



B&B  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija  
Program: Logistično inženirstvo  
Modul: Poslovna logistika

**IZDELAVA LISTE URAVNOTEŽENOSTI IN  
OBREMENITVE LETALA S POMOČJO  
PROGRAMA MS EXCEL**

Mentor: Mihael Bešter, univ. dipl. inž. tehn. prom.  
Lektorica: Ana Peklenik, prof. slov.

Kandidat: Gregor Jekovec

Kranj, maj 2013

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju g. Mihaelu Bešter, univ. dipl. inž. tehnol. prom., za vso pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi lektorici Ani Peklenik, prof. slov., ki je lektorirala mojo diplomsko nalogo.

Zahvaljujem se tudi moji družini, ki me je spodbujala med študijem.

## IZJAVA

»Študent Gregor Jekovec izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom Mihaela Beštra, univ. dipl. inž. tehnol. prom.«

»Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.«

Dne \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_

## **POVZETEK**

Na letališču oddelek kontrolorjev in balanserjev letal koordinira oskrbo letal, pripravlja in izdeluje pomembne letalske dokumente, najpomembnejši tak dokument je lista uravnoteženosti in obremenitve letal, imenovana Load Sheet. Obstaja veliko načinov za izdelavo liste uravnoteženosti in obremenitve letal, najpogosteje gre za uporabo različnih računalniških sistemov. V primeru odpovedi takega računalniškega sistema izdelave se zatečemo k ročni izdelavi liste uravnoteženosti in obremenitve letal, ki je za izdelovalca zelo zahtevna in stresna. Njegova napaka bi lahko ogrozila varnost v letalskem prometu. Kot nadomestilo za izdelavo ročne liste uravnoteženosti in obremenitve letal bomo predstavili tabelo v obliki obrazca, izdelanega v programu MS Office Excel ter vstavili delujoče formule za izračun mase in težišča letala. S tem bomo skrajšali čas izdelave, sprostili napetost zaposlenih pri izdelavi liste uravnoteženosti in obremenitve letal ter tako posredno povečali varnost v letalskem prometu.

## **KLJUČNE BESEDE**

- letališče
- letalo
- lista uravnoteženosti in obremenitve letal (Load Sheet)
- masa letala
- težišče letala
- program MS Office Excel

## **ABSTRACT**

On the airport, department of Load control, coordinates aircraft handling and prepare and make important aircraft documentation. Most important of all is aircraft weight and balance sheet, the Load Sheet. There is a lot of different methods to make such weight and balance sheet. The most common ones are with a use of many different computer systems. But in a case of failure such computer system we are forced to make manual weight and balance sheet that is many times demanding and stressful for the person who makes it because there is no room for an error that can therefore compromise the safety in aviation. As a way of help or replace the making of standard manual weight and balance we will introduce a form made in a MS Office Excel program with inserted equations for mass and centre of gravity calculations. With these form we will reduce the production time and calm down the situation of making the weight and balance sheet therefore indirectly increase the safety in aviation.

## **KEYWORDS**

- Airport
- Aircraft
- Weight and balance sheet (Load Sheet)
- Aircraft mass
- Aircraft balance
- MS Office Excel program

## KAZALO

<b>1</b>	<b>UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1	PREDSTAVITEV PROBLEMA .....	1
1.2	PREDSTAVITEV OKOLJA .....	1
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE .....	3
1.4	METODE DELA .....	3
<b>2</b>	<b>OSKRBA LETAL NA LETALIŠČU</b> .....	<b>3</b>
2.1	TEHNOLOGIJA OSKRBE LETALA .....	4
<b>3</b>	<b>DELO KONTROLORJEV OSKRBE IN BALANSERJEV LETAL</b> .....	<b>8</b>
3.1	KONTROLOR OSKRBE LETAL .....	9
3.2	BALANSER LETAL .....	10
<b>4</b>	<b>POMEN LISTE URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMENITVE LETAL</b> .....	<b>11</b>
4.1	POMEN MASE NA LISTI URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMENITVE LETAL .....	14
4.2	POMEN TEŽIŠČA NA LISTI URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMENITVE LETAL .....	17
4.3	IZDELAVA LISTE URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMENITVE LETAL .....	20
<b>5</b>	<b>PROBLEM PRI IZDELAVI ROČNE LISTE URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMENITVE LETAL</b> .....	<b>26</b>
5.1	PRIDOBIVANJE PODATKOV ZA LISTO URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMENITVE LETAL .....	26
5.2	IZDELAVA LISTE URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMENITVE LETAL .....	28
<b>6</b>	<b>PREDLOG POSTOPKA IZDELAVE LISTE URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMENITVE LETAL S PROGRAMOM MICROSOFT OFFICE EXCEL</b> .....	<b>29</b>
6.1	PRIMERJAVA EXCELOVE LISTE URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMENITVE LETAL .....	32
<b>7</b>	<b>ZAKLJUČEK</b> .....	<b>39</b>
	<b>LITERATURA IN VIRI</b> .....	<b>43</b>
	KAZALO SLIK .....	44
	KAZALO TABEL .....	44

# 1 UVOD

## 1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Problem, ki se direktno nanaša na oskrbo letal in ga bomo izpostavili, je izdelava ročne liste uravnoveženosti in obremenitve letal (Load Sheet). V letalskem prometu je zelo pomembna, saj jo potrebuje vsako letalo, težje od 5700 kg, in je tudi zakonsko predpisana. Izdelava ročne liste je zahteva več časa od računalniške verzije, izpisana pa mora biti v najkrajšem možnem času.

Za nekoga, ki to listo sestavlja, lahko nastane stresna situacija, posledično obstaja večja verjetnost napačne izdelave. Napačno izdelane liste ne smemo predati pilotu letala, zato jo izpišemo ponovno oziroma tolikokrat, kolikor je potrebno, da je izdelana pravilno. Izpadi računalniškega sistema so redki, vendar mora biti vsak zaposleni pripravljen tudi na to. Nepripravljenost pomeni neuspeh, posledično se obetajo velike zamude letal, saj pilot brez liste z letalom ne sme poleteti. Zamuda letala neposredno vpliva na potnike na letalu, tisti, ki na naslednjem letališču prestopajo, nimajo veliko časa, letališča v tujini so velika in posebno za novega obiskovalca neznana. Tako lahko potnik zamudi let na naslednji namembni kraj, kar pomeni dodatno čakanje in iskanje povezave. Tudi če potnik ne prestopa na drugem letališču, ni prijetno zamujati na počitnikovanje, vsaka ura več, prebita na letališču ali letalu, pomeni manj časa na zelenem kraju v svetu. Tako potnik dobi slab vtis o določeni letalski družbi, se pritoži ali zahteva celo denarno odškodnino.

Kot nalašč računalniški sistem izpade ravno v konici, ko se oskrbuje ter pripravlja za vzlet in odhod večje število letal. Pogosto sta na voljo največ dve osebi, ki morata izpisati večje število list v kratkem času in poleg tega opravljati še druge delovne naloge.

## 1.2 PREDSTAVITEV OKOLJA

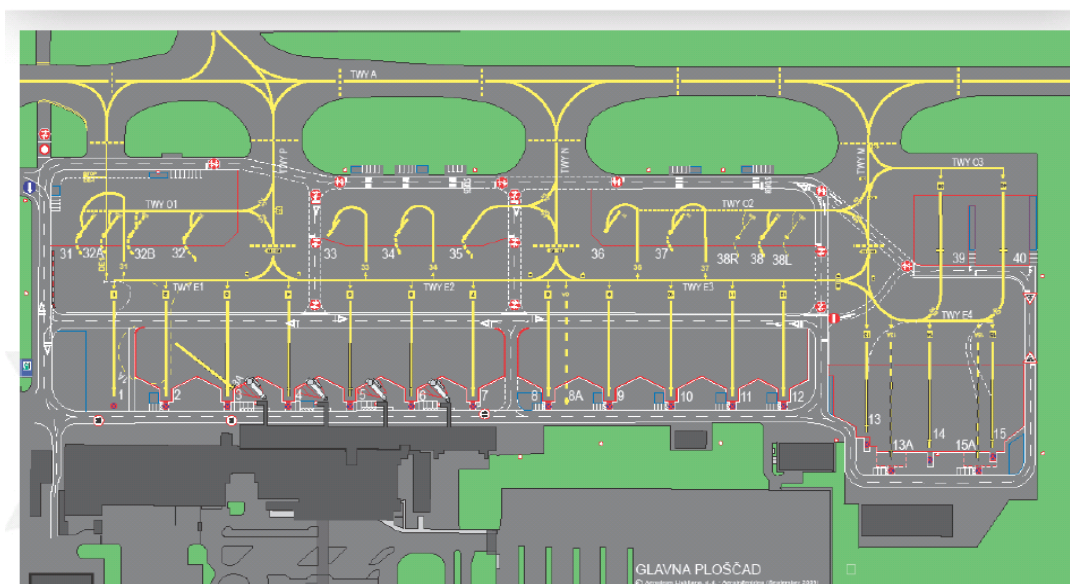
Mednarodno letališče, ki se od junija 2007 imenuje Letališče Jožeta Pučnika Ljubljana, upravlja ter vodi vse službe na področju sprejema in odprave letal ter potnikov in tovora delniška družba Aerodrom Ljubljana. V podjetju je zaposlenih nekaj več 400 ljudi, od tega več kot 300 v operativnih službah, prometno-tehnični sektor izvaja naloge primarne dejavnosti družbe.

Letališče ima eno vzletno-pristajalno stezo, dolgo 3300 metrov, široko 45 metrov, dodatnih je na vsaki strani 7,5 metrov utrjene asfaltne bankine. Lega steze je

približno 120 oziroma 300 stopinj v smeri vzhod–zahod. Letališče ima eno glavno ploščad, s 25 parkirnimi mesti, kjer sprejmejo tudi približno toliko letal, odvisno od tipa oziroma velikosti. Petnajst parkirnih mest je tako imenovanih pozicij »nose in«, kjer letalo parkira z nosom naprej ter tako za odhod s parkirnega mesta potrebuje pomoč vlečnega vozila, t. i. »push back«. Ostalih deset parkirnih mest je samoizhodnih, ki jih letalo lahko zapusti s pomočjo lastnega pogona. Prav tako ima letališče eno manjšo ploščad, imenovano »general aviation service«, ploščad splošnega letalstva, kjer je petnajst samostojnih parkirnih mest za manjša letala ter tri parkirna mesta za helikopterje.

GLAVNA PLOŠČAD - november 2009

Aerodrom Ljubljana 



**Slika 1: Parkirna mesta za letala na glavni letališki ploščadi**

(Vir: Interni priročnik Aerodrom Ljubljana)

Oddelek kontrolorjev in balanserjev letal, kjer sem zaposlen zadnjih 5 let, spada v prometno-tehnični sektor. Nekateri uslužbenci tega oddelka skrbijo za pripravo podatkov o letih, pripravo plana nakladanja letal in s tem za pravilno obremenitev in uravnoteženost letal, drugi v tem oddelku pa kontrolirajo in usklajujejo oskrbo letal od začetka, ko to pristane, pa do konca, ko je pripravljeno za vzlet.



### 1.3 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE

Matematična formula za izračun srednje aerodinamične tetive MAC je zelo obsežna in kompleksna, saj je sestavljena iz podrobnih podatkov o letalu. Zaradi težav in omejenega dostopa do podatkov, pa tudi zaradi poglobljenega znanja uporabe programa MS Office Excel, formula srednje aerodinamične tetive MAC ne bo vstavljena v našo novo izdelano formo MS Office Excel za pomoč pri izdelavi liste uravnoteženosti in obremenitve letal. Zato bo primerjava podatkov o MAC med različnimi listami uravnoteženosti in obremenitve letal izključena ali bo primerjava izvedena na drug, poenostavljeni način.

### 1.4 METODE DELA

Uporabili smo naslednje metode dela.

- Metodo deskripcije pri opisu določenih nalog posameznih služb in oddelkov.
- Metodo kompilacije pri navajanju, uporabi navedb, citatov drugih avtorjev in uporabi internih zapisov.
- Analitično metodo – razčlenitev posameznih delov liste uravnoteženosti in obremenitve letal ter posameznih del oddelka kontrolorjev in balanserjev letal.
- Primerjalno metodo – med seboj bomo primerjali različne vrste list uravnoteženosti in obremenitve letal.

## 2 OSKRBA LETAL NA LETALIŠČU

Oskrba letal je časovno omejen proces, saj ima vsako letalo točno določen čas odhoda, prav tako pa je obračalni čas letala vnaprej določen glede na tip oz. velikost letal ter zahteve posameznega prevoznika. Tako velja, da čas oskrbe ne preseže 30 minut pri tipu CRJ 200 proizvajalca Bombardier Aerospace, ki ima približno 50 sedežev, pri malo večjem letalu istega proizvajalca CRJ 900, ki ima 86 sedežev, pa 35 minut. Pri večjih letalih, kot so letala proizvajalca Airbus A319 v povprečju s 135 sedeži, A320 s približno 160 sedeži ali Boeing B737-800 s približno 180 sedeži, pa traja čas oskrbe od 45 do 55 minut. Prevoznik lahko določi maksimalni obračalni čas. Tako na primer nizko cenovni prevoznik Easy jet zahteva, da se njihovo 150-sedežno letalo A319 sprejme in odpremi v obsegu 30 minut, kar zahteva natančno koordiniran potek oskrbe.

čas pred odhodom letala	<-35min	30min	25min	20min	15min	10min	5min	<-0min	
Potniki		izkrcavanje potnikov			vkrcavanje potnikov				
Točenje goriva									
Kabinsko osebje		nadzor izkrcavanja	čiščenje kabine	nadzor vkrcavanja			štetje potnikov		
Raztovarjanje in natovarjanje prtljage									
Prihod delavcem in opreme									
kontrolor oskrbe		pregled parkirnega mesta in letala		kontrola tovorjenja in vkrcavanja			zaključitev dokumentacije		
	Prihod letala	Letalo na parkirnem mestu (čas oskrbe letala)						Odhod letala	

**Slika 2: Časovni prikaz oskrbe letala A319 prevoznika Easy jet**  
(Vir: Lasten)

Pri oskrbi letal je prav tako pomembna varnost, saj je udeleženih veliko različnih sredstev oskrbe, ki so lahko dejavnik tveganja za nastale poškodbe na letalu. Poškodbe, ki nastanejo na letalu, se morajo vedno sporočiti za to odgovorni osebi. Lahko je to pilot letala, kontrolor oskrbe letala ali prevoznik, saj poškodovano letalo v zraku ni plovno in lahko strmoglavi, posledice so katastrofalne. Običajno tako letalo prizemljijo, saj mora odgovorna oseba mesto poškodbe pregledati, oceniti njeno resnost in tveganje. Če je potrebno in mogoče, mora poškodbo tudi sanirati ter izdati potrdilo, da je letalo plovno in varno. V primeru takih poškodb se pričakuje, da bo zamudilo predviden čas odhoda, potnikom se posreduje objava z razlogom zamude. V primeru večjih poškodb, ko je letalo treba popravljati dlje časa, prevoznik poišče alternativno rešitev za potnike, lahko je to preko drugih letališč ali pa ponudi drugo prosto letalo ter z njim odpelje potnike na namembno letališče. Obenem nastala poškodba prinaša denarno odgovornost, saj vemo, da popravila letal niso poceni. Nakup novega letala A319 na primer nanese približno 70 milijonov evrov. Iz tega je razvidno, da nadomestni deli, ki niso vedno na voljo, prinašajo velike stroške.

## 2.1 TEHNOLOGIJA OSKRBE LETALA

V trenutku, ko letalo pristane ter zapelje s steze na letališko ploščad, ga vozilo »follow me« pospremi na zanj določeno parkirno pozicijo. Interna pravila določajo, da neposredno sodelujoči pri oskrbi letalo pričakajo na parkirnem mestu nekaj minut pred njegovim predvidenim prihodom, kontrolor oskrbe letal pregleda parkirno mesto in odstrani vse delce na tleh, ki bi ga lahko poškodovali (njegova kolesa ali motorje). Ko se letalo zaustavi (parkira), ugasne motorje in z ugasnjeno rdečo utripajočo lučjo »anti-collision aircraft beacon« na trupu pilot javi, da se lahko varno približamo, se oskrba letala prične. Prvi pri letalu je kontrolor oskrbe, ki opravi kratek vizualni pregled letala, ponovno potrdi približevanje sredstev k letalu in posledično pričetek oskrbe.

Osnovna sredstva, ki jih pri oskrbi letal potrebujemo, so:

- samohodne stopnice ali aviomostovi,
- letališki avtobusi,
- trakovi za nakladanje in razkladanje tovora,
- traktorji z vlečnimi vozički za prevoz tovora,
- kombinirano vozilo z opremo za čiščenje kabine letala,
- vozila s pitno vodo,
- vozila za odvoz fekalij,
- cisterna za oskrbo letala z gorivom,
- tovornjak za oskrbo letala z obroki in drugimi potrebščinami.

Pomožna sredstva, ki jih občasno potrebujemo pri oskrbi letal, so:

- vozilo za pomoč pri startu motorja z zrakom,
- centrala za oskrbo z električno energijo,
- dvižni nakladalnik v primeru kontejnerskega tipa letala,
- vozilo »push back«,
- grelec kabine z vročim zrakom,
- dvižno vozilo za vkrcavanje ali izkrcavanje pomoči potrebnim potnikom,
- vozilo za prevoz posadk.

Razen v primeru, ko ima letalo svoje stopnice, stopnice za izkrcavanje in vkrcavanje potnikov ali aviomostove, jih pripelje in postavi prtljažni oddelek službe za S/O letal. Nato kontrolor oskrbe pristopi na letalo, šefa kabinskega osebja letala povpraša po morebitnih posebnostih glede potnikov na letalu, prevzame dokumente, kot so kopija liste uravnoveženosti in obremenitve letala, potniških manifestov, generalne deklaracije ter tovarne manifeste v primeru prevoza tovora in pošte. Ko kontrolor dobi vse potrebne informacije ter dokumente, se prične izkrcavanje potnikov, lahko direktno preko aviomostov v letališko zgradbo ali pa v letališke avtobuse, ki jih potem pelje v stavbo. Medtem ko se potniki izkrcavajo, lahko letališki delavci že raztovarjajo prtljago in drug tovor iz prtljažnih prostorov letala. V primeru, ko letalo potrebuje zunanjo električno energijo, pilot letala to z ročno signalizacijo sporoči osebju zemeljske oskrbe, letališki delavec pa priklopi električno centralo, lahko še preden se potniki začnejo izkrcavati.

Ko je letalo izkrcano ter raztovorjeno, delavci čakajo tovor, namenjen naslednji destinaciji, medtem pa se lahko zamenja posadka letala, letalo se počisti ter opremi s svežimi obroki hrane in pijače ter drugimi stvarmi, seveda gre za omejeno količino, namenjenimi naslednjim potnikom. Ko pilot letala glede na njihov plan letenja ter zadnje vremenske podatke ali omejitve določi potrebno količino goriva, ki jo tudi skrbno preračuna glede na težo letala ter tovora, ki ga namerava odpeljati na cilj, lahko kontrolor oskrbe pokliče cisterno z gorivom Jet A-1, da ga natoči v tanke letala. Takrat pilot letala s kontrolorjem oskrbe izmenja informacije o predvidenem

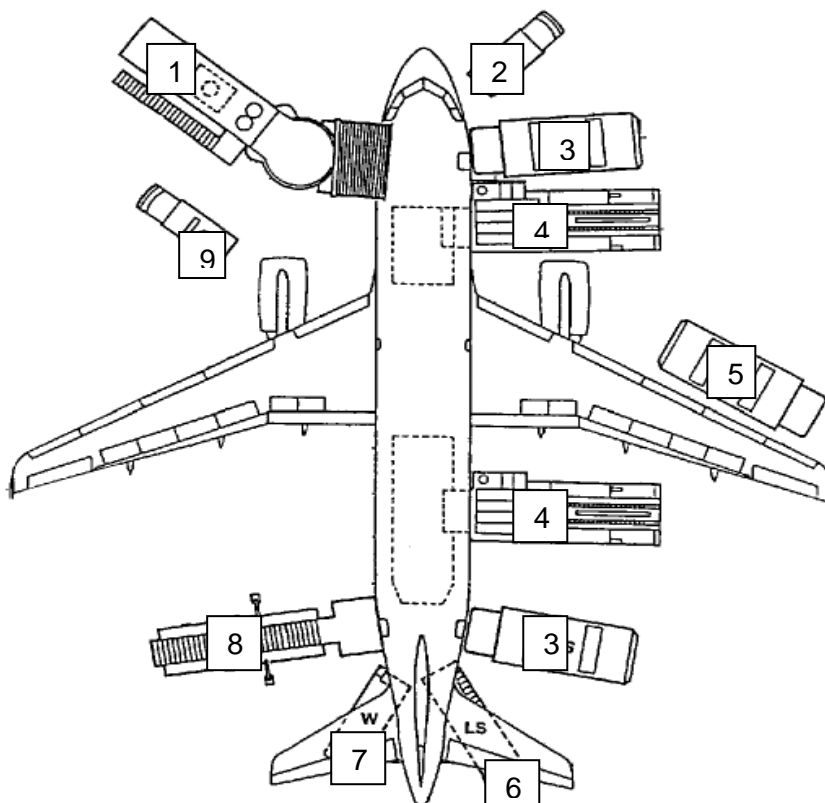
številu potnikov in tovora, o času pripravljenosti posadke za vkrcanje potnikov ter o ključnih podatkih za izračun liste uravnoteženosti in obremenitve letala.

Podatki za izračun liste uravnoteženosti in obremenitve letala, posredovani s strani pilota letala, obsegajo:

- aktualni datum, številko leta ter ime odhodnega in namembnega letališča,
- število in mesta članov posadke,
- registracijo letala ter težo in indeks suhe operativne teže letala (DOW in DOI),
- restrikcije maksimalnih vzletnih tež ali pristajalnih tež letala (RMTOW in RMLW),
- trenutno težo goriva v tankih letala (FOB) ter predvideno porabljeno težo pri taksiranju (taxi way oz. taksiranje letala je pot letala po manevrskih površinah, od parkirnega mesta do vzletno-pristajalne steze ali obratno),
- težo goriva v tankih letala na točki vzleta (TOF),
- predvideno težo porabljenega goriva med letom (TIF),
- kakršne koli druge opombe in podpis odgovorne osebe pilota (PIC-pilot in command) ali prvega častnika (F/O-first officer) letala.

Ko je letalo opremljeno ter pripravljeno, se lahko prične vkrcavanje potnikov v letališki avtobus ali neposredno v letalo preko aviomostu, obratno kot v primeru izkrcavanja. Istočasno ali že prej letališki delavci v letalo naložijo tovor, pošto, če je predvidena, in potniško prtljago. To delajo s pomočjo prej omenjenih transportnih trakov, na katere delavci s prej pripeljanimi traktorjem in vozički nakladajo tovor. Transportni trak podaja kose tovora delavcem, ki so v prtljažnem prostoru letala. Ti ga potem glede na predčasno izdana navodila nakladanja (LIR) kontrolorjev in balanserjev letal zložijo na točno določen del prostora v letalu. V nekaterih primerih, ko je letalo manjšega tipa, potnikom ni omogočen vnos večjih ročnih torb v letalo, takrat jo položijo na za to določeno mesto pred letalom, kjer delavci torbe poberejo in jih prav tako naložijo v prtljažni prostor v letalu.

Ko so potniki vkrcani ter zadnji kosi prtljage natovorjeni, kontrolor letala, ki je že prej na podlagi izpolnjenega poročila (LIRF) o aktualni teži tovora ter mesta natovorjenosti letala, posebnosti tega in podatkih, posredovanih od pilota letala o količinah goriva ter številu posadke itd. prejel od balanserja letala izpolnjeno listo uravnoteženosti in obremenitve. Seveda so na listi tudi podatki o številu potnikov in sedežih v letalu, na katerih ti sedijo, posredovani s strani službe za oskrbo potnikov. Kontrolor oskrbe to listo posreduje pilotu letala, ki dokument pregleda ter podpiše, eno kopijo zadrži zase, eno preda kontrolor oskrbe šefu kabinskega osebja, ostale pa obdrži na letališču.



**Slika 3: Postavitev sredstev oskrbe pri letalu**

(Vir: Letalski priročniki za oskrbo letal)

1	Potniški most za izkrcaje in vkrcanje potnikov
2	Samohodna električna centrala za oskrbo letala z elektriko
3	Dvižno sredstvo za oskrbo kuhinje letala
4	Transportni trakovi za natovarjanje in raztovarjanje tovora v letalo
5	Cisterna za oskrbo letala z gorivom
6	Vozilo za odvoz fekalij
7	Vozilo za oskrbo letala s pitno vodo
8	Premične potniške stopnice
9	Vozilo za pomoč zagona motorja s potisnim zrakom

Ob letalu je vedno velika gneča vseh sredstev, zato vedno obstaja možnost nastanka poškodb, ki lahko onemogočijo sposobnost letenja. Odgovornost vseh sodelujočih v oskrbi je, da so pri manevriranju z vozili okoli letala previdni in se tako izogonej morebitnim nesrečam.

### 3 DELO KONTROLORJEV OSKRBE IN BALANSERJEV LETAL

Vsako letališče ima oddelek kontrole oskrbe letal (Load control) ali vsaj nekoga, ki to funkcijo predstavlja in opravlja. Na Letališču Jožeta Pučnika Ljubljana se delo kontrolorjev oskrbe in balanserjev letal opravlja v sklopu službe sprejema in odprave letal (S/O letal). Zaposleni, ki opravljajo to delo, se delijo na dve skupini. Ena opravlja delo na parkirni ploščadi za letala – kontrolira in usklajuje oskrbo letal, druga skupina pa v pisarni vnaprej pripravlja in usklajuje podatke o letu in letalu s pomočjo računalnika.

Letalo je kot katerokoli drugo prevozno sredstvo, ki prevaža potnike, prtljago in tovor, le da moramo pri natovarjanju teh paziti, da ga ne obtežimo toliko, da se ne bi moglo dvigniti v zrak in poleteti. Z vkrcanjem potnikov in natovarjanjem tovora ter točenjem goriva vplivamo na težišče letala, ki je zelo pomemben faktor letenja. Pozorno moramo spremljati omejeno trdnost podvozja in drugih vitalnih delov, ki se lahko pri pristajanju letala preobremenijo in s tem poškodujejo. Prav tako lahko z neprimernim natovarjanjem poškodujemo kakšne druge strukture, na primer prtljažne prostore, letalo lahko izgubi talno stabilnost ter se prekucne na zadnji, repni del. Pri tem ne gre samo na denarno škodo, ogrožena je tudi varnost ljudi.



**Slika 4: Prikaz posledice nepravilnega tovorjenja letala – »tail tipping«**

(Vir: <http://photobucket.com/images/tail%20tipping/>)

Kontrolorji in balanserji letal opravljajo pomembne postopke:

- Izračunavajo pravilne mase in težišča letala ter skrbijo, da so ti znotraj dovoljenih meja.
- Skrbijo za pravilno tovorjenja letala v skladu s predpisi in navodili prevoznika in tovorjenja, značilnih za vsako letalo posebej.
- Usklajujejo podatke o aktualnem tovorjenju letala, potnikih in gorivu.

Proces njihovega dela naj bi potekal po naslednjih osnovnih štirih korakih:

- planiranje tovorjenja letala,
- izračunavanje mase in težišča letala,
- nadzorovanje in kontrola tovorjenja letala,
- preverjanje in zaključevanje liste uravnoteženosti in obremenitve letal ter ostalih tovrnih dokumentov.

### 3.1 KONTROLOR OSKRBE LETAL

Osebo, ki se dogovarja s posadko letala, pri letalu daje navodila delavcem in potem nadzoruje tovorjenje letala, imenujemo Kontrolor oskrbe letal. Njegova naloga je sodelovanje z balanserjem letal v pisarni, zunaj na terenu pa realiziranje plana tovorjenja letala in vkrcanja potnikov. Vse potrebne podatke o masi in težišča letala pridobi od balanserja letala, po potrebi jih sporoča pilotu letala, enako velja za informacije, namenjene kabinskemu osebju o številu potnikov in njihovih posebnostih, ter delavcem glede tovorjenja letala.

Za vsako tovorjenje letala veljajo neka splošna pravila, pa tudi posebne zahteve posameznih prevoznikov, ki jih mora poznati in upoštevati vsak kontrolor letala. Splošna pravila tovorjenja letala so:

- Vedno, kot pravilo, se letalo začne tovoriti v sprednje, šele nato začnemo tovoriti zadnje prtljažne prostore. Raztovarjanje poteka v obratnem vrstnem redu.
- Če se tovari samo v zadnje prtljažne prostore, moramo upoštevati maksimalno težo tovora, ki jo lahko naložimo, ne da bi ogrozili stabilnost letala na tleh, brez potnikov na krovu.
- Vsak prtljažni prostor ima svojo maksimalno obremenilno mejo, maso tovora, ki ga lahko v prtljažni prostor natovorimo, to imenujemo talna obremenitev posameznega prtljažnega prostora.
- Prav tako ne smemo prekoračiti maksimalne mase tovora v skupnih prtljažnih prostorih.
- Razne posebne kose tovora moramo v skladu s predpisi ustrezno zavarovati. Kose tovora, ki presegajo težo 149 kilogramov, in razne nevarne snovi, ki lahko poškodujejo letalo med prevozom, moramo nepremično privezati z vrvjo.

- Varovalne mreže znotraj prtljažnih prostorov morajo biti zapete, tako zmanjšamo silo tovora v prtljažnem prostoru.

Po končanem tvorjenju kontrolor oskrbe letala preda pilotu letala listo uravnoveženosti in obremenitve letal, vrata letala se zaprejo, kontrolor oskrbe letal še zadnjič vizualno preveri zunanost letala, s tem se zaključi proces oskrbe.

## 3.2 BALANSER LETAL

Nekje uro pred predvidenim odhodom letala balanser pripravi poročilo z navodili o tvorjenju letala za kontrolorja oskrbe letal. V pisarni ima balanser letala vedno vpogled v aktualno stanje o potnikih in tovoru nekega letala. Pripravlja dokumente in obvešča kontrolorja oskrbe letal o morebitnih posebnostih, navodilih. Balanser letal takrat, ko od kontrolorja oskrbe letal prejme potrebne podatke, začne z izdelavo liste uravnoveženosti in obremenitve letal.

Po podatkih, ki jih je kontrolor oskrbe letala pridobil od pilota letala, nastavi pravilno konfiguracijo posadke na določenem letu, posledično pravilno suho operativno maso letala (DOW) ter suhi operativni indeks letala (DOI). Prav tako vstavi v listo uravnoveženosti in obremenitve letal podatke o gorivu, vzletno gorivo (TOF), gorivo, porabljeno med letom (TIF), in čas letenja. Maksimalne teže letala so lahko tudi reducirane s strani pilota, zato preveri še te. Naslednja stvar je uskladitev poročila z navodili o nakladanju. Kontrolor oskrbe letal zagotovi aktualne podatke o teži prtljage in tovora v prtljažnih prostorih, ki jih balanser letal vpiše v listo uravnoveženosti in obremenitve letal.

Balanser letal mora uskladiti podatke, posredovane s strani kontrolorja oskrbe letal, velja pa pravilo o medsebojnem sodelovanju ter preverjanju podatkov. Oba enako skrbita za varnost v prometu, morebitne napake sta prisiljena odkriti in odpraviti, preden letalo zapusti parkirno mesto na letališču.



## 4 POMEN LISTE URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMENITVE LETAL

Listo uravnateženosti in obremenitve letal je treba izdelati za odhod vsakega letala, katerega maksimalna dovoljena vzletna masa »MTOW« (maximum take-off weight) presega 5700 kilogramov. Po Zakonu o letalstvu mora biti ta lista prisotna na vsakem letalu, ki izpolnjuje ta kriterij. Prav tako 207. člen Zakona o letalstvu – UPB4 pravi naslednje.

»Zrakoplov, ki se uporablja za letenje, mora imeti listine in knjige, predpisane s tem zakonom. Vsebino listin in knjig ter način njihovega vodenja urejajo predpisi, izdani na podlagi tega zakona. Med letenjem morajo biti v zrakoplovu, razen v balonu in drugih letalnih napravah, naslednje listine in knjige:

- potrdilo o vpisu v register zrakoplovov,
- spričevalo o plovnosti zrakoplova,
- dovoljenje za delo radijske postaje (če jo ima),
- licenco oziroma potrdilo člana posadke,
- operativni dnevnik zrakoplova,
- nalog za let.

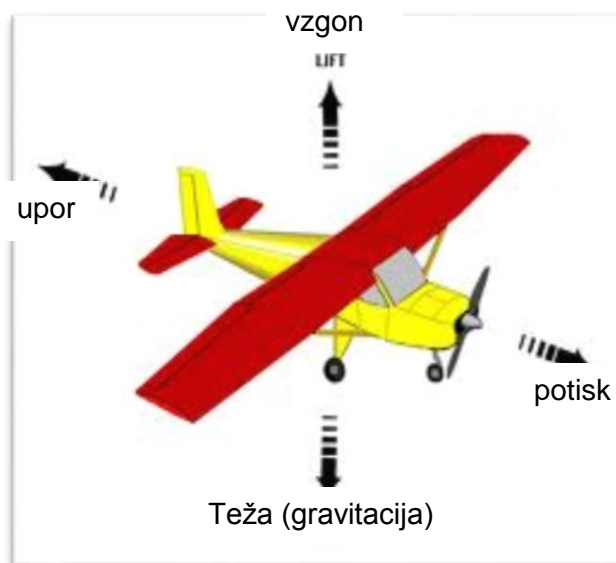
V zrakoplovu, ki se uporablja za prevoz oseb in stvari, morajo biti poleg listin in knjig iz prejšnje točke tega člena tudi naslednje listine in knjige:

- listina obremenitve in lege težišča,
- dokumenti za pripravo leta,
- listina s podatki o vkrcanih stvareh, če se prevažajo stvari,
- letalni priročnik zrakoplova,
- letalno-operativni priročnik,
- potni priročnik zrakoplova,
- seznam opreme v primeru nevarnosti, s katero je zrakoplov opremljen,
- potna knjiga zrakoplova,
- potrdilo o izpolnjevanju okoljevarstvenih zahtev (hrup, emisija plinov).«  
(Uradni list Republike Slovenije 2010, str. 12245).

Listo uravnateženosti in obremenitve je v letalskem prometu zelo pomembna, saj pilot letala glede na podatke s tega dokumenta svoje letalo pripravi na varen vzlet, vmesno letenje in pristane. Lista dokazuje, da letalo ne presega nobene od dovoljenih tež in da je njegov center težišča znotraj dovoljenih meja.

Da listo uravnateženosti in obremenitve letal lažje razumemo, moramo pogledati osnove fizike in delovanje sil na letalo. Na letalo delujejo štiri glavne sile, ki so:

- Sila upora, ki deluje horizontalno proti letalu in ga zavira.
- Sila potiska, ki jo proizvajajo motorji letala in deluje horizontalno v smeri leta ter nasprotuje sili upora.
- Sila teže, ki pritiska letalo k tloraju, deluje pravokotno v smeri leta, torej vertikalno na letalo.
- Sila vzgona, ki jo proizvaja krilo letala ter deluje vertikalno v nasprotni smeri sili teže, s tem letalo dviga.



**Slika 5: Prikaz delovanja sil na letalo**

(Vir: <http://www.rc-airplane-world.com/how-airplanes-fly.html>)

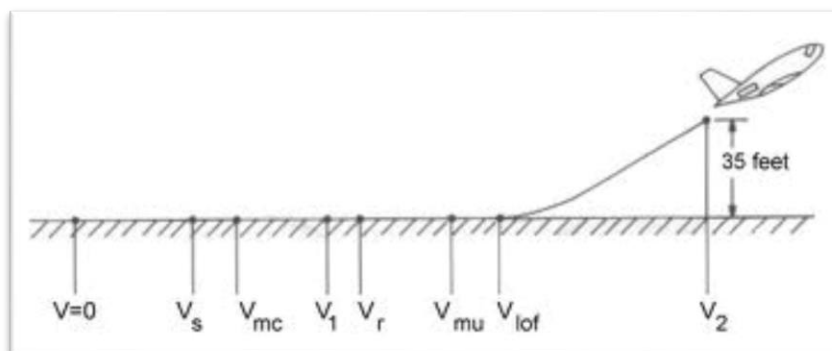
Podatka torej, ki ju pilot najbolj potrebuje, sta vzletna teža oziroma skupna masa ter uravnoteženost oziroma balans letala. Seveda so zelo pomembni tudi drugi podatki, kot so:

- število potnikov in posadke na krovu letala,
- teža in lastnosti mrtvega tovora (deadload) – pošte, tovora, prtljage ali kakršnekoli druge oblike tovora v prtljažnem prostoru, plačljivega ali neplačljivega,
- teža goriva v tankih letala.

Poleg zgoraj naštetih podatkov so na listi zapisani tudi osnovni podatki o letalu, številki leta, destinaciji odhodnega in namembnega letališča itd. Vsi ti podatki povedo točne stvari o letalu, potnikih in tovoru.

Prej smo omenili dve najpomembnejši informaciji na listi, to sta skupna masa in težišče letala. Podrobneje bomo pogledali vpliv skupne mase ali teže. Glede na skupno maso letala pilot določi pomembne hitrosti, ki jih letalo doseže pri vzletanju. Pri tem mora upoštevati še spreminjanje gostote zraka, ki je pogojena s temperaturo zraka, zračnega tlaka ali višine leta, nagib vzletno-pristajalne steze in njeno dolžino ter nadmorsko višino. Pomembne so tudi ovire, če so in v kakšni neposredni bližini so, ter smer in moč vetra.

Zaradi zagotavljanja varnosti je pri transportnem letalu določeno, da mora imeti najmanj dva motorja, tako lahko tudi pri odpovedi enega razpolaga s predpisanimi minimalnimi zmogljivostmi, ki zagotavljajo varen zaključek leta. Zato pomenita vzletanje in pristajanje enega ključnih trenutkov letala za posadko, ki z njim upravlja na svoji poti. Glede na to je faze vzletanja zelo natančno vnaprej določi pilot. Posledično so glede na skupno maso in druge faktorje znane osnovne vzletne hitrosti:  $V_s$ ,  $V_{mc}$ ,  $V_1$ ,  $V_r$ ,  $V_{mu}$ ,  $V_{lof}$ ,  $V_2$ .



**Slika 6: Razpored vzletnih hitrosti na vzletno-pristajalni stezi**

(Vir: <http://www.aerospaceweb.org/question/performance/q0088.shtml>)

Oznake vzletnih hitrosti letala na vzletno pristajalni stezi:

- $V_0$  – letalo se pripravlja na vzlet, čaka na dovoljenje kontrolorja zračnega prometa, da lahko prične pospeševati hitrost,
- $V_s$  (stall speed) – to je minimalna hitrost letala, pri kateri letalo lahko leti, čeprav bi bilo letenje pri tako nizki hitrosti zelo nestabilno. Najmanjša sprememba nagiba letala bi lahko privedla do padca letala na tla zaradi izgube vzgona,
- $V_{mc}$  – minimalna hitrost, pri kateri pilot še lahko upravlja letalo ob odpovedi enega motorja),
- $V_1$  (take off decision speed) – na tej točki in hitrosti se pilot odloči o prekinitvi ali nadaljevanju vzleta. Pilot letala prekine vzlet, če zazna odpoved enega motorja pred to točko oz. hitrostjo, ko pa preide to točko oz. hitrost, mora kljub odpovedi enega motorja z vzletom nadaljevati,

- Vr (Take off rotation speed) – je hitrost, pri kateri pilot letala začne dvigovati nos letala,
- Vmu (Minimum unstick speed) – je najmanjša hitrost, za katero proizvajalec letala jamči, ob delovanju vseh motorjev, da omogoča odcepitev letala od steze s pomočjo talnega efekta in nadaljevanje vzleta v normalnih pogojih,
- Vlof (Lift off speed) – je hitrost, pri kateri se letalo popolnoma odlepi od tal vzletno-pristajalne steze,
- V2 (Take off safety speed) – ta hitrost mora biti dovolj visoka, da zagotovi varnost pred prevlečenim letom in izgubo smerne upravljalnosti, ter hkrati dovolj nizka, da zagotovi minimalne predpisane naklone vzpenjanja.

#### 4.1 POMEN MASE NA LISTI URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMENITVE LETAL

Za izdelavo listo uravnoteženosti in obremenitve letal moramo poznati vse pomembne mase letala, katerih definicije sledijo v nadaljevanju. V grobem delimo mase letala na aktualne, dejanske mase letala na posameznem letu in pa na maksimalne, ki so določene za vsak tip letala posebej, ki jih ne smemo prekoračiti, saj bi s tem preobremenili letalo. Teža izrazito učinkuje na zmogljivosti letala, krmiljenje in aerodinamične značilnosti, saj s tem, ko se masa letala povečuje, se zmanjšuje zmogljivost letala, torej potrebuje večjo dolžino steze za vzlet in pristajanje. Pri vzletu se zmanjša naklon dviganja, hitrost vzpenjanja ter zgornja višina leta, poveča se hitrost spuščanja pri pristanku, poveča se upor in poraba goriva, zmanjšata pa se doseg letala ter dolžina leta. Prav tako višja masa letala pomeni tudi večja obremenitev na korenu krila ter podvozju letala, s tem je povečana obraba kolesnih plaščev in zavor letala, v zraku pa letalo postane manj odzivno in težje ga pilot obvladuje.

##### Definicija kratic mase

Aktualne ali dejanske mase letal:

- MEW (Manufactures empty weight) – tovarniška masa praznega letala, takoj ko je zaključena faza proizvodnje, ki je sestavljena iz same strukture letala, teže pogonskih sklopov, teže opreme v zgornji kabini ter vseh vgradnih sistemov na letalu.
- BW (Basic weight) – bazična masa praznega letala, ki jo dobimo, ko tovarniški teži praznega letala prištejemo stalne standardne postavke, kot so: količina olja v hidravličnih in pogonskih sklopih, neizkoriščena količina goriva v raznih ceveh in dovodih, voda za pitje ter voda in kemikalije v sanitarijah, osnovna oprema letala za postopke v sili, oprema, dodana na zahtevo prevoznika, saj lahko vsak prevoznik pri naročilu izdelave letala

izrazi svoje želje glede dodatne opreme. Lahko rečemo, da je letalo izdelano za potrebe prevoznika, posledično prevoznik sam vpliva na bazično težo letala.


- DOW (Dry operating weight) – suha operativna masa letala je sestavljena iz bazične mase praznega letala, prišteta je teža operativnih postavk, ki so odvisne od števila posadke ter njihove prtljage, pripomočkov in opreme, potrebne za določeno vrsto leta (razni priročniki in navigacijska oprema), premične kabinske opreme z obroki za potnike (hrana, pijača ter druge stvari), specifične predmete za vrsto leta, kot so oprema za prevoz bolnih ljudi, razna oprema za natovarjanje itd.
- TOW (Take-off fuel) – masa goriva v tankih letala pri vzletanju. Ko tej masi goriva prištejemo maso že porabljenega goriva pri taksiranju, ko se letalo pelje iz pozicije na letališču do točke vzleta, označujemo to maso z oznako FOB (fuel on board) – masa goriva v tankih po končanem točenju goriva.
- OW (Operating weight) – operativno maso letala dobimo, ko suhi operativni teži prištejemo maso goriva pri vzletanju (TOF).
- ZFW (Zero fuel weight) – masa letala brez goriva, ki jo dobimo, ko suhi operativni masi prištejemo skupno težo blaga (total traffic load), v kateri so zajeti tako potniki in njihova prtljaga kot tudi druge tovarne pošiljke.
- TOW (Take-off weight) – vzletna masa letala, ki jo dobimo, ko masi letala brez goriva (ZFW) prištejemo maso goriva v tankih letala na točki vzletanja (TOF) ali ko operativni masi letala (OW) prištejemo vsoto potnikov in njihove prtljage ter vsega naloženega tovora.
- LW (Landing weight) – masa letala pri pristanku, ki jo dobimo, ko masi letala pri poletanju (TOW) odštejemo maso goriva, ki ga je letalo porabilo med letom na poti do točke pristanka.

Maksimalne mase letala delimo na konstrukcijske, ki jih določi konstruktor oziroma proizvajalec letala, vendar jih lahko prevoznik, ki letalo uporablja, omeji in zmanjša. Kakorkoli prevoznik mase omeji in s tem spremeni, uporabljamo vedno le predpisane maksimalne dovoljene mase s strani prevoznika.

- MZFW (Maximum zero fuel weight) – maksimalna masa letala brez goriva je masa letala in vseh dodanih stvari ter potnikov, enaka je vzletni masi letala, ko ji odštejemo vse gorivo, ki ga nosi. Prav tako te mase ne smemo prekoračiti, njena prekoračitev bi lahko privedla do momenta zapiranja kril. Natovorjen in preobremenjen trup letala namreč pritiska k tlom na korenu kril, konice kril pa silijo navzgor. Če konstrukcija letala momenta ne prenese, lahko pride do materialnih poškodb in deformacij na trupu letala in krilih, posebej ogroženi so spoji med njimi.
- MTW (maximum taxi weight) – maksimalna masa pri taksiranju letala je največja dovoljena masa letala, pri kateri se lahko letalo samo ali s pomočjo vlečnega vozila giba in premika, pelje po platformi. Če je letalo pretežko,

lahko pri premikanju po neravninah pride do zvijanja in lomljenja raznih materialov konstrukcije, letalo ni več varno za prevoz.

- MTOW (maximum take-off weight) – maksimalna vzletna masa letala je masa, ki se ne sme prekoračiti na točki vzletanja, saj letalo potrebuje določen zalet oziroma pospešek, da doseže potrebno hitrost. Posledično krilo letala ne zmore zagotoviti dovolj vzgona, da bi dvignilo letalo na točki vzleta, nato se letalo lahko zaleti v ovire na koncu vzletno-pristajalne steze. Tudi če se letalu uspe dvigniti, se ni zmožno dvigati, kar lahko privede do nesreče. Maksimalno težo pri vzletanju lahko pilot letala vedno reducira, saj so glede na karakteristike posameznega letališča in njegovih vzletno-pristajalnih stez omejene možnosti vzleta raznih letal. Odvisno je od višinske lege letališča, temperature zraka, nagiba in dolžine vzletno-pristajalne steze, smeri in moči vetra ter ovir v okolici letališča.
- MLW (Maximum landing weight) – maksimalna masa pri pristajanju je največja dovoljena masa letala pri pristanku. Če letalo to maso preseže, je posledično ogroženo podvozje letala ter drugi materiali strukture letala, lahko pride do prenapetosti in odpovedi podvozja, letalo se poškoduje, kar zahteva materialno odgovornost. S tem tudi ogrožamo varnost ljudi na krovu. Če je ta masa prevelika, pilot pri pristajanju letala ne more vzdrževati optimalne pristajalne hitrosti, prav tako se zmanjša sposobnost zaviranja na vzletno-pristajalni stezi.

		21,5t			
FLAPS	5	20°	V <sub>REF</sub> 7		
SPEED	5	20°			
V <sub>1</sub>	143	132	V <sub>F0</sub>	172	
V <sub>R</sub>	144	135	V <sub>F8</sub>	160	
V <sub>2</sub>	150	138	V <sub>F20</sub>	154	
V <sub>RET</sub> 6	162	150	V <sub>F30</sub>	150	
V <sub>FTO</sub>	178		V <sub>A45</sub> 8	147	

Slika 7: Tablica vzletnih hitrosti za letalo CRJ200

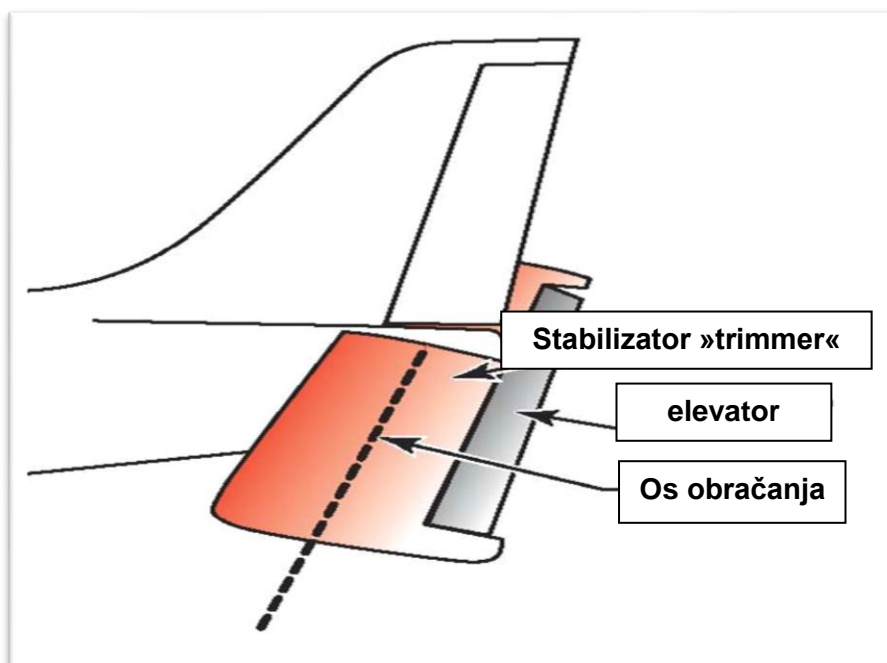
(Vir: Lasten)

Glede na maso letala na točki vzleta, ki jo pilot letala razbere z liste uravnoveženosti in obremenitve letal, so letalu določene hitrosti. Na sliki 6 vidimo primer tablice vzletnih hitrosti za letalo CRJ200 (Bombardier CRJ 200), ki na krov sprejme približno petdeset potnikov, in ima največjo vzletno maso (MTOW) okoli 24 ton. V primeru na sliki so določene hitrosti pri masi na točki vzleta (TOW), ko je letalo težko 21,5 ton. Točka rotacije letala, dviga nosnega kolesa od tal, je predvidena pri hitrosti 144 vozlov.

## 4.2 POMEN TEŽIŠČA NA LISTI URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMENITVE LETAL

Vsako letalo ali katerokoli drugo telo ima svoj center težišča. Če bi letalo na tej točki obesili na vrstico, bi obstalo v zraku v svoji ravni legi, ne bi se prekucnilo naprej ali nazaj. Teoretično je vsa teža oz. masa letala skoncentrirana v tej prostorski točki, kjer je letalo tudi stabilno.

Prav tako kot teža letala je pomembno tudi težišče, po navadi je to drugi del na listi uravnoveženosti in obremenitve letala. Glede na točko težišča letala, ki jo pilot razbere iz te liste, letalo s pomočjo višinskega stabilizatorja »trima«, torej spremeni vpadni kot višinskega stabilizatorja, kar ustvari nasprotno silo na silo težišča letala ter tako letalo ohrani v uravnoveženem stanju.



**Slika 8: Horizontalni stabilizator na repu letala**

(Vir: [http://www.americanflyers.net/aviationlibrary/pilots\\_handbook/chapter\\_1.htm](http://www.americanflyers.net/aviationlibrary/pilots_handbook/chapter_1.htm))

Položaj centra težišča letala bistveno vpliva na stabilnost letala v zraku ter njegovo krmljivost. Če začnemo na sredini trupa ter točko težišča pomikamo proti nosu letala, torej naprej, povečamo letalu stabilnost, vendar mu istočasno zmanjšujemo krmljivost. Obratno, ko letalu položaj težišča pomaknemo proti repu letala, torej nazaj, povečujemo zmožnost krmarjenja in hkrati zmanjšamo stabilnost letala. Center težišča letala se lahko med letom spreminja oziroma premika, kar je posledica porabe goriva, premikanje pozicije zakrilc letala ter premikanja članov posadke in potnikov. Odgovornost operaterja letala pa je, da upošteva te spremembe pred vzletom letala, tako namreč center težišča letala vedno ostaja znotraj predpisanih meja, posredovanih s strani proizvajalca.

Vsako letalo pa ima tudi svojo idealno lego težišča, kar pomeni, da takrat sprememba vpadnega kota višinskega stabilizatorja ni potrebna. Tako uravnoreženo letalo varčuje s porabo goriva, saj v primeru, ko mora pilot spreminjati vpadni kot višinskega krmila, poveča silo upora na letalo. Ko višinski stabilizator letalo popravlja v stabilno telo in s tem poveča upor, mora povečati moč motorjev, saj je smiselno ohraniti hitrost, posledično tako letalo porabi več goriva. Iz tega je razvidno, kako težišče letala in njegova uravnoreženost neposredno vplivata na porabo goriva in s tem stroške prevoznika na določenem letu.

Letalski prevoznik mora ugotoviti in postaviti pravilno težo ter center težišča letala z dejanskim tehtanjem pred prvo uporabo letala za namene transporta ter vključitvijo v floto, v nadaljevanju pa v štiriletnem intervalu, če so uporabljene mase posameznih letal, ali v intervalu vsakih devet let, če so uporabljene povprečne mase neke skupine ali flote istih tipov in konfiguracij letal.

### **Definicija kratic težišča letala**

Pri izračunu težišča letala uporabljamo enoto indeks. Predstavlja moment neke teže ki jo dodamo na različne dele letala, spredaj ali zadaj, s katero spreminjamo položaj centra težišča nekega letala. Uporabljamo ga tako pri izračunu centra težišča letala na ročni listi uravnoreženosti in obremenitve letala kot tudi pri računalniškem sistemu.

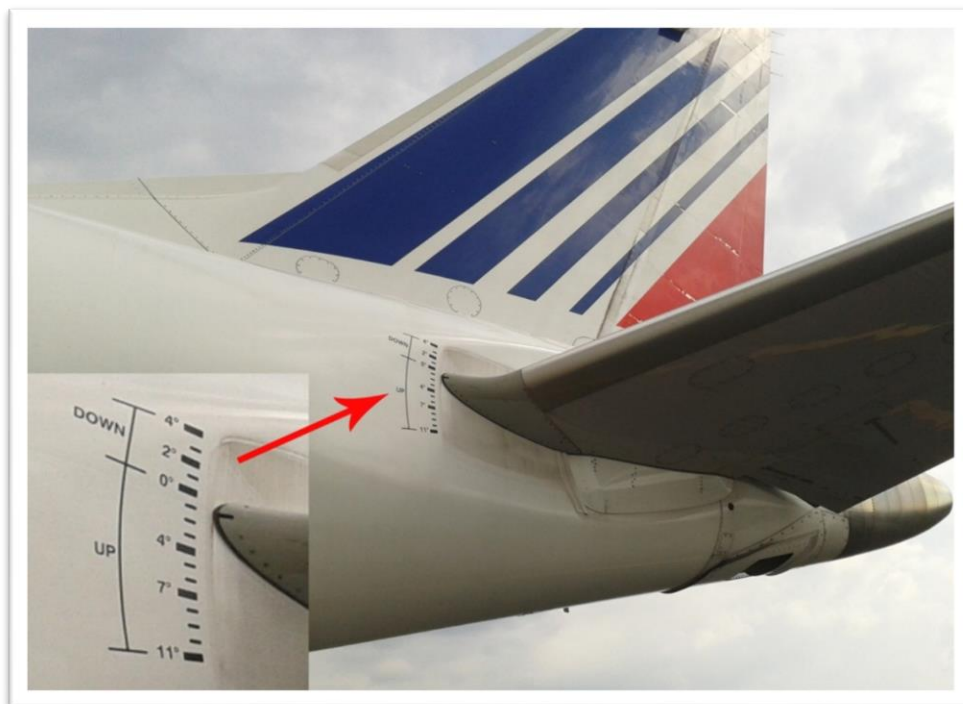
- DOI (Dry operating index) – indeks suhe operativne teže letala. Vsebuje indeks samega letala, operativnega in pripravljenega za uporabo, ki sta mu prišteta indeks števila in postavitve letalskega osebja ter indeks kuhinjske opreme na določenem letu.
- DLI (Dry loading index) – indeks suhe operativne teže letala ter sešteti indeks suhega tovora v prtljažnih prostorih letala brez indeksa potnikov in goriva.



- LIZFW (Loaded index at zero fuel weight) – indeks letala brez goriva, vendar so prišteti indeksi suhe operativne teže, indeks potnikov in indeks tovora v prtljažnih prostorih.
- LITOW (Loaded index at take off weight) – indeks letala z vsemi potniki in tovorom ter gorivom na točki vzleta.
- LILW (Loaded index at landing weight) – indeks letala s potniki in tovorom ter ostankom goriva, torej vzletnemu gorivu odštejemo porabljeno gorivo na poti, tik pred pristankom letala.

Center težišča je pri letalu izražen v odstotkih MAC-a, torej na koliko odstotkih od prednjega proti zadnjemu delu krila letala je center težišča. MAC (Mean aerodynamic cord) ali SAT (Srednja aerodinamična tetiva) je navidezna črta v preseku krila, če bi tako krilo razpolovili, bi dobili dva enaka dela, prav tako je MAC na povprečni širina krila, saj je krilo pri korenu širše in na koncu tanjše. Če bi na primer povprečna širina krila znašala 1 meter in bi bil center težišča 20 % MAC, bi to pomenilo, da je center težišča 20 centimetrov od prednjega roba krila letala. Zadnji del izdelave liste uravnoveženosti in obremenitve letala je razbrati MAC glede na izračunani indeks in seštevto maso letala. Poznamo in uporabljamo naslednje vrste MAC:

- MACZFW (Mean aerodynamic cord zero fuel weight) – srednja aerodinamična tetiva pri teži letala brez goriva.
- MACTOW (Mean aerodynamic cord take off weight) – srednja aerodinamična tetiva pri teži letala na vzletni točki. Glede na ta odstotek MAC-a pilot letala nastavi vpadni kot višinskega stabilizatorja za namen sposobnosti vzleta oz. dviganja pri določenih hitrostih, odvisnih od teže letala.
- STABTO (Stabilizer trim setting at take off) – s številko izražena primerna nastavitvev vpadnega kota višinskega stabilizatorja na letalu, pri točki vzleta prikazano na sliki 9. Osnova za to nastavitvev je MACTOW.
- ANU (Aircraft nose up) – je prav tako kot STABTO primerna nastavitvev vpadnega kota višinskega stabilizatorja na letalu.



**Slika 9: Dejansko nastavljen horizontalni stabilizator na letalu Embraer 195**  
(Vir: Lasten)

### 4.3 IZDELAVA LISTE URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMENITVE LETAL

Glede na način izdelave poznamo dva formata liste uravnoveženosti in obremenitve letal, to sta ročna in računalniška lista.

**Računalniška lista uravnoveženosti in obremenitve letal** je izdelana s pomočjo raznih računalniških programov, razvitih s strani prevoznikov samih ali drugih podjetij. Eden takšnih je v uporabi na Letališču Jožeta Pučnika in na letališču Edvarda Rusjana v Slivnici pri Mariboru, imenuje se DCS (departure control system), danes v lasti podjetja HP. Sistem DCS je zelo obsežen računalniški program, s pomočjo katerega se na enem mestu zbirajo vsi vhodni podatki, potrebni za izdelavo liste uravnoveženosti in obremenitve letal. Ko se potnik pojavi na okencu za prijavo na let, osebje službe sprejema in odprave potnikov vnese v sistem DCS vse podatke o potniku, kot so ime in priimek, spol, število kosov prtljage, destinacija potovanja itd. Prav tako v sortirnici prtljage vsak kos prtljage s čitalcem črtna kode potrdijo v sistemu DCS, ga razporedijo na ustrezen voziček in kasneje stehtajo. Končne podatke v DCS sistem vnaša oddelek kontrolorjev in balanserjev letal, saj so pridobljeni s strani pilota letala. Ko so vsi podatki vneseni in ko je potekla možnost za prijavo na določen let, torej se ne pričakuje sprememb, balanser letal zaključi postopek izdelave liste uravnoveženosti in obremenitve letal. Listo skopira

na list papirja, še zadnjič preveri podatke, jo podpiše in preko kontrolorja oskrbe letala pošlje pilotu.

Prednosti računalniškega sistema izdelave liste uravnoteženosti in obremenitve letal so, da izpis liste ni mogoč, če letalo ni znotraj dovoljenih mej težišča, če ni uravnoteženo ali če preseže katero izmed največjih dovoljenih mas. Pri računalniškem sistemu lahko kontrolor oskrbe že pribl. dve uri pred predvidenim odhodom letala preveri, če je težišče letala znotraj dovoljenih mej. Prav tako za eno letalo ni potrebnih toliko ljudi v procesu zbiranja podatkov, saj vse poteka hitreje, podatki se sproti obnavljajo. Pri računalniški izdelavi liste uravnoteženosti in obremenitve letal so podatki, prikazani na listi, točnejši, kot je na primer izračun MACTOW v odstotkih, kar je izhodiščni podatek za nastavitev stabilizatorja pri vzletu letala.

Na sliki 10 je primer že izdelane liste uravnoteženosti in obremenitve letal z računalniškim programom, ki ga uporablja tovorni prevoznik DHL. V tem primeru gre za malo večje letalo tipa Boeing 757, namenjeno izključno prevažanju tovora, saj je zgornji prostor prirejen za prevoz letalskih kontejnerjev, v katere natovorimo tovor, spodaj pa je tako kot pri potniškem letalu prostor za tovorjenje manjših kosov tovora. V zgornji del liste so vpisani osnovni podatki, kot so tip letala, odhodno in namembno letališče, številka leta, registracija in nacionalna oznaka letala ter datum in čas izdelave liste uravnoteženosti in obremenitve letala. Nato lahko vidimo, kje v zgornjem prtljažnem prostoru so kontejnerji s tovorom in koliko jih je ter prav tako koliko in kje je tovor v spodnjih prtljažnih prostorih. Pod vsako maso tovora je napisan vpliv te mase na težišče letala, izražen v enoti indeksa. Sledijo podatki o masi v letalu in letalu samem ter poleg na desni strani v enoti indeksa izraženi razni vplivi na težišče letala kot tudi samo težišče letala. Spodaj levo so še končni položaji težišča letala, izraženi v MAC, spodaj desno pa je prostor za morebitne spremembe v zadnji minuti. Na desni strani je prostor za obvezen podpis kontrolorja oskrbe letala in pilota letala.

B757-200SF    LOADSHEET    (Rel. 2.16.0)    Loadsheet Printout NR: 1

PROD. TIME: 18:09

FROM/TO FRA/LGW	FLIGHT BCS5804	A/C REG DALEI	ACM 1
		DATE 07-dec-2011	TIME 19:10

Data Rev. Date: 28-nov-2002

ALL WEIGHTS IN KG

UPPERDECK														
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	R
1357	0	0	0	0	0	0	0	220	250	225	1369	715	1880	992
IDX	-4,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,29	0,37	2,94	1,89	5,90	3,53

LOWERDECK				
21	22	31	32	33
0	0	0	0	0
IDX	0,00	0,00	0,00	0,00

	<b>WGT KG</b>	<b>INDEX</b>	<b>CAPTAIN:</b>
DRY OPERATING WGT	54987	13,91	
BALLAST	0	0,00	
ACM	95	-0,40	
TOTAL TRAFFIC LOAD	7008	10,48	
ZERO FUEL WEIGHT (Max: 83497)	62090	23,99	
TAXI FUEL	300	0,12	
TAKE OFF FUEL	9600	1,70	
TAKE OFF WEIGHT (Op. Max: 92721)	71690	25,69	
TRIP FUEL	2729	0,78	
LANDING WEIGHT (Max: 89992)	68961	24,92	
ALLOWED PAYLOAD	28039		

<p><b>CAPTAINS INFO BEFORE LMC</b></p> <p>IMBALANCE 0,0%</p> <p>NOTOC YES</p>	<p>LOADING CERTIFICATE- I CERTIFY THAT THE LOADING OF THIS A/C IS IN ACCORDANCE WITH CURRENT LOADING INSTRUCTIONS AND LOADPLAN, AND CERTIFY THAT THE SECURITY MEASURES AS DEFINED IN EU REGULATION 185/2010 HAVE BEEN APPLIED TO THE AIRCRAFT AND CARGO</p>
---	---

ACTUAL WEIGHT USED FOR CARGO

<p><b>BALANCE CONDITIONS</b></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="text-align: center;"><b>FWD</b></td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="text-align: center;"><b>AFT</b></td> </tr> <tr> <td>ZFW MAC</td> <td style="text-align: center;">28,8 %</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">38</td> </tr> <tr> <td>TOW MAC</td> <td style="text-align: center;">30,1 %</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">38</td> </tr> <tr> <td>LDG MAC</td> <td style="text-align: center;">29,4 %</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">38</td> </tr> <tr> <td>STABTRIM</td> <td style="text-align: center;">1° &amp; 5°</td> <td style="text-align: center;">15° &amp; 20°</td> <td style="text-align: center;">38</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">2,63</td> <td style="text-align: center;">2,66</td> <td></td> </tr> </table> <p>UNDERLOAD BEFORE LMC: 21031 KG</p>		<b>FWD</b>		<b>AFT</b>	ZFW MAC	28,8 %	10	38	TOW MAC	30,1 %	10	38	LDG MAC	29,4 %	10	38	STABTRIM	1° & 5°	15° & 20°	38		2,63	2,66		<p>LOAD SUPERVISOR: _____ (PRINT NAME)</p> <p>_____ (SIGNATURE)</p> <p>CPT ACCEPTANCE: _____ (SIGNATURE)</p>
	<b>FWD</b>		<b>AFT</b>																						
ZFW MAC	28,8 %	10	38																						
TOW MAC	30,1 %	10	38																						
LDG MAC	29,4 %	10	38																						
STABTRIM	1° & 5°	15° & 20°	38																						
	2,63	2,66																							

LAST MINUTE CHANGES
DEST            SPEC            CL/CPT            WGT

LOADSHEET CHECKED AND APPROVED BY:

**Slika 10: Primer računalniške liste uravnoteženosti in obremenitve tovornega letala Boeing 757**  
(Vir: Lasten)

**Ročna lista uravnoteženosti in obremenitve letal** je nekakšen formular, izdelan s strani letalskega prevoznika, ki ga tudi zagotavlja, s prostimi polji ali okenci, kamor odgovorna oseba za izdelavo te liste vse podatke vpisuje ročno s kemičnim pisalom. IATA (International Air Transport Association) priporoča, tudi praksa je v večini

primerov takšna, da se vedno izdelajo štiri identične kopije liste uravnoveženosti in obremenitve, tri kopije so obvezne. Vsak list je takšen, da pušča kopirno sled na naslednjem spodnjem listu, vsaka od štirih kopij pa je tudi različne barve (celoten papir), tako je lažje razvidno in vnaprej določeno, komu je katera kopija namenjena. Tako na primer prvi, originalni list, zadrži pilot letala, drugo kopijo dobi šef kabine letala ter ga kasneje izroči odgovorni osebi na namembnem letališču, tretjo kopijo se shrani na odhodnem letališču v arhivsko zbirko, četrto lahko dobi letalski prevoznik.

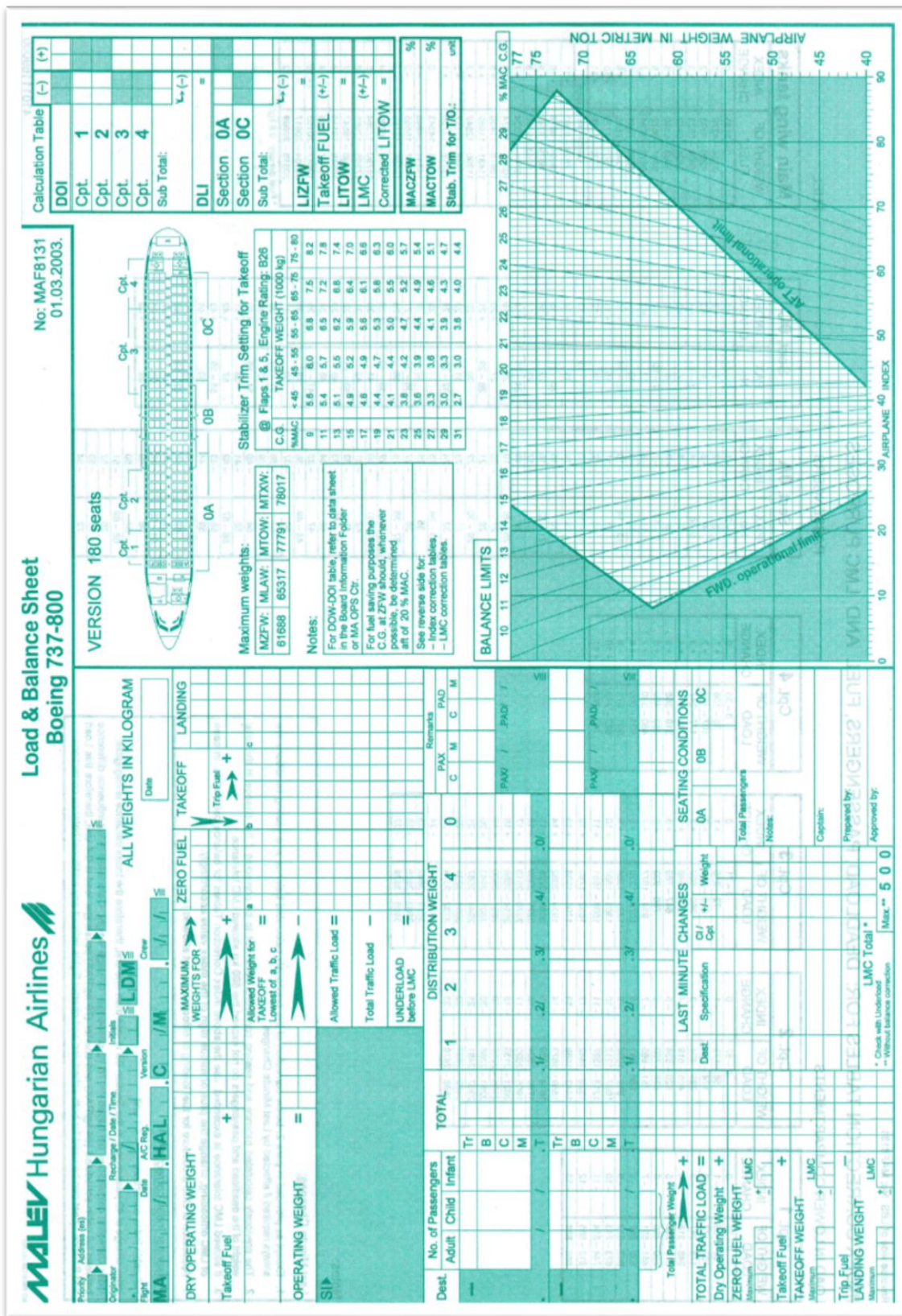
Ročno listo uporabljamo, ko je računalniška povezava prekinjena ter zgoraj omenjeni računalniški sistem ne deluje. Ko se to zgodi v konici odhodov letal, je potrebno v roku ene ure izdelati veliko število ročnih listov uravnoveženosti in obremenitve letal.

Za izdelavo ročne liste uravnoveženosti in obremenitve letal je potrebno znati in upoštevati 4 osnovne elemente:

- preprosta matematika – seštevanje, odštevanje in množenje,
- natančnost – vsi izračuni morajo biti pravilni,
- čitljivost – lepa in natančna pisava. Uporabljen mora biti črn ali moder kemični svinčnik,
- urejenost – brisanje ali pisanje čez vnose ni dovoljeno. Nepravilno napisano mora biti prečrtano in ponovno napisano v za to namenjeni prostor.

Če izdelana lista uravnoveženosti in obremenitve letala ni jasna in čitljiva zaradi pisave ali popravkov, lahko pilot letala zahteva izdelavo nove liste.





Slika 11: Ročna lista uravnoteženosti in obremenitve letal (Vir: Lasten)

Preden listo uravnoveženosti in obremenitve letal predamo na letalo pilotu, je potrebno še zadnjič pregledati točnost podatkov, in sicer:

- številko leta ter datum izdelave,
- pravilnost suhe operativne mase (DOW) in indeksa te mase (DOI) glede na tip letala in zadnjo revizijo tež prevoznika, registracijo letal, verzijo, število članov posadke in maso kuhinje (obrokov in pijače ter drugih stvari),
- zadnje, aktualne podatke o gorivu,
- pravilnost podatkov o tranzitnih potnikih (če sploh so) glede na prihodno sporočilo o naloženosti ali prihodni listi uravnoveženosti in obremenitvi letala,
- podatke o potnikih po tem, ko je let zaprt in se ni več mogoče prijaviti na sedež letala, podatke iz izpolnjenega nakladalnega poročila (LIRF),
- aktualne podatke o tem, kam so naložene nevarne snovi ali drugi posebne vrste tovorov ter potem pravilno označene na obvestilu za pilota (NOTOC),
- skupno maso tovora, da ne preseže dovoljene mase,
- pravilnost izračuna težišča letala ter upoštevanje dejanskega nakladanja, upoštevanje zadnjih sprememb (LMC) ter da je kljub temu letalo še vedno znotraj predpisanih mej,
- upoštevanje raznih zahtev prevoznika,
- podpis osebe, ki je izdelala listo ali katerikoli drug pomemben dokument.

Tisti, ki listo uravnoveženosti in obremenitve letal izdelava, s svojim obveznim podpisom jamči, da:

- je bila lista Planiranja nakladanja (Loading instruction) izdelana glede na zahteve prevoznika in letala (Aircraft handling manual),
- je lista izdelana glede na elemente, omenjene v prejšnjem odstavku,
- so vsi vnosi na list pravilni,
- maksimalne teže na vzletu (MTOW), na pristanku (MLW) in brez goriva (MZFW) niso prekoračene,
- maksimalne strukturne teže prtljažnih prostorov niso prekoračene, prav tako maksimalno število oseb ne sme biti prekoračeno.

Prav tako je potrebno vse pomembne in potrebne dokumente shraniti po odhodu letala in jih vložiti v arhivsko zbirko za obdobje 2 let.

## 5 PROBLEM PRI IZDELAVI ROČNE LISTE URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMITVE LETAL

Pri izdelavi ročne liste uravnoveženosti in obremenitve letal je pomembno pravilno vpisovati ter preračunavati mase. Ne glede na čas, ki ga imamo na voljo, mora biti lista napisana čitljivo. Obveznost vsakega kontrolorja in balanserja letal je redno obnavljanje potrebnih licenc za opravljanje tega dela, poleg tega mora biti občasno udeležen na programih obnavljanja znanja ter vsak mesec vadbno izdelati ročno listo uravnoveženosti in obremenitve letal. Na tak način je oseba, ki izdeluje listo uravnoveženosti in obremenitve letal, na situacijo bolje pripravljena, možnost napak se s tem zmanjša, oseba je manj obremenjena s potekom izdelave.

Problemi nastanejo, ko se potrebni vhodni podatki ne pridobijo ob pravem času, vemo pa, da ima vsako letalo točno določen odhod. Ročno pridobivanje podatkov ni v vsakem trenutku preverljivo, podatki se pridobivajo iz različnih smeri, kar že samo po sebi krati čas. Kontrolor oskrbe letal pridobiva podatke na terenu, jih združi in posreduje balanserju letal, ki potem izdela ročno listo uravnoveženosti in obremenitve letal. Sprotno preverjanje skupne mase tovora, potnikov in pozicije težišča letala je skoraj nemogoče.

### 5.1 PRIDOBIVANJE PODATKOV ZA LISTO URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMITVE LETAL

Kot smo že omenili, je pri izdelavi liste uravnoveženosti in obremenitve letal v prednosti računalniški sistem, saj se vsi potrebni podatki vpisujejo neposredno v program ter so tako sproti vidni vsem sodelujočim v procesu zaključevanja leta. Kadar pa računalniški sistem ne deluje, se soočamo s težavo ažurnega pridobivanja podatkov, saj je nemogoče, da bi za vsako novo informacijo klicali po telefonu ali pošiljali elektronska sporočila. V tem primeru se najprej zberejo osnovni približni podatki, ko je prijava na let zaključena, pa še aktualni dejanski podatki.

Potrebni podatki za izdelavo liste uravnoveženosti in obremenitve letal pa so:

- podatki o letu samem (datum in čas odhoda letala, letalo in številka leta itd.),
- podatki o potnikih, saj so nekateri rezervirali in kupili karto vnaprej, nekateri se prijavijo na let dve uri pred odhodom letala,
- podatki o prtljagi in drugem tovoru, ki je predviden na tem letu,
- podatki o tipu posadke ter gorivu, ki ga bo letalo potrebovalo, ta podatek posreduje pilot letala približno 45 minut pred odhodom letala.



Vse te podatke je pri izpadu računalniškega sistema težje pridobiti, nekateri so znani le pol ure pred predvidenim odhodom letala.

Podatki o letalu so kadarkoli dosegljivi na spletni strani letalskega prevoznika, prav tako je prevoznik dolžan omogočiti dostop letališču, odgovoren je tudi za njihovo točnost. Ti podatki so v računalniški sistem vstavljeni dan prej, tako poskrbimo, da so na dan odhoda letala vsaj osnovni podatki vnaprej znani.

S podatki o potnikih operirajo stevardese, ko v letališki stavbi pridobijo od letalskega prevoznika listo prijavljenih potnikov, jo v primeru izpada računalniškega sistema ročno posredujejo balanserju letal v službo sprejema in odprave letal, oddelku kontrolorjev in balanserjev letal. Nato balanser letal ročno približno izračuna, koliko prtljage naj bi ti potniki nosili s seboj, standardna teža prtljage na potnika je nekje 13 kilogramov, če temu prištejemo še standardno težo potnika, ki je 84 kilogramov, lahko v povprečju upoštevamo skupaj 100 kilogramov mase na enega potnika, nekateri imajo manj prtljage, drugi več. Tako na primer balanser razbere, da bo teža vseh potnikov in njihove prtljage, če je predvideno število potnikov 100, znašala 10 tisoč kilogramov, ta podatek pa potem lahko uporabimo za približen izračun skupne mase letala brez goriva EZFW (Expected zero fuel weight).

Samo glede na število potnikov lahko balanser letala iz težiščnega dela liste uravnoteženosti in obremenitve letala razbere, kje približno naj bi bilo težišče letala brez goriva. Glede na približen izračun teže prtljage, ki jo lahko že prostorsko planira v prtljažne prostore letala, dobimo približen indeks težišča letala na masi brez goriva ELIZFW (Expected loading index zero fuel weight).

Šele ko balanser letala naredi vse te približne izračune, lahko planira razporeditev tovora na letalu ter vse predvidene teže in razporeditev posreduje kontrolorju letala, izda mu navodilo za nakladanje LIR (load instruction report), po navadi se to dogaja nekje uro pred predvidenim odhodom letala. Glede na to navodilo kasneje kontrolor oskrbe letal zunaj pri letalu koordinira nakladanje, posreduje podatke o potnikih kabinskem osebju na letalu, pilotu sporoča približne izračune mase letala in se potem odloči, koliko goriva lahko natoči v letalo, da ne postane pretežno.

Vsi ti podatki so zelo približni, dejansko stanje se lahko spreminja. Uporaba računalniškega sistema teh ročnih izračunov približnega stanja ne predvideva, saj računalnik avtomatsko preračunava in obnavlja aktualne podatke. Ročni izračun podatkov je vedno zamuden ter obremenjujoč; za osebo, ki to delo opravlja, prav nič prijeten.

## 5.2 IZDELAVA LISTE URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMENITVE LETAL

Lista uravnoveženosti in obremenitve letal začne nastajati približno 30 minut pred odhodom letala, šele takrat lahko pričnemo z izdelavo ročne liste uravnoveženosti in obremenitve letal. Čeprav je izvajanje ter obnavljanje takih operacij na oddelku kontrolorjev in balanserjev letal pogosto, ni nikoli prijetno biti časovno omejen pri stvari, ki je tako pomembna pri zagotavljanju varnega leta letala. Tudi čas, v katerem so posredovani končni podatki, je lahko včasih manjši od 30 minut, saj mora biti prijava potnikov na let zaključena, poleg tega pa balanser letala nima samo enega letala, v konici dela je lahko teh letal več, tudi do 5, vsa pa imajo predviden odhod nekje v sklopu ene ure.

Nekateri podatki o letu so znani že prej, to so osnovni podatki, tako lahko oseba pripravi ročne liste uravnoveženosti in obremenitve vnaprej. To so podatki o letu samem, datumu odhoda letala, tipu letala, njegovi registraciji, kdo je izdelal to listo, od kod in kam leti letalo itd. Ko prejme podatke od kontrolorja letal, pa prične z izračunom mas letala ter izriše težiščni del. V masni del liste uravnoveženosti in obremenitve letal v polja vpisujemo posamezne mase letala, jih preračunavamo, seštevamo, odštevamo in množimo, v težiščni del pa z ravnilom narišemo črte. Ročna lista uravnoveženosti in obremenitve letal mora biti čitljivo napisana, prostora za popravke napak skoraj ni.

Nekatere spremembe so možne tudi na že izdelani listi uravnoveženosti in obremenitve letal, in sicer to stori kontrolor oskrbe letal, te spremembe imenujemo LMC (last minute change), spremembe v zadnji minuti. Obseg teh sprememb je pri vsakem tipu letala in prevozniku drugačen in omejen, nikakor jih ne smemo prekoračiti, paziti moramo, da ne prekoračimo dovoljenih mas letala ali meje težišča letala. Te spremembe so majhne, da tako ni velikega odstopanja od dejanskega izračuna, v primeru velikih sprememb moramo izdelati novo listo uravnoveženosti in obremenitve letal.

Potrebne so procedure, ki omogočajo odgovornemu za izdelavo liste uravnoveženosti in obremenitve letal zagotavljanje sledečih podatkov za vsak let:

- če je potrebno, predvideno maso in položaj težišča letala,
- izračun mas, ki ne presežejo strukturnih mas določenega letala,
- natančen izračun položaja težišča letala, ki je znotraj prve in zadnje skrajne meje težišča letala.

## 6 PREDLOG POSTOPKA IZDELAVE LISTE URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMITVE LETAL S PROGRAMOM MICROSOFT OFFICE EXCEL

Pridobivanje podatkov je zamudno, točne podatke pa pridobimo le nekaj minut pred predvidenim odhodom letala, zato je bistvenega pomena skrajšanje poteka izdelave ročne liste uravnoteženosti in obremenitve letal ter sprotno spremljanje dogajanja, da lahko v čim krajšem času izvemo in preverimo približne mase ter približen položaj težišča letala. Ker je lista uravnoteženosti in obremenitve letal sestavljena iz preprostih matematičnih izračunov, si lahko veliko pomagamo z uporabo programa MS Office Excel.

DOW		KG				
CP.1		KG	MAX =	373		
CP.2		KG	MAX =	398		
CP.6		KG	MAX =	1496		
TTL.CP.WGT.	0	KG				
DLW	0	KG				
			ADL /	CHL /	INF	PAX
CAB A	0	KG	/	/		0
CAB B	0	KG	/	/		0
CAB C	0	KG	/	/		0
CAB D	0	KG	/	/		0
CAB E	0	KG	/	/		0
TTL.PAX						
WGT.	0	KG	0	/	0	+ 0 INF
ZFW	0	KG	MAX =	32092		U/L = 32092
TOF		KG				
TOW	0	KG	MAX =	37995		U/L = 37995
TIF		KG				
LW	0	KG	MAX =	34065		U/L = 34065

**Tabela 1: Primer izračuna mase letala s programom MS Office Excel.**  
(Vir: Lasten)

V tabeli 1 je v programu MS Office Excel izdelan masni del liste uravnoteženosti in obremenitve letal z uporabo seštevanja in odštevanja. Izdelan je za primer letala

CRJ900 letalske družbe Adrie Airways. V polja, obarvana zeleno, vpisujemo podatke, kot so količina tovora v prtljažnem prostoru (CP) 1, 2 in 6, število odraslih (ADL) potnikov, otrok (CHL) in dojenčkov (INF) v sekciji (CAB) A, B, C, D, E. Nato vpišemo še podatke o vzletnem gorivu (TOF) ter gorivu, porabljenem med letom (TIF). Vse ostale podatke program izračuna sam ter tako pri vsaki masi letala prikaže razliko do preobremenitve mase letala (U/L).

DOI	=	
CP.1	- 0,0	
CP.2	- 0,0	
CP.6	+ 0,0	
TOTAL	=	0,0
DLI	=	0,0
CAB A	- 0,0	
CAB B	- 0,0	
CAB C	- 0,0	
CAB D	- 0,0	
CAB E	+ 0,0	
TOTAL	0,0 =	0,0
LIZFW	=	0,0
TOF		
IU	"-/+"	#N/V
LITOW	=	#N/V
TIF IU	"-/+"	#N/V
LILW	=	#N/V

**Tabela 2: Primer izračuna težišča letala s programom MS Office Excel**  
(Vir: Lasten)

V tabeli 2 vidimo pretvorjene posamezne mase potnikov, tovora in letala v enote indeksa težišča letala. Tu vpišemo samo začetni (DOI) suhi operativni indeks težišča letala, ostalo program izračuna sam. Najprej izračuna posamezno enoto indeksa glede na maso in vpliv kilograma mase na težišče letala (npr. CP.1). Vsak prtljažni prostor 1, 2, in 6 predstavlja drugačen vpliv na težišče letala, prav tako vsak odsek ali sekcija potniške kabine letala A, B, C, D, E, kjer sedijo potniki. Sekcije kabine A, B, C in D ter prtljažni prostori 1 in 2 se nahajajo pred krilom letala v smeri leta letala, negativno vplivajo na težišče letala, zato imajo predznak minus. Sekcija kabine letala A in prtljažni prostor 6 se nahajata za krilom letala in obratno, pozitivno

vplivata na težišče letala, zato imata predznak plus. Tako dobimo skupni vpliv (TOTAL) enote indeksa prtljažnih prostorov ter sekcij kabine. Njima program prišteje suhi operativni indeks letala (DOI), da dobimo izračunano težišče letala s potniki in tovorom brez goriva (LIZFW). Prav tako je v masnem delu liste vstavljeno vzletno gorivo (TOF), program glede na podatke, določene v tabeli indeksa goriva (gl. tabelo 3: Fuel Index Table), preračuna vpliv goriva na težišče letala (TOF IU). Tako dobimo težišče letala na točki vzleta (LITOW). Od tega težišča letala odšteje program še indeks vpliva goriva, porabljenega med letom (TIF IU), prav tako določenega v tabeli 3, da dobimo težišče letala na točki pristanka (LILW).

Fuel Index Table			
		4600	-1,9
	Density 0.809	4800	-1,7
Weight KG	Index IU	5000	-1,5
1000	-1,2	5200	-1,3
1200	-1,5	5400	-1
1400	-1,6	5600	-0,7
1600	-1,8	5800	-0,4
1800	-2	6000	0
2000	-2,1	6200	0,4
2200	-2,2	6400	0,8
2400	-2,3	6600	1,3
2600	-2,4	6800	1,8
2800	-2,4	7000	1,5
3000	-2,4	7200	1,2
3200	-2,5	7400	1
3400	-2,5	7600	0,8
3600	-2,4	7800	0,5
3800	-2,4	8000	0,3
4000	-2,3	8200	0,1
4200	-2,2	8400	-0,2
4400	-2,1	8600	-0,4
		8800	-0,7
		8890	-0,9

Location		Index/Kilo
CAB A	-	0,02044
CAB B	-	0,01392
CAB C	-	0,00739
CAB D	-	0,00034
CAB E	+	0,00835

Basic comp. record		
COMP. 1	-	0,01763
COMP. 2	-	0,00979
COMP. 6	+	0,01776

PAX	Weight
ADL	84
CHL	35
INF	0

**Tabela 3: Vpliv težišča goriva, sekcij kabine in prtljažnih prostorov, izražen v enoti indeksa**  
(Vir: Lasten)

Tabela 3 v našem primeru ni vidna, saj se nahaja na drugi strani delovnega zvezka Excel, tako nas prevelik obseg podatkov ne moti. V tabeli 3 vidimo vse podrobne podatke, potrebne za izračun mase in težišča letala, kot so:

- že prej omenjena tabela indeksa goriva, iz katere je razvidno, koliko vsakih dodatnih dvesto kilogramov goriva vpliva na težišče letala;
- tabela indeksa glede na kilogram mase v sekcijah kabine letala, od najbolj sprednje sekcije A do najbolj zadnje sekcije E. Tukaj vidimo vpliv enega kilograma na težišče letala;
- tabela indeksa glede na kilogram mase v prtljažnih prostorih letala od najbolj sprednjega prostora 1, do zadnjega prostora 6;
- tabela uporabljenih tež za potnike v letalu, kjer vidimo standardno težo 84 kilogramov, ki jo uporablja veliko letalskih družb, velja tako za moškega kot za žensko z ročno prtljago, ter težo otrok, 35 kilogramov, ki velja od otrokovega drugega do dvanajstega leta. Teža dojenčka do drugega leta pa je tako zanemarljiva, da se upošteva 0 kg.

## 6.1 PRIMERJAVA EXCELOVE LISTE URAVNOTEŽENOSTI IN OBREMENITVE LETAL

Najprej bomo kot primer vzeli računalniško izdelano listo uravnoveženosti in obremenitve letal, nato bomo z uporabo enakih podatkov izdelali listo s programom MS Office Excel, ter prav tako z enakimi podatki sami izdelali ročno listo uravnoveženosti in obremenitve letal. Med seboj bomo primerjali izhodne podatke ter poiskali morebitna odstopanja. Kot najbolj natančno bomo ocenili računalniško izdelano listo uravnoveženosti in obremenitve letal, in obratno, kot najmanj natančno ročno izdelano listo.

Slika 12 prikazuje računalniško izdelano listo uravnoveženosti in obremenitve letala CRJ900 z 62 potniki na krovu letala ter 688 kilogrami prtljage v prtljažnem prostoru. Letalo je na točki vzleta (TOW) težko 32942 kilogramov, na točki pristanka (LW) pa 30046 kilogramov. V sekciji kabine letala A sedi 10, v B 13, v C 10, v D 13, ter v E 16 potnikov. Vsa prtljaga je v prtljažnem prostoru 6. Letalo ima 4650 kilogramov vzletnega goriva (TOF) ter 2900 kilograma potovalnega goriva (TIF).

Izhodiščni pomembni podatki na sliki 12, v računalniško izdelani listi uravnoveženosti in obremenitve letal, so:

- Masa letala brez goriva (ZFW) je 28296 kilograma.
- Masa letala na točki vzleta (TOW) je 32946 kilograma.
- Masa letala na točki pristanka (LW) je 30046 kilograma.
- Suhi indeks letala s tovorom (DLI) znaša 77,1 enot.

- Indeks pri masi letala brez goriva (LIZFW) znaša 49,4 enot.
- Indeks pri masi letala na točki vzleta (LITOW) znaša 47,5 enot.
- MAC pri masi letala brez goriva (MACZFW) je 19,8 %.
- MAC pri masi letala na točki vzleta (MACTOW) je 19,1 %.

```

L O A D S H E E T                CHECKED          APPROVED          EDNO
ALL WEIGHTS IN KILOS            JEKOVEC.GREGOR

FROM/TO FLIGHT                 A/C-REG  VERSION    CREW    DATE    TIME
LJU IST JP0648                 S5AAN    86M           2/2     04NOV12 2350

LOAD IN COMPARTMENTS           WEIGHT          DISTRIBUTION
                                688           6/688

PASSENGER/CABIN BAG           5208  58/  4/  0/  0 TTL  62 CAB
                                PAX   0/  0/  0/  62 SOC
                                       BLKD

*****
TOTAL TRAFFIC LOAD             5896
DRY OPERATING WEIGHT           22400
ZERO FUEL WEIGHT ACTUAL        28296    MAX  32092 L  ADJ
TAKE OFF FUEL                  4650
TAKE OFF WEIGHT ACTUAL         32946    MAX  37995    ADJ
TRIP FUEL                      2900
LANDING WEIGHT ACTUAL          30046    MAX  34065    ADJ

BALANCE AND SEATING CONDITIONS          LAST MINUTE CHANGES
DOI 64.9  DLI 77.1                      DEST SPEC  CL/CPT WEIGHT/IND
LIZFW 49.4  LITOW 47.5
MACZFW 19.8  MACTOW 19.1
STABTO FOR FLAPS 8 ONLY 6.8
A10.B13.C10.D13.E16.
CABIN AREA TRIM

UNDERLOAD BEFORE LMC           3796                LMC TOTAL
*****
LOADMESSAGE AND CAPTAINS INFORMATION BEFORE LMC

-IST.58/4/0/0.T688.6/688.PAX/0/0/62.PAD/0/0/0
SI
PAX WEIGHTS USED              M 84 F 84 C 35 I 0
DOW ADJ WGT/IND
ADDITIONS
NIL
DEDUCTIONS
NIL
PANTRY CODE 0
NOTOC NO
IST C          0 M          0 B 56/ 688 0          0 T          0
END LOADSHEET EDNO 01 JP0648 04NOV12 235017

```

**Slika 12: Računalniška lista uravnoveženosti in obremenitve letala**  
(Vir: Lasten)



V tabeli 4 vidimo s programom MS Office Excel izdelano listo uravnoveženosti in obremenitve letala z identičnimi vnosi podatkov kot pri računalniški listi na sliki 12. Izračuni mase so popolnoma enaki, prav tako enote indeksov. Poleg tega je prikaz podatkov na excelovi listi podrobnejši. Pri prtljažnih prostorih vidimo točno maso tovora v kilogramih, kolikšna je maksimalna masa v prtljažnem prostoru in kakšen je vpliv te mase na težišče letala, izražen v enoti indeksa. Pri posameznih sekcijah v kabini letala točno vidimo, koliko mase so dodali potniki, katera vrsta potnikov sedi tam, skupno število potnikov in vpliv točno te sekcije na težišče letala. Poleg tega imamo pri vsaki masi podano maksimalno maso ter najpomembnejši izračun v kilogramih do preobremenitve določene mase letala. Tako vedno vemo, kje in za koliko naj bi bilo letalo preobremenjeno.

Izhodiščni podatki, označeni z rdečo pisavo v tabeli 4, v listi uravnoveženosti in obremenitve letal, izdelani s programom MS Office Excel, so sledeči:

- Masa letala brez goriva (ZFW) je 28296 kilograma.
- Masa letala na točki vzleta (TOW) je 32946 kilograma.
- Masa letala pri pristanku (LW) je 30046 kilograma.
- Suhi indeks letala s tovorom (DLI) znaša 77,1 enot.
- Indeks pri masi letal brez goriva (LIZFW) znaša 49,4 enot.
- Indeks pri masi letala na točki vzleta (LITOW) znaša 47,5 enot.
- MAC pri masi letala brez goriva (MACZFW) ni izračunan.
- MAC pri masi letala na točki vzleta (MACTOW) ni izračunan.

## LOAD AND TRIM SHEET

<b>A/C REG:</b>	<b>FLT.NO.</b>	<b>FROM</b>	<b>TO</b>	<b>CREW</b>
S5AAN	JP652	LJU	IST	2 + 2

DOW	22400 KG				DOI	= 64,9
CP.1	0 KG	MAX = 373			CP.1 - 0,0	
CP.2	0 KG	MAX = 398			CP.2 - 0,0	
CP.6	688 KG	MAX = 1496			CP.6	+ 12,2
TTL.CP.WGT.	688 KG				TOTAL	= 12,2
DLW	23088 KG				DLI	= 77,1
		ADL / CHL / INF		PAX		
CAB A	840 KG	10 / 0 / 0		10	CAB A - 17,2	
CAB B	1092 KG	13 / /		13	CAB B - 15,2	
CAB C	840 KG	10 / /		10	CAB C - 6,2	
CAB D	1092 KG	13 / /		13	CAB D - 0,4	
CAB E	1344 KG	16 / /		16	CAB E	+ 11,2
TTL.PAX						
WGT.	5208 KG	62 / 0 + 0		INF	TOTAL	38,9 = -27,7
ZFW	28296 KG	MAX = 32092		U/L = 3796	LIZFW	= 49,4
TOF	4650 KG				TOF IU	"-/+ " -1,9
TOW	32946 KG	MAX = 37995		U/L = 5049	LITOW	= 47,5
TIF	2900 KG				TIF IU	"-/+ " -1,8
LW	30046 KG	MAX = 34065		U/L = 4019	LILW	= 45,7

ADL = 84 KG
CHL = 35 KG
INF = 0 KG

**Tabela 4: MS Office Excel lista uravnoteženosti in obremenitve letal**  
(Vir: Lasten)

Na sliki 13 je prikazana izpolnjena ročna lista uravnoteženosti in obremenitve letala enakega letala ter z uporabljenimi enakimi vhodnimi podatki kot prejšnji

računalniško izpolnjeni listi uravnoteženosti in obremenitve letal. Pravilno izpolnjena ročna lista je v masnem delu postregla z enakimi rezultati kot računalniška in tudi naše, v programu MS Office Excel izdelane liste uravnoteženosti in obremenitve letal. Manjše razlike so vidne v težiščnem delu, kjer so odstopanja pri vseh izračunanih indeks vrednostih, a nikjer več kot 1,1 enote indeksa. Izhodiščni podatki, pridobljeni z izdelavo ročne liste uravnoteženosti in obremenitve letal na sliki 13, so:

- Masa letala brez goriva (ZFW) je 28296 kilograma.
- Masa letala na točki vzleta (TOW) je 32946 kilograma.
- Masa letala pri pristanku (LW) je 30046 kilograma.
- Suhi indeks letala s tovorom (DLI) je manjši in znaša 76,0 enot.
- Indeks pri masi letal brez goriva (LIZFW) je večji in znaša 50,0 enot.
- Indeks pri masi letala na točki vzleta (LITOW) je večji in znaša 48,0 enot.
- MAC pri masi letala brez goriva (MACZFW) ni izračunan.
- MAC pri masi letala na točki vzleta (MACTOW) ni izračunan.



## 7 ZAKLJUČEK

Med raziskavami za diplomsko nalogo smo na spletu ([ww1.jeppesen.com](http://ww1.jeppesen.com)) zasledili podatek o tem, da je lahko tudi do 10 odstotkov ročno izdelanih list uravnoteženosti in obremenitev letal napačnih, zato vemo, da je zelo priporočljiva uporaba programov ali bolj avtomatiziranih sistemov. Pri uporabi računalniških sistemov in programov je možnost napak pri preračunavanju podatkov odpravljena, ostane samo še možnost napake pri vnosu podatkov. V raziskavi se je izkazalo, da letalski prevoznik sam izdela in izda v uporabo obrazce ročne izdelave liste uravnoteženosti in obremenitve letal, sicer pa s strani proizvajalca dobi osnovne okvirje grafa težiščnega dela liste. Večina letalskih prevoznikov potem ta graf težišča ter nasploh ročno listo uravnoteženosti in obremenitve letal prilagodi svojim potrebam zaradi uporabe različnih tež potnikov, različne opreme kuhinje ter različnih nastavitve konfiguracije sedežnega reda itd. Obrazec ročne liste uravnoteženosti in obremenitve letal je potem prisoten na vsakem letalu, vključen je v priročnik, imenovan OM-B (Operational Manual, part B), to so navodila za izvajanje letalskih in zemeljskih operacij. Omenjeni priročnik potrjuje agencija CAA (Civil Aviation Authority), to je pri nas Agencija za civilno letalstvo Republike Slovenije, tudi vsako revizijo, obnovitev tega priročnika. Torej ima letalski prevoznik proste roke pri kreiranju obrazca, je pa res, da imajo mogoče nekatere države svoje predpise, ki zahtevajo določeno obliko obrazca ročne liste uravnoteženosti in obremenitve letal. Prav tako IATA (International air transport association) svojim članom z uporabo priročnika AHM-516 (Aircraft handling manual) narekuje sledeče upoštevanje oblike ročne liste uravnoteženosti in obremenitve letal:

- potniško letalo s štirimi destinacijami lista formata A4; devet destinacij A4 plus A5,
- potniško in tovorno letalo z devetimi destinacijam lista formata A3,
- samo tovorno letalo s šestimi destinacijami lista formata A4.

Za pravilno izpolnjevanje ročne liste uravnoteženosti in obremenitve smo potrebovali veliko mero koncentracije in časa. Zato je v primerih, ko je časa malo, izdelati pa je treba več kot samo eno ročno listo uravnoteženosti in obremenitve letal hkrati, situacija za osebo naporna in stresna. Bistveno krajši je čas izdelave pri računalniško izdelani listi ter pri listi, izdelani s pomočjo programa MS Office Excel, kar naredi situacijo za osebo obratno – lahko in umirjeno ter manj stresno, tako ostane manj prostora za napake. Pri prvem in drugem načinu izdelave liste uravnoteženosti in obremenitve letal je mogoče narediti napako samo pri vnosu podatkov, pri ročno izdelani listi pa obstaja možnost napak preko celotnega poteka izdelave. Zato lahko zagotovo rečemo, da je izdelava liste uravnoteženosti in obremenitve letal s pomočjo programa MS Office Excel varnejša, izdelava ročne liste uravnoteženosti in obremenitve letal pa zahtevna naloga, na katero mora biti posameznik vedno pripravljen.

Kot smo ugotovili v diplomski nalogi, lahko z osnovnim znanjem programa MS Office Excel izdelamo dokaj dovršen sistem izdelave liste uravnoteženosti in obremenitve letal. Primerjava med uporabo treh različnih metod izdelave liste uravnoteženosti in obremenitve letal je pokazala zelo natančen končni izdelek pri uporabi programa MS Office Excel. Tako si lahko zelo pomagamo, saj izračunane vrednosti samo prepisemo v ročno listo uravnoteženosti in obremenitve letal ter tako prihranimo čas, potek izdelave pa ni več stresen, zmanjšane so možnosti za napake. Lahko predpostavljamo, da bi z večjim dostopom do podatkov o letalu samem in večjim znanjem o programu MS Office Excel izdelali popolnoma delujoč program za izdelavo liste uravnoteženosti in obremenitve letal. Tak dokument bi lahko direktno tiskali za pilota na letalu. Lahko bi razširili bazo podatkov, jo nadgradili na vse vrste letal in prevoznikov, ki so najpogosteje na nekem letališču. Potreben bi bil samo nekdo, ki bi program redno nadziral in urejal, sledil posodobitvam letalske družbe ter dopolnjeval podatke o letalu samem. Za uporabo takega sistema izdelave liste uravnoteženosti in obremenitve letal bi bilo zadostno zelo minimalno, kratkotrajno šolanje kadra, česar za starejše sisteme, ki so še vedno v uporabi, ne moremo reči, saj iz lastnih izkušenj vemo, da je usposabljanje dolgo nekje od pol do enega leta. Prav tako bi bilo smiselno razmisliti o ponujanju takšnih storitev proti plačilu drugim letališčem ali pa letalskim prevoznikom.

Preferenčni red načina izdelave liste uravnoteženosti in obremenitve letal bi bil potem sledeč:

- Prvi in prednostni način izdelave bi bil z uporabo računalniškega sistema DCS (departure control sistem), ker je zelo obširen in ni namenjen samo izdelavi liste uravnoteženosti in obremenitve letal. Hkrati sistem omogoča prijavo potnikov na let, možna je povezljivost s tovornim oddelkom itd., skratka vnos podatkov je mogoč s strani mnogih oddelkov. Končni rezultat vseh teh vnosov pa je seveda izdelava liste uravnoteženosti in obremenitve letal. Prav tako je sistem pomemben zaradi pošiljanja raznih glede na let pomembnih podatkov oziroma sporočil na različne naslove sodelujočih služb tudi na drugih letališčih. Potrebno je omeniti, da zagon takega plačljivega sistema pomeni priklop lokalnih računalnikov na skupno mrežo s ponudnikom storitve ter obsežno šolanje potrebnega kadra za uporabo.
- Drugi način izdelave bi bil s pomočjo spletne aplikacije prevoznika, dostopne preko spleta z namenom izdelave liste uravnoteženosti in obremenitve letal. Tu bi bil sprejem vhodnih podatkov manjši, torej je ta način primernejši za izdelavo liste pri tovornih letalih, saj lahko sami na enem mestu pridobivamo vse potrebne podatke o teži tovora. Takšen sistem bi bil uporabniku prijaznejši, usposabljanje kadra bi bilo manj zahtevno in časovno krajše.
- Tretji način bi bil z uporabo našega novo izdelanega programa za izdelavo liste uravnoteženosti in obremenitve letal MS Office Excel. Uporaba tega sistema je preprosta in lahka, vpisovanje podatkov je enostavno. Format

prikazovanja podatkov lahko prilagodimo željam letalskih prevoznikov, možen je tudi identičen prikaz podatkov kot pri uporabi računalniških programov itd. Enako kot drugi način izdelave bi bil ta primernejši za izdelavo liste uravnoveženosti in obremenitve letal za tovorna letala, saj sistem ni povezljiv z drugimi programi in sistemi.

- Četrty in zadnji način izdelave bi bil seveda časovno potratna ročna lista uravnoveženosti in obremenitve letal. Lahko jamčim, da je to najmanj zelen način izdelave te liste, saj za ročno vpisovanje vseh podatkov porabimo veliko mero koncentracije in truda. Smiselna bi bila opustitev tega načina izdelave, saj so vse pogostejši spremljevalci našega vsakdanjika pametni telefoni, pametne tablice ter prenosni računalniki.

Druge možnosti v smeri nadaljnjega razvoja bi lahko bile:

- Izdelava liste uravnoveženosti in obremenitve letal s programom MS Office Excel, kjer je omogočen izpis vseh potrebnih končnih podatkov. Med izdelavo diplomske naloge smo z raziskavo na spletu na naslovu [www.aircraftloadsheet.com](http://www.aircraftloadsheet.com) odkrili podjetja, ki ponujajo tak način izdelave, vendar za manjša letala splošnega letalstva, z možnostjo prilagoditve raznim prevoznikom.
- Izdelava liste uravnoveženosti in obremenitve letal s pomočjo spletne aplikacije. Pri tako imenovanih storitvah »eLoadsheet« za izdelavo liste ne potrebujemo nalaganja posebnih računalniških sistemov in programov, saj je potreben samo dostop do spletne strani ponudnika. V primeru nalaganja programskega sistema na lokalne računalnike je potrebno konstantno dograjevanje in osveževanje podatkov, v primeru dostopanja do aplikacije preko spleta pa mora biti omogočena najvišja možna zaščita podatkov.
- Izdelava liste uravnoveženosti in obremenitve letal s pomočjo pametnega telefona in nanj naložene mobilne aplikacije, tako imenovani »loadsheet app«. Potrebno bi bilo urediti področje podpisovanja takih dokumentov v aplikaciji ter prenosa podatkov in celo tiskanja dokumentov. Trenutno lahko govorimo podobno kot pri listi MS Office Excel samo o odpravljanju možnosti človeških napak ter o zmanjšanju časa izdelave ročne liste uravnoveženosti in obremenitve letal.

Ne glede na izbrano metodo izdelave liste uravnoveženosti in obremenitve letala mora biti cilj in namen osebe, ki listo izdeluje, da je čas od pričetka izdelave te liste do predaje liste pilotu letala čim krajši. Prej ko ima pilot vpogled v listo uravnoveženosti in obremenitve letala ter seveda v pridobljene končne podatke, prej bo letalo primerno pripravljeno za vzlet in polet proti namembnem letališču. Vsi na letališču sodelujemo z namenom pripeljati potnika na dogovorjeni kraj oziroma letališče v predvidenem času voznega reda letenja. Že tako je dejavnikov, ki lahko vplivajo na zamudo v letalskem prometu, veliko, na primer vremenski pogoji,

tehnične težave letališč ali letal itd., na katere ne moremo vplivati. Ker pa listo uravnoveženosti in obremenitve letal izdelujemo sami, tako neposredno vplivamo na potek dela.



## LITERATURA IN VIRI

Poročila, interni dokumenti:

Adria Airways: Aircraft handling manual, 2012

IATA: Airport Handling Manual, 2011

IATA: ISAGO Standards Manual, 2010

Interno gradivo za višjo strokovno šolo B&B: Računalniški praktikum

Uradni list Republike Slovenije (2010), 207. člen Zlet UPB4.

Spletne strani:

Agencija za civilno letalstvo RS (CAA)

<http://www.caa.si/index.php?id=1&L=henkhzuciqukk> (21. 9. 2012)

Izdelava ročne liste uravnoveženosti in obremenitve letal.

[http://www.dutchops.com/Portfolio\\_Marcel/Articles/Flight\\_Operations/Loadsheet.htm](http://www.dutchops.com/Portfolio_Marcel/Articles/Flight_Operations/Loadsheet.htm)  
(23. 5. 2012)

JAR-OPS 1 Wikipedia

[http://en.wikipedia.org/wiki/JAR-OPS\\_1](http://en.wikipedia.org/wiki/JAR-OPS_1) (8. 10. 2012)

Letalska knjižnica (Sky-brary)

[http://www.skybrary.aero/index.php/Main\\_Page](http://www.skybrary.aero/index.php/Main_Page) (21. 9. 2012)

Podpora za program MS Office Excel

<http://office.microsoft.com/sl-si/support-FX010048536.aspx?av=zx/> (15. 5. 2012)

Uradni list RS, 207. člen Zlet UPB4 (predpisi o listinah in knjigah zrakoplova).

[http://www.caa.si/fileadmin/user\\_upload/pageuploads/LIC/FTO/Zakonodaja/ZKN\\_Letalstvu-UPB4.pdf](http://www.caa.si/fileadmin/user_upload/pageuploads/LIC/FTO/Zakonodaja/ZKN_Letalstvu-UPB4.pdf) (15. 4. 2012)

## KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Parkirna mesta za letala na glavni letališki ploščadi .....</i>	<i>2</i>
<i>Slika 2: Časovni prikaz oskrbe letala A319 prevoznika Easy jet .....</i>	<i>4</i>
<i>Slika 3: Postavitev sredstev oskrbe pri letalu.....</i>	<i>7</i>
<i>Slika 4: Prikaz posledice nepravilnega tovorjenja letala – »tail tipping« .....</i>	<i>8</i>
<i>Slika 5: Prikaz delovanja sil na letalo .....</i>	<i>12</i>
<i>Slika 6: Razpored vzletnih hitrosti na vzletno-pristajalni stezi .....</i>	<i>13</i>
<i>Slika 7: Tablica vzletnih hitrosti za letalo CRJ200 .....</i>	<i>16</i>
<i>Slika 8: Horizontalni stabilizator na repu letala .....</i>	<i>17</i>
<i>Slika 9: Dejansko nastavljen horizontalni stabilizator na letalu Embraer 195.....</i>	<i>20</i>
<i>Slika 10: Primer računalniške liste uravnoveženosti in obremenitve tovornega letala Boeing 757.....</i>	<i>22</i>
<i>Slika 11: Ročna lista uravnoveženosti in obremenitve letal .....</i>	<i>24</i>
<i>Slika 12: Računalniška lista uravnoveženosti in obremenitve letala .....</i>	<i>34</i>
<i>Slika 13: Izdelana ročna lista uravnoveženosti in obremenitve letala CRJ900 .....</i>	<i>38</i>

## KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Primer izračuna mase letala s programom MS Office Excel. ....</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 2: Primer izračuna težišča letala s programom MS Office Excel .....</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 3: Vpliv težišča goriva, sekcij kabine in prtljažnih prostorov, izražen v enoti indeksa 31</i>	
<i>Tabela 4: MS Office Excel lista uravnoveženosti in obremenitve letal .....</i>	<i>36</i>