

Tehničko eksploatacijske značajke brodova u javnom pomorskom teretnom prometu - stanje i trendovi razvitka

Kukavica, Filip

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:500136>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-30**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Filip Kukavica

**TEHNIČKO – EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE
BRODOVA U POMORSKOM TEREETNOM PROMETU**

Završni rad

Zagreb, 2018.

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

Zagreb, 21. ožujka 2018.

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

ZAVRŠNI ZADATAK br. 4464

Pristupnik: **Filip Kukavica (0135240939)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Tehničko eksploatacijske značajke brodova u javnom pomorskom teretnom prometu - stanje i trendovi razvitka**

Opis zadatka:

Uvodno konstatirati: problem i predmet rada, svrhu cilj i doprinos istraživanja, metodologiju rada, opisati dosadašnja istraživanja povezana s temom te strukturu rada. Definirati brodove i njihovu podjelu. Pojmovno odrediti temeljne tehničko eksploatacijsko značajke brodova u pomorskom teretnom prometu. Analizirati strukturu brodova prema vrsti transportnog supstrata kojemu su namijenjeni i navesti njihove bitne tehničko eksploatacijske značajke. U analizi koristiti tablične i grafičke prikaze te iste komentirati prema rezultatima predmetnog istraživanja. Posebno izučavati stanje te ukazati na trendove razvitka tehničko eksploatacijskih značajki brodova prema vrsti transportnog supstrata. U zaključku navesti glavne spoznaje do kojih se došlo tijekom provedenog istraživanja.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

izv. prof. dr. sc. Marijan Rajsman

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSIT

Filip Kukavica

TEHNIČKO – EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE
BRODOVA U POMORSKOM TERETNOM PROMETU

TECHNICAL – EXPLOITATION FEATURES OF SHIPS
IN MARITIME FREIGHT TRANSPORT

Završni rad

Zagreb, 2018.

SAŽETAK:

Tehničko eksploatacijske značajke prijevoznih sredstava bitna su značajka u odabiru vozila u javnom teretnom prometu. Tehničke značajke brodova već su u postupku njegove izgradnje unaprijed određene njegovom namjenom i prema toj namjeni pojedinim vrstama transportnih usluga u javnom pomorskom teretnom prometu. Eksploatacijske značajke pomorskih prijevoznih sredstava su tehničke značajke brodova povezane s procesom proizvodnje transportne usluge u pomorskom prometnom sustavu. Prijevoz tereta morem danas je neizostavni dio svakodnevnog života te bi on bio nemoguć bez brodova koji prevoze teret sa jedne lokacije na drugu. Brodovi u pomorskom teretnom prometu moraju udovoljavat raznim potrebama transporta, a najčešće se odnosi na vrstu supstrata koji prevoze. U radu su prikazane vrste brodova s obzirom na vrstu supstrata koji prevoze; podjela njihovih tehničkih značajki prema kojemu je brod proizveden te je prikazana povezanost tehničkih i eksploatacijskih značajki i njihova analiza.

KLJUČNE RIJEČI: Tehničko eksploatacijske značajke, prijevozna sredstva, brodovi, javni pomorski teretni promet

SUMMARY:

Technical exploitation features of transport means are essential feature in choosing a vehicle in a public cargo traffic. The technical features of the ships are already predetermined in the process of its construction with its purpose and according to the purpose of certain types of transport services in public maritime freight transport. Exploitation features of maritime transport are the technical features of the ships associated with the production process of the transportation services in maritime transport system. Maritime freight transport today is an indispensable part of everyday life and it would have been impossible without ships carrying cargo from one location to another. Ships in maritime freight transport must comply various transport needs and most often refer to the type of substrate they transport. This paper presents the types of ships with regard to the type of substrate they transport; the division of their technical features according to which the ship was manufactured and the connection of technical and exploitation features and their analysis.

KEY WORDS: Technical exploitation features, means of transport, ships, public maritime freight traffic

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. DEFINICIJA I ZNAČENJE BRODOVA	2
2.1. Podjela brodova prema namjeni	2
2.2. Podjela brodova prema području plovidbe.....	5
2.3. Podjela brodova prema materijalu građe trupa broda	6
2.4. Podjela brodova prema vrsti pogona	6
2.5. Podjela brodova s obzirom na vrstu transportnog supstrata.....	7
3. POJAM I ZNAČENJE TEHNIČKO EKSPLOATACIJSKIH ZNAČAJKI BRODOVA	8
3.1. Tehničko - eksploatacijske značajke brodova.....	8
3.1.1. Diesel motor	8
3.1.2. Plinska turbina.....	10
3.1.3. Električni pogon	12
3.1.4. Dimenzije broda	13
3.1.5. Glavni dijelovi broda.....	17
3.2. Eksploatacijske značajke brodova u pomorskom teretnom prijevozu.....	18
3.2.1. Vlastita masa broda	19
3.2.2. Deplasman.....	19
3.2.3. Istisnina	20
3.2.4. Nosivost.....	20
3.2.5. Prostornost.....	21
4. Analiza tehničko eksploatacijskih značajki brodova u pomorskom teretnom prometu.....	22
4.1. Brodovi za prijevoz generalnog tereta.....	23
4.2. Brodovi za kombinirani teret.....	24
4.3. RO – RO BRODOVI.....	25
4.3.1. Konstrukcijske značajke RO – RO brodova	25
4.3.2. Rampe za ukrcaj tereta	26
4.3.3. Vrste RO – RO brodova	27
4.3.3. Ukrcaj i učvršćivanje tereta.....	29
4.4. Brodovi za rasuti teret	30
4.4.1. Konstrukcijske značajke.....	30
4.4.2. Postupci utovara i iskrcaja tereta.....	31
4.4.3. Podjela brodova za rasuti teret	32
4.5. Kontejnerski brodovi.....	33

4.5.1. Konstrukcijske značajke kontejnerskih brodova.....	33
4.5.2. Vrste kontejnerskih brodova prema namjeni	35
4.5.3. Razvitak kontejnerskih brodova.....	36
4.6. Tankeri	38
4.6.1. Konstrukcijske značajke tankera.....	38
4.6.2. Podjela tankera	39
4.6.3. Tankeri za prijevoz ukapljenog plina	42
4.6.4. Brodovi za prijevoz kemikalija	44
4.6.5. Brodovi za prijevoz sirove nafte i naftnih derivata	45
4.6.7. Usporedba teretnih brodova prema tehničko – eksploatacijskim značajkama.....	46
5. Zaključak.....	49
LITERATURA.....	50

1. UVOD

Znamo da 71% zemljine površine zauzimaju mora i oceani, a to zahtjeva povećani prijevoz ljudi i tereta pomorskim prijevozom. Napredak svjetske tehnologije u mnogim područjima zahtjeva napredak tehnologije pomorskog prijevoza i povećanje svjetske flote.

Danas je tržište zahvatila velika konkurencija u kojoj se različiti proizvođači brodova i brodske tehnologije natječu kako bi njihovi krajnji proizvodi bili što izdržljiviji, kvalitetniji i cijenom primamljiviji kupcima.

Kad analiziramo da brodari tjeraju brodove i posadu do krajnih granica, potrebno je analizirati i proučavati nove tehnologije kako bi svi ostali u igri na tržištu.

U ovome radu biti će prikazane neke od tehnologija kao i njihov napredak kroz povijest. Svaki tip broda ovisi za koji je transportni supstrat namijenjen zahtjeva određenu vrstu tehnologije.

Naslov seminarskog rada je Tehničko eksploatacijske značajke brodova u javnom pomorskom teretnom prijevozu te je rad podijeljen u 5 tematskih cjelina:

1. Uvod
2. Definicija i značenje brodova
3. Pojam i značenje tehničko eksploatacijskih značajki brodova
4. Analiza tehničko eksploatacijskih značajki brodova u pomorskom teretnom prometu
5. Zaključak

U drugom poglavlju definirat će se značenje broda, prikazat će se različite podjele brodova s obzirom na stajalište sa kojeg je gledano.

U trećem poglavlju definirat će se tehničko eksploatacijske značajke brodova.

U četvrtom poglavlju analizirat će se tehničke eksploatacijske značajke brodova prema vrsti transportnog supstrata.

Na kraju je dat zaključak.

2. DEFINICIJA I ZNAČENJE BRODOVA

Brod je plovno sredstvo koje služi za obavljanje djelatnosti na moru, jezeru, rijeci ili kanalu, a to mogu biti prijevoz putnika i robe, različiti radovi i poslovi, iskorištavanje morskih izvora i zaliha te ratne operacije.

Brod se smatra kao veći plovni objekt, dok se pod manje plovne objekte ubrajaju brodice i čamci. Za razliku od splava, brod, kao i čamac, ima koritast oblik koji mu daje uzgon potreban kako bi plutao na vodi. [1]

U smislu hrvatskih zakonskih propisa, pomor. brod trg. mornarice definira se kao plovni objekt kojemu je duljina 12 m ili veća i bruto tonaža 15 ili veća, ili je ovlašteno prevoziti više od 12 putnika.

Teretni brodovi služe za prijevoz tereta čime moraju udovoljiti različitim zahtjevima tržišta što na kraju odlučuju sami proizvođači brodova.

2.1. Podjela brodova prema namjeni

Brodovi se mogu podijeliti prema svojoj namjeni na:

1. TRGOVAČKI BRODOVI - namijenjeni za prijevoz robe i putnika (slika 6.):

- teretni - namijenjeni za prijevoz suhog, tekućeg ili specijalnog tereta;
- putnički - namijenjeni za prijevoz putnika, a mogu biti:
 - izletnički
 - linijski
- putničko-teretni - namijenjeni za prijevoz putnika i tereta [2]



Slika 1. Sabrina I - brod za rasuti teret

Izvor: http://www.wikiwand.com/hr/Trgova%C4%8Dki_brod (1.9.2018.)

2. RATNI BRODOVI - namijenjeni pomorskom ratovanju i pomorskim vojnim operacijama (slika 7.):

- Borbeni ratni brodovi:
 - krstarice
 - razarači
 - podmornice
 - minopolagači
 - minolovci
 - nosači zrakoplova
 - patrolni brodovi
 - desantni brodovi itd.

- Pomoćni ratni brodovi:
 - matični brodovi
 - brodovi-skladišta
 - tankeri
 - brodovi-radionice

- tegljači
- školski brodovi itd.



Slika 2. USS Harry S Truman - nosač zrakoplova

Izvor: <https://direktno.hr/domovina/americki-nosac-zrakoplova-uss-harry-s-truman-stize-u-split-31926/>

3. SPECIJALNI BRODOVI - za obavljanje specijalnih poslova i zadataka (slika 8.):

- ribarski brodovi
- tegljači
- ledolomci
- trajekti
- brodovi za polaganje kabela
- brodovi za polaganje plutača i opskrbu svjetionika
- istraživački brodovi
- brodovi-bageri
- jahte itd. [2]



Slika 3. Ledolamac "Jamal"

Izvor: https://hr.rbth.com/science/2014/01/23/ruski_osvajaci_sjevernog_pola_25001

2.2. Podjela brodova prema području plovidbe

Prema području plovidbe:

1. Pomorski brodovi - za plovidbu morem:
 - brodovi male obalne plovidbe
 - brodovi velike obalne plovidbe
 - brodovi duge plovidbe.

2. Brodovi unutarnje plovidbe - za plovidbu unutarnjim vodama:
 - riječni
 - jezerski
 - kanalski.

3. Riječno-pomorski brodovi - sposobni za plovidbu po moru i unutarnjim vodama:
 - pretežno pomorski
 - pretežno riječni [2]

2.3. Podjela brodova prema materijalu građe trupa broda

Prema materijalu od kojeg se izrađuje trup broda:

- drveni brodovi
- čelični brodovi
- kompozitni brodovi
- betonski brodovi
- brodovi od aluminijskih legura
- brodovi od plastičnih masa.

2.4. Podjela brodova prema vrsti pogona

Prema vrsti pogona dijele se na:

1. Jedrenjaci - korištenje snage vjetra preko jedara
2. Parobrodi - pogonski stroj koristi energiju pare:
 - brodovi sa stapnim parnim strojevima
 - brodovi s parnim turbinama
 - brodovi s parnim turbinama i električnim prijenosnicima snage.
3. Motorni brodovi:
 - brodovi sa Dieselovim motorima
 - brodovi sa plinskim turbinama
 - brodovi sa Dieselovim motorima i električnim prijenosnicima snage
4. Brodovi s električnim pogonom (slika 9.) - pogon elektromotorima koji se napajaju električnom energijom iz akumulatora. Primjenjuju se na podmornicama i čamcima za plovidbu zaštićenim vodama. [1]



Slika 4. Jahta na električni pogon

Izvor: <https://slobodnadalmacija.hr/scena/mozaik/clanak/id/94186/vozili-smo-jahtu--na-struju> (2.9.2018)

2.5. Podjela brodova s obzirom na vrstu transportnog supstrata

Podjela brodova prema vrsti transportnog supstrata:

1. TANKERI

- Tankeri za prijevoz ukapljenih plinova
- Brodovi za prijevoz kemikalija
- Brodovi za prijevoz sirove nafte i naftnih derivata

2. BRODOVI ZA PRIJEVOZA RASUTIH TERETA

3. BRODOVI ZA PRIJEVOZ KONTEJNERA

4. RO-RO BRODOVI

5. BRODOVI ZA GENERALNI TERET

6. BRDODVI ZA KOMBINIRANI TERET

3. POJAM I ZNAČENJE TEHNIČKO EKSPLOATACIJSKIH ZNAČAJKI BRODOVA

Kako bi definirali eksploatacijske značajke brodova moramo definirati brodove kao pomorska prijevozna sredstva. Brod se smatra kao veći plovni objekt koji služi za obavljanje djelatnosti na moru, jezeru, rijeci ili kanalu, a to mogu biti prijevoz putnika i robe. Danas je prometna potražnja sve veća time eksploatacijske značajke brodova moraju biti u konstantnom napretku. Tehničko eksploatacijske značajke brodova važna su značajka u odabiru brodova s obzirom na njihovu namjenu.

3.1. Tehničko - eksploatacijske značajke brodova

Tehničko eksploatacijske značajke brodova veoma su važan čimbenik pri odabiru pomorskog prijevoznog sredstva. U slučaju pomorskog teretnog prometa u tehničke značajke brodova podrazumijevaju se vrste pogona brodova, dimenzije brodova te dijelovi brodova. Pod vrstom pogona smatra se vrsta motora s obzirom na pogonsko gorivo. Dimenzije broda dijele se na visinu, širinu i duljinu broda.

3.1.1. Diesel motor

Dizelski motor je motor s unutrašnjim sagorijevanjem. Kao pogonsko gorivo koristi dizel i radi prema Dieselovim ciklusom. Izumio ga je 1892. godine njemački inženjer Rudolf Diesel po kojem je i dobio naziv.

Dizelski motor je karakterističan po tome što nema svjećice niti karburatora, a u cilindru se komprimira čist zrak, koji usljed visokog stupnja kompresije postiže tako visoku temperaturu i pritisak da nakon ubrizgavanja goriva u cilindar motora dolazi do njegovog samozapaljenja. Pritisak i temperature u cilindru su veći nego kod benzinskih motora, kao i stepen iskorištenja motora. Sporohodni dizel motori koji se koriste na brodovima, mogu imati stupanj iskorištenja i do 50% veći. [3]

Po većini svojih sastavnih dijelova Dieselov motor je istovjetan benzinskom motoru. Oba motora imaju klip, košuljicu, glavu, i sustav prijenosa gibanja iz ravno crtnog u kružni. Obje vrste motora mogu biti izvedene kao dvotaktni i kao četverotaktni motor. Jedina prava razlika

je kod sustava goriva i njegovog paljenja, koji se potpuno razlikuju kod ova dva tipa motora. Kod benzinskog motora, smjesa goriva i zraka se stvara izvan cilindra i tijekom usisa se smjesa ubacuje u cilindar i komprimira. Paljenje komprimirane smjese se vrši svjećicom. Dieslov motor usisava samo zrak, a kako ima veći stupanj kompresije, tlači zrak na veću temperaturu (700 do 900 stupnjeva C) i na veći tlak. Gorivo se pri kraju kompresije ubacuje u cilindar, uz pomoć sisaljke koja postiže veliki tlak (visokotlačna sisaljka) i uređaja koji gorivo raspršuje na sitne kapljice (rasprskrač). Sitne kapljice goriva se uslijed visoke temperature okoline samozapaljuju i tako proizvode energiju unutar cilindra. Osnovne razlike između Ottova i Dieselova procesa su u krajnjem tlaku kompresije koji je znatno veći kod Dieselova procesa, a time i u temperaturi na kraju kompresije. Također, vrijeme izgaranja kod Ottova procesa je kraće, jer je smjesa već napravljena izvan cilindra, te se ne troši vrijeme na stvaranje smjese, a i samo gorivo se razlikuje po sastavu, te gorivo za Otto motore lakše izgara od goriva za Diesel motore.

Proces koji je naveden u gornjem poglavlju ne odgovara u potpunosti onome što se zbiva u cilindru, mnogo bliži pravom opisu je Sabatheov proces koji je prikazan na slici 10.

Sabathe proces možemo opisati:

1-1' : klip se giba ka GMT, tjerajući zaostale ispušne plinove van iz cilindra

1'-1 : klip se giba od GMT ka DMT, stvarajući podtlak u cilindru, koji omogućava usisavanje zraka u cilindar

1-2 : adijabatska kompresija zraka u cilindru koja traje sve do GMT

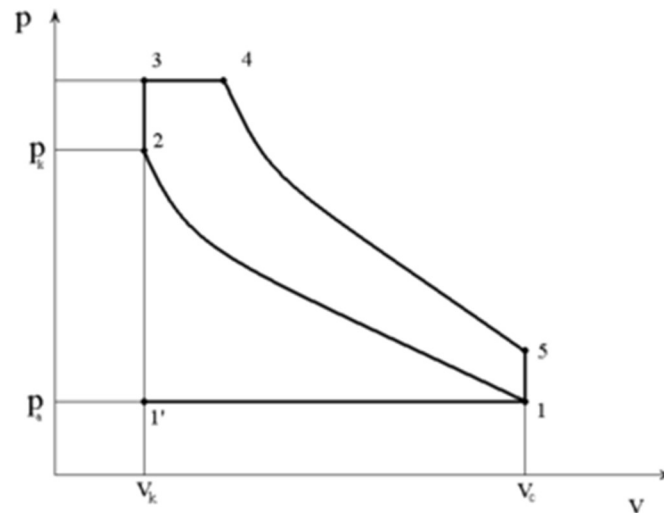
2 : ubrizgavanje goriva u cilindar

2-3 : izgaranje dijela goriva u cilindru po izohori, tj. trenutno

3-4 : izgaranje drugog dijela goriva u cilindru po izobari, klip se giba ka DMT

4-5 : adijabatska ekspanzija plinova u cilindru

5-1 : ispuh pri izohori [3]



Slika 5. Sabatheov proces

Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Dieselov_motor (2.9.2018)

Postoji više podjela dizelskih motora a najvažnije su podjele prema veličini i broju radnih taktova.

Prema veličini dizelski motori se dijele na:

- male – do 188 kW izlazne snage
- srednje
- velike.

Prema broju radnih taktova imamo:

- dvotaktne
- četverotaktne. [3]

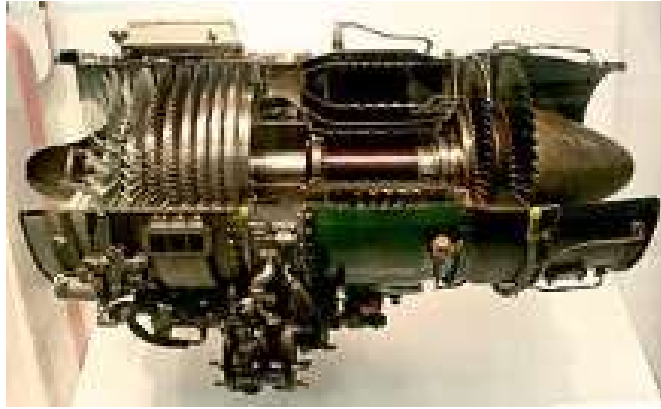
3.1.2. Plinska turbina

Plinska turbina je energetski stroj koji pretvara energiju plinova povišenoga tlaka i temperature u koristan mehanički rad (turbina). Najčešće se sastoji od strujnoga kompresora (turbokompresora) koji dobavlja zrak u turbinu, komore izgaranja u kojoj izgaranjem tekućeg ili plinovitoga goriva nastaju plinovi izgaranja povišenoga tlaka i temperature, te turbine nalik parnoj turbini, u kojoj se kinetička energija strujanja plinova pretvara u koristan rad vrtnje

vratila. Zrak se, prije no što se uvede u komoru izgaranja, stlači u aksijalnom ili centrifugalnom turbokompresoru, obično smještenom na istom vratilu kao i turbina koja ga ujedno pokreće (jednoosovinska izvedba). Turbina može imati više stupnjeva, od kojih nekoliko pokreće kompresor, a ostali pokreću radno vratilo stroja. Kod kompresora koji zahtijevaju značajnu snagu (više od $2/3$ snage turbine) između pojedinih se grupa stupnjeva osigurava međuhlađenje zraka. Za poboljšanje rada uvodi se i međuižgaranje, kada se turbina najčešće sastoji od dvije grupe turbinskih stupnjeva između kojih se nalazi dodatna komora izgaranja. Kako bi se iskoristio dio topline ispušnih plinova na izlasku iz turbine, plinovi se prethodno uvode u izmjenjivač topline u kojem predgrijavaju zrak što ulazi u komoru izgaranja.

U komoru izgaranja plinske turbine otvorenoga sustava dovodi se atmosferski zrak, a razvijeni plinovi izgaranja ispuštaju se u atmosferu. Taj je sustav jednostavan i ekonomičan, pa se zato najčešće primjenjuje. Kako plinovi nastali izgaranjem goriva preuzimaju ulogu radnoga fluida, izgaranje mora biti potpuno kako se turbina i izmjenjivač topline ne bi zaprljali. Plinska turbina otvorenoga sustava primjenjuje se u turbomlaznim motorima zrakoplova, za pogon brzih ratnih brodova, lokomotiva, električnih generatora i slično. Plinske turbine zatvorenoga sustava manje se koriste. Kod njih je radni fluid vrući zrak koji struji kroz kompresor, zagrijač zraka, turbinu, hladnjak i ponovno prema kompresoru. Zrak se zagrijava prolaskom kroz cijevne snopove zagrijača, koji se griju izgaranjem goriva. Radni fluid nije u dodiru s plinovima izgaranja, pa se mogu koristiti manje kvalitetna i jeftinija goriva, bez opasnosti od prljanja turbine i izmjenjivača topline. Osim toga, prednost je zatvorenoga sustava u tlaku zraka koji se na ulasku u kompresor može održavati višim od atmosferskoga, što pridonosi razmjernomu povećanju cjelokupnoga tlaka u turbini, a time i njezine snage. [4]

Plinska turbina (slika 11.) spada u motore s unutarnjim izgaranjem. Na ulazu se nalazi kompresor, koji povećava tlak ulaznih plinova, dok im smanjuje obujam, komore za izgaranje i turbine, gdje se vrući plin usmjerava preko statorskih lopatica na turbinske lopatice, te ih okreće. U komori za izgaranje ulazi zrak, koji se miješa sa gorivom i zatim pali, čime se unosi energija. U komori za izgaranje, koja ima veliki tlak, izgaranje goriva stvara i velike temperature. Proizvodi izgaranja prisilno ulaze u turbinu, sa velikom brzinom i protokom, gdje se preko mlaznica usmjeruje na lopatice, koje se okreću, a ispušni plinovi izlaze sa smanjenom temperaturom i tlakom. Dobivena energija može se prenijeti preko vratila, komprimiranog zraka ili potiska, ovisno o tome primjenjuje li se za zrakoplove, vlakove, brodove, električne generatore ili čak za tenkove.



Slika 6. Plinska turbina

Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Plinska_turbina (2.9.2018.)

3.1.3. Električni pogon

Električni brod je brod koji se pokreće elektromotorom, koristeći električnu energiju pohranjenu u akumulatoru ili drugim uređajima za pohranu električne energije. Iako veliku većinu brodova pogoni dizel motor, a popularni su još i benzinski motori i pogon na jedra, brodovi na električni pogon ustvari postoje već 120 godina. Električni brodovi su bili vrlo popularni između 1880-ih i 1920-ih, dok se još nije bio dovoljno razvio motor s unutarnjim izgaranjem. A od energetske krize 1970-ih ponovo vraćaju svoju popularnost, pogotovo od unaprijeđenja fotonaponskih čelija. Koristeći solarnu energiju moguće je napraviti brod na motorni pogon sa beskonačnim dometom.[5]

Potrebno je iz nekog izvora dobiti električnu energiju za punjenje baterije:

- Punjač izmjenične struje - omogućava brodu da se puni sa obale kad god je to moguće. Stanice za punjenje električnom energiju podliježu vrlo oštrim ekološkim kontrolama. Kupovanjem „zelene struje“ moguće je pogoniti brod obnovljivom energijom.
- Fotonaponski paneli - se mogu ugraditi u brod na palubu ili krov kabine. Neki takvi paneli su dovoljno fleksibilni da ih se može ugrađivati na zakrivljene površine, ali oni krući su efikasniji po pitanju pretvorbe solarne energije u električnu. Efikasnost panela također drastično opada ako nisu uperene direktno u sunce.
- Generator - koji se tegli mogu koristiti brodovi koji imaju i pogon na jedra. Tada tijekom plovidbe na jedra generator se uroni u vodu i strujanjem vode puni akumulator.

- Vjetroturbine - su česte na jahtama i dobro su primjenjive na električne brodove. Postoje određene sigurnosne mjere koje se moraju zadovoljiti. Mora biti dovoljno veliki brod da turbina ne ugrožava putnike, te brod mora biti dovoljno stabilan da ga nalet vjetra ne prevrne zbog te vjetroturbine. Teoretski dovoljno velika vjetroturbina mogla bi potpuno pogoniti brod.
- Punjenje motorom s unutrašnjim izgaranjem - podrazumijeva punjenje akumulatora zasebnim motorom s unutrašnjim izgaranjem, a sam brod pogone elektromotori.

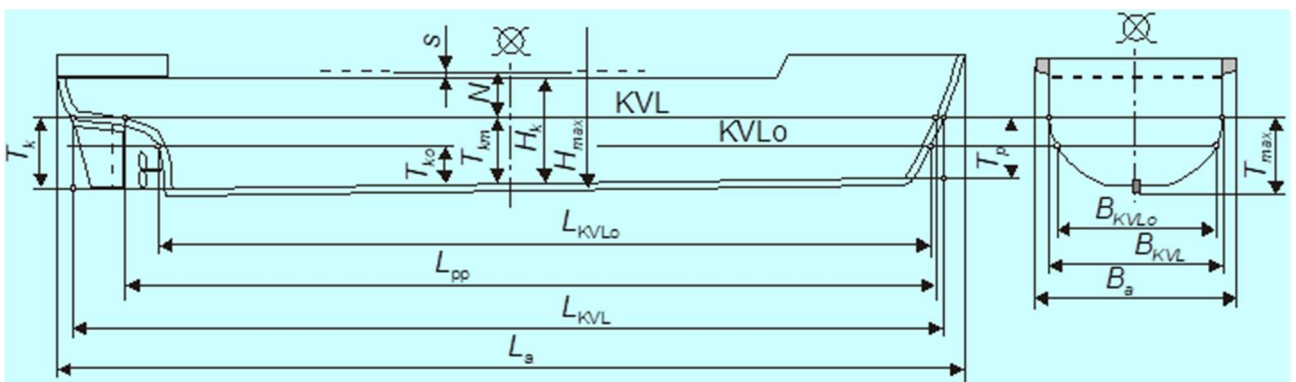
U svakom slučaju potreban je regulator punjenja. On osigurava da se akumulatori optimalno pune i da ne dolazi do pregrijavanja ili prekomjernog punjenja.

Postoji širok raspon elektromotora u upotrebi. Tradicionalni istosmjerni elektromotori sa namotajima prvi su ušli u upotrebu, a koriste se još i danas. Danas mnogi brodovi koriste i istosmjerne motore sa permanentnim magnetima zbog njihove male težine. Prednosti oba motora je što se mogu regulirati elektronički, ali im to i nije poitrebno. Neki brodovi koriste motore na izmjeničnu struju ili motore sa permanentnim magnetima bez četkica. Prednost ovih motora je da ne trebaju komutator za pretvorbu struje u izmjeničnu, ali zato zahtjevaju elektroničku regulaciju i visoki napon za što je potrebna dobra izolacija. [5]

3.1.4. Dimenzije broda

U glavne dimenzije broda ulaze dimenzije duljine, širine i visine broda (slika 12. i slika 13.).

Oznake za dimenzije broda su: dužina (L), širina (B), visina (H), gaz (T) i nadvođe (N).



Slika 7. Glavne dimenzije broda

Izvor: <http://www.joskodvornik.com/konstrukcija/konstrukcija-broda.pdf> (2.9.2018.)

3.1.4.1. Dimenzije duljine broda

Duljina broda L (eng.: length), osnovna linearna dimenzija broda mjerena u uzdužnom smjeru trupa. Kod trgovačkih brodova postoje uglavnom tri duljine:

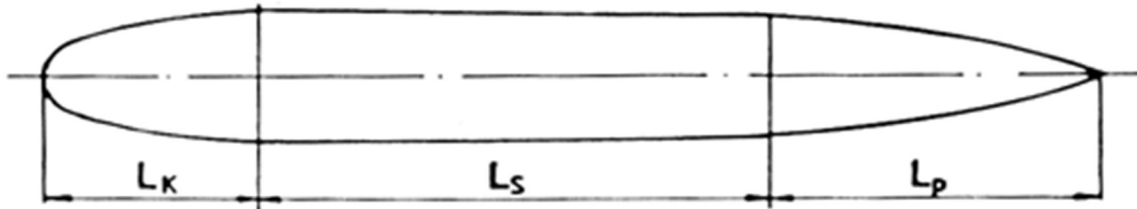
1. Duljina preko svega (Loa) (eng.: length overall) je vodoravni razmak krajnjih točaka broda na pramcu i na krmi, kosnik i kormilo ne uzimaju se u obzir. Ta se duljina uzima u obzir u lukama za privez, prijevodnicama (ustavama), prolazima i dokovima s ograničenim dimenzijama itd. Na slici 12. prikazane su duljine broda.
2. Duljina između okomica - perpendikulara (L_{pp}) je vodoravni razmak između pramčane i krmene okomice (perpendikulara) na konstrukcijskoj vodnoj liniji koje prolaze kroz vanjski rub pramčane i krmene statve. Ako brod nema krmenu statvu tada okomica prolazi kroz osovinu kormila. Ta se duljina upotrebljava za računanje istisnine i za određivanje dimenzija broda prema propisima klasifikacionih društava
3. Duljina konstruktivne vodne linije (L_{KVL}) je vodoravni razmak između krajnjih točaka KVL . Ta je duljina mjerodavna pri proračunu brodske pretege, prodora vode i proračuna nepotonivosti, nadvođa, te kod proračuna otpora broda. [6]

Duljina između okomica (L_{pp}) može biti veća ili manja od duljine konstruktivne vodne linije (L_{KVL}), što ovisi o tipu broda i formi krme, slika 12., prema [19]. Kod čamaca za vesla ove duljine su jednake.

Osim ovih duljina broda koje pomorci upotrebljavaju u svakodnevnoj praksi postoji i druge duljine kao npr.:

- Baždarska duljina (L_{reg}) je vodoravni razmak između unutrašnje strane oplata na pramcu i krmi. Služi za određivanje zapremnine broda.
- Duljina paralelnog srednjaka (L_s) je duljina na kojoj brod ima jednak poprečni presjek. Svi brodovi nemaju tu duljinu, slika 13.
- Duljina pramčanog zaoštrenja (L_p) je udaljenost od pramčanog perpendikulara do početka paralelnog srednjaka, a nema li brod paralelnog srednjaka, onda do glavnog rebra.

- Duljina krmenog zaoštrenja (L_k) je udaljenost od kraja paralelnog srednjaka (ili glavnog rebra ako brod nema paralelnog srednjaka) do presjecišta vodne linije s konturom krme broda.



Slika 8. Prikaz duljine L_k , L_s i L_p

Izvor: www.fsb.hr/geometrija.broda (2.9.2018.)

3.1.4.2. Dimenzije širine broda

Širina broda (B) (eng.:breath) je osnovna linearna dimenzija broda mjerena u horizontalnoj ravni, okomito na uzdužnu os broda (slika 12.).

Širina preko svega (B_a) je najveća širina broda, mjeri se na najširem mjestu broda preko bokoštitnice ili drugih dijelova koji strše preko brodskih bokova. Ta je širina važna za ulazak u luke, dokove, prijevodnice (ustave) i za prolaz između stupova mosta.

Širina konstruktivne vodne linije (BKVL) je najveća širina KVL. Kod većine brodova ona je jednaka širini glavnog rebra i proračunskoj širini.

Baždarska širina (BKVL_o) je najveća unutrašnja širina mjerena između drvene oplata na oba boka broda.

Širina na glavnom rebru (B_{00}) mjeri se na vanjskom rubu glavnog rebra, redovito je jednaka proračunskoj širini broda. Proračunska širina je najveća širina podvodnog dijela trupa mjerena do vanjskog ruba rebra na čeličnim brodovima, a do vanjske strane oplata na drvenim brodovima. Upotrebljava se za proračun koeficijenta glavnog rebra. [6]

3.1.4.3. Dimenzije visine broda

Bočna visina (H_{max}) je okomit razmak između osnovice (gornja strana kobilice) i gornjeg brida sponje najviše neprekinute palube, mjerena na boku broda. Važna je za proračun čvrstoće, nepotonivosti, stabilnosti i za dimenzioniranje elemenata trupa.

Konstruktivna visina (H_k) - visina mjerena od gornjeg ruba kobilice do donjeg ruba oplata mjereno na glavnom rebru broda

Dubina prostora (P_d) se mjeri na različite načine i služi za izmjeru broskog prostora. To je dubina unutrašnjeg prostora u sredini broda od najviše točke dvodna, odnosno pokrova dvodna do gornjeg ruba sponje krovne palube. Dubina prostora daje informaciju časniku prilikom ukrcaja glomaznih tereta. Tada se računa do donjeg ruba sponje ispod koje dolazi teret.

Gaz (T) (eng.: draft) jest mjera za dubinu do koje je brod uronjen u vodu, mjeri se od vodne linije VL do najniže točke tijela broda kobilice kao na slici 12., prema T_{max} , odnosno njegovih izdanaka (kormila, vijaka, kuka). Gaz je vrlo važan za brodove koji plove u lukama, rijekama, jezerima kanalima ograničene dubine. Za oznaku gaza stavljaju se propisani znakovi, zagaznice na vidljivom mjestu broda (pramac, krma i na sredini). Razlikuju se pramčani gaz (T_a), gaz na sredini i krmeni gaz (T_k). Aritmetička sredina između gaza na pramcu i gaza na krmi daje srednji gaz (T_s). Od toga gaza treba razlikovati konstrukcioni gaz koji je vertikalna udaljenost od osnovke, do KVL. Primjenjuje se za proračun istisnine. [6]

Nadvođe (F_b) (eng.: freeboard) je vertikalni razmak mjeran na boku broda na polovicu njegove duljine (L_{pp}), od KVL do gornje strane čeličnog palubnog opločenja, ako se preko čeličnog opločenja nalazi i drvena oplata, onda se nadvođe mjeri do gornje strane te palube.

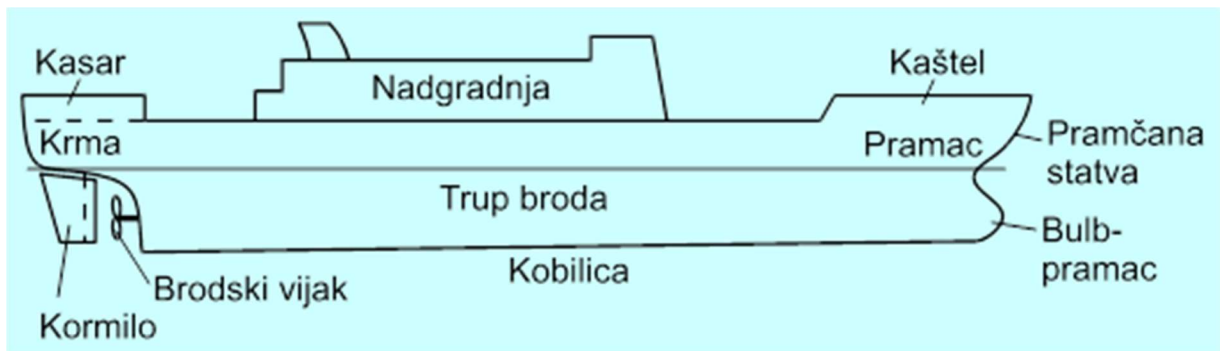
Zakrivljenost ili skok palube je okomit razmak ruba palube na prednjem (sp), odnosno stražnjem (sk) perpendikularu iznad najniže točke palube.

Preluk palube (s) je okomit razmak od sredine sponje do ruba palube, na najširem mjestu palube. Omogućava brže otjecanje vode s brodske palube.

3.1.5. Glavni dijelovi broda

Osnovni dijelovi i sklopovi broda su (slika 14.):

- trup broda (skelet i oplata)
- nadgradnje
- ugradnje
- glavno pogonsko postrojenje
- pomoćni strojevi
- uređaji i instalacije pokretna oprema. [1]



Slika 9. Osnovni dijelovi broda

Izvor: Auditorna predavanja iz kolegija „Prijevozna sredstva“, prof. dr. sc. Marijan Rajsman, 2014./2015. godina

Pramac je prednji dio broda.

Bulb pramac - nalazi se ispod pramca na vodenoj liniji broda a služi za stvaranje manjeg otpora valova koje pri kretanju broda uzrokuju pramac, krma i bulb

Trup broda - čini ga skelet (rešetkasta konstrukcija sastavljena od odgovarajućih nosača i profila što ovisi o vrsti broda) i oplata (oplata je s vanjske i unutarnje strane učvršćena na odgovarajući način u ovisnosti od vrste broda na skelet). Unutrašnjost broskog trupa podijeljena je po visini na palube, a po dužini na poprečne pregrade, a njihova je uloga da podijele brod na potrebne površine, povećaju krutost i čvrstoću broda i u slučaju prodora vode u brod spriječe poplavljanje cijelog broda i njegovo potonuće. [1]

Brodski vijak - sa pogonskim postrojenjem pogoni brod pri kretanju (iza vijka nazire se kormilo broda)

Krma - stražnji dio broda ispod kojeg je smješten pogonski dio broda

Nadgradnja broda - je sve ono što se na brodu nalazi iznad palube. Ako se nadgradnja pruža od jedne do druge bočne strane broda naziva se nadgrađe a ako je uže onda se naziva palubna kućica. U pravilu na najvišem nadgrađu se nalazi brodski komadni most sa komandnim uređajima za upravljanje brodom. Nadgrađe pridonosi povećanju čvrstoće broda.

Ugradnja - svi dijelovi na i u brodu koji ne doprinose povećanju čvrstoće broda (unutarnje obloge, stropovi, podovi, čvrsto ugrađeni namještaj...)

Pogonski dio - svi dijelovi koji omogućavaju brodu kretanje (npr. kod motornog broda tu spada motor, vod vratila i brodski vijak) [1]

Pomoćni uređaji - svi oni uređaji strojevi i instalacije koji za pomoćne djelatnosti strojarnice i palube (agregati za električnu struju, razne pumpe, pogon sidra, kormilarnica, vodovodne, električne instalacije isl.)

Pokretna oprema - navigacijska oprema, sigurnosna oprema, strojarska oprema...

3.2. Eksploatacijske značajke brodova u pomorskom teretnom prijevozu

Eksploatacijske značajke brodova u pomorskom teretnom prometu su:

Tablica 1. Eksploatacijske značajke brodova

VLASTITA MASA BRODA Do (t)
DEPLASMAN Dm (t)
ISTISNINA V (m³)
NOSIVOST Dw (t)
PROSTORNOST (rt/m³)

Izvor: izradio autor

3.2.1. Vlastita masa broda

Vlastita masa broda D_0 [t] - predstavlja masu potpuno opremljenog broda osim: mase goriva, sanitarne, pitke i balastne vode, zaliha namirnica i mase posade s njezinom prtljagom. Za parne brodove u vlastitu masu spada i voda u kotlovima, odnosno generatorima pare. Tako definiranoj masi broda odgovara ravnina najmanjeg gaza broda. [1]

3.2.2. Deplasman

Deplasman D_m [t] je masa potpuno opremljenog i ukrcanog broda do ravnine najvećeg dopuštenog gaza. To je jednako umnošku volumena uronjenog djela broda i specifične težine medija u kojem se nalazi.

$$D = V \cdot \delta$$

D – deplasman broda

V – volumen uronjenog broda

δ – specifična težina medija

Rezervni je deplasman važan i zbog toga što omogućuje da brod do neke granice podnosi oštećenja podvodnog dijela i da primi dodatni teret vode prilikom poplave unutrašnjih prostorija broda.

Deplasman trgovačkih brodova je važan zbog toga što se s pomoću njega vrše razni proračuni, izrađuju nacrti, tablice, dijagrami i sl. Međutim, deplasman nije prikladna mjera za označivanje veličinetrговаčkih brodova jer im se, zbog ukrcavanja ili iskrcavanja teretatežina neprestano mijenja.

Razlikuju se dva deplasmana trgovačkih bro-dova:

- laki deplasman (Light Displacement).
- deplasman potpuno nakrcanog broda, (Loaded Displacement)

Laki deplasman je deplasman potpuno praznog broda, bez goriva, kotlovne i pitke vode, hrane, posade, tereta itd., kojom prilikom brod uroni do lake vodene linije.[7]

Kad se kod trgovačkog broda govori o deplasmanu potpuno nakrcanog broda, misli na brod koji pod teretom uroni sve do oznakenadvođa odnosno do konstrukcijske vodene linije (KVL).

3.2.3. Istisnina

Istisnina V [m³] predstavlja volumen tekućine koju brod istisne svojim podvodnim dijelom pri najvećem gazu.

Koeficijent istisnine δ je omjer volumena istisnine broda i volumena paralelopipeda, čiji su bridovi duljina L_{VL} , širina B_{VL} i gaz broda te vodne linije T_{VL} : $\delta = 0.38 - 0.85$

$$\delta = \frac{V}{L_{VL} * B_{VL} * T_{VL}}$$

gdje je: V - volumen istisnine broda [m³], B_{VL} - širina glavnog rebra [m], T_{VL} - gaz na glavnom rebu [m], L_{VL} - duljina vodne linije [m]. [6]

Što je koeficijent δ veći, to je forma trupa punija, a što je manji, to je trup vitkiji. Prema vrijednosti tog koeficijenta možemo ustanoviti brzinu broda. Ovaj koeficijent daje dobru sliku nosivosti broda. Vrijednost δ varira u velikim granicama, od 0,38 kod jedrenjaka pa do 0,85 kod teretnih brodova.[7]

3.2.4. Nosivost

Nosivost DW [t] je razlika između deplasmana i vlastite mase broda. Razlikuju se korisna nosivost, ukupna nosivost i posredna nosivost.

Korisna nosivost je masa robe i putnika s njihovom prtljagom, odnosno samo ona masa za koju se naplaćuje prijevoz.

Ukupna nosivost (DW - Deadweight, engleski = mrtva težina) je zbroj korisne nosivosti i mase zaliha goriva, hrane, namirnica i mase posade s prtljagom. Posredna je nosivost težina tereta brodskih zaliha. U posrednu nosivost ubraja se, prije svega, masa goriva, slatke vode, hrane, zalihe rezervnih djelova, masa posade, kao i ostale nepoznate težine (Mrtve težine – Constant) na brodu koje proračunavamo “Draft Survey-om”. [7]

3.2.5. Prostornost

Prostornost predstavlja volumen svih zatvorenih brodskih prostora, a izražava se u m³. U pomorstvu se volumen zatvorenih prostora izražava i u registarskim tonama (rt). $1 \text{ rt} = 100 \text{ ft}^3 = 2,83 \text{ m}^3$ (prema anglosaksonskom sustavu jedinica $1 \text{ ft} = 304,8 \text{ mm}$).

Bruto prostornost predstavlja volumen svih zatvorenih brodskih prostora. Prije se izražavala bruto registarskim tonama (brt).

Neto prostornost predstavlja volumen zatvorenih prostora za smještaj robe i putnika. Prije se izražavala u neto registarskim tonama (nrt). [1]

4. Analiza tehničko eksploatacijskih značajki brodova u pomorskom teretnom prometu

Značajke brodskih tehnologija razlikuju se prema namijeni broda, vrsti prijevoznog supstrata i potrebi plovila za uslugom pružanja. Rade se razna inovativna rješenja kako bi prijevoz tereta bio što efikasniji, sigurniji, financijski isplativ te konkurentan na svjetskom tržištu. Promatrati ćemo nekoliko vrsta brodova koji su zastupljeni u većim jedinicama u svijetu. Svaka vrsta broda mora udovoljiti određenim zahtjevima i prema tim zahtjevima se radi projekt idealnog rješenja prema cijeni izgradnje i finalnom proizvodu i njegovoj usluzi.

Vrste brodova koje će se opisati u daljnjem tijeku rada su:

- Tankeri
- Brodovi za prijevoz kontejnera
- Brodovi za prijevoz rasutih tereta
- RO – RO brodovi
- Brodovi za generalni teret
- Brodovi za kombinirani teret

U idućoj tablici 2. prikazat će se zastupljenost prethodno navednih vrsta brodova u svjetskoj floti.

Tablica 2. Udio pojedinih vrsta brodova u svjetskoj pomorskoj teretnoj floti (stanje iz siječnja 2017.)

	APSOLUTNI BROJ	RELATIVNI BROJ
Brodovi za generalni teret	16957	32.49%
Brodovi za rasuti teret	11139	21.34%
Tankeri za sirovu naftu	7244	13.88%
Tankeri za kemikalije	5418	10.38%
Kontejnerski brodovi	5147	9.86%
RO - RO	4428	8.48%
LNG	1850	3.54%
Ukupno	52183	100%

Izvor: <https://www.statista.com/statistics/264024/number-of-merchant-ships-worldwide-by-type/>, izradio i prilagodio autor prema podacima

Brodovi za generalni teret zauzimaju najveći udio u svjetskoj floti no njihova uporaba je u padu pa tako i broj. Brodovi za rasuti i kontejnerski teret su u porastu zbog sve većeg tržišta rasutog tereta i upotrebe kontejnera za prijevoz tereta. kod brodova za tekući rasuti teret, gdje je zabilježen njihov konstantan rast i razvoj. Iako se za tekući rasuti teret koriste i razvijaju naftni tankeri više od 90%, trenutno postoji i vidljiv porast LPG i LNG tankera što potvrđuje važnost tekućih rasutih tereta na pomorskom tržištu Europe, a samim tim i svijeta. Broj ro-ro i višepalubnih brodova smanjio kao očit utjecaj kretanja i specijalizacije pomorskog tržišta.

4.1. Brodovi za prijevoz generalnog tereta

Generalni teret predstavlja bilo koji teret koji se prevozi morem, a danas se takav teret uglavnom prevozi kontejnerima. Brodovi za generalni teret najstarija su vrsta trgovačkih brodova. Generalni teret čine :

- razne vreće rasutog tereta
- kutije, kašete, predmeti u drvenim okvirima
- bale, role i slični predmeti

Nekadašnji brodovi za prijevoz generalnog tereta su imali karakterističan izgled: trup s nadgrađem na sredini broda (kasnije po krmi), ispred i iza nadgrađa nekoliko skladišta s međupalubljem, razne samarice ili dizalice za ukrcaj i iskrcaj tereta i stroj na sredini trupa broda.

Generalni teret nikada ne može idealno popuniti skladišni prostor te ga treba vrlo pažljivo rukovati i pričvršćivati kako ne bi došlo do pomicanja tereta prilikom prijevoza. [8]

U današnje vrijeme udio brodova za generalni teret po dwt unutar ukupne svjetske trgovačke flote iznosi svega 10%, a prisutan je pad – 2002. godine udio spomenutih brodova iznosio 12%.

4.2. Brodovi za kombinirani teret

Brodovi za prijevoz kombiniranog tereta su oni koji mogu istovremeno prevoziti generalni teret i teret koji je npr. paletiziran ili spremljen u kontejnerima. Prvi brodovi koji su prevozili kontejnere su zapravo bili kombinirani brodovi koji su u određenim skladištima imali prostor pripremljen za ukrcaj kontejnera. Takvi brodovi često imaju i ramte, tj. mogućnost ukrcaja tereta i pomoću prikolica ili kamiona. Razlikuju se:

- Djelomični ili polukontejnerski brodovi (partial container ships ili semi-container ships) koji se upotrebljavaju djelomično za prijevoz kontejnera i djelomično za klasični generalni teret.
- RO-RO brodovi s horizontalnim ukrcajem kontejnera s kamionske prikolice ili željezničkog vagona na brod ili s broda na prikolicu odnosno vagon.
- Sistemi LASH, s podvrstama Seabee i BACAT, koji u svojim teglenicama prevoze i kontejnere.
- Konvertibilni kontejnerski brodovi (convertible container ships), u kojima se dio broda ili čitav brod može upotrijebiti za smještaj bilo kontejneriziranog ili konvencionalnog tereta, s uredajima koji omogućuju preuređenje broda od putovanja do putovanja [8]

Izraz kombinirani prijevoz se u pomorstvu koristi i za teret koji se istovremeno prevozi sa dva različita sredstva:

- prijevoz kamionima brodovima
- prijevoz vlakova brodovima i sl.

4.3. RO – RO BRODOVI

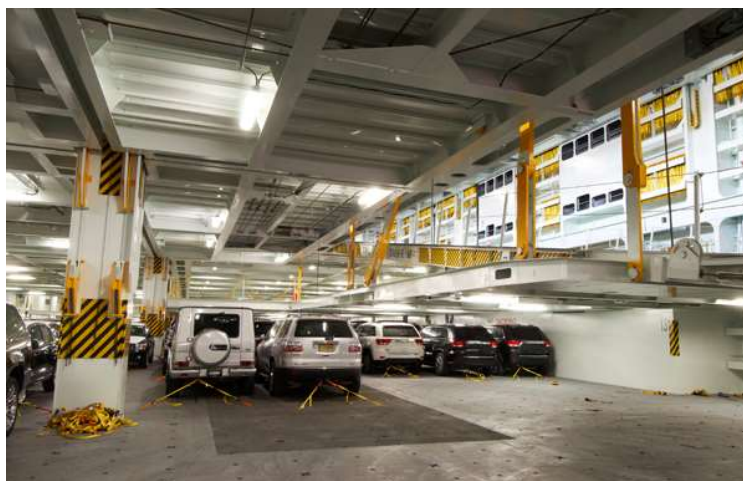
RO-RO brodovi prema svojim karakteristikama se razlikuju od ostalih vrsta brodova, pa autori u literaturi nastoje te karakteristike odrediti točnim definicijama ali im to uvijek ne uspijeva.

RO-RO brodovi su namijenjeni za prijevoz tereta na kotačima, a izraz proizlazi iz engleskog Roll on – Roll off što znači dokotrljaj – otkotrljaj.

4.3.1. Konstrukcijske značajke RO – RO brodova

RO-RO brodovi (slika 10.) su posebno građeni za prijevoz raznovrsnih tereta u kojih je jedinica tereta kamion, automobil, prikolica i sl. Mjere RO-RO brodova i njihov međusobni odnos ovise o vrsti tereta za koje su namijenjeni. Posebno je indikativan odnos dužine i širine RO-RO broda prema odnosu dužine i širine konvencionalnog broda. Kod prvih taj je odnos 5-6,5 : 1, a kod konvencionalnih teretnih brodova kreće se od 7-8 : 1. Ovoliko veća širina odgovara smještaju tereta tj. vozila i prikolica. [9]

Osnovna karakteristika ovih brodova su uređaji koji poput kopnenog mosta povezuju palubu broda na krmi ili na pramcu s obalom s obalom i omogućavaju najrazličitijim vozilima s ili bez tereta pristup brodu. Ovi uređaji se nazivaju brodske rampe. Osim rampi najrazličitijih vrsti, RO-RO brodovi najčešće imaju bočna vrata i otvore na oplati trupa koji također služe za manipulaciju tereta.



Slika 10. Prostor za smještaj tereta RO - RO brodova

Izvor: <https://www.2wglobal.com/news-and-insights/articles/features/MV-Tonsberg-receives-Ship-of-the-Year-Award/> (4.9.2018.)

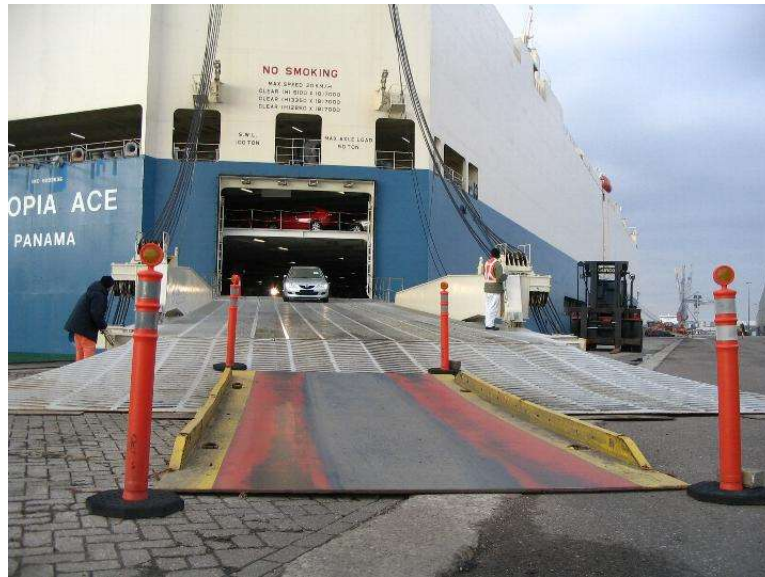
Osim rampi, za RO-RO brodove karakteristična su prostrana skladišta nalik plovećim garažama, koja nisu odijeljena nepropusnim pregradama, već čine cjelinu i omogućuju bolje slaganje i uzdužnu prohodnost vozila. Ugradnjom krmenih i pramčanih rampi na istom brodu, omogućava se istovremeno i iskrcaj i ukrcaj tereta. Palube na RO-RO brodovima su ojačane da bi mogle preuzeti teret koji se ukrcava ili iskrcava. Obično se ugrađuju tri palube od kojih glava ima direktan pristup preko rampe na obalu, a donja i gornja paluba se krcaju uz pomoć liftova ili unutarnjih rampi. Unutarnje rampe ili interne rampe mogu biti fiksne kose ili pomično prilagodljive. Visina među palubama iznosi između 4,5 i 7 [m]. [9]

4.3.2. Rampe za ukrcaj tereta

Brodaska rampa je osnovna oprema za pristup vozila na RO-RO brod u horizontalnom načinu manipulacije. Rampe mogu biti ugrađene na pramcu, na krmi, na pramci i na krmi ili na boku broda. Ugrađivanje rampi na pramcu broda nije bio lak zadatak konstruktorima i graditeljima obzirom na sigurnost i ostalu opremu koja se nalazi na pramčanom dijelu broda (sidra, lanci, lančanici). Međutim zahtjevi za većom širinom rampe radi dvosmjernog prometa vozila, doveli su do ugradnje krmenih rampi.

Osnovna svojstva ugrađene brodske rampe su: širina, nosivost, nagib i dužina.

Prva namjena brodskih rampi bila je za promet vozila samo u jednom pravcu, međutim da bi se ubrzala manipulacija i skratilo vrijeme boravka broda u luci, trebalo je omogućiti dvosmjerni promet. Radi toga je širina rampi povećana od 4 do 7 [m]. Zatim zbog ukrcavanja 20 stopnog kontejnera pomoću viličara širina rampe je povećana na 8 [m], a da bi se mogao koristiti LUF okvir i specijalno vozilo tog sustava, trebalo je osigurati širinu od 12 [m]. Na slici 11. prikazana je krmena rampa.[9]



Slika 11. Primjer krmene rampe RO – RO broda

Izvor: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Furta_\(statek_wodny\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Furta_(statek_wodny)) (4.9.2018.)

Broj vozila s teretom, koja se mogu u istom trenutku naći na rampi ovisi o dužini rampe. Nosivost rampi povećala se od 50 na 120 [t], zatim na 200 [t], da bi danas morem plovili brodovi s ugrađenom rampom nosivosti 450 [t]. Da bi se ukrcaj i iskrcaj vozila obavljao, bez zastoja, nagib rampi u odnosu na obalu ne smije biti veći od 13 do 14 %. Zadnji segment je dužina koja ovisi o stupnju nakrcanosti broda, tj. njegovom gazu i trimu, a na koji se može utjecati uzdužnim razmještajem tereta ili balansiranjem.

Brodске rampe dijele se prema mjestu ugradnje na pramčane, bočne i krmene rampe. Prema kutu kojeg zatvaraju s uzdužnicom broda dijele se na: aksialne rampe, otklonjene i krmene okretne rampe.[9]

4.3.3. Vrste RO – RO brodova

Postoje različita mjerila po kojima se mogu razvrstati RO-RO brodovi. Veoma se često kao kriterij uzima njihova veličina i gaz. Osim toga; RO-RO brodovi se klasicifiraju po namjeni i vrsti tereta za koji su građeni. Međunarodna komisija za standartizaciju RO-RO brodova preporučila je 1966. godine da se vezovi za RO-RO brodove grade s dubinom uz obalu od 6,1 [m]. Kao potvrda tome poslužila im je činjenica da je tada većina brodova u eksploataciji imala

gaz manji od 6 [m], pa suradnji lakšeg plana izgradnje podijelili brodove u dvije skupine, prema:

- Skupina A – brodovi sa gazom manjim od 6 [m]
- Skupina B – brodovi sa gazom većim od 6 [m]

Iduće dijeljenje se vršilo prema namijeni, a podijelili su ih u sedam skupina:

- RO-RO- čisti RO-RO brodovi (slika 12.) za kratke i duge udaljenosti, koji teret na kotačima mogu isključivo krcati horizontalno,
- CAPA- čisti RO-RO brodovi koji mogu krcati više od 12 putnika,
- CACA – brodovi duge i kratke plovidbe sustava za prijevoz automobila,
- CONV – RO-RO imaju trad. opremu za suhi teret ali kombiniranu na jednu ili više paluba,
- CONT – trad. brodovi za prijevoz kontejnera i s mogućnošću prilaza na jednu ili više paluba,
- PACA – putnički trajekti građeni za prijevoz prikolica i automobila na kratke relacije,
- HYBR – kombinacija RO-RO broda i broda za prijevoz spec. tereta.[9]



Slika 12. RO - RO brod – za kratke i duge udaljenosti

Izvor: <http://www.haropaports.com/en/ro-ro-traffic-haropa-accommodates-new-generation-vessel-hoegh-autoliners>

I zadnju podjelu su napravili za duge relacije koju možemo podijeliti u četiri skupine:

- „R“ grupa – čisti brodovi za prijevoz tereta na kotačima mogu samo horiz. Manipulirati,
- „C“ grupa – kombinirani brodovi za prijevoz RO-RO tereta na kotačima kojima se manipulira horizontalno preko rampi,

- „G“ grupa – kombinirani brodovi za prijevoz tereta na kotačima kojima se manipulira horizontalno preko rampi s mogućnošću krcanja konvencionalnog tereta na klasičan način,
- „H“ grupa – spec. RO-RO brodovi za ukrcaj ili prijevoz posebno teških i volumenoznih tereta.

4.3.3. Ukrcaj i učvršćivanje tereta

Postoje dva načina manipulacije RO-RO tereta. Prvi je način dovesti vozilo odnosno jedinicu tereta na brod vlastitim pogonom, kako bi se to u početku redovito činilo kamionima nakrcanim teretom. Drugi je način da se teret složi na prikolice, odnosno poluprikolice platforme ili LUF postolja i da se posebnim vučnim vozilima dotegli ili otegli s broda.

Manipulacija vozila s ili bez tereta koja se pokreću vlastitom snagom povoljna je jer ne zahtijeva pomoćnu mehanizaciju, ali je nepovoljna jer se gubi značajan dio korisne površine brodske palube namijenjene teretu.

Kada se teretom manipulira na prikolici odnosno poluprikolici, platformi ili LUF postolju, koristi se pritom i vučno vozilo. Sustav funkcionira tako da vučno vozilo napušta manipulativnu jedinicu u trenutku kad ju je dovuklo i smjestilo na određeno mjesto za ukrcaj. Ovim načinom se postiže ušteda prostora, a vučne jedinice ne stoje neiskorištene u brodu za vrijeme plovidbe, već se mogu koristiti na novim poslovima.[9]

Teret na kotačima koji je pod uvjetima posrtanja i valjanja broda ima manji otpor trenja te pruža manji otpor lakše se pomiče, što je veoma opasno za sigurnost broda i može dovesti do oštećenja samog tereta. Zato se na RO-RO brodovima, vezivanju i učvršćivanju vozila (slika 13.) poklanja posebna pažnja. Naime, ne smatra se da je u luci završen ukrcaj tereta, kada je zadnje vozilo s ili bez tereta ušlo u brod i našlo se na svojem mjestu na palubi, već je ukrcavanje završeno u trenutku kada su sva vozila sigurno vezana i učvršćena.



Slika 13. Učvršćivanje vozila na RO – RO brodovima

Izvor: https://www.autocarshippers.com/ro-ro_car_shipping.html (4.9.2018.)

4.4. Brodovi za rasuti teret

Brodovi za prijevoz rasutih tereta (eng.:bulckcarriers) čine posebnu skupinu brodova za prijevoz suhih rasutih tereta (žitarice,rude itd.). Pojavljuju se na tržištu prije gotovo jednog stoljeća i služili su za prijevoz suhih (homogenih) tereta. Većinom su bili u službi velikih korporacija i industrija. [10]

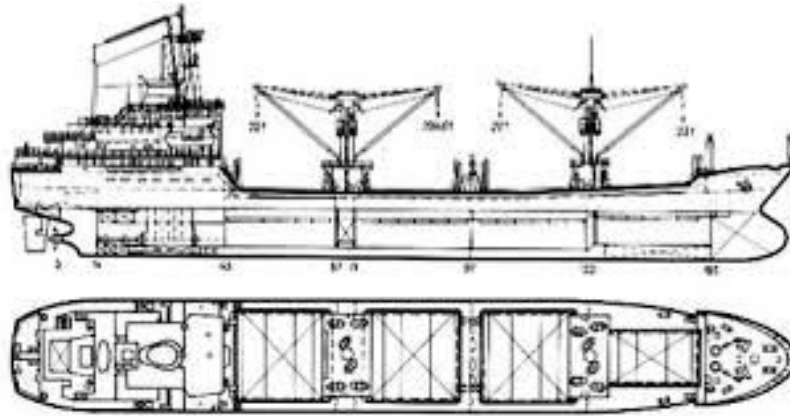
Njihov udio na globalnoj razini nije zanemariv upravo zbog jakog razvoja i potrebe svijeta za teretom prijevoza zbog njihove mogućnosti prijevoza tereta od 2000 dwt do 200000 dwt.

Skladišta brodova za rasuti teret sežu od dvodna do palube odnosno bočnih tankova. Veličina i oblik su im prilagođeni gustoći rasutog tereta. Grotla su prostrana i opremljena patentnim poklopcima s hidrauličnim zatvaranjem. Prekrcaj tereta obavlja se specijaliziranim lučkim uređajima i rijetko kad brodskim teretnim uređajima.[11]

4.4.1. Konstrukcijske značajke

Zbog velikih pramčanih otvora potrebno je osigurati dobru uzdužnu čvrstoću. U vidu rješavanja tog problema koristi se mješoviti sustav gradnje. Paluba i dvodno gradimo prema uzdužnom sustavu gradnje s uzdužnim neprekinutim bočnim nosačima, rebrenicama i uzdužnjacima na dnu i unutarnjem opločenju dvodna, a dok je bočna oplata izgrađena prema

poprečnom sustavu gradnje. Rebra koja se nalaze na bočnoj oplati su holand profili, spojeni koljenima uz bočne potpalubne i uzvojne tankove. Na slici 14. prikazan je poprečni presjek broda za rasuti teret.



Slika 14. Poprečni presjek broda za rasuti teret

Izvor:

[file:///C:/Users/Filip/Downloads/zoran_peric_skripta_osnove_brodogradnje_industrijska_%C2%B9kola_split%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Filip/Downloads/zoran_peric_skripta_osnove_brodogradnje_industrijska_%C2%B9kola_split%20(2).pdf) (4.9.2018.)

Kao balasni tank u pramčanom dijelu služi pramčani pik. Prostor pramčanog pika je odijeljen od skladišnog prostora sudarnom pregradom čiju udaljenost od pramčane okomice propisuje registar. Središnji dio prostora čine skladišta tereta, a odvojena su nepropusnim pregradama. U krmi nalazimo strojarnicu i krmeni pik, međusobno odvojene krmenom nepropusnom pregradom. Krmeni pik također služi za krcanje balasta. Također imamo dvodno preko cijele dužine broda koje služi kao balasni tank. [10]

Potpalubne tankove obično punimo morem kad brod treba biti u balastu. Ti isti tankovi tako projektirani smanjuju slobodnu površinu rasipnog tereta koja ugrožava stabilitet broda kod nemirne plovidbe.

4.4.2. Postupci utovara i iskrcaja tereta

Jedan od načina je pokretni mosni brodoukrcavač, a to je uređaj koji se nalazi na postolju koje je kreće po tračnicama. Teret iz kopna prenosi se s pomoću trakastih transportera do

brodounkrcavača, čiji je dio pomični dohvatnik s pokretnom trakom i usmjerivačem za pravilno raspoređivanje u grotlu. Koristi se uglavnom za željeznu rudaču i ugljen.

Pneumatski i hidraulički transport primjenjuje se pri prekrcaju suhих rasutih tereta razmjerno niske granulacije i gustoće, kao što su žitarice cement i dr. Razlikujemo po načinu usisni i tlačni pneumatski transport, a u određenim uvjetima se i koriste i kombinirane metode.[10]

Hidraulični transport redovito se primjenjuje pri prijenosu tekućina. Međutim, ovaj transport ima svoju primjenu i pri prijenosu različitih rasutih materijala, primjerice ugljena, fosfata i dr.

Brodovi samoiskrcavači predviđeni su za prijevoz rasutog tereta i samoiskrcaj u određnim lukama.[11]

4.4.3. Podjela brodova za rasuti teret

Danas brodovi za prijevoz rasutog tereta čine 40% svjetske flote s 1.7 milijardi tona prevezenog tereta kao što je ugljen, uglavnom žitarice, rudače i dr. s prosjekom brodova starosti do 13 godina.

Najbitnija podjela brodova za rasuti teret je ona prema nosivosti broda [dwt], te ih možemo podijeliti u 6 skupina:

- mali bulk carrieri - ispod 10000 dwt,
- Handysize - 10000-35000 dwt,
- Handymax - 35000-59000 dwt
- Panamax - 60000-80000 dwt (slika 15.),
- Capesize - 80000-150000 dwt,
- Very large - preko 200000 dwt.[11]



Slika 15. Brod za rasuti teret kategorije Panamax

Izvor: <https://www.marinelink.com/news/postpanamax-carriers411016> (4.9.2018.)

4.5. Kontejnerski brodovi

Kontejnerski brodovi su konstruirani tako da mogu prevoziti velike količine tereta i zato je bitno optimizirati konstrukciju kako bi se smanjila masa i krutost. Kapacitet im se mjeri u TEU (engl. Twenty foot Equivalent Unit) koja odgovara standardnom 20-stopnom kontejneru. Pravilno projektiran kontejnerski brod ukrcat će najveći mogući broj kontejnera unutar određenog prostora u brodskom trupu. Da bi se to postiglo, konačne mjere broda, forme trupa i konstrukcije, moraju se vrlo pažljivo uskladiti.[11]

4.5.1. Konstrukcijske značajke kontejnerskih brodova

Osnovna karakteristika kontejnerskih brodova su skladišta s posebnim ćelijama za svaki kontejner. Jednostavne su strukture te nemaju međupalube ni otvore. Manji, feeder brodovi su opremljeni sa vlastitim dizalicama dok veliki kontejnerski brodovi nemaju vlastitu opremu za rukovanje teretom kako bi se prostor mogao iskoristiti za smještaj što više kontejnera. Svi kontejnerski brodovi su otvorene konstrukcije kako bi se omogućio slobodan ukrcaj/iskrcaj kontejnera. Jedan od najbitnijih dijelova konstrukcije je geometrija trupa (slika 16.). Prosječna

brzina kontejnerskih brodova je 24 čvora. Da bi se ta brzina postigla, otpor trupa se treba svesti na minimum, odnosno trup mora imati mali koeficijent plovnosti koji je u rasponu od 0.6-0.7. To se postiglo konstrukcijom sa dvije oplata (dva trupa). Veliki balastni tankovi su neophodni na ovim brodovima jer sprječavaju pregib i progib broda.

Većina površine palube je prekrivena masivnim grotlima koji služe kao potpora složenim kontejnerima. Grotla na palubi zauzimaju i do 80% širine broda u koja se mogu smjestiti tri do četiri reda kontejnera. Na kontejnerskim brodovima se koriste podizni čelični pontoni koji se postavljaju i skidaju sa brodskim ili obalnim dizalicama. Pontoni su poklopci grotala koji ih pokrivaju bez dodatnih nosača. Za smještaj kontejnera bitno je da je gornja ploha poklopca grotla ravna. [11]



Slika 16. Konstrukcija trupa kontejnerskog broda

Izvor: <http://ectjoinville.com/AttractionsAndEquips/HowWorksDetail/8647> (4.9.2018.)

Danas se neki kontejnerski brodovi grade bez poklopaca grotla skladišta što je omogućilo ekonomičnije rukovanje teretom. Umjesto toga su se uvele čelične vodilice. Njihovom se primjenom unaprijedio kapacitet broda, brzina ukrcaja i iskrcaja te učinkovitost. Ovi brodovi su opremljeni laganim čeličnim krovovima koji štite i brod i kontejnere od velikih kiša. Osim čeličnih krovova, opremljeni su i kaljužnim pumpama koje crpe vodu iz otvorenih skladišta.

4.5.2. Vrste kontejnerskih brodova prema namjeni

Kontejnerski brodovi se prema namjeni dijele u dvije skupine:

- Brodove matice
- Feeder brodove

Brodovi matice su veliki brodovi, prosječnog kapaciteta od 10000 TEU-a, koje razvoze teret samo između velikih čvorišta, obično i na većim udaljenostima, dok manji, feeder brodovi dalje razvoze teret između glavnih i sporednih luka, te obratno. [12]

Feeder brodovi (slika 17.) obično imaju vlastitu opremu za rukovanje kontejnerima jer pristaju u luke koje nemaju vlastitu. Imaju kapacitet između 300 TEU i 3000 TEU te plove po ustaljenom rasporedu. Feeder usluga je bitna karika u logističkom procesu jer je brza, učinkovita i fleksibilna te je znatno utjecala na rast proizvodnje i distribucije.



Slika 17. Feeder brod

Izvor: <https://products.damen.com/en/ranges/container-feeder/container-feeder-800/deliveries/kristin-schepers>
(4.9.2018.)

4.5.3. Razvitak kontejnerskih brodova

Od početka kontejnerizacije do danas postoji generalna podjela na šest generacija koja je bila uvjetovana promjenama na tržištu te je prikazana u tablici 3. Generacije su se razvijale s povećanjem veličine i kapaciteta brodova.

Tablica 3. Generacije kontejnerskih brodova

	1. gen. Konvertirani	2. gen. Celularni	3. gen. Panamax	4. gen PostPana max	5. gen. Post- Panamax Plus	6. gen Post New Panamax
Kapacitet (TEU)	Do 1000	1000 - 2500	2500 - 4500	4500 - 8000	800 - 12000	>12000
Duljina (m)	150	155 - 200	200 - 280	305 - 335	335 - 400	400 - 470
Širina (m)	17 - 23	23 - 30	30 - 32	37 - 43	43 - 52	52 - 60
Brzina (čv)	17.5	18 - 21	22 – 24.5	25	25.5	25.5
DWT (t)	5000- 13500	14000 - 26000	30000 - 55000	55000 - 93000	95000 - 137000	140000 - 240000
Gaz (m)	Do 9	9 – 11.5	11.5 – 12.0	12.5 – 13.6	14.8	15 - 18

Izvor: Izradio i prilagodio autor, prema izvoru [13]

Kontejnerski brodovi prve generacije, od 1956.g. do 1970.g., bili su modificirani tankeri i brodovi za rasute terete nosivosti do 800 TEU-a. . Ideal X se smatra prvim komercijalnim brodom za prijevoz kontejnera, dok je Gateway City bio prvi brod koji je u potpunosti konvertiran za prijevoz kontejnera ugradnjom ćelija. [13]

Ova godina obilježava početak druge generacije kontejnerskih brodova koji se grade isključivo za prijevoz kontejnera – FCC (engl. Fully Cellular Containership). Brodovi druge generacije se sastoje od ćelija gdje se kontejneri slažu u redove i stupce po cijeloj dužini broda. Ovakav način gradnje omogućuje smještaj kontejnera po cijelom brodu.

1980. godina označava početak nove, treće generacije kontejnerskih brodova izgradnjom Neptune Garnet, kapaciteta 4100 TEU-a. Ali, tek 1985. godine dosegle su se maksimalne dimenzije kojima brodovi mogu proći kroz Panamski kanal izgradnjom kontejnerskog broda American New York. Zbog ovoga, kontejnerski brodovi treće generacije se nazivaju Panamax.

Duljina Panamax brodova je u prosjeku bila od 250 do 290 metara dok je gaz bio do 12 metara. Na palubu se moglo složiti 13 redova kontejnera.[13]

1988. godine su izgradili brod koji je premašio dimenzije Panamskog kanala što je i označilo stvaranje nove Post Panamax generacije kontejnerskih brodova. To je bio President Truman, kontejnerski brod klase C10 s ukupnom nosivošću od 4500 TEU. Prosječna duljina Post Panamax brodova je bila od 275 do 305 metara, s gazom do 13 m i kapaciteta od 4000 do 5000 TEU-a. Na palubu se moglo složiti 16 redova kontejnera.

Nakon izgradnje Regina Maersk 1996. godine, na tržište su izlazili još veći brodovi s još većim kapacitetom te se tako ušlo u novu petu generaciju kontejnerskih brodova, odnosno Post Panamax Plus generacije. Prosječna duljina im je bila 335 metara, gaz do 14 metara, a kapacitet od 5000 do 8000 TEU. [13]

Izgradnjom broda Emma Maersk 2006. godine, kapaciteta 14770 TEU započinje šesta generacija kontejnerskih brodova. Emma Maersk i njezinih sedam sestričkih brodova su bili najveći i najduži kontejnerski brodovi sve do 2013. godine kad je Maersk predstavio svoju Maersk Triple - E klasu (slika 18.) brodova kapaciteta 18000 TEU-a.



Slika 18. Kontejnerski brod Maersk triple – E

Izvor:<http://www.netwavesystems.com/maersk-triple-e-thought-provoking-facts/> (4.9.2018.)

4.6. Tankeri

Tanker je brod koji pripada skupini pomoćnih ratnih brodova kada je riječ o podjeli brodova prema namjeni. Služi prijevozu tekućeg tereta, a teretni prostor u trupu mu je podijeljen na nekoliko nepropusnih odjeljaka. Najviše se koristi za prijevoz sirove nafte i naftnih preradevina, ali i kemikalija, melase, ukapljenog plina, vina, vode i dr. Kao pogon mu služe Dieselovi motori i jedan brodski vijak, u iznimnim slučajevima dva, a opremljen je crpkama velikoga kapaciteta. One su smještene u crpnim stanicama ili uronjene u teretnim tankovima. Tankovi su opremljeni cjevovodima za isušivanje, cjevovodom velikoga promjera za iskrcaj tereta, cjevovodima za inertni plin te odušnim i protupožarnim sustavima.[14]

4.6.1. Konstrukcijske značajke tankera

Gradnju tankera zapravo uvjetuju svojstva tereta koja se prevoze istim. Sekcije koje služe za prijevoz tekućeg tereta u više tankova dijele uzdužne i poprečne pregrade. Kod malih tankera se nalazi jedna uzdužna nepropusna pregrada, dok srednji i veliki tankeri imaju dvije kojima se cijeli prostor trupa dijeli na centralne, lijeve i desne bočne tankove. Po sredini broda, na pramcu i krmi nalaze se uski prazni prostori koji služe za odvajanje tankova tereta od pramčanog i strojarskog prostora, a središnji prazni prostor koristi se kao prostor za pumpe.

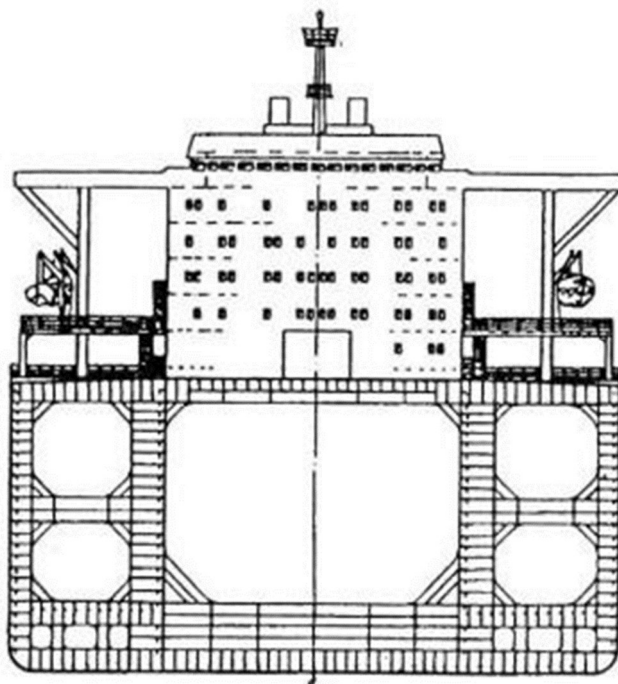
Tankeri su danas opremljeni:

- Sustavima za protupožarnu zaštitu
- Sustavom pranja tankova sirovom naftom
- Sustavom inertnog plina.

Radi veće sigurnosti tankeri moraju udovoljavati propisima:

- Ugradnja dvostrukog dna po cijeloj dužini broda
- Ugradnja tankova za balast koji su odvojeni od tankova tereta ili ugradnja tankova za čisti balast
- Ugradnja dvostruke oplata trupa. [14]

Koncepcija dvostrukog trupa (slika 19.) takva je konstrukcija gdje su tankovi tereta odvojeni od vanjske oplata broda prostorom koji ima svrhu da štiti tankove tereta od izlivanja i oštećenja.



Slika 19. Poprečni presjek tankera

Izvor: Belamarić G.: Brodovi za prijevoz sirove nafte, Split, 2012., str 8.

4.6.2. Podjela tankera

Tankere možemo podijeliti prema vrsti prijevoznog supstrata:

- Brodovi za prijevoz sirove nafte i naftnih derivata
- Brodovi za prijevoz kemikalija
- Tankeri za prijevoz ukapljenog plina

Tankere možemo podijeliti na: obalne, tankere manje nosivosti, srednje nosivosti, supertankere i mamut-tankere. Tankerima srednje tonaže pripadaju i tankeri posebne konstrukcije i nosivosti kako bi mogli ploviti posebnim pomorskim kanalima i prolazima s obzirom na gaz. Podjela je prikazana u tablici 4. [14.]

Tablica 4. Podjela tankera prema nosivosti tereta

	Nosivost [t]	Uloga
Obalni tankeri	Do 6.000 t	Obično prevoze sirovu naftu i njezine derivate uzduž obale, a na tankerskim terminalima s ekoriste za rasterećenje tankera većih nosivosti
Tankeri manje nosivosti	Preko 6.000 do 35.000 t	Uglavnom služe za prijevoz produkata sirove nafte
Tankeri srednje nosivosti	Preko 35.000 do 160.000 t	Uglavnom služe za prijevoz sirove nafte, ponekad i teškog ulja
Supertankeri VLCC	Preko 160.000 do 400.000 t	Isključivo prevoze sirovu naftu
Mamut-tankeri ULCC	Preko 400.000 t	Isključivo prevoze sirovu naftu

Izvor: Belamarić G.: Brodovi za prijevoz sirove nafte, Split, 2012, str 7, izradio i prilagodio autor

Tankeri srednje nosivosti dijele se još na Aframax, Panamax i Suezmax. Posebne su konstrukcije i nosivosti kako bi mogli ploviti važnim pomorskim kanalima i prolazima s obzirom na gaz što je prikazano u tablici 5. [11]

Tablica 5. Podjela tankera srednje nosivosti

	Nosivost	Značajke
Panamax	Preko 60.000 do 80.000 t	Duljina: 294,1 m Širina: 32,26 m Gaz: 12,5 m Ograničenje ukupne visine: 57,91 m
Aframax	Preko 80.000 do 120.000 t	Duljina: 235 m Širina: 42 m Gaz: 14,7 m
Suezmax	Preko 120.00 do 160.000 t	Duljina: 274 m Širina: 46 m Gaz: 17,7 m Ograničenje ukupne visine: 68 m

Izvor: Ostojić S.: Pregled karakterističnog nazivlja brodova u brodograđevnoj – pomorskoj terminologiji, Hrvatska brodogradnja Jadranbrod d.d., Zagreb, 2014., str 5, izradio i prilagodio autor

Naziv brodova Panamax potječe od zemljopisnog pojma, a karakteristične dimenzije brodova određene su graničnim dimenzijama kanala. Suezmax brodovima ime također potječe od zemljopisnog pojma. Aframax brodovima ime potječe od početnih slova engleskih riječi Average Freight Rate Assessment što znači prosječna stopa naknade za prijevoz tereta. Ograničenje ukupne visine znači da je visina mjerena od površine vodene linije do najviše točke broda.[15]

Tablica 6. prikazuje tankersku flotu s obzirom na nosivost u tonama.

Tablica 6. Tankerska flota s obzirom na nosivost u tonama

Godina	10 – 69.999	70 – 119.999	120 – 199.999	200.000 +
2005.	68.8	75.6	39.7	136.6
2006.	73.4	83.5	42.9	144.6
2007.	79.4	89.6	46.2	148.6
2008.	85.9	97.1	48.4	152.6
2009.	93.6	103.6	47.8	157.9
2010.	106.5	108.5	59.4	157.6
2011.	109.1	116	62.6	161.5
2012.	112.2	121	68.2	174.2
2013.	114.3	123.8	72.8	186.2
2014.	116.9	123.7	76.5	190.5
2015.	120.2	123.3	76.5	194.9
Srednja vrijednost	98.21	105.97	58.27	164.11
Standardna devijacija	17.79	16.64	13.24	18.67
Koeficijent varijacije	18%	16%	23%	11%
Prosječna godišnja stopa promjene	5,74	5,02	6.78	3.62

Izvor: Clarksons Group, The Platou report, RS Platou, Oslo, 2015., str 26, izradio i prilagodio autor

U tankerskoj floti s obzirom na nosivost u tonama za razdoblje od 2005. do 2015. godine najviše je bilo tankera nosivosti preko 200.000 dwt, prosječno 164.11, a taj se broj prosječno povećavao za 3.62%. Slijede ih tankeri nosivosti od 70 do 119.999 dwt kojih je prosječno bilo 105.97. Najmanje je bilo tankera nosivosti od 120 do 199.999 dwt, prosječno 58.27.

4.6.3. Tankeri za prijevoz ukapljenog plina

Gradnja broda za prijevoz plina (slika 20.) u tekućem stanju vrlo je složena i skupa. Takvi su brodovi tri do četiri puta skuplji od klasičnog tankera. Ipak, svi brodovi za prijevoz ukapljenih plinova imaju i zajedničke elemente o kojima, uglavnom, ovisi njihova cijena izgradnje i to: dvostruke oplate, teret se krca u nekoliko odvojenih tankova i tankovi se izoliraju posebnim izolacijskim materijalima.[16]

Tankeri za prijevoz LNG-a mogu biti dugi i više od 300 metara, a minimalna dubina vode mora biti veća od 12 metara kad su potpuno puni. Također, ti tankeri moraju imati dvostruku oplatu i specijalno su dizajnirani da podnose niske temperature LNG-a.



Slika 20. Prikaz LNG broda

Izvor: <https://www.seanews.co.uk/supporting-innovation-in-lng-carriers/> (4.9.2018.)

Flota tankera za prijevoz ukapljenih plinova ima 1.318 brodova nosivosti 30.2 milijuna dwt-a, što je jednako 48.2 milijuna m³. Poslije tankera za prijevoz nafte i njenih derivata, tankeri za prijevoz ukapljenih plinova pokazuju najveći rast tonaže u ukupnoj tankerskoj floti. U razdoblju od 2004. do 2008. zabilježen je rast od prosječno 10.9% godišnje (na osnovi m³). U 2008. godini porinuta su još 63 LNG i LPG broda ukupne nosivosti 9.8 milijuna m³. Prosječna starost LNG i LPG tankera je 15.8 godina.[16]

Konvencionalni pogon brodova za ukapljeni prirodni plin je parni stroj. Parni su strojevi dokazani i vrlo pouzdani, te imaju nisku cijenu održavanja. Nedostatak parnog stroja je njegova

mala učinkovitost. Koriste se diesel motori koji za pogon koriste isključivo diesel gorivo te diesel motori koji mogu koristiti kao pogon ispareni plin i diesel gorivo. U kombinaciji sa sistemom za ponovno ukapljivanje, diesel motor ostvaruje velike uštede.

Veličina skladišnog prostora brodova za ukapljeni prirodni plin se povećavala od početka gradnje tih brodova. Nakon što je 1970. godine zatvoren Sueski kanal, počeo je razvoj i izgradnja većih brodova zbog toga što je prijevoz plina brodovima isplativiji na veće udaljenosti. U tablici 7. prikazana je podjela brodova za ukapljeni prirodni plin prema veličini skladišnog prostora te njihove tehničke značajke.

Tablica 7. Podjela brodova za ukapljeni prirodni plin prema veličini skladišnog prostora

Veličina skladišnog prostora (10³ m³)	18 – 50	65 – 90	120 – 135	137 – 145	209 – 217 (Q-flex)	255 – 266 (Q-max)
Bruto nosivost (10³ t)	10 – 22	50 – 60	67,5 – 73	68,6 – 76,2	~101	~122
Duljina broda (m)	130,0 – 207,0	216,0 – 250,0	280,5 – 293,5	276,0 – 290,0	~315	~345
Širina broda (m)	26,0 – 29,5	34,0 – 40,0	41,5 – 43,5	42,5 – 46,6	50,0	55,0
Gaz broda (m)	7,0 – 9,5	9,5 – 10,5	11,0 – 12,0	11,0 – 12,0	12,0	12,0
Maksimalna brzina (čv)	14,5 – 16,5	17,5	18,5	18,5 – 19,5	~19	~19
Količina isparenog plina (%volumena/dan)	0,26 – 0,24	0,21 – 0,18	0,25 – 0,15	~0,15	-	-
Broj članova posade	16 – 22	~27	28 – 34	28 – 34	~34	~34

Izvor: D. Posavec, K. Simon, M. Malnar: Brodovi za ukapljeni prirodni plin; Rud.-geol.-naft. zb., Vol. 22, 2010, str. 61

Navedeni se podaci temelje na različitim izvorima. Svako brodogradilište ima neznatno različite specifikacije, koje se mijenjaju ovisno o tipu spremnika. Svi Q-flex i Q-max brodovi imaju ugrađen sustav za ponovno ukapljivanje isparenog plina, pa za njih nije navedena količina isparenog plina.[16]

4.6.4. Brodovi za prijevoz kemikalija

Brodovi za prijevoz kemikalija (slika 21.) su brodovi koji prevoze tekuće kemikalije u razlivenom stanju. Posebna su vrsta tankera koji su građeni i opremljeni na način da se smanji opasnost i štetni utjecaji kemikalija za brod i posadu.

Brodovi za prijevoz kemikalija mogu se podijeliti u tri tipa:

- Brod tipa 1 – propisane su maksimalne preventivne mjere. Brod mora biti u stanju izdržati znatna oštećenja od sudara ili udarca na bilo kojemu mjestu njegove dužine.
- Brod tipa 2 – određene su stroge preventivne mjere. Brod dužine do 150 metara ili kraći mora biti u stanju izdržati znatnija oštećenja u sudaru ili nasukavanju, osim ako je oštećena pregrada koja odvaja strojni prostor s krmene strane. Brod dužine preko 150 metara mora biti u stanju izdržati znatnija oštećenja bilo gdje na njegovoj dužini kod sudara ili nasukavanja.
- Brod tipa 3 – primjenjuju se srednje mjere predostrožnosti kako bi bio u stanju izdržati manja oštećenja zbog sudara ili nasukavanja na bilo kojem mjestu na njegovoj dužini

Posebni zahtjevi IMO-a za brodove za prijevoz kemikalija odnose se na stabilitet u slučaju onečišćenja te dvodna i bočnih koferdama. Na osnovu ovih zahtjeva dužina i širina broda su u odgovarajućem omjeru, tako da brod može udovoljavati raznim varijantama ukrcaja bez potrebe balastiranja. U nacrtima za prijevoz kemikalija unesene su i ispitivane dimenzije koje se odnose na omjer širine/dubine broda (B/D) što je prikazano u tablici 8. [17]

Tablica 8. Odnos širina/dubina kod brodova za prijevoz kemikalija

Dužina među okomicama LBP (metri)	Širina/dubina (B/D)
150-170	1,69-2,23
100-120	1,84-2,09
66-85	1,65-2,26

Izvor: Sustav ukrcaja i iskrcaja tekućeg tereta na tankerima. Brodski sustavi, Dio 11. Tehnički fakultet. Rijeka, 2010.

Ustanovljeno je da brodovi dužine približno do 160 metara s dvodnom ispod srednjeg tanka ne smiju imati B/D manji od 1,7, a brod s kompletnim dvodnom ne manji od 1,8. Brodovi od preko 20 000 tona nosivosti moraju imati omjer B/D približno 1,8 ili još bolje 2,0.

Omjer ukupnog volumena za teret u odnosu na tone nosivosti broda je 1,3 do 1,45 za veći univerzalni tanker za prijevoz kemikalija. To bi značilo da takav brod od 25 000 tona nosivosti ima teretni prostor od 33000 do 36000 m³.

Struktura dna kod teretnog prostora može biti jedno dno po cijeloj dužini, dvodno po cijeloj dužini, dvodno kod srednjeg tanka i jedno dno kod bočnih tankova.

Na brodovima za prijevoz kemikalija koriste se četiri vrste vertikalnih pregrada: Horizontalne valovite pregrade, glatke pregrade s horizontalnim pojačanjem, vertikalne valovite pregrade i strukturne pregrade. [17]

Početak 2008. godine flota ovakvih brodova sadržavala je 1.345 brodova sa 9,3 milijuna dwt. Do 2008. godine ta se flota povećala za 1.4% godišnje.



Slika 21. Brod za prijevoz kemikalija

Izvor: <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/chemical-tankers> (4.9.2018.)

4.6.5. Brodovi za prijevoz sirove nafte i naftnih derivata

Potrebno je ukazati na razliku brodova za prijevoz sirove nafte i brodova za prijevoz naftnih derivata, koja nije značajna. Tankeri za prijevoz sirove nafte (slika 22.) su najveći brodovi koji plove svjetskim morima, a brodovi za prijevoz naftnih derivata su manje nosivosti, ali s velikim brojem tankova kako bi istovremeno mogli prevoziti različite vrste tekućih tereta. [14]

Gradnju tankera ponajviše uvjetuju svojstva tereta koja se njima prevoze. Visoki stupanj dostupnosti nafte na tržištu možemo definirati kao preduvjet za održavanje ekonomske stabilnosti u zemljama uvoznicama i izvoznicama prethodno spomenutih tereta.

Tankerska flota za prijevoz nafte i naftnih derivata sastoji se od 517 VLCC-a i ULCC-a te velikog broja tankera nosivosti ispod 200.000 dwt. Veliki tankeri gradit će se i ubuduće, a na listama narudžbi svjetskih brodograditelja nalaze se još 176 tankera nosivosti veće od 200.000 dwt. [14]



Slika 22. Brod za prijevoz sirove nafte – VLCC

Izvor: <http://www.marasinews.com/shipping/more-vlccs-tankers-use-crude-oil-storage> (4.9.2018.)

4.6.7. Usporedba teretnih brodova prema tehničko – eksploatacijskim značajkama

Prema prosječnoj starosti svjetske trgovačke flote po vrstama brodova mogu se donijeti razni zaključci o stanju pomorskog tržišta; važnosti određenih vrsta tereta, razvoju postojećih tehnologija za prijevoz tereta te ostalim planovima za budućnost pomorskog teretnog sustava. Usporedbe dane u tablici 9. prikazana je prosječna starost određenih vrsta brodova gdje se može vidjeti struktura trgovačke flote s obzirom na starost (u postocima od ukupnog dwt).

Tablica 9. Prosječna starost svjetske trgovačke flote po vrstama brodova

Brodovi	0 – 4 godine	5- 9 godina	10 –14 godina	15 – 19 godina	20+ godina	Prosječna starost
Tankeri	31.6 %	22.0 %	19.7 %	12.4 %	14.3 %	10 god.
Brodovi za rasuti t.	19.7 %	21.6 %	16.6 %	10.2 %	32.0 %	13.1 god.
Brod za generalni t.	8.6 %	13.9 %	10.6 %	9.6 %	57.4 %	17.5 god.
Kontejnerski brodovi	32.1 %	28.3 %	17.3 %	8.2 %	14.0 %	9.4 god.
Ostali brodovi	18.2 %	14.5 %	11.2 %	8.8 %	47.3 %	15.3 god.
Svjetska flota	24.2 %	21.2 %	16.8 %	10.6 %	27.1 %	12.2 god.

Izvor: ESPO - ANNUAL REPORT 2006-2007, str. 66

Iz Tablice 9., koja prikazuje strukturu svjetske trgovačke flote, s obzirom na starost brodova mogu se donijeti određeni zaključci o pomorskom tržištu. Kroz ulaganja u nove i stare brodove može se vidjeti kako se kreće tržište određenih tereta, pa tako i rasutog tereta. Vidimo kako je kod tankera najveći postotak starosti brodova u granici do 4 godine, dok je slična situacija jedino još kod kontejnerskih brodova čime možemo zaključiti porast i razvoj kontejnerskog pomorskog tržišta. Vidljivo je kako se malo ulaže u brodove za generalni teret što upućuje na relativnu stagnaciju u pogledu razvitka novih tehnologija i većih fluktuacija, odnosno na stabilitet pomorskog tržišta generalnog tereta. [18]

U nastavku teksta prikazana je tablica 10. u kojoj su prikazane određene tehničko – eksploatacijske značajke različitih vrsta teretnih brodova. Iz svake pojedinke skupine brodova je uzet jedan primjer brod te su navedeni njegovi parametri; snaga motora, nosivost, dimenzije, broj članova posade, masa broda, kapaciteti goriva, balastne vode itd.

Tablica 10. Prikaz tehničko – eksploatacijskih značajki različitih vrsta teretnih brodova

	Duljina [m]	Gaz [m]	DWT	Nosivost [m ³]	Snaga motora [kW]	Brzina [kn]	Domet [n.m.]	Posada	Spremnik goriva, [m³] Potrošnja goriva [t/dan]
General Cargo / Container carrier	101.00	6.10	5,150	260,000	4,500	15.50	5,000	14	270; 19 t/dan
Handymax Bulk Carrier	189.99	11.99	51,000	64,935	8,580	15	20,000	25	2,120; 29.3 t/dan
V-class – Hyundai Vinashin Chemical Carrier	183	13.3	49,080	52,800	10,320	20	19,100	25	4,000; 27.5 t/dan
RO-RO Cargo Vessel	211.60	10.50	27,000	19,900	21,780	19.8	11,200	40	3,000; 92.5 t/dan
Emma Mærsk	397	15	156,907	14,700 TEU	81,000	25.5	16,000	30	2,300; 120t/dan
Suezmax Oil Tanker	281.20	17.10	166,330	185,447	16,780	20	23,000	32	4,025; 56.7 t/dan
WSD50 20 K LNG carrier, Type 2G	147.25	7.80	12,500	20,000	5,950	15	10,800	24	800; 18.1 t/dan

Izvor: Izradio i prilagodio autor; prema [19] [20] [21] [22] [23] [24]

Iz Tablice 10. vidimo da najduži brodovi u pomorskom prometu su kontejnerski jer prevoze teret velikih dimenzija. Najmanji brodovi su pak oni za generalni teret kojima je važnost u teretnom prometu sve manja. Najveću nosivost imaju brodovi za prijevoz nafte i kontejnera koji imaju i najveći udio u tonaži tereta svjetske flote. Snaga motora je uvjetovana veličini broda i njegovoj namjeni; brodovi sa većom nosivošću imaju veću snagu motora, te time i najveću količinu goriva koju mogu zaprimiti u svoje spremnike; a u to ulaze kontejnerski, za rasuti teret te naftu.

5. Zaključak

U današnjem svijetu potreba za prijevozom različitih vrsta tereta je neophodna zbog brzog razvoja svjetskog tržišta. Kao rezultat toga razvijaju se razne tehnologije prijevoza tereta kako bi omogućile lakše manipuliranje teretom, te da prijevoz tereta u svojoj osnovi bude efikasan, produktivan, siguran, ekonomičan te što ekološki prihvatljiviji.

U prijevoz tereta uključen je pomorski teretni prijevoz koji je jedan od najzaslužnijih u održavanju svjetskog tržišta. Kako bi pomorski promet uopće funkcionirao potrebna su stalna unaprijeđenja i ulaganja u njegovu tehnologiju prijevoza te infrastrukturu.

Pomorska prijevozna sredstva najbitnija su značajka u pomorskom prijevozu te zahtijevaju stalne inovacije koje će ih dovesti u balans sa suvremenim zahtjevima, tržištem i samom izgradnjom broda.

U radu su analizirani su teretni brodovi u javnom pomorskom teretnom prijevozu. Navedene su opće defincije brodova te njihove podjele. Rad je usredotočen na podjelu brodova prema vrsti prijevoznog supstrata. Prikazane su i analizirane tehničko - eksploatacijske značajke pojedinih vrsta teretnih brodova te napravljenje usporedbe na temelju tih značajki.

Postoji još inovacija koje tek trebaju zaživjeti, ali napredak teretnih brodova je velik kako u izgradnji i tehničkim značajkam tako i u eksploataciji, povećana je nosivost brodova, potrošnja goriva je ekonomičnija te ekološki prihvatljivija, prijevoz je brži i sigurniji.

LITERATURA

1. Auditorna predavanja iz kolegija „Prijevozna sredstva“, prof. dr. sc. Marijan Rajsman, 2014./2015. godina
2. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Brod> (4.9.2018)
3. https://hr.wikipedia.org/wiki/Dieselov_motor (4.9.2018.)
4. https://hr.wikipedia.org/wiki/Plinska_turbina (4.9.2018.)
5. https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni_brod (4.9.2018.)
6. <http://www.joskodvornik.com/konstrukcija/konstrukcija-broda.pdf> (4.9.2018.)
7. www.unizd.hr/Portals/1/nastmat/Rukovanje%20teretom/PREDAVANJE%201..ppt (4.9.2018.)
8. www.ss-aharacica-malilosinj.com.hr/wp.../1.-Tekst-Osnove-brodogradnje-1.-dio.doc (4.9.2018.)
9. Komadina, P.: Brodovi multimodalnog transportnog sustava, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 1998.
10. www.fsb.unizg.hr (4.9.2018.)
11. Dvornik, J., Dvornik S.: Konstrukcija broda, Sveučilište u Splitu, Split, 2013.
12. Rudić D., Hlača B., Feeder servise to promote revitalization of container transport in the Adriatic ports, „Naše more“, 52(1-2)/2005
13. Mišković, D.; Ivče, R.; Popović, M.: Tehnološki razvoj kontejnerskog broda kroz povijest, Rijeka, 2015.
14. Galović P., Kovačević M., Podobnik M.: Pomorsko tržište tankera – brodovi za prijevoz sirove nafte i naftnih derivata, ukapljenog plina i kemikalija, Pomorski fakultet Rijeka, 2008
15. Ostojić S.: Pregled karakterističnog nazivlja brodova u brodograđevnoj – pomorskoj terminologiji, Hrvatska brodogradnja Jadranbrod d.d., Zagreb, 2014., str 5,
16. D. Posavec, K. Simon, M. Malnar: Brodovi za ukapljeni prirodni plin; Rud.-geol.-naft. zb., Vol. 22, 2010
17. Sustav ukrcanja i iskrcanja tekućeg tereta na tankerima. Brodski sustavi, Dio 11. Tehnički fakultet. Rijeka, 2010.
18. Hrga I., Silov D., Vlahov R.: Pomorsko tržište rasutog i generalnog tereta, Zbornik radova Pomorskog fakulteta u Rijeci, 2008.
19. <http://www.navig8chemicaltankers.com/fleet/specifications> (4.9.2018.)
20. <http://hb.hr/wp-content/uploads/2014/12/ferries.pdf> (4.9.2018.)
21. https://en.wikipedia.org/wiki/Emma_M%C3%A6rsk (4.9.2018.)

22. <http://hb.hr/wp-content/uploads/2014/12/tankers.pdf> (4.9.2018.)
23. https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/sd/merchant/lng/data-sheet-ship-design-lng-carrier-wsd50-20k.pdf?sfvrsn=b703f045_13 (4.9.2018.)
24. <http://hb.hr/wp-content/uploads/2014/12/bulk.pdf> (4.9.2018.)

POPIS SLIKA

Slika 1. Sabrina I - brod za rasuti teret	3
Slika 2. USS Harry S Truman - nosač zrakoplova	4
Slika 3. Ledolamac "Jamal"	5
Slika 4. Jahta na električni pogon.....	7
Slika 5. Sabatheov proces.....	10
Slika 6. Plinska turbina.....	12
Slika 7. Glavne dimenzije broda	13
Slika 8. Prikaz duljine Lk, Ls i Lp	15
Slika 9. Osnovni dijelovi broda.....	17
Slika 10. Prostor za smještaj tereta RO - RO brodova	25
Slika 11. Primjer krmene rampe RO – RO broda.....	27
Slika 12. RO - RO brod – za kratke i duge udaljenosti	28
Slika 13. Učvršćivanje vozila na RO – RO brodovima.....	30
Slika 14. Poprečni presjek broda za rasuti teret	31
Slika 15. Brod za rasuti teret kategorije Panamax.....	33
Slika 16. Konstrukcija trupa kontejnerskog broda	34
Slika 17. Feeder brod	35
Slika 18. Kontejnerski brod Maersk triple – E.....	37
Slika 19. Poprečni presjek tankera	39
Slika 20. Prikaz LNG broda	42
Slika 21. Brod za prijevoz kemikalija	45
Slika 22. Brod za prijevoz sirove nafte – VLCC.....	46

POPIS TABLICA

Tablica 1. Eksploatacijske značajke brodova.....	18
Tablica 2. Udio pojedinih vrsta brodova u svjetskoj pomorskoj teretnoj floti (stanje iz siječnja 2017.).....	23
Tablica 3. Generacije kontejnerskih brodova.....	36
Tablica 4. Podjela tankera prema nosivosti tereta.....	40
Tablica 5. Podjela tankera srednje nosivosti	40
Tablica 6. Tankerska flota s obzirom na nosivost u tonama	41
Tablica 7. Podjela brodova za ukapljeni prirodni plin prema veličini skladišnog prostora	43
Tablica 8. Odnos širina/dubina kod brodova za prijevoz kemikalija	44
Tablica 9. Prosječna starost svjetske trgovačke flote po vrstama brodova	47
Tablica 10. Prikaz tehničko – eksploatacijskih značajki različitih vrsta teretnih brodova	48



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj ZAVRŠNI RAD isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenju literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu ZAVRŠNOG RADA pod naslovom TEHNIČKO - EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE BRODOVA U POMORSKOM TERETNOM PROMETU

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

U Zagrebu, 3.9.2018

Student/ica:

Filip Mihan
(potpis)