako bi centar težišta zrakoplova bio unutar operativnih granica. U ovom slučaju, radi se o stvarnom letu zrakoplova Airbus A321 na letu Zagreb – Istanbul, dana 17. lipnja, 2019. godine, gdje je centar težišta unutar operativnih granica (Slika 38.).

**Tablica 2:** Podaci za zadatak – stvarni let

Prioritet (engl. Priority)	QU
Polazna zračna luka (engl. Origin)	Zagreb – ZAG
Odredišna zračna luka (engl. Destination)	Istanbul – IST
Registracija zrakoplova (engl. A/C Registration)	TCJRZ
Broj leta (engl. Flight)	TK1054
Verzija (engl. Version)	16C164Y
Posada (engl. Crew)	2/5
Datum leta (engl. Date)	17 JUN 19
Vrijeme leta (engl. Time)	08:54
Broj putnika (engl. Number of Passenger)	108 M, 56 F, 2 CH, 0 INF
Potrebno gorivo za polijetanje (engl. Take -Off Fuel)	10.000 kg
Potrebno gorivo za putovanje (engl. Trip Fuel)	6.141 kg
Teret, Prtljaga i pošta (engl. Cargo, Baggage, Mail)	2.975 kg

Izvor: *Autor*





Na slici 38. prikazano je kako izgleda zrakoplov sa centrom težišta unutar operativnih granica. Prilikom izrade dijagrama za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova bili smo upoznati sa brojem putnika, masom prtljage, tereta, pošte i goriva, te maksimalnim masama zrakoplova. Prvo se rasporedila količina tereta po teretnim odjeljcima, te su se onda izračunale mase zrakoplova koje će se koristiti tokom leta. S obzirom da na letu nije bilo LMC (engl. Last Minute Changes) mase ostaju iste i u posljednjem trenutku. Nakon računskog prelazi se na grafički dio gdje se poznati broj putnika, raspodijeli po putničkoj kabini, te već raspoređen teret po teretnim odjeljcima zapisuje i u grafički dio. Zatim su u grafičkom dijelu ucrtali koliko se putnika nalazi u kojem dijelu putničke kabine i kolika se masa tereta nalazi u kojem teretnom odjeljku, te se na kraju dobije prva okomita linija za dijagram uravnoteženja i opterećenja. Zatim se korekcijom goriva dobije druga okomita linija, a pomoću stvarne mase zrakoplova pri polijetanju i stvarne mase zrakoplova bez goriva dvije horizontalne linije. Te je njihovo sjecište prikazalo da se nalazimo unutar operativnih granica. Iz ovog dijagrama uravnoteženja i opterećenja se može zaključiti da u praksi, nadležna osoba za izradu liste uravnoteženja i opterećenja nema nimalo lagan posao, te da najmanja pogreška može dovesti do pada zrakoplova.

#### 6.4. Primjer izrade liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A321 prijevoznika Turkish Airlines sa centrom težišta izvan certificirane granice

Prilikom izrade liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, nadležna osoba, nastoji izbjeći rasporediti da centar težišta zrakoplova bude izvan certificirane granica. U slučaju da se centar težišta nalazi izvan certificirane granice, nadležna osoba za izradu liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, pokušati će napraviti izmjene kod utovara zrakoplova po teretnim odjeljcima kako bi zrakoplov bio unutar operativnih granica. Zrakoplov sa centrom težišta izvan certificiranih granica ne smije poletjeti jer može doći do pada zrakoplova.

**Tablica 3:** Podaci za zadatak

Prioritet (engl. Priority)	QU
Polazna zračna luka (engl. Origin)	Zagreb – ZAG
Odredišna zračna luka (engl. Destination)	Esenboga - ESB
Registracija zrakoplova (engl. A/C Registration)	TCJRZ
Broj leta (engl. Flight)	TK1506
Verzija (engl. Version)	16C164Y
Posada (engl. Crew)	3/6
Datum leta (engl. Date)	21 JUN 19
Vrijeme leta (engl. Time)	21:15
Broj putnika (engl. Number of Passenger)	110 M, 60 F, 3 CH, 0 INF
Potrebno gorivo za polijetanje (engl. Take -Off Fuel)	12.500 kg
Potrebno gorivo za putovanje (engl. Trip Fuel)	7.200 kg
Teret, Prtljaga i pošta (engl. Cargo, Baggage, Mail)	7.100 kg

Izvor: Autor



Na slici 39. prikazan je primjer uravnoteženje i opterećenje zrakoplova sa granicama izvan certificirane granice. Prilikom uravnoteženje zrakoplova, nije se vodilo računa o rasporedu putnika, prtljage, tereta, pošte i goriva ravnomjerno po cijelo zrakoplovu, te je zbog toga centar težišta zrakoplova izvan certificiranih granica. U ovakvoj situaciji zrakoplov ne smije poletjeti, te se moraju napraviti izmjene u utovaru kako bi centar težišta zrakoplova bio unutar operativnih granica. Zaključak je da u praksi, nadležna osoba ne smije dopustiti da se zrakoplov nalazi iveran certificiranih granica, te da prilikom izrade mora dobro znati sve parametre važne za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova kako se ne bi centar težišta našao van certificiranih granica.

## 7. 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 usko vezan za daljnje performanse zrakoplova u svim fazama leta.

Služba prihvata i otpreme zrakoplova zadužena je za dostavljanje dokumentacije posadi zrakoplova. Prilikom utovara zrakoplova, vrlo je važno da utovar nadgleda nadležna osoba za utovar zrakoplova. Ako nadležna osoba uoči bilo kakve nepravilnosti prilikom utovara ili u slučaju bilo kakvih promjena u dokumentaciji dužna je o tome obavijestiti posadu i ispraviti pogreške u što kraćem roku.

Kako je ranije prikazano u radu, pomoću dva primjera uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbusa A321 prijevoznika Turkish Airlines, zaključuje se da i najmanje promjene, kao na primjer dobrovoljno premještanje putnika unutar putničke kabine, može pridonijeti da zrakoplovu centar težišta bude izvan certificirane granice.

Ljudska pogreška najčešći je uzročnik zrakoplovnih nesreća, zbog nepoštivanja pravila i kršenja dogovora ugrožava se sigurnost zrakoplova, okoline, zaposlenika i putnika. Zbog toga je vrlo važno da osoblje koje obavlja prihvata i otpremu zrakoplova bude školovano, te da svjesno i odgovorno obavlja svoj posao.

Prema svim podacima iz rada 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 teža djeluje na masu zrakoplova koja se naziva težište.

Ovim završnim radom prikazan je cijeli proces prihvata i otpreme zrakoplova, odnosno prikupljanje informacija i dokumentacije vezane za let, te izrada liste utovara i liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Danas se više lista uravnoteženja i opterećenja ne izrađuje ručno, već elektronskim putem, te tako kombinacije utovara ne predstavljaju veliki problem. Bez obzira na nove tehnologije, kao što je elektronička izrada liste uravnoteženja i opterećenja, ne smanjuje se odgovornost balansera.

## LITERATURA

- [1] Vidović, A. : Nastavni materijali, Kolegij „Osnove tehnike u zračnom prometu“, Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu, Zagreb, 2018.
- [2] Turkish Airlines. Preuzeto sa: <https://investor.turkishairlines.com/documents/Thy/img/2018-filo/A321.png> [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [3] Nastavni materijali, Predmet „Prihvat i otprema tereta i zrakoplova“, Zrakoplovna tehnička škola Rudolfa Perešina, Velika Gorica, 2014.
- [4] Krvavica, Z. : Završni rad, „Proces uravnoteženje i opterećenja zrakoplova Airbus A319 prijevoznika Croatia Airlines“, Zagreb, 2018.
- [5] Črnko, S. : Završni rad, „Uravnoteženje i opterećenje aviona Dash8 - Q400, Zagreb, 2016.
- [6] Međunarodna zračna luka Zagreb, Turkish Airlines, Zagreb, 2019.
- [7] Airbus; Flight Operations Support & Line Assistance: Getting To Grips With Aircraft Weight and Balance
- [8] Landover. Preuzeto sa: <https://landover.aero/business-units/professional-products-services/iata-publications-manuals/> [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [9] Horvat, N. : Završni rad, „Proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A320 prijevoznika Croatia Airlines“, Zagreb, 2017.
- [10] Nastavni materijali, Kolegij „Prihvat i otprema tereta i pošte u zračnom prometu“, Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu, Zagreb, 2018.
- [11] International Airways; Ground Operations Manual, 2003.
- [12] Fedex. Preuzeto sa: [http://www.fedex.com/ca\\_english/freight/docs/023airwaybill.html](http://www.fedex.com/ca_english/freight/docs/023airwaybill.html) [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [13] Alanpedia. Preuzeto sa: [https://www.alanpedia.com/glossary\\_for\\_passenger/loadsheet.html](https://www.alanpedia.com/glossary_for_passenger/loadsheet.html) [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [14] LinkedIn. Preuzeto sa: <https://www.linkedin.com/pulse/essentials-obtaining-crew-visa-dr-adnan-branbo> [Pristupljeno: srpanj 2019.]

[15] Turkish Airlines. Preuzeto sa: <https://www.turkishairlines.com/en-us/flights/fly-different/airbus-a321-200-narrow-body/index.html> [Pristupljeno: srpanj 2019.]

[16] Airbus. Preuzeto sa: [https://www.airbus.com/content/dam/corporate-topics/publications/backgrounders/techdata/aircraft\\_characteristics/Airbus-Commercial-Aircraft-AC-A321.pdf](https://www.airbus.com/content/dam/corporate-topics/publications/backgrounders/techdata/aircraft_characteristics/Airbus-Commercial-Aircraft-AC-A321.pdf) [Pristupljeno: srpanj 2019.]

## POPIS SLIKA

<b>Slika 1.</b> Prikaz sila u horizontalnom ustaljenom letu .....	2
<b>Slika 2.</b> Momenti osi oko zrakoplova .....	3
<b>Slika 3.</b> Tablica odnosa suhe operativne težine, suhog operativnog indeksa i posade .....	7
<b>Slika 4.</b> Ukupne težine goriva, tereta, putnika i opreme zrakoplova.....	8
<b>Slika 5.</b> Analitičko – matematička metoda za prazan zrakoplov.....	10
<b>Slika 6.</b> Analitičko – matematička metoda za puni zrakoplov .....	11
<b>Slika 7.</b> Grafička metoda uravnoteženja zrakoplova.....	13
<b>Slika 8.</b> Indeksna metoda.....	14
<b>Slika 9.</b> IATA priručnici.....	16
<b>Slika 10.</b> Dijagram distribucije dokumenata u procesu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova .....	17
<b>Slika 11.</b> Putnički manifest.....	18
<b>Slika 12.</b> Teretni manifest.....	20
<b>Slika 13.</b> Teretni manifest.....	21
<b>Slika 14.</b> IATA tablica razdvajanja opasne i specijalne robe .....	22
<b>Slika 15.</b> Obavijest kapetanu – NOTOC.....	23
<b>Slika 16.</b> Lista utovara Croatia Airlines.....	24
<b>Slika 17.</b> Primjer riješene liste utovara Croatia Airlines .....	26
<b>Slika 18.</b> Zračni teretni list .....	27
<b>Slika 19.</b> Originali i kopije zračnog teretnog lista.....	28
<b>Slika 20.</b> Lista opterećenja .....	29
<b>Slika 21.</b> Opća deklaracija .....	30
<b>Slika 22.</b> Presjek putničke kabine Airbus A321 .....	31
<b>Slika 23.</b> Shema kod prihvata i otpreme zrakoplova Airbus A321 .....	32
<b>Slika 24.</b> Vrijeme prihvata i otpreme zrakoplova Airbus A321 .....	33
<b>Slika 25.</b> Prikaz prednjeg teretnog odjeljka .....	34
<b>Slika 26.</b> Zadnji teretni odjeljak s 1 ili 2 dodatna centralna spremnika.....	34
<b>Slika 27.</b> Prikaz pozicija vrata ukrajnih odjeljaka .....	35
<b>Slika 28.</b> Odjeljak 5 .....	35
<b>Slika 29.</b> Vremenski period prikupljanja informacija i pripreme za let.....	37
<b>Slika 30 .</b> Zaglavlje Load and TrimSheet .....	37
<b>Slika 31.</b> Prikaz masa zrakoplova.....	38
<b>Slika 32.</b> Prikaz rubrika broja putnika, te teretnih odjeljka zrakoplova .....	39
<b>Slika 33.</b> Tablica za izračun masa.....	40
<b>Slika 34.</b> Tablica sa maksimalnim masama zrakoplova A321 prema registraciji .....	42
<b>Slika 35.</b> Raspored putnika i tereta u grafičkom dijelu .....	44
<b>Slika 36.</b> Dijagram uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A321 .....	46
<b>Slika 37.</b> Prikaz elektroničke liste utovara – TK1054, 17. JUN, 19.....	48
<b>Slika 38.</b> Primjer zadatka sa centrom težišta unutar operativnih granica .....	50
<b>Slika 39.</b> Primjer zadatka sa centrom težišta izvan certificirane granice - simulacija .....	53



## POPIS TABLICA

<b>Tablica 1:</b> Podaci iz elektroničke liste utovara .....	47
<b>Tablica 2:</b> Podaci za zadatak – stvarni let .....	49
<b>Tablica 3:</b> Podaci za zadatak .....	52