

# Tehničko eksploatacijske značajke teretnih zrakoplova

---

**Reberski, Otto**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:816179>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-18**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Otto Reberski**

**Tehničko eksploatacijske značajke aviona u teretnom  
prometu**

**ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**ZAVRŠNI RAD**

**Tehničko eksploatacijske značajke aviona u teretnom  
prometu**

**Technically-operational features of freight airplanes**

Mentor: prof. dr. sc. Marijan Rajsman

Student: Otto Reberski

JMBAG: 0135257553

Zagreb, rujan 2023.

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

Zagreb, 26. travnja 2022.

Zavod: **Zavod za prometno-tehnička vještačenja**  
Predmet: **Prijevozna sredstva**

**ZAVRŠNI ZADATAK br. 7291**

Pristupnik: Otto Reberski (0135257553) ,  
Studij: Inteligentni transportni sustavi i logistika  
Smjer: Logistika

Zadatak: **Tehničko eksploatacijske značajke teretnih zrakoplova**

Opis zadatka:

U uvodu konstatirati problematiku, cilj i svrhu istraživanja te opisati strukturu rada. Ukratko navesti povijest teretnog zračnog prijevoza. Objasniti tehničke značajke teretnih zrakoplova. Navesti i objasniti eksploatacijske značajke teretnih zrakoplova prema pojedinim tipovima odnosno vrstama nosivosti. Analizirati dosadašnje trendove razvitka teretnih zrakoplova te tabličnim i grafičkim prikazima usporediti njihove eksploatacijske značajke. Opisati mogućnosti razvitka zrakoplova u zračnom teretnom prijevozu.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

prof. dr. sc. Marijan Rajsman

## SAŽETAK

Zračni promet je jedna od mlađih grana unutar prometnog sektora. U isto vrijeme jedan je od tehnološko najnaprednijih grana s izrazito visoko razvijenom infrastrukturom i suprastrukturom. Zračni teretni sustav bazira se na prijevozu dragocjene, brzopokvarljive i vangabaritne robe gdje je od velike važnosti brzina i sigurnost prijevoza. Atraktivnost, brzina i sigurnost transporta koju zračni prijevoz prezentira tržištu ostvaruje se kroz tehnološke modifikacije zrakoplova te eksploatacijske značajke poput standardizacije transportnih jedinica te manipulacijskih sredstava.

KLJUČNE RIJEČI: zračni transport, teretni zrakoplov, teret, eksploatacija

## SUMMARY

Air transport is one of the youngest branches of the traffic sector. At the same time it is one of the most technically advanced branches with a highly developed infrastructure and fleets. Air freight system is based upon high value, perishable and oversized cargo transport with a great speed whilst maintaining safety. Attractiveness, speed and safety of transport that air freight presents to the market are realized through technological modifications of the airplane and operational features like standardized transport units and freight transfer vehicles.

KEY WORDS: air transport, freight aircraft, cargo, operational features

# Sadržaj

1	Uvod.....	1
2	Razvitak zračnog prometa .....	3
3	Tehničke značajke teretnih zrakoplova.....	8
3,1	Podjela zrakoplova .....	8
3,2	Tehničke modifikacije teretnih zrakoplova.....	9
3,3	Primjeri teretnih zrakoplova i usporedba .....	11
4	Eksploatacijske značajke teretnih zrakoplova .....	23
4,1	Paletizacija i kontejnerizacija.....	23
4,1,1	Kontejneri .....	24
4,1,2	Paleta.....	25
4,2	Klasifikacija opasnih tereta .....	29
4,3	Proces transportne usluge u teretnom zračnom prometu .....	29
5	Stanja i trendovi u zračnom teretnom prijevozu .....	31
6	Zaključak.....	33
	Literatura.....	35
	Popis slika .....	38
	Popis tablica .....	39
	Popis grafikona .....	40

# 1 UVOD

Zrakoplovstvo ili avijacija podrazumijeva proizvodnju zrakoplova i zrakoplovne opreme, izgradnju zrakoplovne infrastrukture te zračni promet. Zrakoplov je prijevozno sredstvo teže od zraka koje s pomoću vlastitog pogonskog stroja i nepomičnim krilima ostvaruje uzgon.

Već u grčkoj mitologiji, u priči o Dedalu i Ikaru, pronalazimo početke zrakoplovstva. Preko Leonarda da Vinci, Jean Marie le Brisa te braće Wright, preko oba svjetska rata koja su donijela toliko napretka dolazimo u moderno, zlatno doba zrakoplovstva gdje zrakoplovi mogu letjeti gotovo beskonačno.

Unutar 150 godina, čovjek je po prvi put poletio, po prvi puta preletio Atlantik, po prvi put dosegao orbitu pa čak i sletio na Mjesec. Zrakoplovstvo je u kratkom periodu zauzelo mjesto među najrazvijenijim prometnim mrežama i tehnološki najnaprednijim industrijama.

Zrakoplovi su izrađeni nalik pticama te ih time povezujemo s nekakvom vrstom slobode što naravno vodi za sobom i jednu vrstu atraktivnosti. S atraktivnošću dolazi i cijena. Zrakoplovi su među tehnološki najzahtjevnijim gotovim proizvodima na svijetu što velikim dijelom utječe na prijevozne tarife.

No, kao i svaki proizvod, i aviopromet ima svoje kupce i tržište na kojem se ponuda i potražnja sukobljuju. Vremenski osjetljiva, dragocjena, skupa, opasna i vangabaritna roba je savršen teret za zrakoplove radi brzine i sigurnosti prijevoza. Iako se količinski ili težinski zrakoplovi ne mogu nositi s brodovima i vlakovima te fleksibilnošću s kamionima, i dalje niti jedna druga grana prometa nije toliko brza kao usluga overnight expressa.

Pandemija COVIDa-19 je zaustavila svijet. Ljudi su prestali putovati, putnički zrakoplovi su se prizemljili, a ljudi su ostali bez posla. Mnogi su počeli raditi od kuće te je eTrgovina postala novi trend u svijetu. Azijske pomorske luke, među najprometnijim na svijetu, su radile smanjenim kapacitetom radi karantena, zaraženosti radnika i smanjenog pritoka robe iz pozadinskih terminala što je uvelike utjecalo na opskrbni lanac.

Zračni prijevoz je preuzeo jedan dio kapaciteta teretnih brodova u smislu da pojedina roba od krucijalne važnosti za industriju i medicinu jednostavno nije mogla stajati u skladištu čekajući. Avioprijevoz je pomoću zrakoplova preuze djelomično tržište i čak uspio zabilježiti rekordne brojke.

Svrha ovog rada je u predočavanju eksploatacijskih i tehničkih značajki zrakoplova koji su omogućili SERVICE, temelj svake prometne usluge ili čak i moto zračnog prometa.

SERVICE (hrv. usluga) stoji za:

S- Safety (sigurnost),

E- Efficiency (efikasnost),

R- Regularity (točnost),

V- Velocity (brzina),

I- Interest (korist),

C- Conscientiousness (savjesnost),

E- Economy (ekonomičnost).

Završni rad sadrži šest poglavlja:

1. Uvod
2. Povijest zračnog teretnog prometa
3. Tehničke značajke teretnih zrakoplova
4. Eksploatacijske značajke teretnih zrakoplova
5. Stanje i trendovi
6. Zaključak

U uvodnom poglavlju izneseni su predmet, svrha i struktura rada.

Drugo poglavlje, Povijest zračnog teretnog prometa, opisuje razvoj zrakoplovstva s naglaskom na teretne zrakoplove.

U trećem su poglavlju prikazane tehničke značajke, podjele i modifikacije teretnih zrakoplova pomoću nekoliko različitih tipova teretnih zrakoplova i njihove usporedbe.

Nadalje, sljedeće poglavlje; Eksploatacijske značajke teretnih zrakoplova razrađuje teretne jedinice zračnog prijevoza, različite vrste tereta te prijevoznu uslugu.

Peti dio završnog rada, Stanja i trendovi predstavlja najveće flote i korisnike teretnih zrakoplova.

Kao posljednje poglavlje, u Zaključku su sumirane najvažnije činjenice, prednosti i problemi zračnog teretnog prometa.

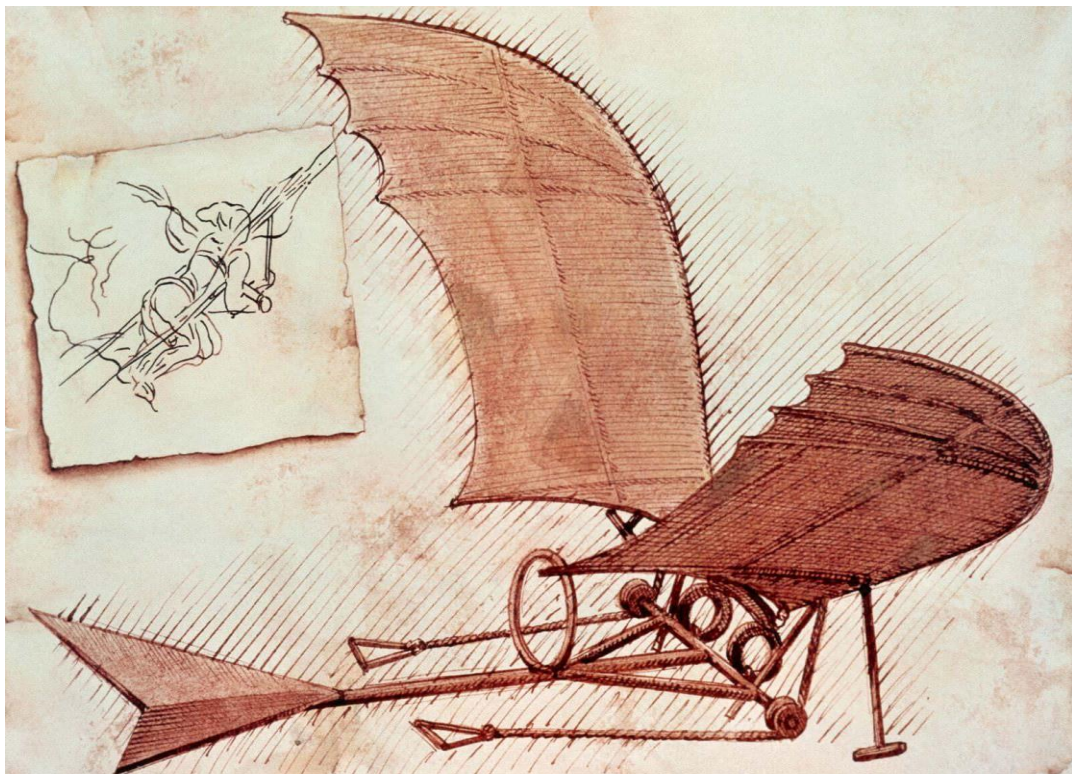
Na samom kraju rada nalazi se popis korištene literature te njihova pozicija u radu.



## 2 RAZVITAK ZRAČNOG PROMETA

Nebo i zvijezde su oduvijek bile povezane s ljudima. Gledanjem u nebo, ljudi su se obraćali bogu, gledali svoju budućnost te se naučili i orijentirati po zvijezdama. No i dalje, od početaka civilizacije je postojala želja za letom.

Već u grčkoj mitologiji pronalazimo priču o Dedalu i Ikaru, čija je esencija želja za letom, odnosno slobodom. S druge strane, već i prva priča o manjku sigurnosti u zrakoplovstvu radi „lošeg” dizajna i odabira materijala. [1] Stoljećima nema zapisa o pokušaju leta, barem do Leonarda da Vinci. On je pak zaslužan za početak znanstvenog proučavanja letenja (kod ptica) što je rezultiralo Kodeksom o letu ptica te planovima, prvim zakonom aerodinamike i skicama izrade helikoptera, propelera, jedrilice te stroja za letenje. Većina njegovih izuma nije rodila plodom, ali jedrilica jest, prikazana na slici 1. [2] Dalje se razvoj zrakoplovstva kretao u dva pravca, i to u ~~jednom~~ u konstrukciji letjelica lakših od zraka i drugim, u konstrukciji letjelica težih od zraka. [3]



**Slika 1.** Nacrt jedrilice Leonarda da Vinci

Izvor: [2]

Jean Marie Le Bris je prvi koji spominje koncept aspiracije, odnosno uzgona nakon što je tijekom svojeg putovanja oko Zemlje proučavao ptice i njihov odnos s okolinom. Kao posljedicu svog otkrića konstruirao je jedrilicu nazvanu Albatros s kojom je 1857. preletio 200 metara. [4]

Dvadeseto stoljeće obilježava veliki iskorak zrakoplovstva. U kratkom periodu čovjek se po prvi put odvajava od zemlje, a nešto kasnije slijeće na Mjesec.

Sigurno najzvučnije i najbitnije ime u zračnoj industriji je Wright, točnije Orville i Wilbur Wright, prikazani na slici 2. Njihova je avantura započela igračkom helikoptera te se pretvorila u jedno od najvećih izuma u povijesti svijeta. Svoju strast prema mehaničkim predmetima usmjerili su u svoj dizajn bicikla, te su nakon smrti letačkog pionira Otta Lilienthala braća započela sa svojim eksperimentima. Prelaskom u Kitty Hawk u Sjevernoj Karolini započeli su s testiranjem svog zrakoplova opremljenog kormilom te prvim zakrilcima. [5] Taj prvi stabilni i upravljivi zrakoplov imao je raspon krila od 9,8 metara te motor od 16 KS napravljen od strane Charlesa Taylora. 17. prosinca 1903. u Kitty Hawku uspijevaju poletjeti. U prvom letu, Wilbur u 12 sekundi prelazi 37 metara, a u posljednjem, četvrtom pokušaju dana u 59 sekundi leta prelazi 260 metara. Američka je vojska njihov dizajn otkupila 1907. [3]



**Slika 2.** Braća Wright i njihov zrakoplov

Izvor: [6]

Kao i s mnogim drugim izumima, rat donosi napredak u tehnologiji i razvoju zrakoplova. Avioni se prvenstveno koriste kao izviđači neprijateljskih linija, a potom kao lovci i bombarderi. Opremaju se radioprijemnicima i radiotelegrafijom čime se omogućava prva veza zemlja-zrak, a započinje se i s prvim noćnim letovima. U kratkom periodu od braće Wright do početka rata snaga motora raste do 400 KS. Najzastupljeniji zrakoplov tog vremena je bio AVRO 504 s 8340

primjeraka. S obzirom na dimenzije i težinu tadašnjih zrakoplova još uvijek su livade bile dostatne kao piste te nije bilo potrebe za pistama i/ili zračnim lukama s tvrdom podlogom.

Do početka rata 1914. dogodilo se puno prvijenaca. 1907. godine Paul Cornu po prvi put uspijeva poletjeti svojim helikopterom, 1910. godine se pojavljuje i prvi hidrozrakoplov, a 1911. godine zrakoplovi po prvi puta u povijesti nose teret u obliku pošte, a s početkom rata se otvara prva putnička relacija Tampa- St. Petersburg u SAD-u. [3]

Međuratno razdoblje je za zrakoplovstvo općenito jedan veliki tehnološki iskorak. U relativno kratkom periodu dolazi do brzog razvoja motora s promjenjivim korakom, pojava zakrilca i pretkrilca, uvlačenje kotača u trup, tehnike izrade, pojavljuju se novi materijali i legure otporni na udarce, veća naprezanja i temperaturu. Dakle, već 1927. zrakoplov kojim je upravljao Charles Lindbergh u 33 sata i 10 minuta letenja prelazi iz New Yorka, preko oceana do Pariza. [3]

Kao i u Velikom ratu, lovci i bombarderi su mnogobrojniji nego transportni zrakoplovi iz samog razloga što do tada nije postojala vojna ili civilna potreba za prijevozom tereta. Brodovi i vlakovi su imali puno veću nosivost i gabariti tereta nisu bili od tolike važnosti kao u zrakoplova.

Usprkos tome, padobranske akcije su pripremile put za transport vojnika, ali i lakih vozila i opreme. Nadalje, tijekom opsade Staljingrada, nakon što je njemačka 6. armija bila opkoljena, jedino su zrakoplovi mogli dostaviti opremu, namirnice, pojačanja i otpremiti ranjene preko takozvanog zračnog mosta (engl. Air bridge). [7]

Prije početka rata, u SAD-u je oformljeno Zapovjedništvo zračnog transporta (engl. Air Transport Command - ATC) koje je spojilo civilnu i vojnu avijaciju sa svrhom transporta potrepština ka drugim dijelovima svijeta. Diljem svijeta izgrađene su baze s asfaltiranom ili betonskom podlogom kako bi se mogao uspostaviti prijevoz teškim zrakoplovima velikog dosega i nosivosti. Sudjelovali su u opskrbi kineskih snaga preko Himalaja, protiv njemačkih i talijanskih snaga u Africi i Italiji te u pripremama za, tijekom i nakon invazije Europe. Do kraja rata, zapovjedništvo je imalo flotu od preko 3700 teretnih zrakoplova te je u zadnjem mjesecu rata prevezlo 100000 tona tereta i 275000 putnika (najviše ranjenika). [8]

**Tablica 1.** Tablica 20 najproizvedenijih zrakoplova 2. svjetskog rata s navedenom državom podrijetla, namjenom te brojem izrađenih jedinica

Zrakoplov	Vrsta propulzije	Država podrijetla	Namjena	Broj jedinica
IL-2 Sturmovik	Turboprop, jednomotorni	SSSR	Bombarder	36183
YAK-1, -3, -7, -9	Turboprop, jednomotorni	SSSR	Lovac	31000+
Bf-109	Turboprop, jednomotorni	Njemačka	Lovac	30480
Fw-190	Turboprop, jednomotorni	Njemačka	Lovac	29001

Supermarine Spitfire	Turboprop, jednomotorni	Ujedinjeno Kraljevstvo	Lovac	20351
B-24 Liberator	Turboprop, četvermotorni	SAD	Bombarder	18482
P-47 Thunderbolt	Turboprop, jednomotorni	SAD	Lovac	15686
P-51 Mustang	Turboprop, jednomotorni	SAD	Lovac	15875
Ju-88	Turboprop, dvomotorni	Njemačka	Bombarder	15000
Hawker Hurricane	Turboprop, jednomotorni	Ujedinjeno Kraljevstvo	Lovac	14553
P-40 Warhawk	Turboprop, jednomotorni	SAD	Lovac	13738
B-17 Flying Fortress	Turboprop, četvermotorni	SAD	Bombarder	12731
F4U Corsair	Turboprop, jednomotorni	SAD	Lovac	12571
F6F Hellcat	Turboprop, jednomotorni	SAD	Lovca	12275
Petlyakov Pe-2	Turboprop, dvomotorni	SSSR	Bombarder	11400
P-38 Lightning	Turboprop, dvomotorni	SAD	Lovac	10037
A6M Zero	Turboprop, jednomotorni	Japan	Lovac	10449
B-25 Mitchell	Turboprop, dvomotorni	SAD	Bombarder	9984
Lavochkin LaGG-5	Turboprop	SSSR	Lovac	9920
TBM Avenger	Turboprop, jednomotorni	SAD	Bombarder	9837

Izvor: [9]

Prvi zrakoplov na turbomlazni pogon je poletio 27. kolovoza 1939. Bio je to Heinkel 178. Tako je nastala nova era u tehnici zrakoplovstva. Za vrijeme Drugog svjetskog rata, mlazni i raketni pogon još uvijek nisu bili zastupljeni radi nedovoljno materijala otpornih na visoke temperature i naprezanja koji su potrebni za izradu dijelova što je i vidljivo iz tablice 1. Koja ukazuje da se među 20 najproizvedenijih zrakoplova za vrijeme Drugog svjetskog rata ne nalazi niti jedan zrakoplov s raketnim ili mlaznim pogonom. Nadalje, jedino su visokoindustrijalizirane

zemlje mogle proizvesti tolike količine zrakoplova, ali i dalje relativno jednostavnim dizajna s pretežito jednim motorom. Najviše proizveden zrakoplov je bio sovjetski Il-2 Sturmovik s 36183 jedinica, a najmanje proizvedenih jedinica među 20 najproizvedenijih zrakoplova je TBM Avenger s 9837. Sveukupno najviše proizvedenih zrakoplova u top 20 ima SAD s preko 131216 jedinica. [3]

Završetkom rata zračni promet prolazi kroz naglu ekspanziju. Budući da se infrastruktura izgrađena za vrijeme rata mogla iskoristiti kao temelj za nove aerodrome, zračni promet ulazi u ravnopravniju borbu s ostalim već utemeljenim vrstama prometa. Zrakoplovstvo više nije samo atraktivno, već i ekonomično i efikasno. [3]

Zrakoplovstvo kakvo svi znamo započelo je predstavljanjem i prvim letom Boeinga 747, prvog širokotrupnog zrakoplova. Pojava B747 dogodila se u vrijeme kada su FedEx i DHL započeli s ekspresnim dostavama od vrata do vrata (engl. door-to-door). [10]

### 3 TEHNIČKE ZNAČAJKE TERETNIH ZRAKOPLOVA

Osnovna podjela zrakoplova kojima se prevoze tereti jest na teretne zrakoplove (engl. freighter) i kombinirane zrakoplove (engl. combi). Svaki se teretni zrakoplov može pretvoriti u teretni i obratno ako se ubace, odnosno izbace sjedala iz kabine. Nadalje, teretni su zrakoplovi još dodatno specijalizirani radi tehničkih modifikacija poput većih vrata, posebnih rampi na dodatnim vratima za utovar i istovar robe. Naravno u teretnom prijevozu brzina nije od esencijalne važnosti koliko je nosivost pa se radi toga uzima odgovarajući aerodinamički oblik trupa te modificirana krila.

#### 3,1 Podjela zrakoplova

Teretni se zrakoplovi mogu dijeliti po broju motora i vrsti propulzije:

- četveromotorni- mlazni npr. Boeing B747-200C, Boeing B707-320 C, Ilyushin IL-62-200.
- četveromotorni- turboprop npr. Lockheed L100 Hercules, Antonov An-12.
- tromotorni- mlazni npr. Boeing B727-120 C, Lockheed L-1011 Tristar.
- dvomotorni- mlazni npr. Airbus A310, McDonnell Douglas DC-9, British Aircraft Corporation BAC-1-11.
- dvomotorni- turboprop npr. Antonov An-24, Antonov An-26.

Dodatna podjela jest prema doletu:

- zrakoplovi velikog dometa (>10000 kilometara) koji se najčešće koriste pri prijevozu na glavnim linijama između transportnih hubova,
- Zrakoplovi srednjeg dometa (3000-6000 kilometara) koji se koriste na priključnim linijama gdje opskrbljuju hubove s teretom i putnicima iz manjih mjesta,
- Zrakoplovi kratkog dometa (<3000 kilometara) koji povezuju lokalna središta međusobno i neka od regionalnih središta.

Međutim dva temeljna tehnološko-eksploatacijska aspekta su izmjere utovarnih vrata te poprečni presjek kabine. [3]



**Slika 3.** Primjer jednomotornog- turboprop zrakoplova kratkog dometa tvrtke FedEx  
Izvor: [11]

### **3,2 Tehničke modifikacije teretnih zrakoplova**

Jedna od najbitnijih stvari u upravljanju opskrbnog lanca je informacija. Teretni su zrakoplovi opremljeni sustavima satelitskog praćenja što omogućuje kontroli zračne plovidbe, logističkim operaterima te korisnicima praćenje zrakoplova, odnosno pošiljke. U digitalno doba, papir i olovka su zamijenjeni tabletima kako bi se sve procedure potrebne za siguran let provele na brži i efikasniji način. Tableti su međusobno umreženi što omogućuje brz prijenos novih informacija između posade, kontrole zračne plovidbe te logističkih operatera. [12]

Kako bi se što brže ukrcalo i iskrcalo teret, freight avioni trebaju imati dovoljno velike rampe koje mogu primiti standardizirane avionske palete i kontejnere. Pretežito se koriste bočna vrata kao i kod putničkih zrakoplova za ukrcaj, no poneki veći ili specijalizirani zrakoplovi imaju rampe u nosu ili ispod repa što daje fleksibilnost tijekom manipulacije teretom. Prednje rampe su smještene u nosu zrakoplova te se većinom otvaraju prema gore, to jest kao vrata tovarnog prostora u automobila. Specifična prednja vrata sa bočnim otvaranjem u stranu su prikazana na slici 4. Budući da su ti avioni specijalizirani za prijevoz tereta velikih gabarita jedino takav način otvaranja ne smeta tijekom utovara te prilikom zatvaranja. Što se tiče zadnjih vrata, ona se spuštaju te kreiraju rampu za utovar. [13]



**Slika 4.** Primjer specifičnih tovarnih vrata Airbus Beluge

Izvor: [13]

Unutar samog zrakoplova postoje tračnice s kotrljajućim valjcima koje se protežu čitavom duljinom zrakoplova te čine zrakoplov integriranim dijelom zračnog prijevoza radi kompatibilnosti s IATA standardiziranim paletama i kontejnerima. Nakon što se teret ukrcava, osigurava se kopčama, gurnama te mrežama koje se zakopčaju za mnogobrojne karike. Antonov AN-225 je dodatno specijaliziran za prijevoz iznimno teških tereta. Na stropu tovarnog prostora ima i dizalicu koja omogućuje lakše manipuliranje teretom. [14] Teret ne mora nužno biti unutar trupa tijekom procesa prijevoza što je i bila prvotna namjena za AN-225, prijevoz sovjetskih space shuttleova. Isto tako, NASA je modificirala dva Boeinga B747 kako bi na svojim leđima (kao i AN-225) mogli nositi space shuttle. [15]

Iako je transport zrakoplovom najbrži način prijevoza tereta, u zračnom prometu teret putuje sporije nego putnički avion. Razlog, teretni zrakoplovi se dizajniraju kako bi mogli prevesti što više tereta. U čisto teretnom zrakoplovu nema putničkih kabina, toaleta, galerija, posebnog prostora za prtljagu ili sustava za zabavu. Cijeli zrakoplov je u potpunosti opredijeljen za prijevoz robe te je minimalni dio površine zrakoplova namijenjen za posadu i njihove potrebe.



### 3,3 Primjeri teretnih zrakoplova i usporedba

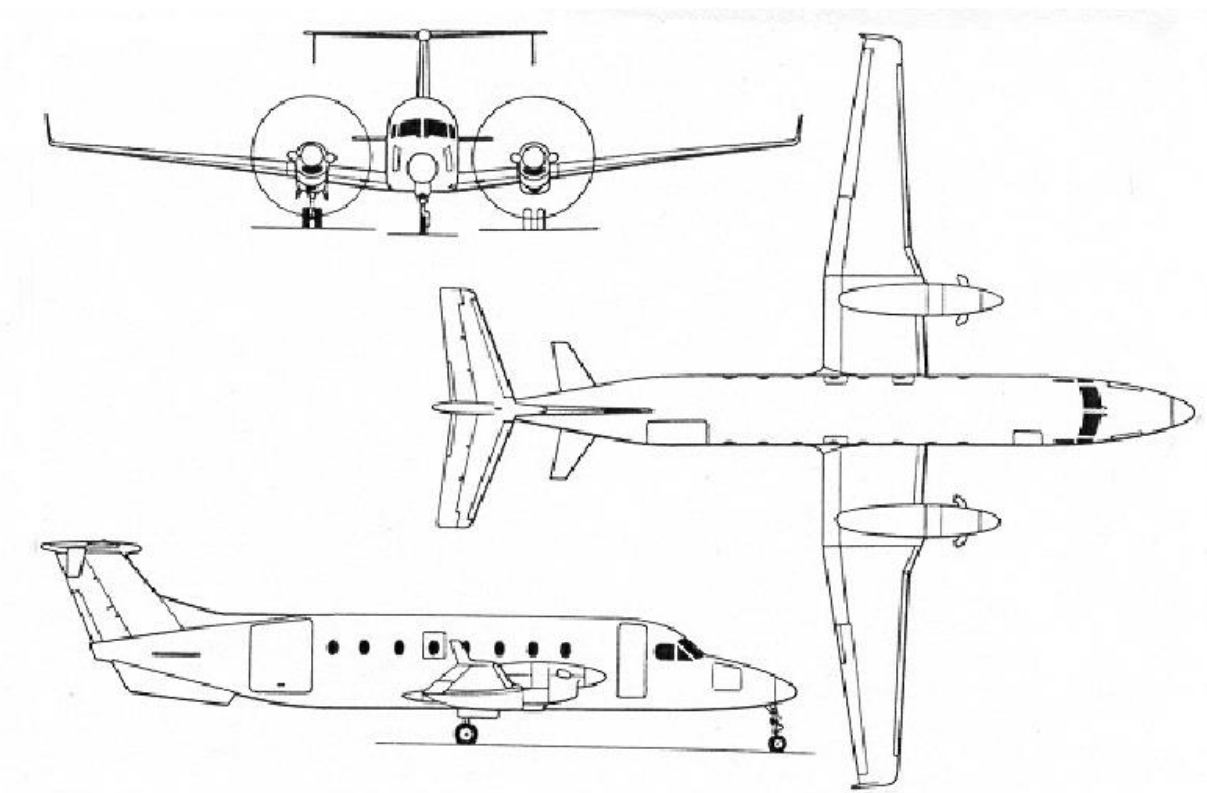
U ovom će potpoglavlju biti predstavljeni neki od teretnih zrakoplova koji su trenutno u službi svjetskih operatera. Prikazani zrakoplovi su teretne verzije te se kao takvi specijaliziraju za prijevoz tereta preko određenih udaljenosti. Od ukupno šest prikazanih zrakoplova u nastavku, jedan je kratkoga dometa, jedan srednjeg te četiri dugog dometa od kojih su dva specijalizirani za prijevoz vangabaritnih tereta. U tablici 2. su pobliže prikazane specifikacije zrakoplova poput doleta, brzine i nosivosti.

Slijede primjeri zrakoplova:



**Slika 5.** Beechcraft King Air 1900

Izvor: [16]



**Slika 6.** Grafički prikaz zrakoplova Beechcraft King Air 1900

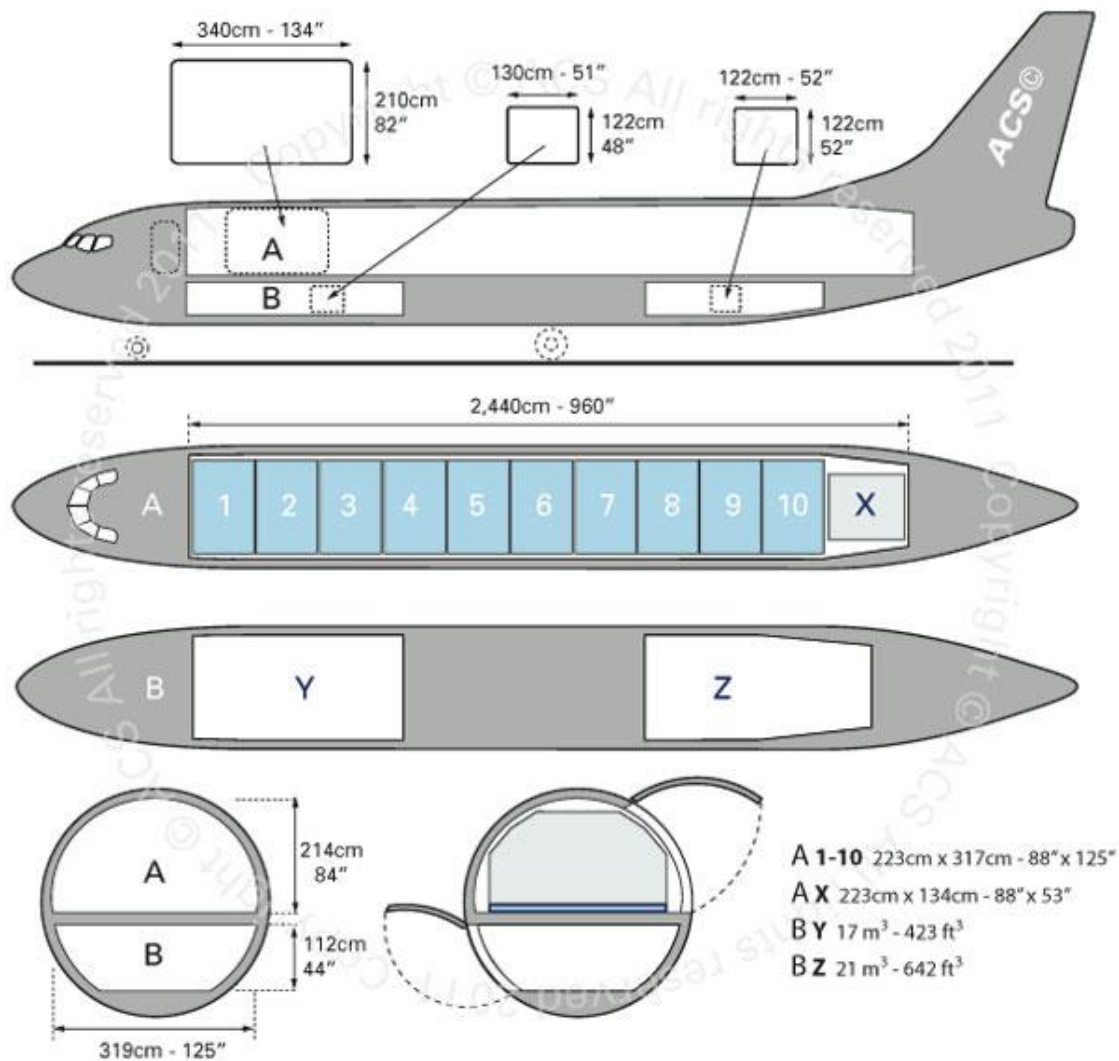
Izvor: [17]

Zrakoplov kratkoga dometa prikazan na slikama 5 i 6 se najčešće koristi za prijevoz koleta te pošte unutar neke regije. U službi je od 1984. godine. Raspon krila mu iznosi 17,7 metara te je 17,6 metara dug.



**Slika 7.** Boeing B737-400F

Izvor: [18]



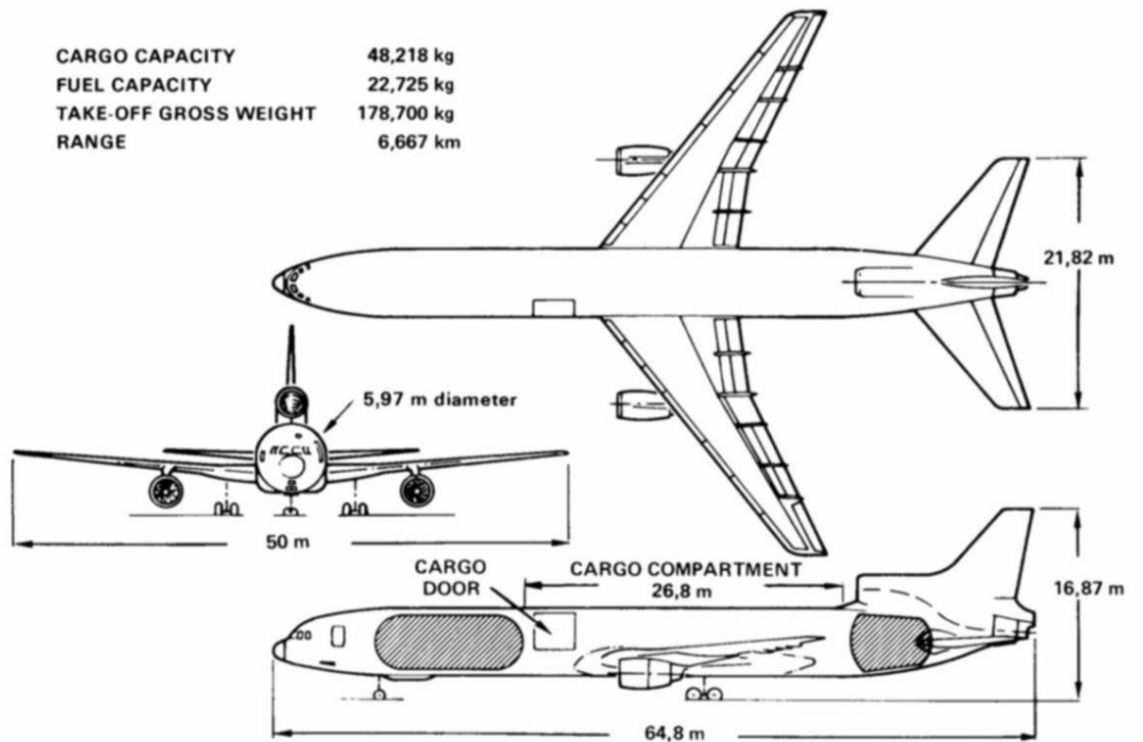
**Slika 8.** Grafički prikaz trupa zrakoplova Boeing B737-400F

Izvor: [19]

B737-400F, prikazan na slikama 7 i 8, teretni je zrakoplov proizvođača Boeing koji služi za prijevoz tereta. Nosivost od 21 tone ga čini idealnim za prijevoz na kratkim i srednjim udaljenostima. Raspon krila iznosi 28,9 metara i duljine je 36,4 metra. Teretni prostor je podijeljen u dva dijela - na gornju i donju palubu.



**Slika 9.** Lockheed L1011 TriStar  
Izvor: [20]



**Slika 10.** Grafički prikaz trupa zrakoplova Lockheed L1011 Tristar

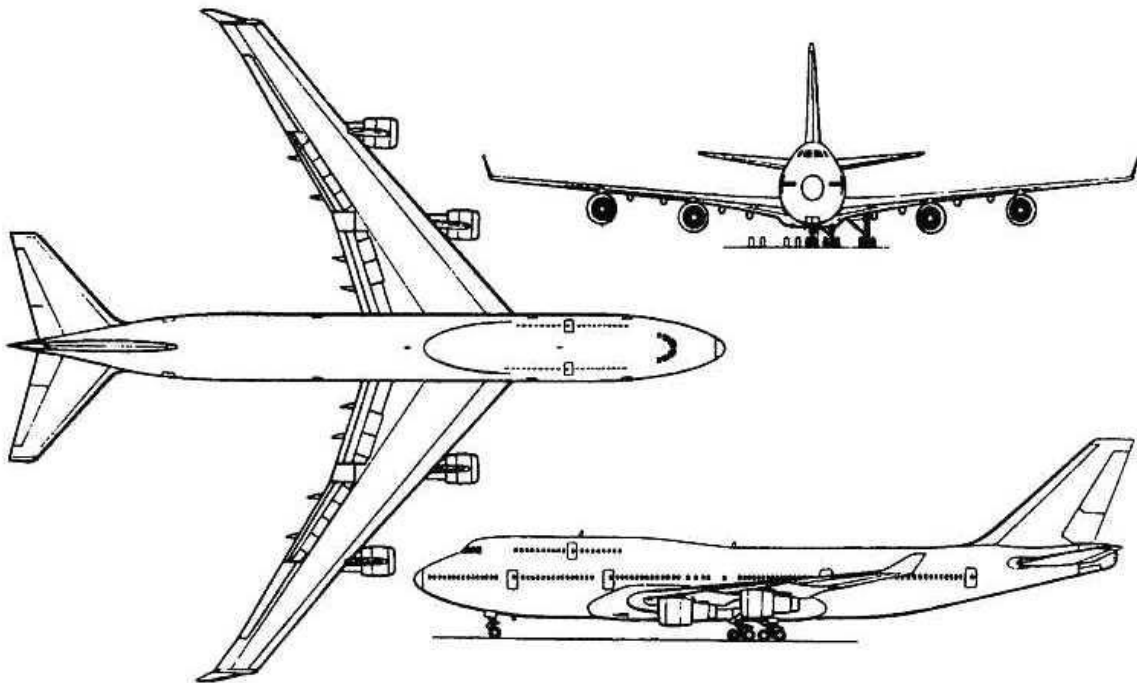
Izvor: [21]

Ovaj se tromotorni mlažnjak sa slika 9 i 10 koristi za prijevoz tereta preko velikih udaljenosti. Dizajn s dva motora na krilima i jednim u bazi repa ga čini specifičnim te lako prepoznatljivim. Raspon krila iznosi 47,4 metara i dugačak je 54,3 metra. Krila su nisko pozicionirana, odnosno trup zrakoplova je polegnut.



**Slika 11.** Boeing B747-8F

Izvor: [22]



**Slika 12.** Grafički prikaz zrakoplova Boeing B747-8F

Izvor: [23]

B747-8F je jedan od najzastupljenijih tipova teretnih zrakoplova na svijetu. Postoje razne verzije koje sve zajedno dijele nadimak “Kraljice neba”. Velika nosivost i dolet ga čine idealnim

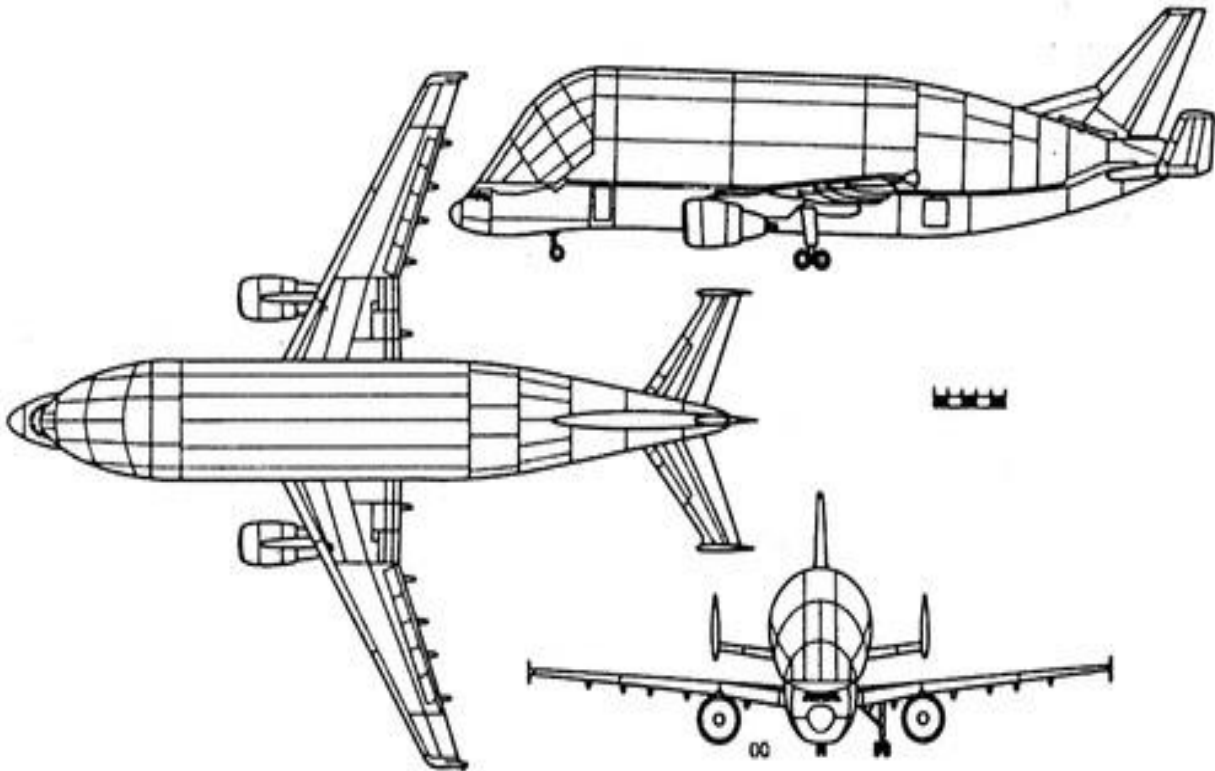
rješenjem za mnoge korisnike zračnoga prijevoza. Ova verzija je najdulja inačica svih B747 modela na što i ukazuje povećanje od 16 % u kargo prostoru s obzirom na B747-400F. Prikazan je na slikama 11 i 12.



**Slika 13.** Airbus A300-600T Beluga

Izvor: [24]





**Slika 14.** Grafički prikaz zrakoplova Airbus A300-600T Beluga

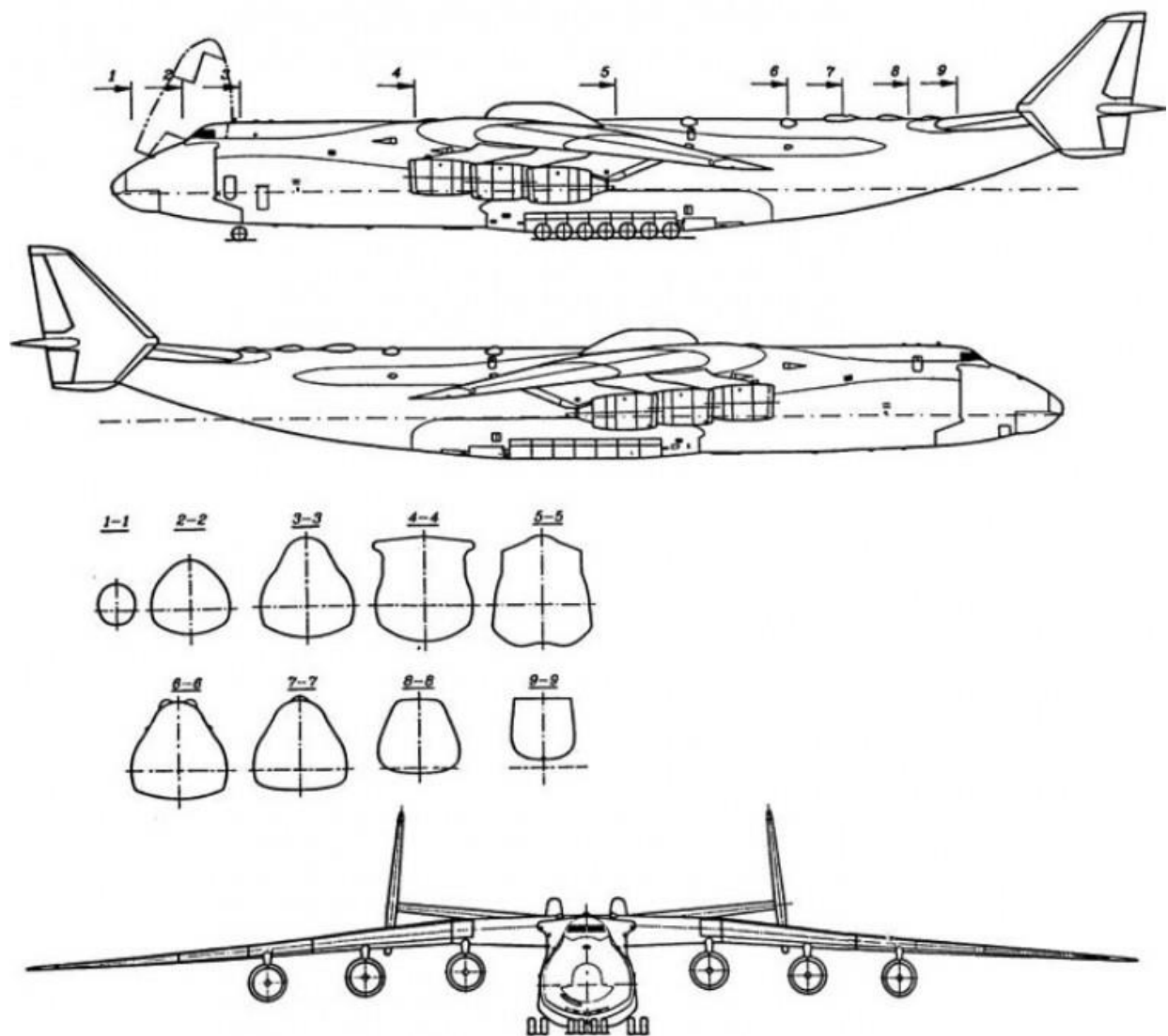
Izvor: [25]

Airbus Beluga prikazana na slikama 13 i 14 teretni je zrakoplov namijenjen za vangabaritne terete. Prvenstveno je bio dizajniran i korišten za prijevoz dijelova drugih Airbusovih zrakoplova iz jedne tvornice u drugu. Specifičan izgled trupa omogućuje utovar vangabaritnih tereta te lakše rukovanje istim. Postoji i veća verzija - Beluga ST (Super transporter).



**Slika 15.** Antonov AN-225

Izvor: [26]



**Slika 16.** Grafički prikaz zrakoplova Antonov AN-225

Izvor: [27]

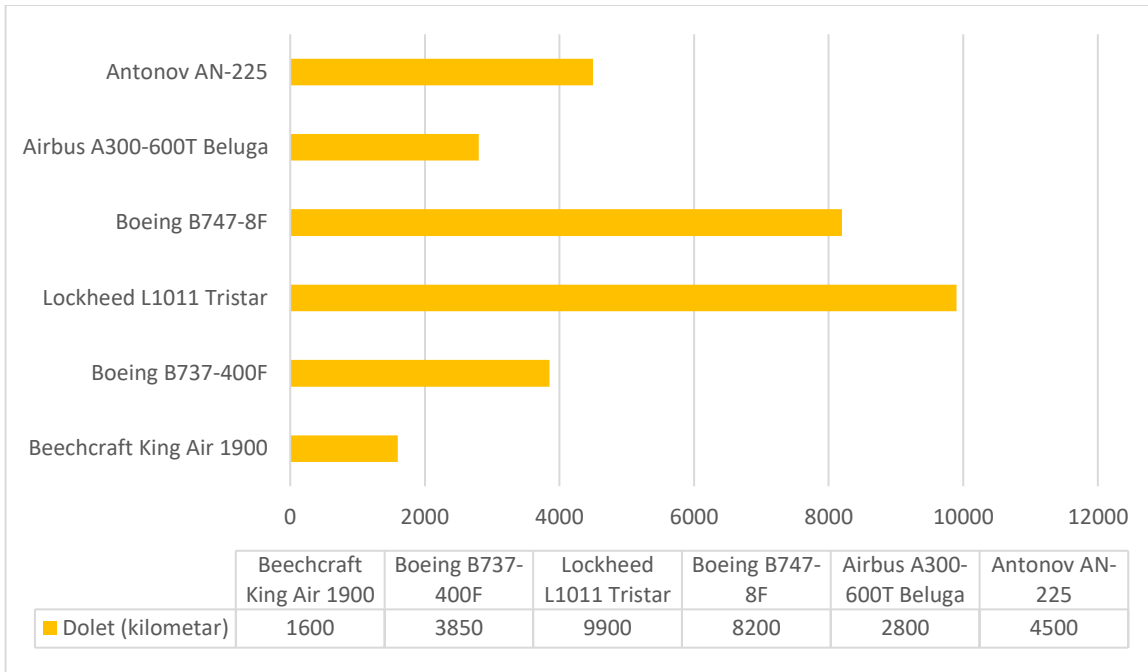
Donedavno najveći zrakoplov na svijetu s rasponom krila od 88 metara na kojima se nalazi šest mlaznih motora. Antonov AN-225 prikazan na slikama 15 i 16 je bio specijaliziran za teške i specijalne terete. Nedavno je jedini primjerak uništen na području Republike Ukrajine. Korišten je za prijevoz sovjetskog space shuttlea do Kozmodroma u Kazahstanu te kasnije za razne teške i vangabaritne terete. Nadimak ovog zrakoplova je Mriya - san.

U tablici 2 su detaljnije obrađeni podaci o već navedenim zrakoplovima.

**Tablica 2.** Tablica usporedbe tehničko eksploatacijskih pokazatelja zrakoplova

Zrakoplov	Pogon	Dolet (kilometar)	Uporaba	Teretni prostor (duljina x širina x visina)	Nosivost (tona)	Brzina krstarenja (čvor)
Beechcraft King Air 1900	Dvomotorni turboprop	1600 km	Prijevoz koleta i pošte preko kratkih udaljenosti	7,7 x 1,37 x 1,8	2.1	270
Boeing B737-400F	Dvomotorni mlažnjak	3850 km	Prijevoz tereta preko srednjih udaljenosti	24,4 x 3,19 x 2,14	21	460
Lockheed L1011 Tristar	Tromotorni mlažnjak	9900 km	Prijevoz tereta preko velikih udaljenosti	33 x 4,85 x 2,74	55	485
Boeing B747-8F	Četveromotorni mlažnjak	8200 km	Prijevoz tereta preko velikih udaljenosti	54,3 x 4,86 x 4,04	140	510
Airbus A300-600T Beluga	Dvomotorni mlažnjak	2800 km	Specijalni tereti	37,7 x 3,7 x 3,6	47	398
Antonov AN-225	Šesteromotorni mlažnjak	4500 km	Specijalni tereti	45,35 x 6,4 x 4,4	250	458

Izvor: [28]



**Grafikon 1.** Graf maksimalnog doleta u kilometrima

Izvor: [28]

U grafikonu 1 očitano je da najveći dolet od predstavljenih zrakoplova imaju Lockheed L1011 Tristar te Boeing B747-8F, a najmanji dolet ima Beechcraft King Air 1900. Lockheedov Tristar ima najveći dolet, ali je i dalje klasificiran kao zrakoplov srednjeg dometa. Prosječni dolet navedenih zrakoplova iznosi 5140 kilometara.

## 4 EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE TERETNIH ZRAKOPLOVA

Kao i svaka grana prometa, zračni prijevoz putnika i tereta ima svoje tržište gdje se pruža i troši prometna usluga. Tržište zrakoplovnih usluga na kojem se prijevozna potražnja i ponuda realiziraju su iznimno diversificirana. Kao takva, prometna potražnja se može promatrati kroz nekoliko kriterija:

- prema udaljenosti prijevoza,
- prema predmetu prijevoza,
- prema tehnološko-organizacijskom karakteru prijevoza,
- prema važnosti linija.

Prema udaljenosti prijevoza identificira se prometna potražnja kroz:

- zone dugoga ili velikoga doleta (engl. long haul/ range),
- zone srednjeg doleta (engl. medium haul/ range),
- zone kratkog doleta (engl. short haul/ range).

Treba naglasiti da interkontinentalni i transkontinentalni prijevoz spada pod zonu dugoga doleta, ali na primjer prijevoz unutar same Europe spada pod zonu srednjeg doleta. Možemo zaključiti da je ovakva podjela relativna s obzirom na udaljenosti između zračne luke pošiljatelja i primatelja, ali sa stajališta izbora zrakoplova iznimno bitna.

Podjela prema predmetu prijevoza se dijeli na putnički i teretni promet. Tehničko-organizacijska podjela jest iznimno bliska jer većinski udio putničkog tereta jest redovan linijski promet, a s druge strane tereni prijevoz je zastupljen podjednako i u redovnom linijskom i u slobodnom, odnosno izvanrednom (engl. charter) prijevozu.

Prema važnosti linija razlikujemo:

- glavne (engl. main lines),
- priključne (engl. feeder lines),
- lokalne (engl. commuter lines).[3]

### 4,1 Paletizacija i kontejnerizacija

Kako bi integracija prijevoza bila na što većem nivou, palete i kontejneri za zračni teretni promet su standardizirane prema Konferenciji za zrakoplovne terete održane u San Juanu, Porto Rico, 1967. Prvotno je, sukladno tadašnjim izmjerama zrakoplova, prihvaćeno 17 ULD-a (engl. Unit Load Device). 1971. IATA (engl. International Air Transport Association- IATA) Međunarodna udruga za zračni prijevoz smanjuje broj na 11 koji se i danas koriste, u raznim

inačicama. Za osiguranje tereta se koristiti mreža izrađena od isprepletenih poliestera koji daju iznimnu otpornost na naprezanje dok pridonose očuvanje male mase. [3]

Kontejneri i palete imaju specifičan, ali reguliran način označavanja. Svaki ULD ima jedinstveni kod (broj kontejnera ili palete). Prva tri slova definiraju tip ULD-a. Četiri do pet brojeva nakon prva tri slova su interni brojevi operatera, odnosno vlasnika palete ili kontejnera radi lakšeg raspoznavanja, ali i praćenja ULD-a, to jest pošiljki. Na kraju se nalaze dodatna dva slova koja označavaju pripadnost organizaciji u čijem su vlasništvu kontejneri ili palete. Dodatno se može koristiti i bar kod radi identifikacije u već integriranom digitalnom logističkom sustavu. [29]

Sigurnost tereta, samog zrakoplova, posade zrakoplova te neletačkog osoblja je od primarne važnosti u avionskoj logistici. Rezultantno tome, svaki ULD mora biti certificiran od strane CAA (engl. Civil Aviation Authority), odnosno Uprave za civilno zrakoplovstvo. [29]

#### 4,1,1 Kontejneri

Kontejneri su zatvorene kutije od aluminija ili aluminijskih legura koje se koriste za prijevoz tereta. Primjer zrakoplovnog kontejnera vidljiv na slici 17. Mogu biti izvedeni kao hladene jedinice za prijevoz temperaturno osjetljive robe. Ovisno o kontejneru vrhovi mogu biti zaobljeni kako ne bi oštetili zrakoplov ili druge kontejnere prilikom manipulacije. Razlikujemo kontejnere za donju i gornju palubu. [30]



**Slika 17.** Primjer zrakoplovnog kontejnera

Izvor: [31]

**Tablica 3.** Popis kontejnera za zračni transport

<b>Vrsta ULD-a</b>	<b>IATA designacija</b>	<b>Otvor vrata (cm)</b>	<b>Tara (kg)</b>	<b>Nosivost (kg)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
<b>LD-1</b>	AKC	147 x 155	70	1588	5
<b>LD-2</b>	DPE	112 x 152	92	1225	3,5
<b>LD-3</b>	AKE	147 x 155	82	1588	4,5
<b>LD-3 hladnjak</b>	RKN	137 x 140	210	1588	4,5
<b>LD-4</b>	ALP	234 x 155	120	2449	5,7
<b>LD-6</b>	ALF	305 x 152	230	3175	9,1
<b>LD-8</b>	DQF	234 x 157	127	2450	7,1
<b>LD-9</b>	AAP	300 x 147	270	6000	10,8
<b>LD-9 hladnjak</b>	RAP	216 x 147	400	6000	9,6
<b>LD-11</b>	ALP	305 x 155	185	3176	7,4
<b>LD-39</b>	AMU	cerada	290	5035	15,9
<b>M-1H</b>	AMD	cerada	370	6800	21,2
<b>M-2</b>	AGA	solidna vrata	1000	11340	33,7

Izvor: [32]

U tablici 3 su prikazane različite vrste ULD kontejnera. Svaki kontejner ima svoj IATA definirani kod od tri slova. LD-39, M-1H imaju otvor sa strane veličine samog ULD-a te se za zatvaranje koristi cerada. M-2 je avionska verzija 20' kontejnera te ima solidna vrata. Najmanja vrata su u kontejnera LD-1, a najveća u LD-11. Kroz taru, odnosno praznu masu kontejnera, možemo uočiti da je masa samih kontejnera relativno mala, odnosno da jedino M-2 kontejner premašuje taru od 500 kilograma. Najmanju nosivost ima LD-2, a najveću M-2 ULD. Volumen je iznimno bitna stavka u zračnom transportu radi skućenog utovarnog prostora unutar zrakoplova te je zato prosječni iznos volumena navedenih kontejnera 10,62 metara kubnih.

#### **4,1,2 Paleta**

Paleta su ravne aluminijske ploče sastavljene od jezgre izrađene od sintetičkih materijala u obliku pčelinih saća ili aluminijske te rubnih dijelova koje čine sustav za učvršćivanje. Primjer zrakoplovne palete vidljiv na slici 18.[30]



**Slika 18.** Primjer zrakoplovne palete

Izvor: [33]

**Tablica 4.** Popis paleta za zračni transport

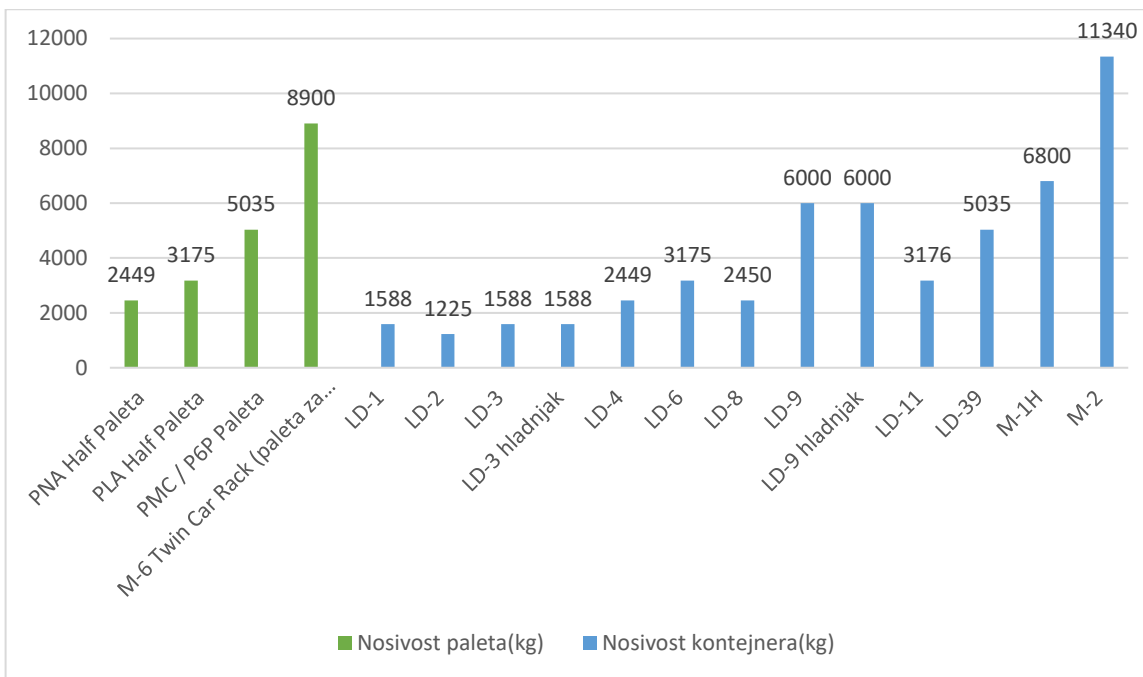
Vrsta ULD-a	IATA designacija	Tara (kg)	Nosivost (kg)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>PNA Half Paleta</b>	PNA 767	83	2449	5,5
<b>PLA Half Paleta</b>	PLA	91	3175	7,1
<b>PMC / P6P Paleta</b>	P6P 10-ft	120	5035	21,2
<b>M-6 Twin Car Rack (paleta za automobile na dva nivoa)</b>	PRA	400	8900 (gornje vozilo ne smije premašiti masu od 1800 kilograma)	*

Izvor: [32]

U tablici 4 su navedene četiri različite vrste avionskih paleta - postoje različite inačice istih različitih dimenzija. Gledajući da zrakoplovi imaju ograničenu nosivost tara samih paleta, kao i kontejnera za avionski prijevoz, je izrazito mala s obzirom na maksimalnu nosivost. Najmanju taru i nosivost ima PNA 767 paleta, a najveću PRA palete za prijevoz automobila. Na volumen najviše utječu same dimenzije (dužina i širina) te radi toga, od navedenih paleta u tablicu, najveći volumen ima P6P 10-ft paleta.



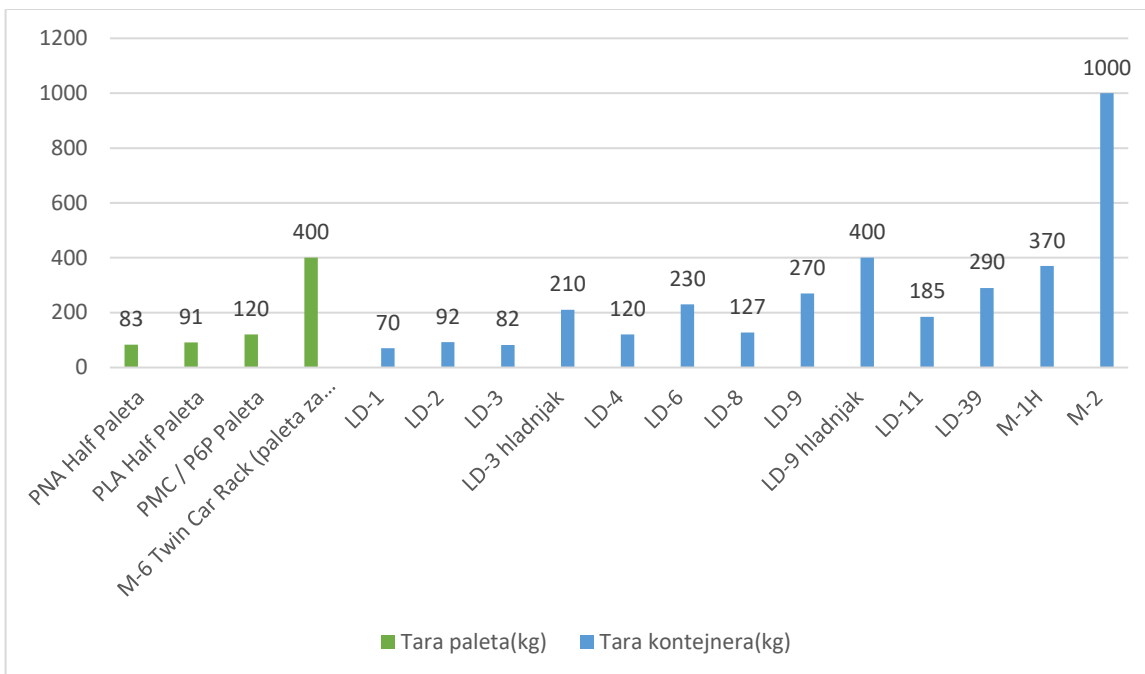
Na grafikonima 2., 3. i 4. prikazane su i uspoređene pojedinačne nosivosti, tare te maksimalni volumeni tereta gore navedenih transportnih jedinica.



**Grafikon 2.** Graf pojedinačne nosivosti transportnih jedinica za zračni prijevoz

Izvor: [32]

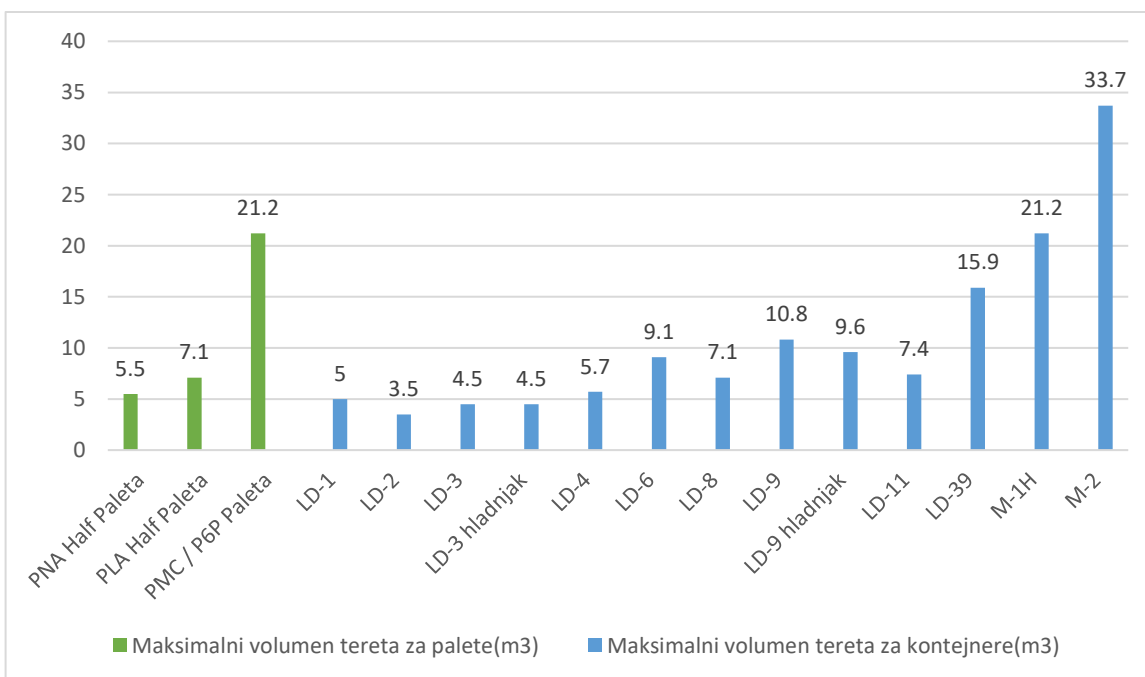
Prema grafikonu 2. najmanju nosivost od svih navedenih transportnih jedinica ima tip kontejnera LD-2 s očitanom nosivošću od 1225 kilograma dok najveću nosivost ima tip kontejnera M-2 s očitanih 11340 kilograma.



**Grafikon 3.** Graf pojedinačne tare transportnih jedinica za zračni prijevoz

Izvor: [32]

Prema podacima iz grafikona 3 vidljivo je da prosječna tara paleta iznosi 173,5 kilograma, a paleta 265,08 kilograma. Najmanju taru ima kontejner tipa LD-1, a najveću kontejner tipa M-2.



**Grafikon 4.** Graf pojedinačnog maksimalnog volumena tereta transportnih jedinica za zračni prijevoz

Izvor: [32]

Nosivost i volumen su dvije od najbitnijih stavki kod odabira transportne jedinice s obzirom na prostorne kapacitete zrakoplova. Prema podacima iz grafikona 4 vidljivo je da najmanji volumen teret ima tip kontejnera LD-2 s očitanih 3,5 m<sup>3</sup>, a najveći kontejner M-2 u iznosu od 33,7 m<sup>3</sup>.

## 4,2 Klasifikacija opasnih tereta

Zračni prijevoz ima najčešću ulogu transporta vangabaritnih, skupih, opasnih i štetnih tereta i tereta od velike važnosti. Svaki prijevoz zrakoplovom je uređen po regulativama i procedurama donesenih od strane Organizacije međunarodnog civilnog zrakoplovstva (engl. International Civil Aviation Organization- ICAO) i Međunarodne udruge za zračni prijevoz (engl. International Air Transport Association- IATA). Kao i u ostalim sektorima prometa teret se dijeli na generalni, tekući, rasuti, plinoviti i specijalni. [34]

Može se reći da je svaki teret u zračnom transportu specijalan radi same uporabe zrakoplova što zahtjeva posebne uvjete i procedure prilikom utovara, prijevoza i istovara kako bi se zadovoljili sigurnosni i ekološki zahtjevi. Opasan teret mogu biti kemikalije, raznorazne kombinacije supstanci ili proizvoda. Ujedinjeni narodi (engl. United Nations- UN) razdvaja opasan teret u devet klasa:

1. Klasa 1: Eksplozivi,
2. Klasa 2: Plinovi,
3. Klasa 3: Zapaljive tekućine,
4. Klasa 4: Zapaljive krutine,
5. Klasa 5: Oksidirajuće supstance,
6. Klasa 6: Toksične i zarazne supstance,
7. Klasa 7: Radioaktivni materijali,
8. Klasa 8: Korozivni materijali,
9. Klasa 9: Razna opasna roba. [34]

## 4,3 Proces transportne usluge u teretnom zračnom prometu

Početna faza je definiranje koliko, kakvog i koliko teškog tereta želimo prevesti kako bi se mogao odabrati zrakoplov koji zadovoljava prometno-tehnološke uvjete poput doleta, nosivosti, brzine i ekonomičnosti. Ponekad teret nije dovoljne veličine da bi se iskoristio cijeli zrakoplov pa se može pronaći solucija kroz kombiniranje transporta zrakoplovom s drugim klijentima.

Pakiranje robe i formiranje transportnih jedinica se pravi prije faze utovara. Najčešće u teretnim terminalima ili neposredno prije utovara. Korištenjem standardnih transportnih jedinica poput specijalnih zrakoplovnih kontejnera i paleta maksimalno se iskorištava teretni prostor

zrakoplova i zaštićuje se roba. Teret se iz skladišta prevozi posebnim vozilima koja horizontalno utovaruju transportne jedinice, prikazano na slici 19. Generalni i rasuti teret se utovaruje preko konvejera te se osigurava mrežama. U trenutku kada je proces utovara završen, zrakoplov je spreman za polijetanje. [34]



**Slika 19.** Primjer rampe za horizontalni ukrcaj tereta

Izvor: [35]

Prekonoćni ekspres (engl. Overnight express) jest mogućnost usluge koju od svih modova transporta jedino zračni prijevoz može garantirati. Najveću ulogu u tome ima brzina i domet prijevoznog sredstva, odnosno zrakoplova što omogućuje prijevoz robe preko noći, bilo gdje u svijetu. S obzirom na brzinu prijevoza koja nije od tolike važnosti jer je veća od ostalih modova transporta radi se na povećanju nosivosti.

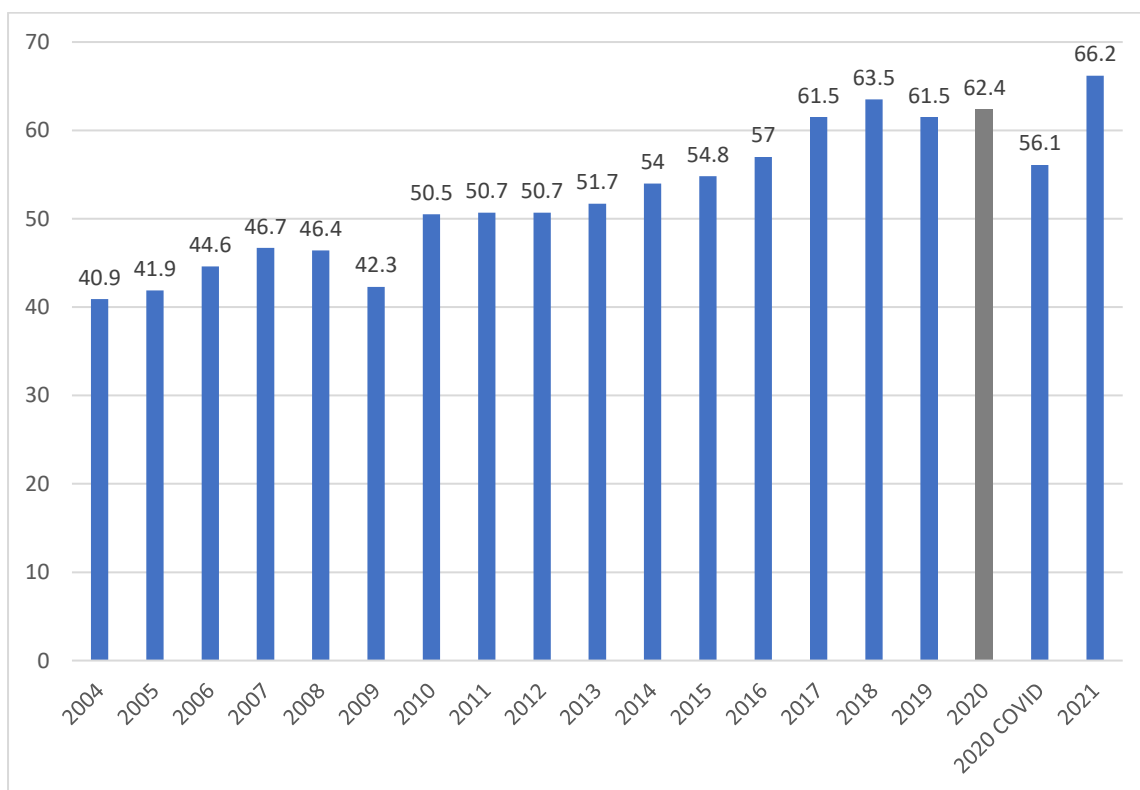
Drugi isto važni faktori su ljudstvo, mehanizacija i informatičko-komunikacijska podrška. Sami teret koji se ukrcava i putuje zrakoplovom mora na efikasan, brz i ponajprije siguran način doći do same luke ukrcaja i do samog mjesta dopreme od zračne luke istovara. Vozači kamiona, viljuškara i dizalica, skladišni radnici, radnici u zračnoj luci zaduženi za utovar i za održavanje zrakoplova su samo mali udio različitih zanimanja i radnih mjesta koji omogućuju logističarima da kroz uporabu računalnih programa organiziraju prijevoz od točke A do točke B bilo gdje u svijetu.

## 5 STANJA I TRENDOMI U ZRAČNOM TERETNOM PRIJEVOZU

Zrakoplovstvo je od pojave prvih aviokompanija u stalnom i konzistentnom porastu na što je pandemija koronavirusa negativno utjecala. Vidljivo iz grafikona 1. i 2., mnogi prijevoznici su prizemljili velike dijelove svojih flota kako bi uštedjeli. Uzmimo Airbus A380 za primjer, najveći putnički zrakoplov na svijetu koji je radi manjka putnika postao financijsko sidro te su ga mnogi avioprijevoznici ne samo prizemljili, već i umirovili. [34]

S druge strane, teretni prijevoz zrakoplovima raste. Kašnjenja u vodnom prometu radi pandemije i nedavnog blokiranja Sueza su rezultirala masovnom potražnjom proizvođača za zračnom uslugom prijevoza. Potražnja je u porastu što je brzo zauzelo trenutne kapacitete te povećalo cijenu prijevoza za 30-ak %. [36]

Manje zračne luke poput zračne luke Rickenbacker International i Chicago Rockford u Sjedinjenim Američkim Državama zabilježavaju velik porast u broju kargo zrakoplova budući da se u velikim zračnim lukama dugo čeka za prihvat i istovar tereta radi ogromne potražnje. Ekupovina, proizvodnja čipova za automobile te sveopća panika prije blagdana će samo povećati potražnju za prometnom uslugom. [36] U grafikonu 5. vidljivo je kretanje prevezenih milijuna tona tereta od 2004. do 2021. godine.



**Grafikon 5.** Prikaz prevezenih količina tereta u svijetu od 2004. do 2021.

Izvor: [37]

Teretni zračni prijevoz je kroz zadnjih 20-ak godina u stalnom rastu. Iznimka je u 2009. godini (42,3 milijuna tona) s padom spram 2008. godini (46,4 milijuna tona) koji se već sljedeće godine odmah vratio na staro, pa čak i narastao (2010. godine - 50,5 milijuna tona). Najveći se pad u količini prevezenog terete očitovao 08/09 s očitanih 4,1 milijuna tona terete manje, dok je najveći rast očitovan 09/10 s porastom od 8,2 milijuna prevezenih tona. U gledanom razdoblju očitano je prosječno pozitivno kretanja u obliku 1,46 milijuna tona po godini, a u gledanom periodu od 2004. do 2021. godine zračni je teretni prijevoz narastao za 61,8%. Stupac za 2020. godinu označen sivom bojom grafički prikazuje očekivanu količinu tereta koja se trebala prevesti te godine, a stupac 2020. COVID prikazuje stvarnu prevezenu količinu tereta za 2020. godinu. Usporedbom ta dva stupca vidljivo je da je stvarna količina prevezenog tereta manja za 10 % u odnosu na očekivanu količinu. Razvojem tržišta potreba za zračnim prijevozom je porasla sve do početka pandemije koronavirusa koja je zaustavila svijet. Usprkos tome, pronalaženjem cjepiva protiv virusa, zračni se promet koristio radi brzog i sigurnog prijevoza. Samim time, označena je rekordna 2021. godina po tonaži prevezenog tereta od preko 66,2 milijuna tona. Kroz period od 2004. do 2021. godine prosječno kretanje količine tereta iznosi 52,63 milijuna tona terete.

Najveći korisnici u svijetu su Federal Express (FedEx), Universal Parcel Service (UPS), DHL, Atlas Air te Amazon Air. FedEx je osnovan 1971. godine te posjeduje flotu od 684 zrakoplova među kojima se ističe 119 Boeinga B777F, 102 B767F, 68 Airbus A300F te 235 Cessna 208B. Tvrtka posjeduje 14 velikih kargo baza diljem svijeta, a glavna je na zračnoj luci Memphis International. [38]

UPS je drugi najveći operater kargo zrakoplova s ukupno 284 jedinica. Flota se pretežito sastoji od Boeinga, no nedavno je izdan natječaj za kupnju 150 električnih zrakoplova vertikalnog uspona (engl. eVTOL- electric Vertical Takeoff and Landing). [36]

Najveći europski prijevoznik je njemački DHL s flotom od 191 zrakoplova pretežito Boeinga B767F i Boeinga B757F. Poput UPS-a, DHL se upustio u kupnju električnih zrakoplova kako bi se smanjio tvrtkin karbonski otisak. Uz električne zrakoplove, kupljeno je i osam novih B777F-ova kako bi se zadovoljila interkontinentalna potražnja rastućeg tržišta. [38]

Atlas Air je operater s najviše „Kraljica neba” u svojoj floti, čak 56 B747F. Postignut je dogovor koji će posljednje četiri Kraljice dostaviti Atlas Airu 2022. Amazon Air je jedan od najmlađih kargo operatera osnovan 2015. za prijevoz Amazonovih paketa te je jedan od najbrže rastućih operatera. [37]

## 6 ZAKLJUČAK

Već u grčkoj mitologiji, u priči o Dedalu i Ikaru, pronalazimo početke zrakoplovstva. Preko Leonarda da Vincija, Jean Marie le Brisa te braće Wright, preko dva svjetska rata koja su donijela napredak dolazimo u moderno, zlatno doba zrakoplovstva gdje zrakoplovi mogu letjeti gotovo beskonačno.

Zrakoplovi kojima se prevozi teret dijele se na teretne i na kombinirane zrakoplove. Takvi zrakoplovi su dodatno modificirani spram putničkih time da imaju veća tovarna vrata, posebne rampe za utovar te neki i dizalice unutar samoga trupa. Međutim dva temeljna tehnološko-eksploatacijska aspekta su izmjere utovarnih vrata te poprečni presjek kabine.

Prijevozni proces započinje informacijom. Tako su svi teretni zrakoplovi opremljeni sustavima satelitskog praćenja što omogućuje kontroli zračne plovidbe, logističkim operaterima te korisnicima praćenje zrakoplova, odnosno pošiljke. Dodatna umreženost se očituje kroz uporabu tableta i računala kako bi svi logistički operateri imali brz i identičan pristup svim potrebnim informacijama o letu i teretu.

Prometna se potražnja promatra kroz kriterije udaljenosti i predmeta prijevoza, tehnološko-organizacijskom karakteru prijevoza te važnosti linija. Kriterij udaljenosti se identificira prema zonama kratkog, srednjeg i dugoga doleta. Predmet prijevoza se dijeli na putnike i teret, a tehnološko-organizacijska na linijski i slobodni prijevoz. Prema važnosti linija razlikujemo glavne, priključne i lokalne linije.

Teretni prostor je jedna od najvažnijih stavki prilikom dizajniranja teretnoga zrakoplova. Najveći teretni prostor, a ujedno i nosivost imao je Antonov AN-225 s mogućnošću polijetanja s 250 tona tereta unutar trupa. Na podu se nalaze tračnice po kojima se IATA standardizirane aluminijske palete te kontejneri mogu lako manipulirati te učvrstiti prije leta. Međunarodna udruga za zračni prijevoz je 1971. definirala 11 različitih ULD-a kako bi se povećala integracija sustava. Razlikujemo kontejnere za donju i gornju palubu koji mogu biti izvedeni kao hladene jedinice za robu s posebnim temperaturnim režimom. Palete su ravne aluminijske ploče koje se na rubnim dijelovima pričvršćuju za tračnice. Radi dodatnog osiguranja tereta, ali i zrakoplova koriste se sintetičke mreže i gurtne kako bi se dodatno učvrstio teret. Za istovar, odnosno utovar se koriste posebne rampe ako se vrši manipulacija teretom kroz bočna vrata, a neki veći i specijaliziraniji zrakoplovi imaju rampe ispod repa koje se mogu spustiti i time omogućiti pristup i brži utovar. Druga vrsta su nosne rampe koje se otvaraju ili podizanjem cijeloga nosa zrakoplova ili otvaranjem nosa u stranu.

Zračni transport se najviše koristi radi svoje brzine i točnosti. Najnižu maksimalnu brzinu postiže Beechcraft King Air 1900 s 270 čvorova, odnosno 500 km/h što je i dalje brže od svih ostalih modova transporta. S obzirom na to da je prosječna brzina krstarenja 430 čvorova, a najviša 796,6, zračni se prijevoz koristi za transport skupih, vremenski osjetljivih, vangabaritnih tereta te tereta velike važnosti koji mogu opravdati cijenu takvog transporta. Zračni promet je jedna od sigurnijih grana prijevoza radi svoje geografske neovisnosti. S obzirom na to da zračni prijevoz

ima veliki postotak prijevoza opasnih tereta, Ujedinjeni su narodi klasificirali opasan teret u devet kategorija: eksplozivni, plinovi, zapaljive tekućine, zapaljive krutine, oksidirajuće supstance, toksične i zarazne supstance, radioaktivni materijali te korozivni materijali. S obzirom na opasnost tereta, većinom se priprema prije samoga utovara te se kao gotovo transportne jedinice utovaruje u zrakoplov koji je potom spreman za polijetanje.

Pandemija koronavirusa je uzrokovala kašnjenja u vodnom prijevozu te su se mnogi proizvođači okrenuli zračnome prijevozu. Iako je putnički promet u padu, teretni promet raste. Dodatni poticaj dolazi kroz prijevoz cjepiva iz tvornice diljem svijeta. U posljednjih dvadesetak godina prosječno kretanje kreće se u uzlaznoj putanju s otprilike 1,4 milijuna tona više nego svake prethodne godine. U rekordnoj 2021. godini je zabilježeno preko 66,2 milijuna tona prevezenog tereta.

Jedna od glavnih točaka koja čini zračni transport konkurentnim i atraktivnim je mogućnost prekonoćne ekspresne pošiljke. U traženju zrakoplova s potrebnim doletom i nosivošću može se primijeniti korištenje omjera doleta i nosivosti. Dijeljenjem te dvije vrijednosti dobiven je broj po kojem je utvrđeno da su zrakoplovi veće nosivosti imaju manji dobiveni omjer od zrakoplova manje nosivosti. Bilo kakav teret koji se može utovariti u zrakoplov može biti bilo gdje na svijetu već sljedećega dana. Tome pridodajemo činjenicu da je prosječni dolet u radu navedenih zrakoplova 5140 kilometara što je otprilike udaljenost relacije London (Ujedinjeno Kraljevstvo) – Lagos (Nigerija). Međutim, najveći dolet ima Lockheed L1011 Tristar s 9900 kilometara što je ekvivalent relaciji Zagreb – Singapur.

Najveći operateri u svijetu su FedEx, UPS, DHL te Atlas Air koji zajedno posjeduju od preko 1200 teretnih zrakoplova svih tipova i doleta. Trendovi se kreću oko nabave električnih zrakoplova te zrakoplova s mogućnošću vertikalnoga uzlijetanja i slijetanja.



## LITERATURA

1. Grčka mitologija – Dedal i Ikar. Preuzeto s: <https://sites.google.com/site/grckamitologijaznanje/important-documents/dedal-i-ikar> [Pristupljeno 1.studenog 2021.]
2. Leonardo da Vinci – Flying machine. Preuzeto s: <https://www.leonardodavinci.net/flyingmachine.jsp> [Pristupljeno 1.studenog 2021.]
3. Radačić Ž, Suić I, Škurla Babić R. Tehnologija zračnog prometa I. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2008.
4. On Verticality – Jean-Marie Le Bris’ Artificial Albatros. Preuzeto s: <https://www.onverticality.com/blog/jean-marie-le-bris-artificial-albatross> [Pristupljeno 1.studenog 2021.]
5. History – Wright Brothers. Preuzeto s: <https://www.history.com/topics/inventions/wright-brothers> [Pristupljeno 1.studenog 2021.]
6. Money – Wisdom From the Wright Brothers: 5 Secrets to Success. Preuzeto s: <https://money.com/wright-brothers-success-advice/> [Pristupljeno 1.studenog 2021.]
7. Erenow – THE SUBJUGATION OF THE SIXTH ARMY. Preuzeto s: <https://erenow.net/ww/stalingrad/21.php> [Pristupljeno 1.studenog 2021.]
8. Smithsonian – Air Transport Command and the Airlines During World War II. Preuzeto s: <https://airandspace.si.edu/stories/editorial/air-transport-command-and-airlines-during-world-war-ii-1> [Pristupljeno 1.studenog 2021.]
9. Pippaettore – Horrific WWII Statistics. Preuzeto s: [http://pippaettore.com/Horrific\\_WWII\\_Statistics.html](http://pippaettore.com/Horrific_WWII_Statistics.html) [Pristupljeno 1.studenog 2021.]
10. Hemisphere – Flying High- The Growth of the Air Freight Industry. Preuzeto s: <https://www.hemisphere-freight.com/growth-of-the-air-freight-industry/> [Pristupljeno 3.studenog 2021.]
11. FedEx – FedEx Express Introduces New Feeder Aircraft. Preuzeto s: <https://newsroom.fedex.com/newsroom/fedex-express-introduces-new-feeder-aircraft/> [Pristupljeno 4.studenog 2021.]
12. Lufthansa Technik- Making ideas fly. Preuzeto s: <https://www.lufthansa-technik.com/aircraft-modifications> [Pristupljeno 5.studenog 2021.]
13. Simple Flying – How Passenger Aircraft Differ From Freighters. Preuzeto s: <https://simpleflying.com/passenger-vs-freighter-aircraft/> [Pristupljeno 5.studenog 2021.]

14. Antonov Airlines – No other name carries more weight. Preuzeto s: <https://www.antonov.com/en/file/V5hQc2hGrJGRs?inline=1> [Pristupljeno 5.studenog 2021.]
15. NASA – Shuttle Carrier Aircraft. Preuzeto s: [https://www.nasa.gov/centers/dryden/pdf/355514main\\_FS-013-DFRC.pdf](https://www.nasa.gov/centers/dryden/pdf/355514main_FS-013-DFRC.pdf) [Pristupljeno 5.studenog 2021.]
16. Wikipedia – Beechcraft 1900. Preuzeto s: [https://sl.wikipedia.org/wiki/Beechcraft\\_1900](https://sl.wikipedia.org/wiki/Beechcraft_1900) [Pristupljeno 5.studenog 2021.]
17. Aircraft Performance Database – B190. Preuzeto s: <https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/details.aspx?ICAO=B190&> [Pristupljeno 25.kolovoza 2022.]
18. Air Charter Service – Boeing B737-400F Preuzeto s: [https://www.aircharterservice.cd/aircraft-guide/cargo/boeing-usa/boeing-b737-400f\\_](https://www.aircharterservice.cd/aircraft-guide/cargo/boeing-usa/boeing-b737-400f_)[Pristupljeno 5.studenog 2021.]
19. Air Charter Service – Boeing B737-400F. Preuzeto s: <https://www.aircharterservice.cd/aircraft-guide/cargo/boeing-usa/boeing-b737-400f> [Pristupljeno 25.kolovoza 2022.]
20. Rikoooo – Panel za pakete Lockheed L-1011 Tristar 500 FSX & P3D Preuzeto s: [https://www.rikoooo.com/hr/downloads/viewdownload/107/728\\_](https://www.rikoooo.com/hr/downloads/viewdownload/107/728_)[Pristupljeno 5.studenog 2021.]
21. ResearchGate – Lockheed L1011. Preuzeto s: [https://www.researchgate.net/figure/A-cutaway-of-a-Lockheed-L1011-aircraft-modified-to-use-liquid-hydrogen-fuel\\_fig5\\_26520570](https://www.researchgate.net/figure/A-cutaway-of-a-Lockheed-L1011-aircraft-modified-to-use-liquid-hydrogen-fuel_fig5_26520570) [Pristupljeno 25.kolovoza 2022.]
22. Air Cargo News – Atlas Air parks up B747Fs as market conditions take their toll. Pruezeto s: <https://www.aircargonews.net/airlines/freighter-operator/atlas-air-parks-up-b747fs-as-market-conditions-take-their-toll/> [Pristupljeno 5.studenog 2021.]
23. Skybrary – Boeing 747-8. Preuezeto s: <https://skybrary.aero/aircraft/b748> [Pristupljeno 25.kolovoza 2022.]
24. Wikipedia – Airbus Beluga. Pruezeto s: [https://en.wikipedia.org/wiki/Airbus\\_Beluga](https://en.wikipedia.org/wiki/Airbus_Beluga) [Pristupljeno 5.studenog 2021.]
25. The Blueprints.com – Airbus A300-600T Beluga. Preuzeto s: [https://www.the-blueprints.com/blueprints/modernplanes/airbus/73372/view/airbus\\_a300-600st\\_beluga/](https://www.the-blueprints.com/blueprints/modernplanes/airbus/73372/view/airbus_a300-600st_beluga/) [Pristupljeno 25.kolovoza 2022.]
26. Popular Mechanics – Extreme Machines: Antonov An-225 is the World’s Heaviest Plane. Preuzeto s: <https://www.popularmechanics.com/flight/a2951/1280771/> [Pristupljeno 5.studenog 2021.]
27. AeroFred.com – Antonov An 225 mriya cossack Preuzeto s: [https://aerofred.com/details.php?image\\_id=84215](https://aerofred.com/details.php?image_id=84215) [Pristupljeno 25.kolovoza 2022.]

28. Menkor Aviation – Charter a Cargo Aircraft for Air Freight Transport. Preuzeto s: <https://www.menkoraviation.com/en/charter-air-freight-cargo/> [Pristupljeno 4.studenog 2021.]
29. IATA.org – What is Aircraft ULD in Air Transport? Preuzeto s: <https://www.iata.org/en/publications/newsletters/iata-knowledge-hub/what-is-aircraft-uld-in-air-transport/> [Pristupljeno 2.kolovoza 2023.]
30. Majić S. Elementi tehnološkog procesa prihvata i otpreme kargo zrakoplova. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2021. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:676224> [Pristupljeno 6.studenog 2021.]
31. Dreamstime – Air cargo container with metal pallet. Preuzeto s: <https://www.dreamstime.com/stock-illustration-air-cargo-container-metal-pallet-white-background-d-illustration-image76891120> [Pristupljeno 6.studenog 2021.]
32. Searates.com. - ULD Container types. Preuzeto s: <https://www.searates.com/reference/uld/twin> [Pristupljeno 6.studenog 2021.]
33. Aircargo News – Cargo pallets go on a diet. Preuzeto s: <https://www.aircargonews.net/business/cargo-pallets-go-on-a-diet/> [Pristupljeno 6.studenog 2021.]
34. SFGATE – Airline ramp workes are busier than ever. Preuzeto s: <https://www.sfgate.com/travel/article/Airline-ramp-workers-15516865.php> [Pristupljeno 6.studenog 2021.]
35. Airbus – Orders and Deliveries. Preuzeto s: <https://www.airbus.com/aircraft/market/orders-deliveries/> [Pristupljeno: 6.studenog 2021.]
36. TOC Logistics International – The current state of air freight. Preuzeto s: <https://www.toclogistics.com/the-current-state-of-air-freight/> [Pristupljeno: 6.studenog 2021.]
37. Statista – Worldwide air freight traffic from 2004 to 2022. Preuzeto s: <https://www.statista.com/statistics/564668/worldwide-air-cargo-traffic/> [Pristupljeno: 7.studenog 2021.]
38. Aerotime HUB – What are the largest cargo airlines?. Preuzeto s: <https://www.aerotime.aero/28809-what-are-the-largest-cargo-airlines> [Pristupljeno: 6.studenog 2021.]

## POPIS SLIKA

<b>Slika 1.</b> Nacrt jedrilice Leonarda da Vincija .....	3
<b>Slika 2.</b> Braća Wright i njihov zrakoplov .....	4
<b>Slika 3.</b> Primjer jednomotornog- turboprop zrakoplova kratkog dometa tvrtke FedEx.....	9
<b>Slika 4.</b> Primjer specifičnih tovarnih vrata Airbus Beluge.....	10
<b>Slika 5.</b> Beechcraft King Air 1900 .....	11
<b>Slika 6.</b> Grafički prikaz zrakoplova Beechcraft King Air 1900 .....	12
<b>Slika 7.</b> Boeing B737-400F .....	13
<b>Slika 8.</b> Grafički prikaz trupa zrakoplova Boeing B737-400F.....	14
<b>Slika 9.</b> Lockheed L1011 Tristar .....	15
<b>Slika 10.</b> Grafički prikaz trupa zrakoplova Lockheed L1011 Tristar.....	16
<b>Slika 11.</b> Boeing B747-8F .....	17
<b>Slika 12.</b> Grafički prikaz zrakoplova Boeing B747-8F .....	17
<b>Slika 13.</b> Airbus A300-600T Beluga.....	18
<b>Slika 14.</b> Grafički prikaz zrakoplova Airbus A300-600T Beluga.....	19
<b>Slika 15.</b> Antonov AN-225.....	19
<b>Slika 16.</b> Grafički prikaz zrakoplova Antonov AN-225.....	20
<b>Slika 17.</b> Primjer zrakoplovnog kontejnera .....	24
<b>Slika 18.</b> Primjer zrakoplovne palete.....	26
<b>Slika 19.</b> Primjer rampe za horizontalni ukrcaj tereta .....	30

## POPIS TABLICA

<b>Tablica 1.</b> Tablica 20 najproizvedenijih zrakoplova 2. svjetskog rata s navedenom državom podrijetla, namjenom te brojem izrađenih jedinica.....	5
<b>Tablica 2.</b> Tablica usporedbe tehničko eksploatacijskih pokazatelja zrakoplova.....	21
<b>Tablica 3.</b> Popis kontejnera za zračni transport .....	25
<b>Tablica 4.</b> Popis paleta za zračni transport.....	26

## POPIS GRAFIKONA

<b>Grafikon 1.</b> Graf maksimalnog doleta u kilometrima.....	22
<b>Grafikon 2.</b> Graf pojedinačne nosivosti transportnih jedinica za zračni prijevoz .....	27
<b>Grafikon 3.</b> Graf pojedinačne tare transportnih jedinica za zračni prijevoz.....	28
<b>Grafikon 4.</b> Graf pojedinačnog maksimalnog volumena tereta transportnih jedinica za zračni prijevoz .....	28
<b>Grafikon 5.</b> Prikaz prevezenih količina tereta u svijetu od 2004. do 2021.....	31

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI


Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_Završni  
rad\_\_\_\_\_

*(vrsta rada)*

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom \_\_\_\_\_ Eksploatacijsko tehničke značajke aviona u teretnom prometu\_\_\_\_, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

  
\_\_\_\_\_  
Otto Reberski  
(ime i prezime, potpis)

U Zagrebu, \_23. 8. 2022.\_