

# Brodovi za teške terete - tipovi i principi konstrukcije

---

**Medić, Nikola**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:990669>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-06-29**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -  
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for  
permanent storage and preservation of digital  
resources of the institution](#)



UNIVERSITY OF SPLIT




**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**NIKOLA MEDIĆ**

**BRODOVI ZA TEŠKE TERETE  
-TIPOVI I PRINCIPI KONSTRUKCIJE**

**DIPLOMSKI RAD**

**SPLIT, 2021.**

	<b>POMORSKI FAKULTET U SPLITU</b>	STRANICA: ŠIFRA:	1/1 F05.1.-DZ
	<b>DIPLOMSKI ZADATAK</b>	DATUM:	22.10.2013.

SPLIT, \_\_\_\_\_ 30.9.2021. \_\_\_\_\_

ZAVOD/STUDIJ: \_\_\_\_\_ BRODOSTROJARSTVO \_\_\_\_\_

PREDMET: \_\_\_\_\_ STROJNI KOMPLEKS ODOBALNE TEHNOLOGIJE \_\_\_\_\_

### *DIPLOMSKI ZADATAK*

STUDENT/CA: \_\_\_\_\_ NIKOLA MEDIĆ \_\_\_\_\_

MATIČNI BROJ: \_\_\_\_\_ 0171269565 \_\_\_\_\_

ZAVOD/STUDIJ: \_\_\_\_\_ BRODOSTROJARSTVO \_\_\_\_\_

#### **ZADATAK:**

**BRODOVI ZA TEŠKE TERETE - TIPOVI I PRINCIPI KONSTRUKCIJE**

#### **OPIS ZADATKA:**

**OBJASNITI TIPOVE BRODOVA ZA TEŠKE TERETE.**

#### **CILJ:**

**OPISATI TIP I KONSTRUKCIJU BRODA ZA TEŠKE TERETE NA TEMELJU PRIMJERA "FAIRMASTER"**

ZADATAK URUČEN STUDENTU/CI: \_\_\_\_\_ NIKOLA MEDIĆ \_\_\_\_\_

POTPIS STUDENTA/CE: \_\_\_\_\_

MENTOR: \_\_\_\_\_ MAG. ING. SRĐAN DVORNIK \_\_\_\_\_

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**STUDIJ: BRODOSTROJARSTVO**

**BRODOVI ZA TEŠKE TERETE  
-TIPOVI I PRINCIPI KONSTRUKCIJE**

**DIPLOMSKI RAD**

**MENTOR:**  
**mag. ing. Srđan Dvornik**

**STUDENT:**  
**Nikola Medić**  
**(MB:0171269565)**

**SPLIT, 2021.**

## SAŽETAK

Prijevoz teških tereta brodom, danas je doveo do revolucije u modernizaciji tehnologije koja je bazirana na njihov prijevoz i manipulaciju. Do toga su doveli proizvođači kojima je prijevoz proizvoda u jednom komadu bio povoljniji nego sastavljanje na njihovom odredištu. Zbog specifičnosti takva tereta grade se posebni brodovi namijenjeni njegovom prijevozu, a njihova konstrukcija je riješena na način koji je različit od konstrukcije klasičnih trgovačkih brodova. Tako postoje tri tipa brodova za prijevoz teških tereta, a to su: *RO-RO*, *LO-LO* i *FLO-FLO* brodovi. Ovi brodovi imaju jake teretne uređaje namijenjene manipulaciji teškim teretom, palube su im izvanredno solidno građene, grotla vrlo prostrana, a balastni sustav takav da se uz adekvatnu stručnost mogu rješavati razni stabilnosti te ukrcajno/iskrcajni problem.

**Ključne riječi:** *tehnologija, prijevoz, konstrukcija, teški teret*

## ABSTRACT

The transportation of heavy cargo by sea has led to a revolution in the modernization of technologies based on their transportation and handling. This was caused by manufacturers who found it more convenient to transport products in one piece than to assemble them at their destination. Due to the specifics of such cargo, special ships are built for its transport, and their construction is solved in a way that is different from the construction of classic merchant ships. Thus, there are three types of heavy cargo ships, namely: *RO-RO*, *LO-LO* and *FLO-FLO* ships. These ships have strong cargo devices intended for handling heavy loads, their decks are extremely solidly built, the hatches are very spacious, the ballast system is such that with an adequate structure, various stable loading / unloading problems can be solved.

**Keywords:** *technology, transport, construction, heavy load*

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. TEŠKI TERET</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1. KLASIFIKACIJA TEŠKIH TERETA</b> .....	<b>4</b>
2.1.1. Kategorija A .....	9
2.1.2. Kategorija B .....	10
2.1.3. Kategorija C .....	11
2.1.4. Kategorija D .....	12
2.1.5. Kategorija E .....	12
2.1.6. Kategorija F.....	13
2.1.7. Kategorija G.....	14
2.1.8. Kategorija H.....	15
<b>3. KARAKTERISTIKE BRODOVA ZA TEŠKE TERETE</b> .....	<b>16</b>
3.1. PRINCIPI KONSTRUKCIJE BRODA ZA TEŠKE TERETE.....	18
<b>4. TEHNOLOGIJA PRIJEVOZA TEŠKIH TERETA MOREM</b> .....	<b>19</b>
4.1. RO-RO TEHNOLOGIJA PREKRCAJA.....	23
4.2. FLO-FLO TEHNOLOGIJA PREKRCAJA .....	27
4.3. LO-LO TEHNOLOGIJE PREKRCAJA .....	34
<b>5. UTJECAJ VISEČEG TERETA NA STABILNOST BRODA</b> .....	<b>37</b>
5.1. PROMJENA U STABILITETU BRODA PRI UKRCAJU TEŠKIH TERETA BRODSKOM DIZALICOM.....	38
5.2. STABILIZACIJSKI PONTONI.....	43
<b>6. PLUTAJUĆE DIZALICE ZA TEŠKI TERET</b> .....	<b>44</b>
6.1. DIZALICE SA PLUTAJUĆIM OKOMITIM ZRAČNICAMA (NA VLASTITI POGON).....	45
<b>7. OPREMA ZA MANIPULACIJU I UČVRŠČIVANJE TEŠKIH TERETA</b> .....	<b>46</b>
7.1. ŽIČANA UŽAD .....	47
7.2. ŠKOPCI – GAMBETI.....	48
7.3. LANCI.....	50
7.4. SINTETIČKE BRAGE .....	52

<b>7.5. STEGAČI .....</b>	<b>53</b>
<b>7.6. DRVENI I ŽELJEZNI STOPERI.....</b>	<b>55</b>
<b>7.7. POSTAVLJANJE TERETA NA BROD .....</b>	<b>55</b>
<b>7.8. UČVRŠĆIVANJE I OSIGURANJE TERETA.....</b>	<b>59</b>
<b>7.8.1. Metoda Rule of Thumb .....</b>	<b>60</b>
<b>7.8.2. Napredna metoda.....</b>	<b>60</b>
<b>7.9. ODRŽAVANJE BRODA I TERETA TIJEKOM PLOVIDBE .....</b>	<b>63</b>
<b>7.9.1. Utjecaj gibanja broda na teret.....</b>	<b>63</b>
<b>8. PRIMJER BRODA ZA TEŠKE TERETE - FAIRMASTER .....</b>	<b>68</b>
<b>9. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>82</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>83</b>
<b>POPIS SLIKA.....</b>	<b>84</b>
<b>POPIS TABLICA .....</b>	<b>87</b>
<b>POPIS KRATICA .....</b>	<b>88</b>

# 1. UVOD

Predmet diplomskog rada su brodovi za prijevoz teških tereta, odnosno tipovi i principi konstrukcije. Cilj rada je prikazati vrste brodova za teške terete te njihova tehnološka i konstrukcijska obilježja. Struktura rada sastoji se od uvoda, osam međusobno povezanih poglavlja i zaključka.

Početak prijevoza teških tereta morem povezan je s početkom razvoja željeznica u Južnoj Americi, Africi, Aziji i Australiji. Proizvodnja željezničkih vagona i ostale opreme za izgradnje željeznice bila je koncentrirana u Europi i SAD-u. U početku je ova oprema prevozila rastavljena i pakirana u razne kutije, te bi se potom stavljala na krajnjem odredištu. To je bio mukotrpan i zahtjevan posao, a istodobno nije im uvijek polazilo za rukom sastaviti lokomotivu tamo gdje bi trebala biti korištena. U početku dok su se za transport teških tereta koristili samo klasični brodovi sa samaricama za teške terete ovi tereti su se izbjegavali gdje god je to bilo moguće. Bili su skupi za rukovanje, a često oprema koja je bila potrebna za manipulaciju nije bila dostupna ni na mjestu ukrcaja, a ni na mjestu iskrcaja. Postojao je i problem kopnenog transporta. Potreba za izgradnjom velikih konstrukcija za crpljenje nafte na moru pokrenula je i nove tehnologije transporta i dovela do spoznaje o veličini gotovih jedinica koje je potrebno prevesti morem. Ovakvi projekti pokazali su da postoji značajna ušteda i u cijeni i u vremenu transporta ako se ove konstrukcije sastave na kopnu i prevezu brodovima do određenog mjesta kao cjelina spremna za korištenje. To se pokazalo povoljnim i manje skupim postupkom glede slanja tehničkog osoblja koje bi ondje vodilo radove do završetka izgradnje objekta. Velike jedinice ili dijelovi mogu se detaljno pregledati i testirati u tvornicama u kojima su izgrađeni, te mogu biti ugrađeni na odredištu sa značajnim uštedama.

Usporedno sa ovim razvitkom brodova specijaliziranim za teške terete pojavljuje se specijalizacija teškog dizanja. Uzrok je povećanje potreba prijevoza opreme naftne industrije za istraživanje i iskorištavanje podmorja. Primjena ovog razvoja javlja se najprije u Meksičkom zaljevu, ali se širi i na druge dijelove svijeta. Počele su se koristiti teglenice s ravnom palubom za rukovanje, malim modulima ili drugim konstrukcijskim jedinicama. Ovo je bila jezgra razvitka novog sustava u prijevozu teških tereta. Nakon ovih teglenica razvijen je prvi model uronjive teglenice i kasnije poluuronjivog broda. Prve uronjive teglenice proizvedene su 1970 godine. Veličina uronjivih teglenica rasla je sve do 24000 t.



Japanci su razvili sličnu teglenicu od 24000 t nosivosti koja je prva mogla, suhim prijevozom, prevesti platformu za bušenje podmorja.

Iskustvo u radu s ovim teglenicama pomoglo je nizozemskoj kompaniji *WIJSMULLER* da izgradi jedan novi tip teglenice nazvanu *Ocean Servant* klasa.

Iskustvo u radu s *Ocean Servant* klasom teglenica pomoglo je u izgradnji prvog poluuronjivog broda za prijevoz teških tereta poznat kao *Super Servant* klasa. Prvi brod ove klase bio je dug 130 m i 14,450 mt nosivosti. Konstruiran je tako da ukrcava teret uglavnom *FLOAT ON / FLOAT OFF* metodom. Znači da pretežno prevozi plutajuće terete kojima manipulira na način da zaranja i izranjanjem na svoju palubu prima dotegljene i pozicionirane terete.

Konačno, u njihovu flotu ulazi *Mighty Servant* klasa brodova koja je veće od prethodne. Osim velike radne palube od 5600 m<sup>2</sup>, posjeduje i balastne tankove smještene na krmu koji se mogu pomicati prema naprijed da bi se dobilo na prostoru. *WIJSMULLER* nije bila jedina kompanija zaokupljena misli poluuronjivih brodova. Norveški brodovlasnik *MEANWHILE* bavi se zamišlju velikog poluuronjivog broda i dolazi do njega različitim konceptom od *WIJSMULLER - a*. Izgradio je četiri broda klase *Swan*, dva u Norveškoj i dva u Južnoj Koreji. Ovi brodovi od 170 m imaju nosivost od 25000 m/t. Sposobni su za preobražaj od brodova za teke terete u brodove za prijevoz drugih tereta. Ova dvostruka sposobnost, prvi je znak neizvjesnosti oko budućnosti tržišta teških tereta.

Suprotno od *Mighty Servant* klase brodova, strojarnica i prostorije posade smještene su na krmu. Ovakav smještaj ovih prostorija pojednostavljuje instalacije i konstrukciju. To znači da je jedna prilagođena kormilarnica smještena na glavi prednjeg kaštela u s ciljem osiguranja vidljivosti kada su na palubi ukrcani visoki tereti. Dok su poluuronjivi brodovi privukli mnogo pozornosti na sebe, dolazi do ekspanzije tonaže brodova za teške terete mnogih drugih kompanija. U Japanu jedna uhodana kompanija za prijevoz teški tereta je stavila u uporabu samaricu 600 t nosivosti.

Više Japanskih kompanija razvilo je specijalizirane brodove za teške terete kojima je dat naglasak na ukrcaj/iskrcaj *RO-RO* načinom. Jedan od posljednjih ovakvih brodova (*eng. Gulf Bridge*) može preko krmene rampe krcati teret čak od 5000 m/t u komadu. Opremljen je balastnim sustavom za podešavanje trima, gaza i bočnih nagiba.

Osobine ovih brodova su:

- Jako mali gaz (5m pri punom ukrcaju) ,
- Tri brodska vijka koji omogućavaju brzo i lako manevriranje.

Kompanija koja je zauzela naglašeno mjesto u radu sa teškim teretima je *BLAESBJERG*. Ona je vlasnik više velikih brodova s više raznovrsnih sustava manipuliranja teretom. Njihova flota ima više brodova koji mogu rukovati *RO-RO* i *LO-LO* načinom. Glavna osobina im je čista i velika teretna paluba, koja se opslužuje s dvije samarice, a na krmenom dijelu palube nalazi se *RO-RO* rampa.

Posljednji brod ove kompanije *St Magnus* (20000 m/t nosivosti), opremljen je s do tada najvećom samaricom (800 t nosivosti). Ova raznovrsnost u više načina rukovanja teretom i raznolikost samog tereta u prijevozu, postaje glavnom značajkom suvremenih brodova za prijevoz teških i glomaznih tereta.

U drugom poglavlju biti će opisano što je to teški teret te njegova klasifikacija. Treće i četvrto poglavlje će se zasnivati na karakteristikama i tehnologijama prijevoza teških tereta morem. U petom dijelu će biti objašnjeno kako teret utječe na sam stabilitet brod dok će u poglavljima poslije biti navedena oprema za manipulaciju i učvršćivanje teških tereta te kako brod prilikom gibanja utječe na teret. Posljednje, osmo, poglavlje će se odnositi na brod *Fairmaster* koji je izgrađen u splitskom brodogradilištu.

## 2. TEŠKI TERET

Pod ovom skupinom tereta podrazumijevaju se izuzetno teški i glomazni tereti kao što su lokomotive, dizalice, željeznički vagoni, dijelovi tvorničkih postrojenja, hidrocentrala i mostova, vojni tereti (tenkovi i topovi), druga plovila itd. U skupinu teških tereta osim glomaznih komadnih tereta, spadaju i razni minerali, čelični profili. Karakteriziraju ih veličina, oblik i težina. Mogu se krcati u skladište i na palubi.

Teški tereti su glomazni, masivni i pojedinačno teški tereti koji se radi toga najčešće prevoze specijaliziranim brodovima, koji su za to posebno ojačani i opremljeni samaricama i dizalicama velike nosivosti. Pod teški teret spadaju svi komadni i glomazni tereti koji se ne mogu smatrati generalnim teretom. Karakterizira ih veličina oblik i težina. U skupinu teških terete spadaju dizalice, i lokomotive, željeznički vagoni, dijelovi tvorničkih postrojenja, hidrocentrala i mostova, vojni tereti (tenkovi, topovi, oklopna vozila), glomazni komadni tereti, čelični profili i slično. Teški tereti imaju veliko opterećenje po jedinici površine ( $> 50 \text{ t/m}^2$ ) [10].

### 2.1. KLASIFIKACIJA TEŠKIH TERETA

Teški tereti su podijeljeni na:

- A** – teški cjeloviti tereti, vertikalno na baznoj konstrukciji (električni generatori, transformatori ...),
- B** – izdužene, horizontalno postavljene jedinice, bez bazne konstrukcije,
- C** – otvorene čelične konstrukcije s točkama zahvata (čelični sanduci s dijelovima industrijskih postrojenja),
- D** – osjetljivi teški tereti bez predviđenih naprava za podizanje, prekriveni relativno lakim metalom ili drvenom oplatom. Teret nema točaka zahvata (dijelovi strojeva u drvenim sanducima te namotaji kablova),
- E** – otvoreni, nepravilni dijelovi konstrukcija umjerenih težina, bez određene površine nalijeganja i bez posebnih naprava za podizanje ili točaka zahvata (krakovi dizalica, rešetkasti mostovi i rešetkasti nosači),
- F** – vozila na gumenim kotačima, čeličnim gusjenicama ili čeličnim kotačima sa ili bez određenih mjesta za podizanje te bez točaka zahvata,
- G** – razna plovila s ili bez čvrstim napravama na palubi za postavljanje učvršćenja.

Dodirna površina između ovakvih tereta i palube na kojoj je teret postavljen je iznimno mala u odnosu na visinu tereta, a to se može negativno odraziti na stabilnost broda. Posebnu pozornost kod učvršćivanja ovakvih tereta treba obratiti na to da oprema bude simetrično raspoređena u odnosu na težište tereta [3].

Najčešće se prevoze specijaliziranim brodovima koji su za to posebno ojačani i opremljeni samaricama i dizalicama velike nosivosti. Brodovi za teške terete moraju imati mogućnost regulacije stabiliteta tankovima. Kritični moment ukrcaja je podizanje teškog terete sa tla. Podizanje i spuštanje terete na tlo može se postići pražnjenjem ili punjenjem tankova. Danas se koriste nove metode ukrcaja teških tereta, a to su *RO-RO*, *LO-LO* i *FLO-FLO*.

*RO-RO* (eng. *Roll on/Roll off*), brodovi su brodovi za prijevoz tereta koji se može uvesti i izvesti iz broda, te je time eliminirana potreba za dizalicama na samom brodu ili u luci [2]. Primarna im je namjena prijevoz kamiona i automobila, te čine važnu kariku u intermodalnom prijevozu. Prevoziti se mogu kompletne jedinice (kamion i trajler) ili samo trajler, nakon što je dovezen u luku. Kompletne se jedinice najčešće prevoze kada brod ima pramčanu i krmenu rampu.

*LO-LO* (eng. *Lift on/Lift off*) brodovi su pogodni za multimodalni transport te svoj sadržaj, kontejnere ukrcavaju s posebnim dizalicama na za to predviđenom terminalu. Mogu se krcati u potpalubni prostor i na palubu. *LO-LO* ima pričvršćivače kojima se kontejneri mogu slagati u više katova (jedan na drugi).

*FLO-FLO* (eng. *Float on/Float off*) metoda je metoda u kojoj brod ima sustav tankova koji mu služe za postavljanje na vodnu liniju zahtijevanu za ukrcaj.

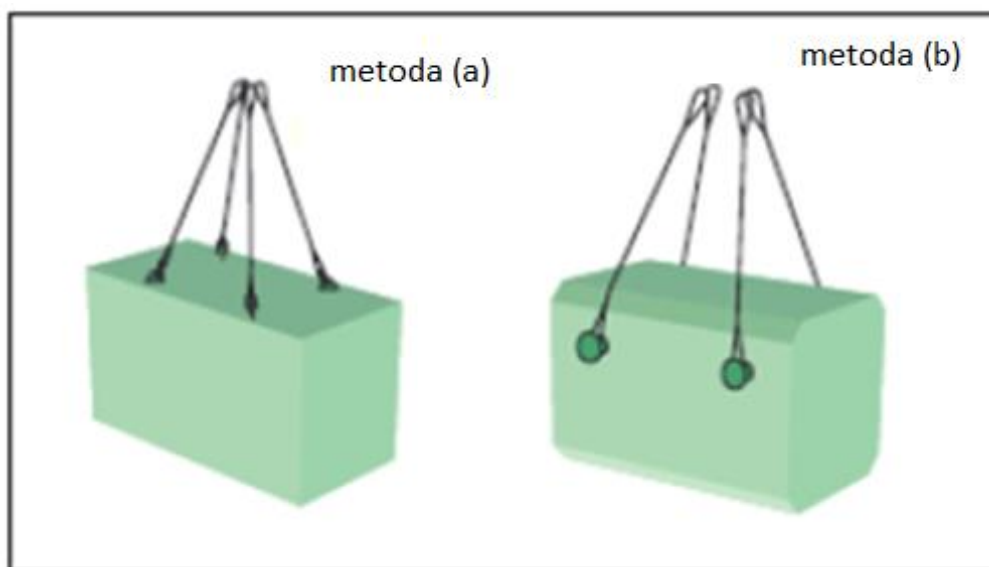
Nakon postavljanja broda na vodnu liniju teret se pozicionira tegljačima na transportnu palubu. Nakon pozicioniranja brod prazni sustav tankova i postavlja se na odgovarajuću vodnu liniju. Kod ukrcaja i iskrcaja teških tereta nekoliko bitnih elemenata uzimamo u obzir.

Elementi su dimenzije i težina tereta, nosivost teretnog uređaja, vremenske prilike, pozitivna stabilnost broda, gustoća vode u luci ukrcaja/iskrcaja, balastiranje/debalastiranje broda, plan putovanja sa teškim teretom, utrošak goriva tijekom putovanja, brzina i vrijeme dolaska, metoda iskrcaja terete, mogućnosti i oprema za iskrcaj tereta, dokumentacija za ukrcaj, konzultacije stručnjaka za takav teret.

Prije samog ukrcaja teškog tereta potrebno je primijeniti određene postupke. Potrebno je izraditi proračun stabiliteta broda, pažljivo provjeriti teretni uređaj, kao i sve njegove elemente i opremu za dizanje, provjeriti i učvrstiti vez broda postaviti osoblje na vez broda, ukloniti sve zapreke na teretnoj palubi i postaviti odgovarajući zaštitni materijal, udaljiti svo nepotrebno osoblje od mjesta ukrcaja, konzultirati sve relevantne osobe u vezi terete prije iskrcaja, pravodobno upoznati lučke vlasti o ukrcaju teškog terete, koristiti određene točke podizanja i teret podizati vrlo polagano [3].

Metoda koja će se koristiti za ukrcaj teških tereta *LO-LO* tehnologijom tereta ovisi o tipu tereta (o njegovoj težini, dimenzijama, kompaktnosti, osjetljivosti itd.) i o vrsti opreme koja je posadi broda na raspolaganju.

Na slici 1. prikazana je metoda a i b za ukrcaj teških i glomaznih tereta.

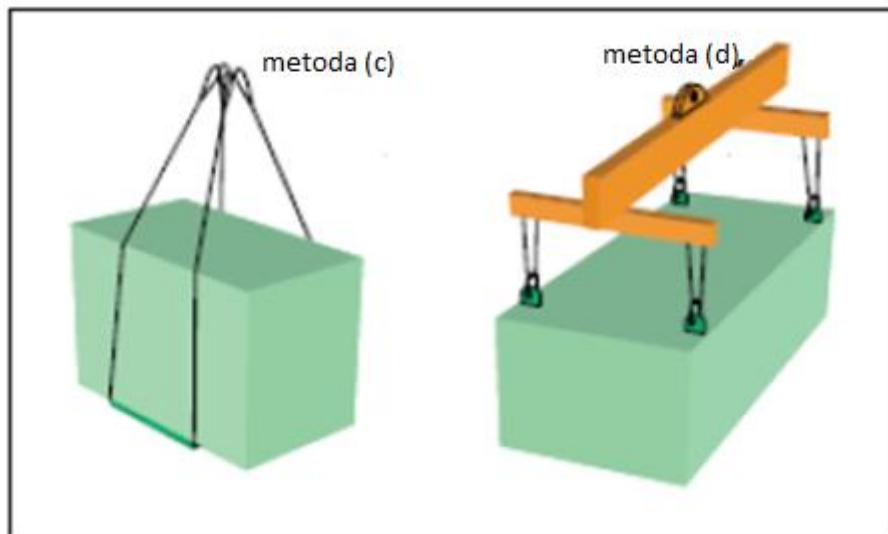


**Slika 1. Metode a i b za ukrcaj teških i glomaznih tereta [28]**

Postoji nekoliko osnovnih kategorija metoda za ukrcaj teških i glomaznih tereta i to:

- Upotreba jedne kuke (jedna dizalica) sa čelik-čelima/lancima koji su zakvačeni za teret pomoću škopca,
- Upotreba jedne ili dvije kuke (dvije dizalice) sa čelik-čelima/lancima koji su direktno zakvačeni za teret.

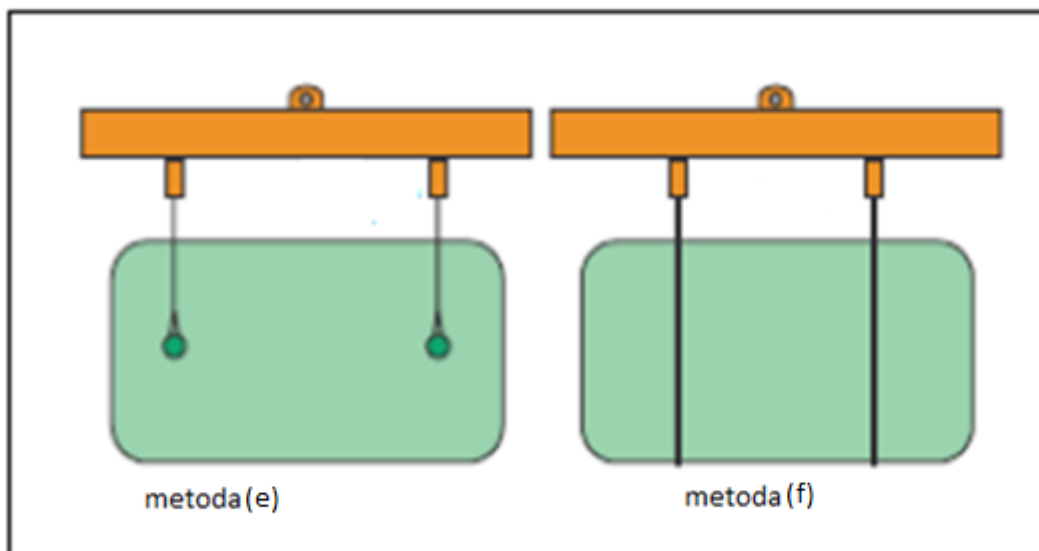
Na slici 2. prikazana je metoda c i d za ukrcaj teških i glomaznih tereta.



**Slika 2 Metode c i d za ukrcaj teških i glomaznih tereta [28]**

- Upotreba jedne ili dvije kuke sa čelik – čelima/lancima koji su povučeni ispod tereta,
- Upotreba jedne ili dvije kuke sa jednim ili dva gredna nosača a i čelik – čela/lanca koji su za teret prikvačeni pomoću škopaca.

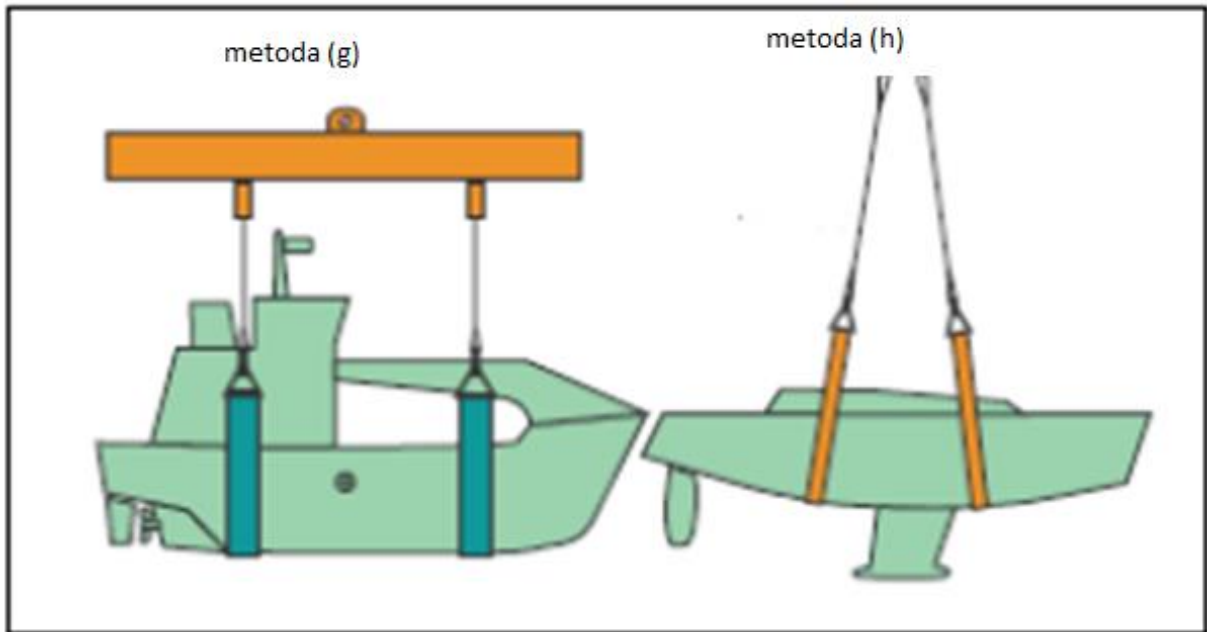
Na slici 3. prikazana je metoda e i f za ukrcaj teških i glomaznih tereta.



**Slika 3. Metode e i f za ukrcaj teških i glomaznih tereta [28]**

- Upotreba jedne ili dvije kuke sa jednim ili dva gredna nosača i čelik – čela/lanca koji su direktno zakvačeni za teret,
- Upotreba jedne ili dvije kuke sa jednim ili dva gredna nosača i čelik – čela/lanca koji su provučeni ispod tereta.

Na slici 4. prikazana je metoda g i h za ukrcaj teških i glomaznih tereta.



**Slika 4. Metode g i h za ukrcaj teških i glomaznih tereta [28]**

- Upotreba jedne ili dvije kuke sa jednim ili dva gredna nosača i sintetičkih pasaca koji su provučeni ispod tereta,
- Upotreba jedne kuke sa sintetičkim pascom koji je provučen ispod tereta [28].

### 2.1.1. Kategorija A

U ovu kategoriju spadaju teške kompaktne jedinice tereta sa čvrstom vanjskom površinom na kojoj je ugrađena oprema za koju se zakvači oprema za manipulaciju i učvršćivanje tereta. Ove jedinice tereta stoje uspravno na vlastitom postolju. Za podizanje i spuštanje najčešće se koriste metode a, b, d i e. Tipični primjeri ovakvog tereta su veliki transformatori i generator [28].

Na slici 5. prikazan je transformator pri podizanju na brod.



Slika 5. Kategorija tereta A - transformator pri podizanju na brod [28]



### 2.1.2. Kategorija B

Ova kategorija obuhvaća teške i glomazne jedinice tereta koje su horizontalno položene na postolje koje je za njih posebno napravljeno. Vanjska površina ovakvih tereta nije toliko kruta i čvrsta kao kod prethodne kategorije, a u pojedinim slučajevima na površini ovakvog tereta nema mjesta odnosno nije ugrađena nikakva oprema za koju bi se mogle uhvatiti kuke i pasci za manipulaciju i učvršćivanje.

Podizanje i spuštanje tereta obavlja se metodama c, f, g i h. Primjer ove vrste tereta su dugi profili cjevastog oblika koji se koriste u petrokemijskoj industriji [28].

Na slici 6. prikazana je kategorija tereta B – postavljanje tereta na brodsko skladište.



Slika 6. Kategorija tereta B - postavljena na brodsko skladište [28]

### 2.1.3. Kategorija C

Kategorija C uključuje teške otvorene čelične konstrukcije koje se nalaze u čeličnim okvirima.

Slika 7. prikazuje teret kategorije C u brodskom skladištu.



**Slika 7. Teret kategorije C – u brodskom skladištu [28]**

Ovi tereti su najčešće dijelovi industrijskih postrojenja. Podizanje se obavlja metodama a, b, d ili e. Na čeličnim okvirima su obično zavareni prsteni za koje se kvači oprema za manipulaciju i učvršćivanje [28].

Kod ovakvih tereta koji se nalaze u čeličnim okvirima postoji velika opasnost od klizanja, a da bi se to spriječilo između tereta i površine na koju se on postavlja umeće drvene podloge ili se koriste čelični stoperi koji se zavaruju za brodsku strukturu [10].

#### 2.1.4. Kategorija D

Ova kategorija uključuje osjetljive i teške jedinice tereta bez posebne opreme / hvatišta za podizanja. Područja podizanje su uglavnom označene na jedinici tereta. Jedinice tereta su pokrivene od relativno lakih metala ili drvenog kućišta. Primjeri su dugi sanduci i kabel namotani na bubnjeve.

Postolje uglavnom nema točaka hvatišta ili osiguranja. Podizanje će biti izvedeno sa jednom od ranije navedenih metoda, osim ako postoji posebna oprema za podizanje dostupna pomoću otvora u vanjskom kućištu [28].

Na slici 8. prikazan je teret kategorije *D*.



Slika 8. Teret kategorije D (Drveni sanduk) tijekom podizanja [28]

#### 2.1.5. Kategorija E

Ova kategorija obuhvaća nepakirane i nepravilno oblikovane jedinice tereta koje nemaju veliku težinu ali su iznimno glomazne. Većina ovakvih tereta nema postolja niti ugrađenu opremu za manipulaciju.

Najčešći primjeri ovakvih tereta su krakovi velikih dizalica i razni nosači rešetkaste konstrukcije. Manipulacija ovakvih tereta obavlja se metodama c, f ili h [28].

Slika 9. prikazuje dio velike kontejnerske dizalice koja je složena na palubi broda.



**Slika 9. Dio velike kontejnerske dizalice složen na palubi broda [28]**

#### **2.1.6. Kategorija F**

Automobili, kamioni, bageri, željeznički vagoni i ostala kopnena transportna sredstva spadaju u kategoriju F. Neki od ovih tereta nemaju ugrađene dijelove za koje se hvata oprema za podizanje i spuštanje te je potrebna upotreba *Spreader-a* koji su napravljeni specijalno za tu vrstu tereta [28].

Kontejner se ukrcava/iskrcava vertikalno u brod i iz broda – od toga potječe naziv tehnologije prekrcaja *Lo-Lo* (eng. *Lift on – Lift off*). Kontejneri su smješteni u skladištima broda *bay* u vertikalnim ćelijama s vodilicama koje omogućuju slaganje kontejnera točno jedan na drugi.

Slika 10. prikazuje bagere složene u brodskom skladištu.



**Slika 10. Bageri složeni u brodskom skladištu [10]**

### **2.1.7. Kategorija G**

Kategorija G obuhvaća sve vrste motornih jahti i manjih plovila koji se na brod krcaju *LO-LO* metodom. Specifičnost ovih teških tereta je to što je njihova vanjska površina iznimno osjetljiva (trup, razne antene, staklene površine itd.) i što je mali broj mjesta pogodnih za zakvačit opremu za manipulaciju i učvršćivanje. Manipulacija se vrši metodama d, g, ili h [6].

Slika 11. prikazuje ukrcaj jahte na palubi broda za teške terete.



**Slika 11. Ukrcaj jahte na palubi broda za teške terete [28]**

### 2.1.8. Kategorija H

U kategoriju *H* spadaju vrlo glomazni tereti koji zahtijevaju smještaj na palubi odnosno poklopcima brodskih skladišta. Tipični primjer ovakvih tereta su velike lučke dizalice. Način ukrcaja i učvršćivanja ovakvih tereta ovisi o prirodi samog tereta (za ukrcaj velikih kontejnerskih dizalica često se koriste plovne dizalice) [28].

Slika 12. prikazuje lučke kontejnerske dizalice na palubi broda.



Slika 12. Lučke kontejnerske dizalice na palubi broda [28]

### 3. KARAKTERISTIKE BRODOVA ZA TEŠKE TERETE

Brodovi za prijevoz teških tereta osmišljeni su tako da mogu prevoziti izuzetno teške i nevjerojatno velike terete koji se inače ne mogu transportirati uobičajenim brodovima. Manjih su dimenzija u odnosu na ostale brodove za prijevoz suhih tereta. Teret im se prevozi u prostranim skladištima bez upora, ili na otvorenoj palubi. Duljina im je od 80 do 100 m, a brzina 12 do 13 čv. Opremljeni su obično dvama teretnim stupovima nosivosti oko 200 t [3].

Brodove za prijevoz teških tereta možemo podijeliti:

- Prema konstrukcijskim obilježjima na:
  - Klasični brodovi za prijevoz teških tereta,
  - Poluuronjivi i uronjivi brodovi za prijevoz teškog tereta,
  - Super klasa brodova za prijevoz teških tereta.
  
- Prema načinu eksploatacije na:
  - Brodove za transport i postavljanje vrlo teške i vrijedne opreme za podmorske naftne bušotine,
  - Brodove posebne namjene.(eng. *Heavy liftersi*).
  
- Prema tehnologiji prekrcaja na:
  - Brodove sa *LO-LO* tehnologijom,
  - Brodove sa *RO-RO* tehnologijom,
  - Brodove sa *FLO-FLO* tehnologijom.
  
- Prema vrsti broda za prijevoz teških tereta na:
  1. Prijevoz teških tereta nenamjenskim brodovima
    - Konvencionalni višenamjenski brodovi,
    - Konvencionalni *RO-RO* brodovi,
    - Brodovi za prijevoz teglenica,
    - Specijalizirani brodovi.
  
  2. Prijevoz teških tereta namjenskim brodovima
    - Specijalizirani brodovi [10].

Na slici 13. prikazan je primjer broda za prijevoz teških tereta.



**Slika 13. Brod za prijevoz teških tereta [17]**

Karakterizira ih vrlo osjetljiv stabilitet broda, posebno kod ukrcaja/iskrcaja takvih tereta, pa se te operacije mogu vršiti samo u sasvim mirnim lukama. Polu-uronjeni brodovi imaju dugu i nisku palubu koja se može uroniti pod vodu kako bi se na nju mogla postaviti naftna platforma, drugo plovilo ili neki plutajući teret. Nakon utovara, balastne vode se izbacuju i paluba se uzdiže iznad vode, a brod je spreman za plovidbu.

Osim u nizu tehničkih posebnosti, brodovi se uglavnom koriste za transport i postavljanje vrlo teške i vrijedne opreme za podmorske naftne bušotine, kao i prijevoz teških tereta (*eng. heavy lifter*). Dugi su 152 m i široki 27 m, a opremljeni su dvjema dizalicama čija je pojedinačna maksimalna nosivost 1.500 t, odnosno u tandemu mogu podizati terete težine do 3000 t što predstavlja najveći kapacitet dizanja tereta u ovoj klasi brodova na svijetu. Nosivost brodova pri gazu od 8.1 m iznosi 14 000 t, a brzinu od 17 čv osiguravaju dva motora snage po 4500 kW pri 750 o/min [26].



### 3.1. PRINCIPI KONSTRUKCIJE BRODA ZA TEŠKE TERETE

Neke vrste brodova za teške terete imaju mogućnost prijevoza *roll on - roll off* terete na krmi i pramcu, dok su drugi konstruirani kao plutajući dokovi. Neki od brodova imaju jednu ili dvije dizalice za teške terete, koje imaju mogućnost raditi istovremeno. Brodovi su uglavnom balastirani do samog kraja, ali kad se teret ukrca balast se većim dijelom isprazni i poveća se nadvodni dio broda.

Pri konstruiranju broda za teški teret vodi se računa o hidrodinamičkim svojstvima broda, naročito o načinu njegovog ponašanja u određenim vremenskim uvjetima odnosno pri različitim stanjima mora i vjetra. Računalni modeli i hidrodinamička analiza ponašanja broda na moru određuju samu konstrukciju broda. Osim što moraju zadovoljiti uvjete prijevoza teških i glomaznih tereta ovi brodovi trebaju zadovoljiti i najzahtjevnije luke u pogledu ograničenja gaza tereta [5].

Principe konstruiranja brodova za teške terete najbolje ćemo objasniti na primjeru broda *Fairmastery* nizozemskog broдача *Jumbo Shipping* koji je izgrađen u Brodosplitu 2014 godine. Osim niza tehničkih specifičnosti, ovaj brod se uglavnom koristi za prijevoz i postavljanje iznimno teške i vrijedne opreme za podmorske naftne platforme, kao i dizanje teških tereta. Dugačak je 152 m i širok 27 m, a opremljen je s dvije dizalice, svaka s maksimalnom nosivošću od 1500 t, ili zajedno u tandemu do 3000 t, što je trenutno najveći kapacitet podizanja tereta u ovoj klasi brodova na svijetu. Nosivost brodova iznosi 14 000 t pri gazu od 8,1 m, a brzinu od 17 čv osiguravaju dva motora od 4500 kW koji rade pri 750 okretaja u minuti [24].

Skladišni prostor, čije su dimenzionalne tolerancije unutar svega par milimetara, sastoji se od nekoliko desetaka poklopaca čijim se odabirom rasporeda, skladišni prostor može prilagođavati vrsti tereta kojeg brod prevozi. Poklopci se po visini i dužini mogu postavljati na bilo kojoj poziciji, stoga je i spomenuta dimenzionalna točnost skladišnog prostora bila od izuzetne važnosti te kao takva predstavljala izazov i naprednu tehnološku pripremu brodogradilišta. Iako im je namjena prijevoz tereta, često se svrstavaju u brodove posebne namjene [10].

#### 4. TEHNOLOGIJA PRIJEVOZA TEŠKIH TERETA MOREM

Prijevoz teških tereta morem je iznimno zahtjevan i kompleksan proces koji zahtijeva širok spektar znanja i vještina uključujući komercijalne poslove, brodogradnju i strukturnu analizu, meteorologiju, hidrografiju i hidrodinamiku i drug.

Transport teških tereta (*eng. Heavy Lift*) predstavlja u pomorstvu specifičan način ukrcaja, prijevoza, i iskrcaja tereta koji jedinično teži i preko 10.000 kg. Mase tereta od 500 do 700 t danas u lukama nisu nikakva rijetkost.

Najčešće se kao teški tereti u lukama javljaju strojni kompleksi, dijelovi tvornica, teška mehanizacija, oprema ili cjelokupni kompleksi za iskorištavanja podmorja, platforme, lučke dizalice, teglenice, dijelovi broda, brodski dizel motori, lokomotive, čelične konstrukcije itd. [3].

Za prijevoz teških tereta upotrebljavaju se:

- Konvencionalni višenamjenski brodovi, slika 14., sa odgovarajućim teretnim uređajima i opremom, te odgovarajućim konstrukcijskim obilježjima,



Slika 14. Konvencionalni višenamjenski brod za prijevoz teških tereta [26]

- Konvencionalni *RO-RO* brodovi, slika 15., koji mogu prihvatiti takvu vrstu tereta obzirom na maksimalno opterećenje, te osovinsko opterećenje transportera,



**Slika 15. Konvencionalni RO-RO brod za prijevoz teških tereta [26]**

- Brodovi za prijevoz teglenica, slika 16.
  - *LASH* (Dizalica zahvaćenu teglenicu dignu do visine glavne -palube, a zatim se pomiče zajedno sa teglenicom do mjesta gdje je spusti u skladišni prostor),
  - *SEABEE* (Za dizanje teglenice služi lift s platformom kapaciteta 2000 t)
  - *BACAT* (eng. *Barge Aboard Catamaran*) teglenice se uz pomoć elevator kapaciteta 400 tona dižu na odgovarajuću visinu,
  - *CAPRICORN* (Slični *LASH*-u samo manji).



**Slika 16. Konvencionalni brod za prijevoz teglenica [26]**

- Specijalizirani brodovi za prijevoz teških tereta, slika 17.



**Slika 17. Specijalizirani brod za prijevoz teških tereta [26]**

Prekrcaj teškog tereta brodovi mogu izvoditi vlastitim teretnim uređajima ili upotrebom lučkih obalnih ili plovnih dizalica, ukoliko brodske dizalice nisu dovoljnog kapaciteta.

Većina teških tereta se zbog svojih specifičnosti isključivo prevozi specijaliziranim brodovima, budući da lučka oprema manje razvijenih zemalja u pravilu ne udovoljava uvjetima prekrcaja, pa stoga brod s vlastitim prekrcajnim sredstvima u potpunosti zadovoljava potrebama ukrcanja i iskrcanja tereta u luci. *Off - Shore* industrija i različiti veliki industrijski projekti kao što su *Off - Shore* rafinerije, razne izvedbe platformi za istraživanje i bušenje nafte, povećavaju područje teških tereta, a samim tim uvjetuju i razvoj brodova za prijevoz takvih tereta [26].

Zahtjevi koji se postavljaju pred takve brodove odnose se na njihovu veličinu. Moraju biti dovoljno veliki s obzirom na teret koji će se prevoziti—platforme, postolja za iste, cijevi velikih dimenzija, u nekim slučajevima razne dijelove pa i same generatore i turbine za *Off - Shore* industriju itd. Konstrukcijski su izvedeni s dodatno ojačanim dnom broda, ojačanom palubom, dovoljnim brojem balastnih tankova s jakim balastnim pumpama velike snage protoka, masivnim dizalicama za teret.

Najvažniji aspekti u prijevozu teških tereta plovnicima su:

- Brzina prijevoza (plovidbe),
- Ponašanje plovnog objekta koji plovi s teškim teretima ukrcanim na palubi pri njihanju na valovima,
- Pričvršćenje tereta radi njegova osiguranja pri lutanjima broda,
- Kvizistička opterećenja nastala djelovanjem vjetrova,
- Udarne opterećenja nastala djelovanjem valova na teret koji često visi preko ruba palube.

Početni problem, koji se javljao kod brodova za prijevoz teških tereta, je bio sa stabilnošću broda u momentu kada je teški teret bio u zraku podignut dizalicom. Kod nekih brodova problem se rješavao krcanjem tankova balasta na suprotnim stranama od tereta, dok je kod drugih problem riješen:

- Postavljanjem hidraulične stope na stranu doka,
- Stabilizacijskim tankom ispunjenim vodom/morem na morskoj strani.

Neke vrste brodova za teške terete imaju mogućnost prevoziti *roll on – roll off* terete na krmi ili pramcu, dok su drugi konstrukcijski izvedeni (napravljeni) kao plutajući dokovi. Također neki od brodova imaju jednu ili dvije dizalice za teške terete, koje imaju mogućnost istodobnog zajedničkog rada.

Brodovi su uglavnom balastirani do samog kraja, ali kad se teret ukrca balast se većim dijelom isprazni tako da se povećava visina nadvodnog dijela broda [21].

#### 4.1. RO-RO TEHNOLOGIJA PREKRCAJA

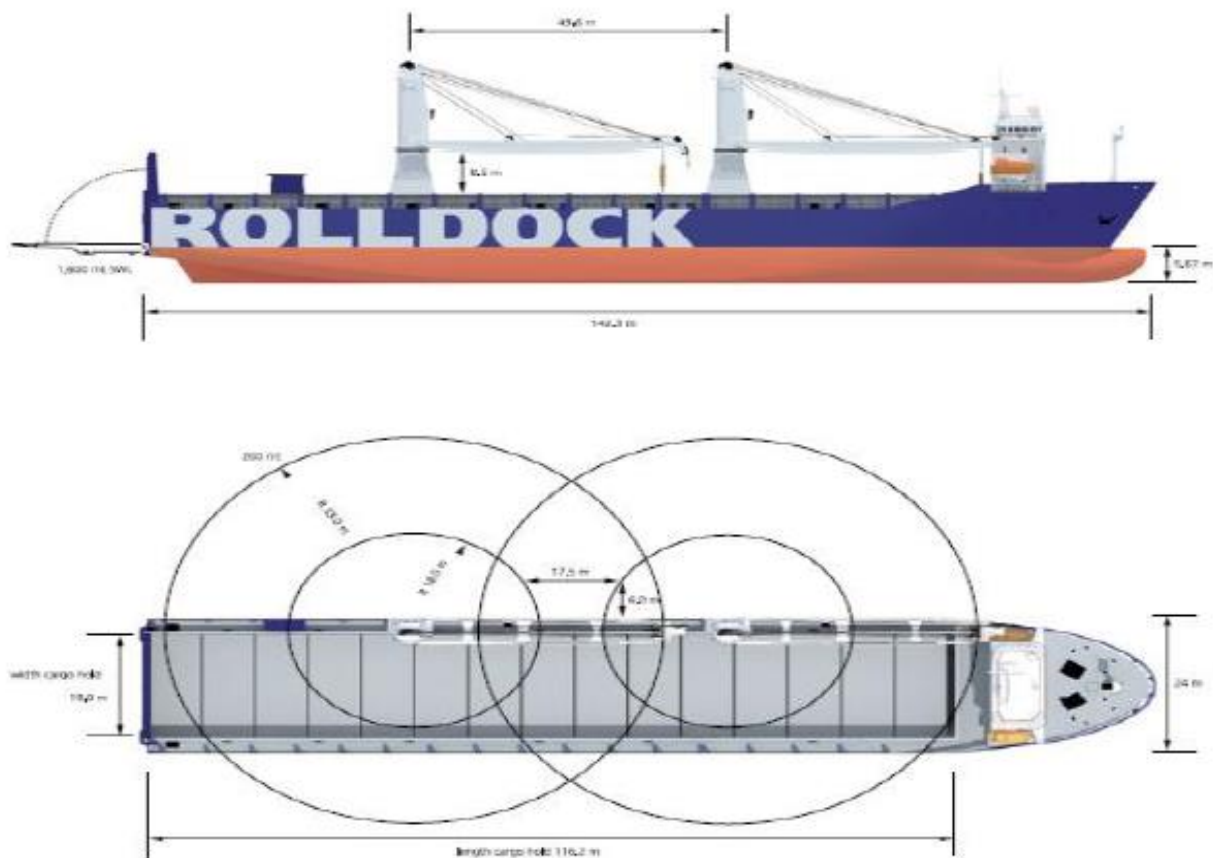
Kod prijevoza *RO-RO* tereta u pomorskom prometu osnovno je obilježje ukrcaj koji se obavlja u horizontalnom smjeru. Postoje dva osnovna načina ukrcaja teškog tereta na brod *RO-RO* metodom, a to su:

- Ukrcaj preko rampe,
- Ukrcaj preko čeličnih greda.

Brodovi koji izvode ukrcaj teških tereta preko brodske rampe *RO-RO* metodom su najčešće kombinacija klasičnih brodova za teške terete sa dizalicama i *RO-RO* brodova. Kompanija *Starman Shipping* bila je jedna od prvih koja je primjenila *Ro-Ro* način ukrcaja/iskrcanja teških tereta. Tipični primjer današnjeg modernog broda koji ima mogućnost ukrcaja tereta *LO-LO* i *RO-RO* metodom su brodovi kompanije *Rolldock*. Njihovi novi brodovi *S* klase imaju slijedeće karakteristike:

- Brzina: 18 čv,
- Duljina preko svega: 142,3 m,
- Širina: 24 m,
- Maksimalni gaz: 5,67 m,
- Dimenzije skladišta: 116,2 m X 19,0 m X 18,1 m,
- Dimenzije rampe: 19,0 m X 9,5 m,
- *SWL* rampe: 1600 t,
- Maksimalno dozvoljeno opterećenje pokrova dvodna u skladištu: 12 t/m<sup>2</sup>,
- Maksimalno dozvoljeno opterećenje palube i poklopca skladišta: 7 t/m<sup>2</sup>,
- *SWL* dizalice: 2 X 350 t,
- Dohvat dizalice: 18m/350 t I 33 m/200 t,
- Skidljiva rampa [3].

Na slici 18. prikazan je brod kompanije *ROLLDOCK*.



**Slika 18. Brod kompanije Rolldock klase S [26]**

Ukrcaj/iskrcaj preko brodske rampe, čiji je otklon od ravnine obale podesiv, najčešće se obavlja pomoću hidrauličnih prikolica s vlastitim pogonom (*eng. Trailer*) i tegljenjem pomoću specijalnih tegljača (*eng. Tugmaster*) ili upotrebom vitala. Ove hidrauličke prikolice, koje su podesive po visini, nakon što se teret postavi na određeno mjesto u brodskom skladištu jednostavno se spuste i izvuku van broda, a težina tereta se prenese na brodsku konstrukciju. Ovi brodovi imaju najčešće jedno skladište velikih dimenzija. Nadgrađe se obično nalazi na pramcu broda dok je rampa za ukrcaj na krmi broda.

Slika 19. prikazuje ukrcaj *OFF-SHORE* konstrukcije preko krmene rampe uz pomoć hidrauličnog trilera koji je podesiv po visini.



**Slika 19. Ukrcaj Off-Shore konstrukcije preko krmene rampe pomoću hidrauličkog trilera podesivog po visini [7]**

Druga opcija za ukrcaj teških tereta *RO-RO* metodom u slučaju da brod nema rampu preko koje bi se teret dokotrljao na brod je upotreba jakih čeličnih greda koje spajaju palubu broda na kojoj će se teret postaviti sa obalom. Postoje razne vrste i oblici ovih greda koje služe kao tračnice preko kojih se teret ukrcaje ili iskrcaje.

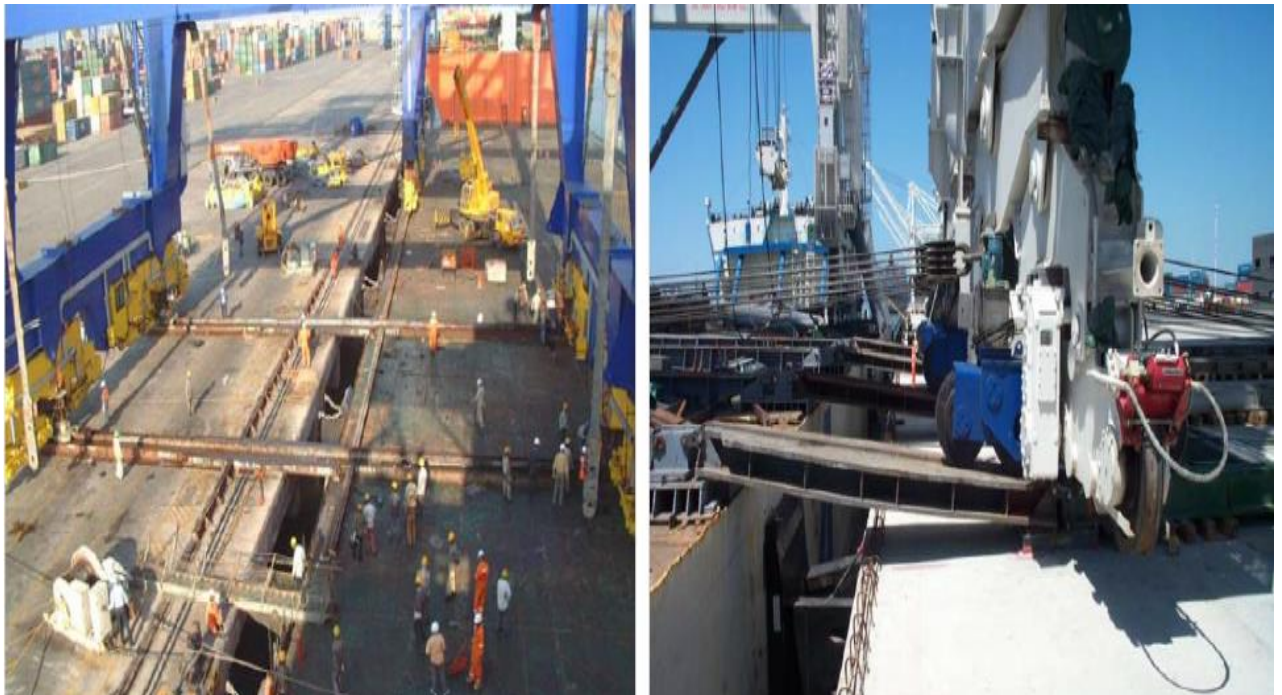
Ova metoda može se primijeniti za ukrcaj preko boka broda ili preko krme. Brod tijekom ukrcaja mora konstantno biti u istoj ravnini s obalom. Teret može imati vlastiti pogon ili ga se ože ukrcavati pomoću vitala. Grede mogu biti zavarene za brodsku konstrukciju kako bi se onemogućilo pomicanje ili se mogu učvrstiti pomoću klinova ili vijaka koji ulaze u utore na brodske palubi.

Karakteristike brodova koje koriste ovu metodu ukrcaja imaju palubu velike površine bez bokova i bez ikakvih opstrukcija na njoj.

Jedan od najčešćih tereta koji se prevozi ovim tipom brodova su velike kontejnerske dizalice koje zbog svojih dimenzija ne dozvoljavaju da se ukrcaju *LO-LO* metodom [10].



Slika 20. prikazuje razne oblike čeličnih greda za ukrcaj.



**Slika 20. Razni oblici čeličnih greda za ukrcaj [4]**

Ukrcaj ili iskrcaj teških glomaznih tereta *RO-RO* metodom može potrajati i nekoliko sati što je dovoljan vremenski period za značajnu promjenu meteoroloških prilika i promjenu u razini vode. Stoga se, prije početka manipulacije teretom potrebno dobro upoznati sa lokalnim vremenskim prilikama i amplitudama morskih mijena za period u kojem će se ukrcavati ili iskrcevati teret. Amplitude morskih mijena neutraliziraju se balastiranjem ili debalastiranjem kako bi se rampa odnosno brod nalazili na istoj razini kao i obala.

Ukoliko vremenska prognoza za period u kojem je planiran ukrcaj/iskrcaj nije povoljna bolje je da se operacija odgodi nego da se teret u trenutku pogoršanja vremenskih prilika (povećanje brzine vjetera i visine valova) nađe na rampi ili nagredama jer postoji velika opasnost od prevrtanja. Postavlja se određeni broj ljudi koji kontroliraju vez broda kako bi cijelo vrijeme bio čvrsto pritegnut ne bi pomicao, jer i minimalni pomak greda uslijed pomaka broda može ugroziti operaciju.

Svi brodovi koji su u prolazu moraju smanjiti brzinu na minimum kako valovi koji će nastati zbog njihova kretanja ne bi pomakli brod na kojem se izvodi ukrcaj/iskrcaj tereta [6].

## 4.2. FLO-FLO TEHNOLOGIJA PREKRCAJA

*FLO-FLO* tehnologiju čine posebno građeni brodovi sa balastnim tankovima i pumpama koji se koriste za ukrcaj/iskrcaj tereta. Oni su građeni sa svrhom prijevoza izuzetno teških i glomaznih, samim time i vrlo nezgodnih tereta za transport. To su u prvom redu dijelovi ili cijele *Off-Shore* instalacije, dijelovi mostova, velike lučke dizalice, dijelovi rafinerija i elektrana i sl.

Na slici 21. prikazan je *Black Marlin* pri transport platform iz Južne Koreje u Meksički zaljev.



**Slika 21. Brod Black Marlin pri transportu platforme  
iz Južne Koreje u Meksički zaljev [22]**

Brodovi koji izvode ukrcaj *FLO-FLO* tehnologijom nazivaju se poluuronjivi brodovi za prijevoz teških tereta (*eng. Semi - submersible Heavy Lift Ships*). Ovi poluuronjivi brodovi razvili su se iz plutajućih dokova. Osnovna razlika između plutajućeg doka i ove vrste brodova je u tome što brod ima vlastiti pogon i djeluje kao normalno transportno sredstvo za razliku od doka koji je obično za akvatorij brodogradilišta i ukoliko ga je potrebno pomicati za to se trebaju angažirati tegljači.

Tereti koji se ukrcavaju ovom tehnologijom moraju imati sposobnost plutanja. Tegljenje plutajućih objekata ili tegljenje istih baržama preko oceana uvijek je bio iznimno rizičan pothvat, a dokaz tome su mnoge nesreće, počevši od malih oštećenja pa do potpunog gubitka tereta, koje su se desile tijekom povijesti. Zbog velikog rizika tegljenja teških i glomaznih tereta ovaj posao je bio opterećen velikim premijama osiguranja koje su se kretale od 1 do 7,5 % vrijednosti tereta, a vrijednost ovakvih tereta može biti više desetaka milijuna dolara. Premija osiguranja kod poluuronjivih brodova iznosi oko 0,2 % vrijednosti tereta što je znatno manje u odnosu na prijevoz tereta tegljenjem. Drugi bitni nedostatak tegljenja na velike udaljenosti jesu vrlo male brzine kretanja tegljača i tegljenog objekta u odnosu na brodove sa vlastitim pogonom. Sve ove činjenice bile su razlog za pojavu novih vrsta brodova koji su sposobni privesti iznimno teške i glomazne terete na velike udaljenosti [3].

Prvi poluuronjivi brod izgrađen je 1979.godine bio je to brod *Super Servant 1*, nakon kojeg su još izgrađena dva ista broda. Kod ovih brodova nakon maksimalnog zaranjanja iznad palube na kojoj se krcao teret visina vode je bila 6,5 m. Balastiranje i debalastiranje izvodilo se pomoću kombinirane upotrebe pumpi i zračnih kompresora. Godine 1983. Izgrađen je prvi od tri broda tipa *Mighty Servants*. Ovi brodovi su bili slični brodovima tipa *Super Servant*, ali veći što im je omogućilo transport glomaznijih i težih tereta koji su se uslijed procvata *Off-Shore* industrije javile na tržištu transporta teških tereta.

Novina koja se uvela na ove brodove bila je mogućnost pomicanja težišta uzgona (*eng Buoyancy Casings*) prema pramcu broda što je dodatno povećalo površinu palube za ukrcaj koja je nakon toga iznosila 5600 m<sup>2</sup>. Brod *Mighty Servant* se 2006. godina potopio u luci Lunada, Angola tijekom iskrcaja platforme za bušenje naftnih polja, slika 22. Prilikom uranjanja kako bi se teret iskrcao brod se počeo nekontrolirano nagnjati i tonuti što je rezultiralo potapanjem. Nakon pet mjeseci ležanja na dnu mora brod je izvučen na površinu i odvezen u luku *Cape Town*. U kolovozu 2009. brod je ponovno vraćen u eksploataciju [24].



**Slika 22. Zadnji trenutci broda Mighty Servant [17]**

Tijekom 1982. i 1983. godine dva tankera za prijevoz sirove nafte su preinačena u poluuronjive brodove na način da im je izbačen srednji dio trupa. Godine 1999. nakon duge pauze u gradnji izgrađen je brod *Black Marlin*, a sljedeće godine i tzv. Sister Ship *Blue Martin*. Na tržištu su 2002. godina uključeni brodovi *Tai An Kou*, i *Kong Sheng Kou*.

Zadnji poluuronjivi brod *Xiang Yun Kou* (dimenzija: dužina 216,7 m, širina 43 m) izgrađen je 2010. godine. Tijekom posljednjeg desetljeća još je nekoliko tankera prenamijenjeno u ovu vrstu brodova. Većina poluuronjivih brodova izgrađenih tijekom 80-tih i 90-tih godina još uvijek plovi ali su na njima obavljene značajne preinake. Brod *Blue Martin*, koji je 2004. godine preuređen, trenutno je najveći u ovoj vrsti brodova.

Ovaj brod nakon gradnje je imao sljedeće karakteristike:

- Duljina preko svega: 217 m,
- Duljina između perpedinkulara: 206,5 m,
- Širina: 42 m,
- Gaz na ljetnoj vodenoj liniji: 10 m,
- Nosivost: 56000 t,
- Visina vode iznad palube nakon maksimalnog uranjanja: 10m,
- Snaga motora: Glavni motor 12640 kWh + dva pramčana potiskivača od 2000 kWh,
- Površina palube za ukrcaj: 7125 m<sup>2</sup>,
- Brzina: 14,5 čv,

- Automnost: 25000 NM,
- Smještaj posade: Za 55 osoba [16].

Nakon određenih preinaka ima slijedeće karakteristike:

- Maksimalni gaz u uronjenom stanju: 29,3 m,
- Visina vode iznad palube nakon maksimalnog uranjanja: Na krmi 16 m ,a na pramcu 12 m,
- Širina: 63 m,
- Površina palube za ukrcaj: 11227 m<sup>2</sup>.

Najveća kompanija koja se bavi transportom tereta poluronjivim brodovima je Nizozemska kompanija *DockWise*. Oni u svojoj floti imaju 19 brodova, trenutno je u izradi studija o gradnji novog broda čija će dimenzija biti: dužina 275 m i širina 70 m [18].

Slike 23, 24 i 25 prikazuju brodove Nizozemske kompanije *DOCKWISE*.



**Slika 23. Black Marline & Blue Marlin u plovidbi [17]**



**Slika 24. Dockwise Vanguard type 0 - super brod [18]**

Ukrcaj i iskrcaj tereta kod ove vrste brodova je vrlo kompliciran i zahtijeva opsežnu pripremu i organizaciju svih ljudi koji su uključeni u transport. Ovom vrstom brodova najčešće se prevoze cijela postrojenja i dijelovi naftne industrije, velike luksuzne jahte, podmornice, oštećeni brodovi itd. Najveći teret koji je ikad prevožen bila je platforma *Thunder* čija je istisnina 59 000 t, a koju je trebalo prevesti iz Južne Koreje u SAD. Za ovaj transport bio je angažiran brod *Blue Marlin*.

Ukrcaj tereta koji se prevozi *FLO-FLO* tehnologijom je sličan je ulasku broda u dok. Teret mora biti u tzv. *ZULU* stanju sa maksimalnim trimom od jedne stope (0,3048 m) i maksimalnim bočnim nagibom od 2,5°. Sve tekućine iz tereta moraju biti ispumpane kako bi se eliminirao utjecaj slobodnih površina koji može ugroziti stabilnost broda. Nakon što je brod došao na mjesto ukrcaja i obavljene su sve potrebne pripreme za ukrcaj započinje puniti svoje balastne tankove kako bi uronio svoju palubu do dubine koja je potrebna za ukrcaj tereta [14].



**Slika 25. Brod Blue Marlin pri transportu platforme Thunder [17]**

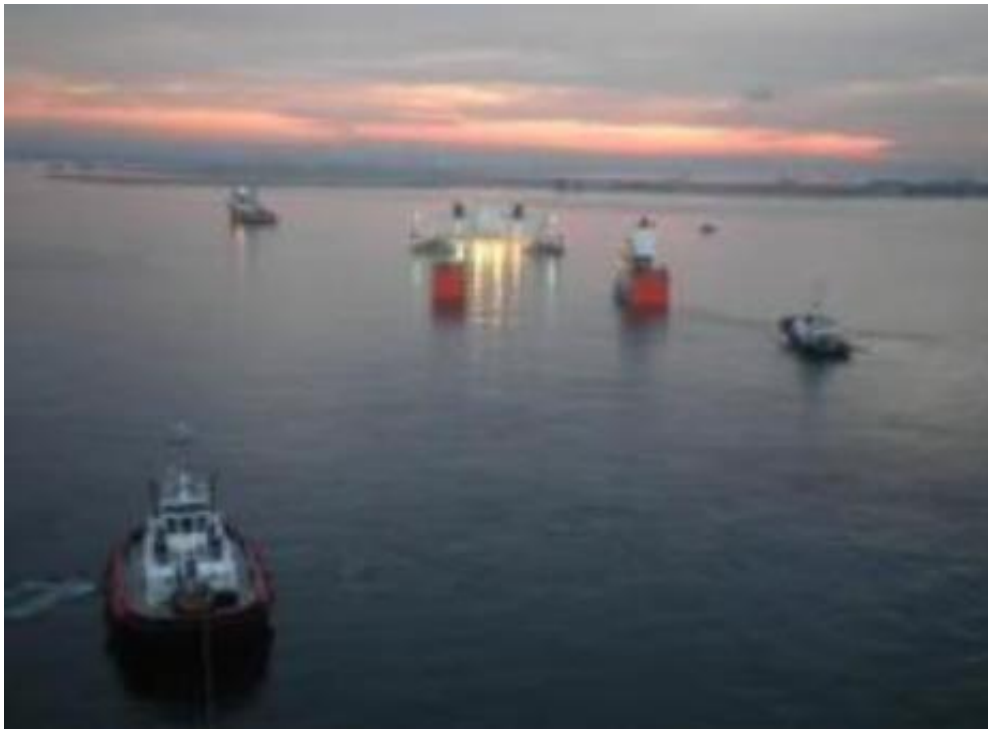
Razlikujemo dva osnovna načina uranjanja broda, a to su:

- Uron nakon kojeg će paluba za ukrcaj biti paralelna sa površinom mora,
- Uron pod određenim uzdužnim nagibom odnosno trimom.

Uron sa trimom potreban je kod ukrcaja dužih tereta (npr. nekog broda) koji na brod ulaze sa krme, a kod ukrcaja tereta kojima se dužina i širina približno jednaki nije potreban trim jer oni na brod ulaze bočno. Nakon uranjanja broda, slika 16., na zahtijevanu dubinu teret se pomoću tegljača postavlja iznad palube na točno određenoj poziciji kako bi nasjeo na ležište koje se obično pripremi prije ukrcaja.

Nakon što se teret postavi iznad određene pozicije brod započinje sa debalastiranjem sve dok teret ili kobilica u slučaju transporta drugog broda ne dotaknu postolje (podklade). U ovom trenutku vrlo je važno teret postaviti točno u ležište odnosno na poziciju koja je predviđena i proračunata za ukrcaj tog tereta jer u protivnom sve ono što je proračunato u svezi sa stabilitetom i osiguranjem tog tereta neće više vrijediti, a u tu svrhu neophodna je asistencija ronionica [28].

Slika 26. prikazuje tegljače koji dovode teret na brod.



**Slika 26. Tegljači dovode teret na brod [17]**

Nakon toga se obično ispumpava voda iz pramčanog dijela kako bi prednji dio broda prvi izronio iz vode, a nakon toga se ispumpava voda iz krmenog dijela kako bi se brod izravnao i kako bi potpuno izronio iz vode. Poslije izranjanja broda zajedno sa teretom pristupa se osiguranju i učvršćivanju.

U slučaju transporta drugog broda poluuronjenim brodom posebnu pozornost potrebno je dati stabilnost broda koji se prevozi jer njegovim izranjanjem odnosno smanjivanjem njegova gaza dolazi do potpunog gubitka stabilnosti i postoji opasnost od prevrtanja.

Brod postupno izranja iz vode i naliže na postolje (poklade). Nakon što je brod nalegao na postolje brod koji prevozi i dalje izranja iz vode ali sada zajedno s brodom na palubi, njegovim teretom. Pri tom izranjanju brod na palubi sve više i više gubi svoj uzgon, a masa koja nije osigurana uzgonom sve se više povećava sve do kritične razine mora iznad kobilice pri kojoj postoji opasnost od prevrtanja.

Da bi se ovo izbjeglo bočni dijelovi postolja moraju biti dovoljno visoki kako bi se brod fiksirao prije nego njegov gaz bude na kritičnoj razini [3].



Na slici 27. prikazan je *Blue Marlin* prilikom transporta oštećenog broda iz Adenskog zaljeva u SAD.



**Slika 27. Brod Blue Marlin pri transportu oštećenog broda Američke ratne mornarice iz Adenskog zaljeva u SAD [14]**

#### **4.3. LO-LO TEHNOLOGIJE PREKRCAJA**

Prvi brodovi koji su prevozili teške terete bili su brodovi koji ukrcaj i iskrcaj izvode *LO-LO* metodom. U početku su ovi brodovi imali jednu ili dvije samarice (tzv, *Stacklen Mast Derricks* ) koje su postavljene u uzdužnici broda.

Današnji klasični brodovi koji izvode ukrcaj/iskrcaj *LO-LO* metodom opremljeni su sa dvije dizalice smještene na bokovima broda. Smještaj dizalica na bok broda omogućuje ukrcaj iznimno glomaznih tereta na brod. Mogu biti opremljeni jednom ili više dizalica najvećeg dopuštenog opterećenja koje nerijetko prelazi 800 t. Nadgrađe u pravilu smješteno na pramčanom dijelu broda [8].

Pri manipulaciji sa teretom često se koriste bočni pontoni ili tzv. stabilizatori koji povećavaju stabilnost broda. Imaju prostrana skladišta sa međupalubljem podesivim po visini. Najveće kompanije na tržištu transporta teških tereta su njemačke kompanije *Jumbo Shipping* i *Mammoet*.

Zadnji brod koji je došao na tržište transporta teških tereta *LO-LO* metodom je brod *LONE* kompanije *SAL*, a ima sljedeće karakteristike, slika 28., 29. i 30.

- Nosivost: 12500 t,
- LOA: 160,50 m,
- Širina: 27,50 m,
- Dimenzije palube: 128,50 X 27,50 m,
- Dimenzije skladišta: 107,10 X 17,00 X 13,70 m,
- Dvije hidraulične dizalice smještene na lijevom boku, svaka kapaciteta 1000 t, au kombinaciji 2000t,
- Dohvat dizalice: 16m / 1000t, 25 m / 800t i 38 m 7500 t,
- Brzina 20 čv,
- DP pozicioniranje [21].



**Slika 28. MV Svenja 12/2010, MV Lone 03/2011 [21]**



Slika 29. MV Lone [21]

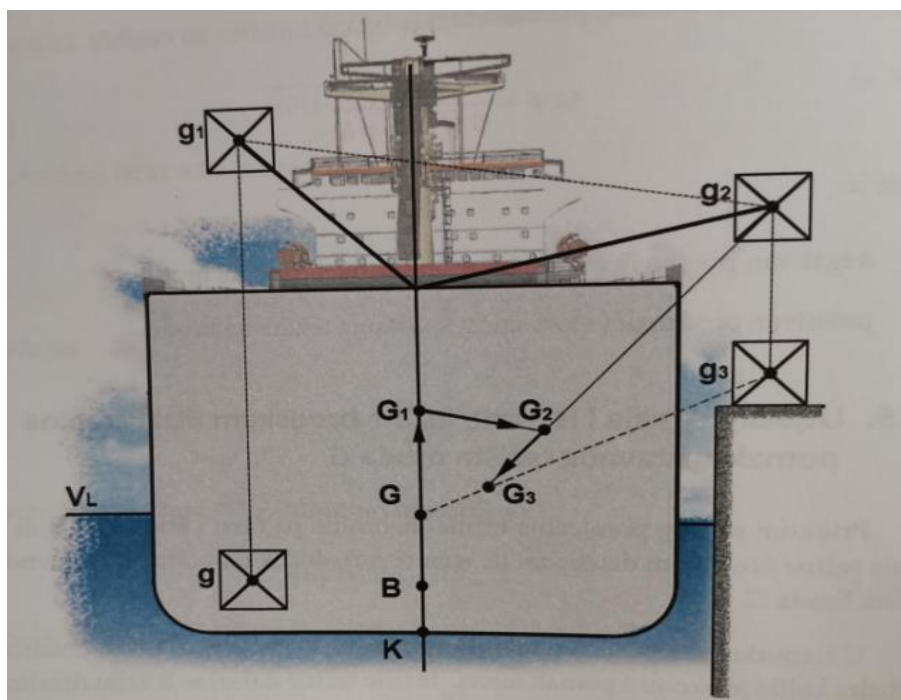


Slika 30. MV Svenja [21]

## 5. UTJECAJ VISEČEG TERETA NA STABILNOST BRODA

Prilikom svakog pomicanja težina na brodu pa tako i kod ukrcaja ili iskrcaja tereta brodskom dizalicom ili samaricom dolazi do pomaka težišta broskog sustava  $G$ . U trenutku podizanja tereta njegovo težište težine prelazi u vrh dizalice bez obzira koliki je vertikalni pomak tereta.

Na slici 31.  $G$  predstavlja početni položaj težišta broskog sustava, a  $g$  predstavlja početni položaj težišta tereta koji se nalazi na dnu skladišta. U trenutku odvajanja tereta od dna skladišta njegovo težište se pomiče u  $g_1$ . Ovo će uvjetovati pomak težišta broda iz  $G$  u  $G_1$  paralelno sa pomakom težišta težine  $g_1$ . Težište broskog sustava ostat će u položaju  $G_1$ , težište tereta u  $g_1$  za cijelo vrijeme podizanja tereta iz skladišta.



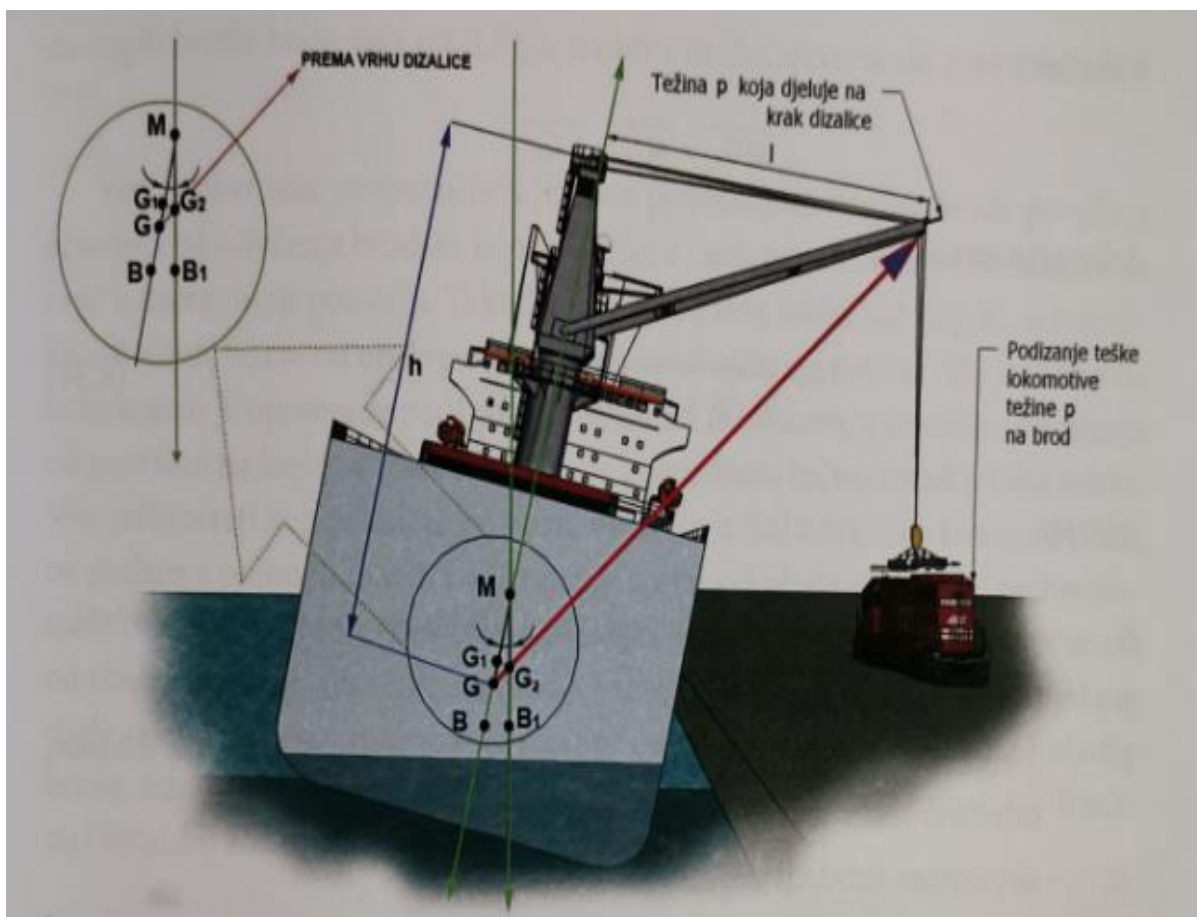
Slika 31 Pomak težišta broskog sustava pri pomaku tereta [11]

Kada se dizalica zaokrene izvan broda vrh dizalice prelazi u položaj , gdje se nalazi i težište ovješene težine. Ovo će uzrokovati pomak sustavnog težišta broda iz  $G$  u  $G_1$ . Ako sada težinu spustimo na obalu (položaj  $g_3$ ) dobivamo učinak kao da smo iskrcali teret s vrha dizalice i sustavno težište broda pomaknut će se s položaja  $G_2$  u  $G_3$  koji je ujedno konačni položaj težišta broskog sustava nakon iskrcaja težine [11].

## 5.1. PROMJENA U STABILITETU BRODA PRI UKRCAJU TEŠKIH TERETA BRODSKOM DIZALICOM

Kao što je već prije navedeno pri podizanju teškog tereta brodskom dizalicom dolazi do pomaka težišta broskog sustava  $G$  izvan simetrale broda. Pomak težišta broskog sustava iz  $G$  u  $G_2$  izaziva nagibanje broda za neki kut  $\theta$  jer novo težište broda mora biti na istoj vodenoj liniji kao i novo težište istisnine, slika 32.

Radi lakše predodžbe pomicanja točke  $G$  i lakšeg računanja pojedinih elemenata stabilnosti broda pomak iz  $G$  u  $G_2$  možemo podijeliti u dvije komponente: vertikalni i horizontalni pomak. Vertikalni pomak uzrokovat će povećanje visine  $\overline{KG}$  što uzrokuje smanjenje metacentarske  $\overline{MG}$  visine koja je osnovno mjerilo poprečne stabilnosti broda. Horizontalni pomak prouzročit će nagib broda prema strani na kojoj se nalazi teret.



Slika 32. Promjena stabiliteta broda pri podizanju visećeg tereta brodskim teretnim uređajem [28]

Pomak sustavnog težišta broda iz početnog u novi položaj računa se prema sljedećim izrazima:

$$\overline{GG_1} = \frac{p \cdot h}{D+p} \quad (1)$$

$$\overline{G_1G_2} = \frac{p \cdot l}{D+p} \quad (2)$$

Kad izračunamo ove dvije vrijednosti možemo pomoću tangensa kuta izračunati maksimalni kut nagiba broda pri podizanju tereta sa obale, uz poznavanje početne metacentarske visine. [28].

$$\tan \varphi = \frac{\overline{G_1G_2}}{\overline{MG_1}} \quad (3)$$

$$\overline{MG_1} = \overline{MG_1} - \overline{GG_1} \quad (4)$$

$$\tan \varphi = \frac{p \cdot l}{(D+p) \left( \overline{MG} - \frac{p \cdot h}{D+p} \right)} \quad (5)$$

Gdje je:

$G, G_1$  i  $G_2$  - različiti položaji težišta brodskog sustava,

$h$  - vertikalna udaljenost između težišta brodskog sustava i vrha smarice/dizalice,

$p$  - težina tereta,

$l$  - horizontalna udaljenost između težišta brodskog sustava i vrha smarice/dizalice,

$D$  - deplasman broda,

$\tan \varphi$  - maksimalni kut nagiba broda pri podizanju tereta.

Da bi izračunali početnu metacentarsku visinu  $\overline{MG}$  koja je potrebna da nam nagib broda uslijed podizanja teškog tereta ne bude veći od zahtijevanog koristimo slijedeći izraz:

$$\overline{MG} = \frac{p}{D+p} \left( \frac{l}{\tan \varphi} + h \right) \quad (6)$$

Prije početka ukrcaja odnosno tijekom planiranja da se neki teški teret preveze određenim brodom potrebno je izračunati sve elemente stabilnosti broda kroz sve faze ukrcaja/iskrcaja tereta. Časnik koji je zadužen za manipulaciju teretom treba pripremiti brod za ukrcaj.

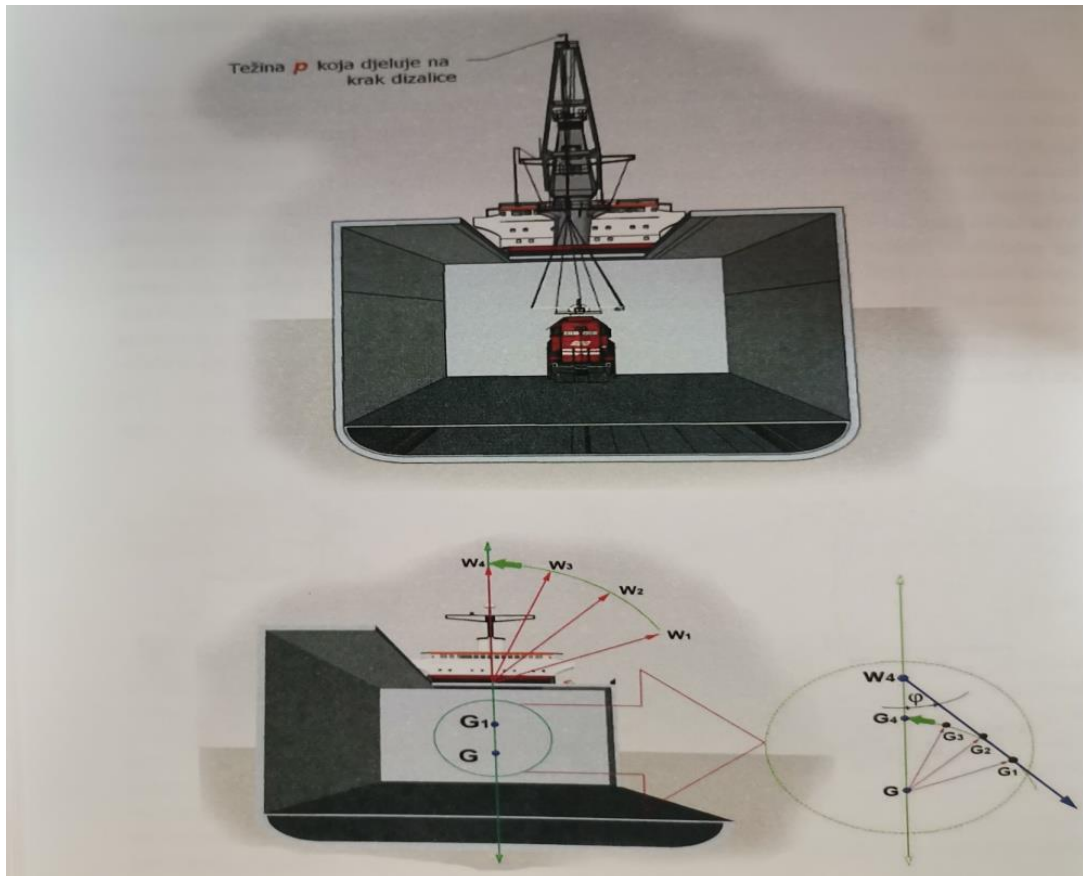
Brod mora imati adekvatnu stabilnost što znači da podizanje težišta brodskog sustava prema točki metacentra ne smije biti velika u odnosu na početnu metacentarsku visinu kako se ne bi ugrozila stabilnost broda tijekom manipulacije teretom u luci i tijekom putovanja brodom na otvorenom moru.

Stabilnost broda tijekom ukrcaja/iskrcaja tereta regulira se transferom balasta između balastnih tankova i upotrebom stabilizacijskih pontona. Tijekom operacije podizanja i spuštanja tereta brod nikada ne bih smio biti nagnut pod kutom većim od  $2^\circ$ , a u praksi se nikad ne dozvoljava da nagib broda bude veći od  $0,5^\circ$ , a u iznimnim slučajevima do maksimalno  $1^\circ$  [28].

Veći kutovi nisu preporučljivi jer se povećanjem nagiba broda povećava opasnost od oštećenja brodske konstrukcije, a i same dizalice su konstruirane da rade u uspravnom položaju. Također, ukoliko brod ima veliki kut nagiba u trenutku odvajanja tereta od obale postoji mogućnost njihanja tereta. Vrlo je važno da kuka kojom je oprema za podizanje povezana sa dizalicom u trenutku odvajanja od površine na kojoj se teret nalazi bude postavljena točno iznad težišta tereta.

Vrlo teški tereti koji se nalaze na obali nikad se u fazi odvajanja tereta od obale ne podižu pomoću dizalice. Odvajanje tereta od obale obavlja se prebacivanjem balasta sa jedne strane broda na drugu, a zatim se nakon odvajanja tereta od obale koriste dizalice uz konstantan transfer balasta, kako bi se brodom tijekom cijele operacije držao u ispravnom položaju. Ovim se sprečava naglo ljuljanje broda, odnosno odskakanje, u trenutku prijenosa težine tereta sa obale na dizalicu i brodsku konstrukciju [23].

Sa slike 33. vidljivo je da težina  $p$  djeluje kroz uzastopne točke od  $w_1$  do  $w_4$ , tada se glava samarice (*eng. Derrick*) pomiče unutra, uz istovremeno povećanje svoje udaljenosti od  $VCG$  broda, tako da se pomak  $G$  također povećava. To rezultira da se  $G$  pomiče uzduž parabolične putanje kao što je prikazano na slici 33.



**Slika 33. Pomak težišta brodskog sustava pri pomaku grane dizalice [11]**

Kao što je već navedeno nagib broda prouzročen odvajanjem tereta od obale mora biti što manji. Nakon što se grana dizalice, uslijed odvajanja tereta od obale, počne podizati da bi se teret postavio okomito iznad pozicije na kojoj će biti složen na brodu dolazi do smanjivanja udaljenosti težišta brodskog sustava od uzdužnice broda i do udaljavanja od kobilice broda.

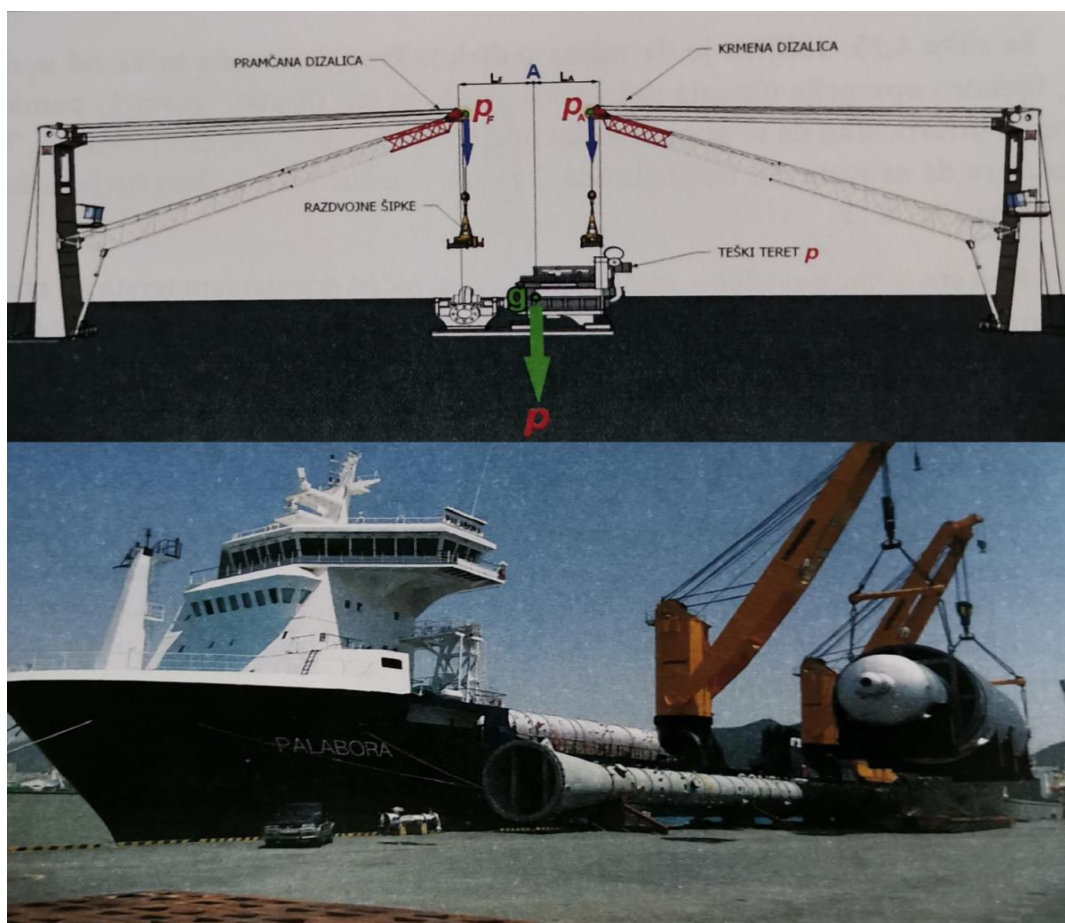
Na slici 33. vidljivo je da između pozicije grane dizalice  $w_1$  i  $w_3$  nema značajnijeg smanjenja nagiba broda. Nakon pozicije  $w_3$  dolazi do naglog uspravljanja broda te postoji opasnost da se brod zaljulja prije nego što grana dizalice bude na uzdužnici broda. Ovo je jedan od najkritičnijih trenutaka ukrcaja teškog tereta sa brodskom dizalicom jer se u tom trenutku dolazi do minimalne vrijednosti metacentarske visine tijekom cijele operacije.



Ukoliko se teret zaljulja izvan uzdužnice ili ako se guma dizalice pomiče prebrzo brod će se nagnuti u suprotnom stranu i može doći do gubitka kontrole nad pomicanjem tereta. Stoga je vrlo važno da vertikalni pomak težišta broskog sustava bude relativno mali u odnosu na početnu metacentarsku visinu [11].

Većina klasičnih brodova za teške terete ima dvije dizalice koje često podižu teret u paru. Ukoliko se za podizanje nekog teškog tereta koriste dvije dizalice vrlo je važno da one budu ravnomjerno opterećene tj. da nose jednaku težinu tereta. Da bi se ovo postiglo hvatište tereta prednje i stražnje dizalice mora biti na jednakoj udaljenosti na težište tereta. U ovom slučaju efektivno težište tereta  $A$  koji visi nalazit će se na liniji koja spaja vrhove dviju dizalica, vertikalno iznad stvarnog težišta tereta  $g$ .

Dizalice / Samarice, slika 34., mogu biti zaokretane naizmjenice u malim koracima okrećući opterećenje horizontalno ako je potrebno, ali to mora biti učinjeno polako tako podizači tereta na kojima teret slobodno visi ostaju što je više moguće okomito [11].



Slika 34. Podizanje tereta sa dvije dizalice i tipičnom gredom za dizanje teškog tereta – lokomotive [11]

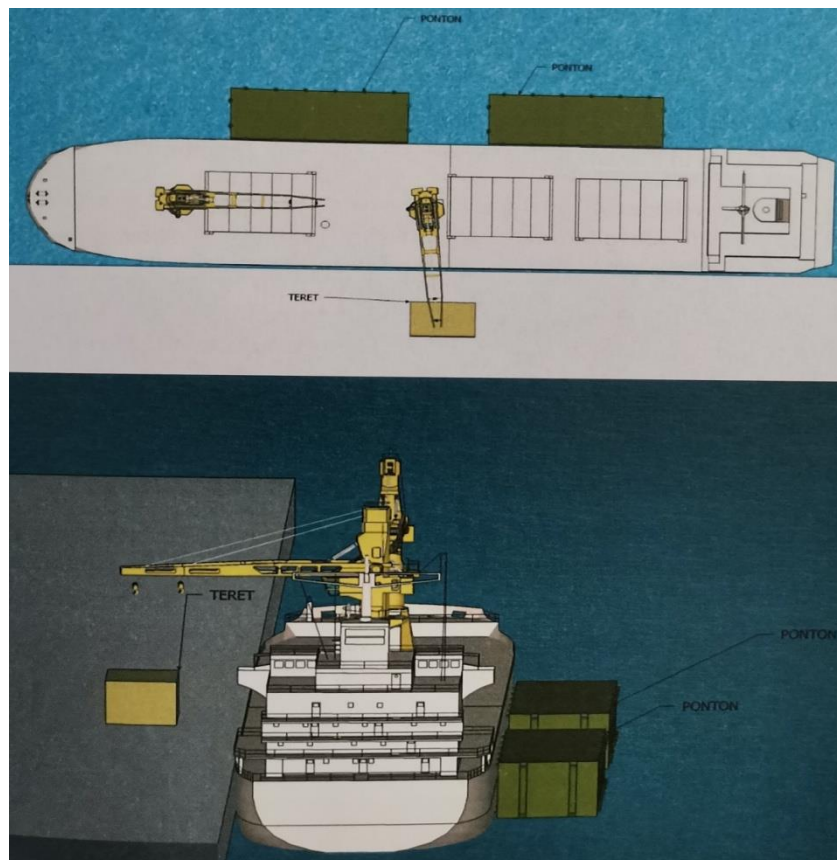
## 5.2. Stabilizacijski pontoni

Stabilizacijski pontoni koriste se kada balastni sustav broda nije u mogućnosti zadržati bočni nagib unutar  $4^\circ$ . Korištenjem ovih pontona povećava se površina vodene linije odnosno povećava se početna metacentarska visina broda.

Ponton se postavlja na suprotnu stranu od obale i učvršćuje se pomoću specijalnog čeličnog profila koji ulazi u brodsku konstrukciju i u konstrukciju pontona, te na taj način postaju jedno tijelo sa brodom. Brzina strujanja vode uz bok broda ne bih smjela biti veća od 6 čv, kako ne bi došlo do oštećenja konstrukcije broda ili pontona. Unutar pontona nalaze se obično koji mogu puniti i prazniti što mu omogućuje da uroni do određenog gaza.

Treba naglasiti da stabilizacijski pontoni ne služe isključivo kao protu uteg, već je njegova funkcija povećanje površine vodene linije i početne stabilnosti broda. Pontoni i njihova oprema za učvršćivanje nisu dizajnirani da pružaju uzgon ili da se odupiru silama prevrtanja u slučaju iznenadnog gubitka stabilnosti [11].

Na slici 35. prikazani su stabilizacijski pontoni.



Slika 35. Stabilizacijski pontoni smješteni uz bok broda [11]

## 6. PLUTAJUĆE DIZALICE ZA TEŠKI TERET

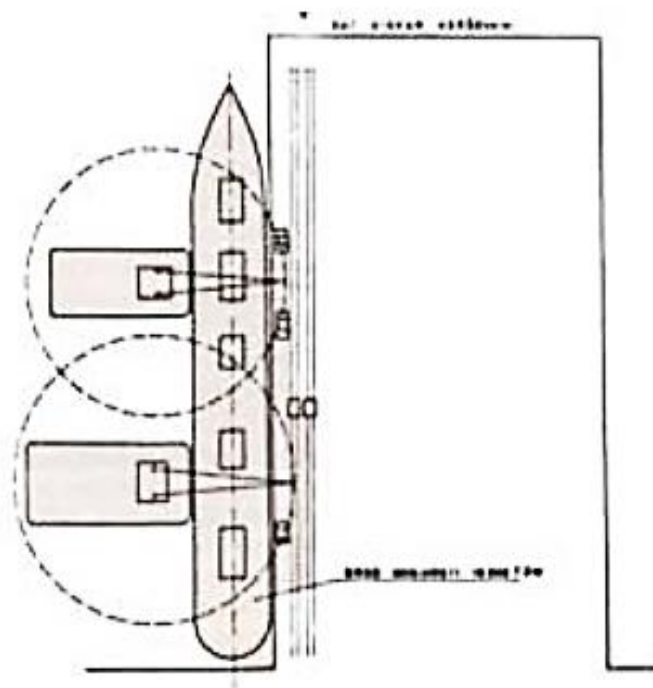
Klasične dizalice za teški teret, koje su namijenjene za putovanje morem često se ukrcaju preko plutajućih dizalica. Kada je teret pretežak ili prezahtjevan dimenzijski tada se upošljavaju plutajuće dizalice. Većina velikih luka svijeta pružaju ovu dodatnu uslugu. Svrha upotrebe ovih dizalica je dvostrana, ako je teret ukrcao uz pomoć ovakvih dizalica isti teret treba biti iskrcan od strane ovakve opreme.

Plutajuću dizalicu ne smijemo zamijeniti sa specijalnom dizalicom baržom. Plutajuća dizalica se razlikuje na način da nema vlastitu propulziju i može zahtijevati tegljače da bi je se transportiralo morem, prije nego se započne s radom.

Konstrukcija ovih klasičnih dizalica je takva da se dizalica montira na ponton baržu sa otvorenim palubnim prostorom za smještaj teretnog dijela, sastoji se od tank sustava za trim da bi se zadovoljila potreba za radom ako tako uvjeti nalažu.

Najveća mana ovih sustava u usporedbi sa modernim izvedbama sa plutajućim okomitim zračnicama je ta da klasične plutajuće dizalice imaju veće ograničenje dizanja tereta kao i kraći krak dizalice [20].

Na slici 36. Prikazana je shema plutajuće dizalice za teške terete.



Slika 36 Plutajuća dizalica za teške terete [10]

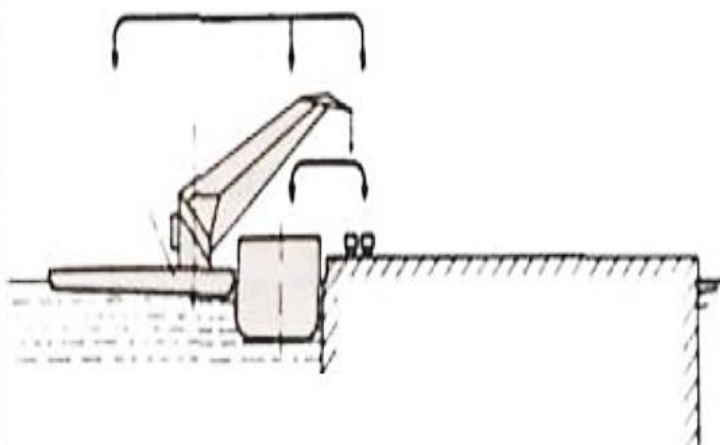
## 6.1. DIZALICE SA PLUTAJUĆIM OKOMITIM ZRAČNICAMA (NA VLASTITI POGON)

Dizalice barže usko su vezane uz *Off-Shore* segment u pomorskoj industriji ali njihova mobilnost pod vlastitim pogonom, kombinirano sa bočnim propulzorima za pozicioniranje pružaju fleksibilnost pri mnogim operacijama sa teškim teretom.

Neke gradnje uključuju dinamičko pozicioniranje i ovisno o ukupnoj veličini moguće je postići kapacitete podizanja do 6000 m/t sa glavnom dizalicom.

Velikim se početnim slovom piše prva riječ u retku pri uspravnome nabranjanju cijelih rečenica, a na kraju svake rečenice piše se točka [4].

Na slici 37. prikazana je plutajuća barža.



Slika 37. Plutajuća barža, uključena u operaciju podizanja teškog tereta [10]

## 7. OPREMA ZA MANIPULACIJU I UČVRŠĆIVANJE TEŠKIH TERETA

Oprema koja se nalazi na brodovima za transport teških tereta nije jedinstvena već se ona razlikuje od broda do broda, a što najviše ovisi o teretima koje je pojedini brod prethodno prevezio. Standardna oprema koju ima većina brodova za transport teških tereta uključuje žičanu užad i pasce različitih oblika i dimenzija, sintetičke pasce, škopce, kuke, noseće grede, D prstene, metalne stopere, stegače, drvene grede i podloge itd. Prije i nakon svakog korištenja sva oprema se treba pregledati kako bi se primijetila eventualna oštećenja [3].

Da ne bi došlo do pojave korozije svu metalnu opremu potrebno je u određenim vremenskim intervalima premazati zaštitnim materijalom (najčešće mašću), a ukoliko sintetički pasci dođu u doticaj sa morskom vodom njih je potrebno oprati slatkom vodom. Specifikacija proizvođača i deklaracija opreme koja pokazuje da oprema zadovoljava određene standarde mora biti jasno istaknuta [22].

Slika 38. prikazuje primjer specifikacije proizvođača.



Slika 38. Specifikacija proizvođača [8]

## 7.1. ŽIČANA UŽAD

Izrada žičane užadi (*eng. Wire Ropes*) ima sličan postupak kao i izrada vlaknaste užadi s tim što se niti (pređa) zamjenjuje metalnim žicama. Prema materijalu od kojeg se izrađuju postoji željezna, čelična, bakrena užad.

Za manipulaciju i učvršćivanje tereta koristi se isključivo užadi izgrađene od čelika, odnosno čelik-čela. Konstrukcija čelične užadi karakterizira promjer užeta, broj strukova, prekidna čvrstoća, izvedba struka, način uplitanja, vrsta središnje žice itd. Pravilan izbor užadi vrlo je važan i gotovo odlučujući element za njegovu uporabu, sigurnost pri radu i trajnost. U ovom smislu, uz iskustvo korisnika, poznavanje osnovnih elemenata od kojih ovisi kvaliteta čeličnog užeta je od posebnog značaja [19].

Najčešće se koristi užad sa 6 strukova, a rjeđe sa 7 ili 8. Promjer i veličina žičanog užeta mora biti u skladu s dimenzijama i težinom tereta kojeg je potrebno učvrstiti ili s kojim je potrebno manipulirati. Ukoliko je na dužini čelik-čela koja je osam puta veća od promjera čelik-čela (npr.  $\varnothing=30$  mm,  $l=240$  mm) oštećeno više od 10 % žice isto se mora povući iz uporabe.

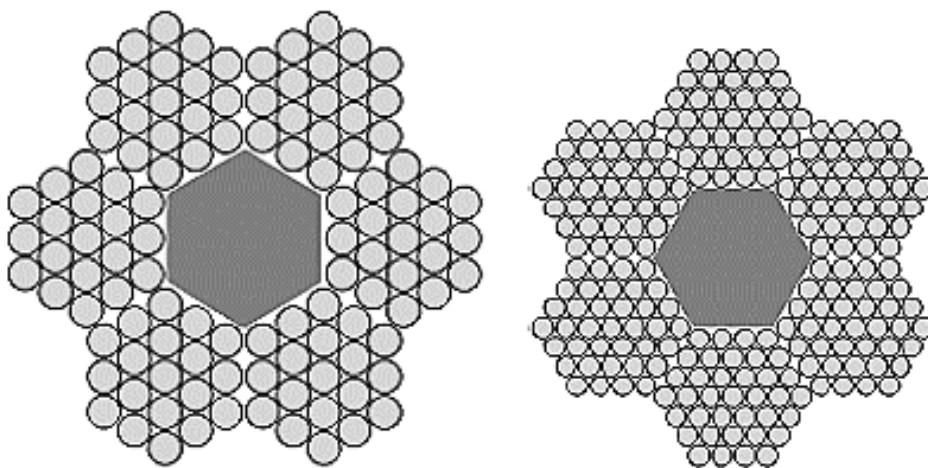
Čelična užad, slika 39., imaju široku primjenu u osiguranju i učvršćivanju tereta koji se prevozi morem. Čelična užad se sastoji od zasebnih žica koje su upletene u uzlove koji su opet skupa upleteni između sebe te tako čine gotov proizvod.

Debljina i broj žica i broj strukova direktno utječu na čvrstoću te samu cijenu čeličnog konopa. Vrste čelične užadi koja se uglavnom koristi za osiguranje tereta desno-pletene konopi, a rjeđe lijevo-pletene konopi [6].



Slika 39. Različita struktura čelične užadi – poprečni presjek i uzdužni pogled [8]

Najčešće se izrađuje čelična užad standardne konstrukcije sa 6 strukova po 19 pojedinačnih žica u svakom struku, te vlaknastom jezgrom koja popunjava prazninu u sredini, slika 40. Faktor popunjenosti (*eng. Fill factor*) za ovakvu je okovu vrstu užadi je oko 0,455, ili kada se gleda u poprečnom presjeku površina koju popunjava metalni dio konopa je oko 45,5 % ukupnog presjeka.



**Slika 40. Struktura čelične užadi [8]**

Čelična užad konstrukcijskih karakteristika 6 x 37+ 1FC također su česta, i imaju isti faktor popunjenosti kao i čelična užad konstrukcijskih karakteristika 6 x 19+1 FC. Zbog raznih načina izrade čeličnih konopa postoje i različiti izračuni za *MSL* (*eng. Maximum Securing Load*).[5].

## **7.2. ŠKOPCI – GAMBETI**

Postoje različite vrste i veličine škopaca. Izrađuju se lijevanjem ili kovanjem željeza ili čelika. Prema obliku mogu se podijeliti u tzv. D-škopce i škopce čiji se struk širi prema vrhu (*eng. Bow Shackle*). Škopci u svom donjem dijelu imaju rupe na obje strane struka kroz koje prolazi svornjak. Svornjak može imati navoj ili rupicu kroz koju se povlači *pin*.

Osnovna namjena škopca je da spajaju dva kraja lanca ili čeličnog užeta odnosno da spajaju lanac ili čelično užo za brodsku konstrukciju. Sigurno radno opterećenje *SWL* može im biti i 1000 t.

Za učvršćivanje tereta najčešće se koristi *Anchor Shackles* koji se zbog svog oblika jako dobro prilagođava smjeru iz kojeg djeluje sila [5].

Na slici 41. i 42. prikazane su različite vrste škopaca.



Slika 41. Različite vrste škopaca [15]



Slika 42. Anchor Shackle i Chain Shackle [8]



### 7.3. LANCI

Lanci koji se koriste za manipulaciju i učvršćivanje teških tereta dolaze u različitim veličinama i sa raznim prekidnim silama. Osnovna prednost lanaca u odnosu na druga sredstva koja se koriste za učvršćivanje teškog tereta je u tome što se rastežu pod opterećenjem, teže se oštećuju i što imaju veću trajnost. Nedostatak lanaca što su vrlo teški za rukovanje, teško se prilagođavaju obliku tereta ako se pomoću njih želi opasati teret, a što može uzrokovati oštećenje tereta. Nisu pogodni za terete koji imaju mekanu vanjsku strukturu.

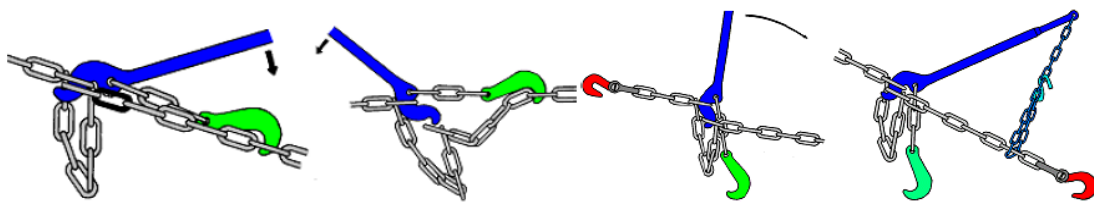
Lanci, slika 43., za učvršćivanje uglavnom se koriste samo za učvršćivanje teškog tereta, s tim da lanci po završetku transporta moraju biti vraćeni na brod. Na vrlo vrijednim teretima ovakvo osiguranje se smatra kao izgubljena oprema za osiguranje i ispomoć kod učvršćivanja tereta (*eng. Lost Load Securing Aid*). Ovakva oprema ima velike prednosti glede čvrstoće i sila koju može izdržati, te velikom brzinom i lakoćom kojom se ovakva oprema može rastaviti [6].



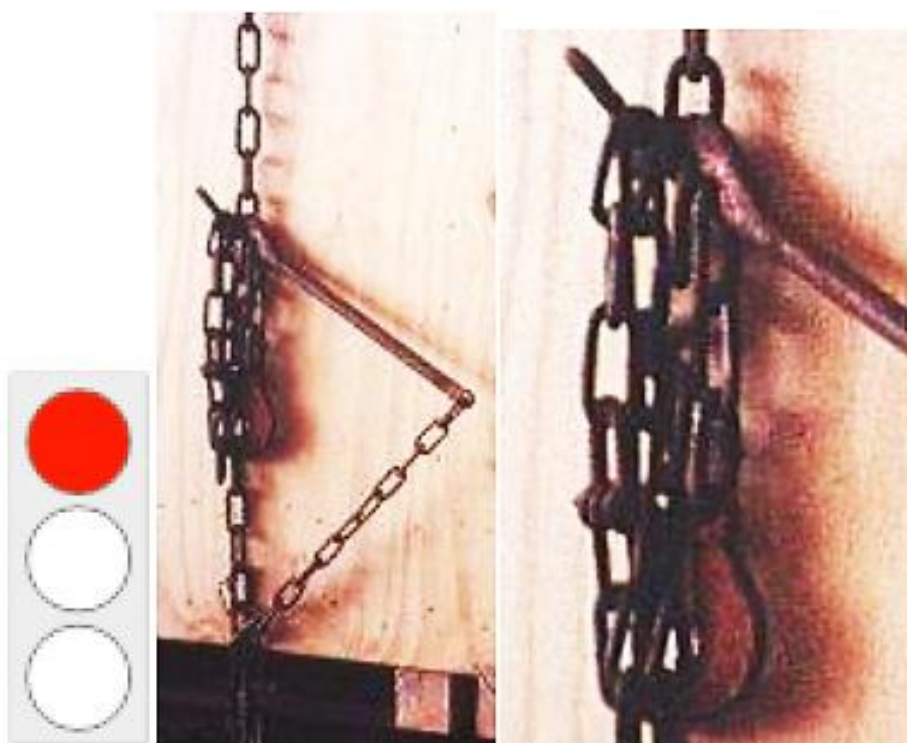
**Slika 43. Lanac za učvršćivanje sa dugim karikama [8]**

Osim stegača za pritezanje i skraćivanje lanaca koriste se i pritezne kuke. Pritezna poluga ne smije ostati pod kutom od  $90^\circ$  već mora biti podešena pod kutom od najviše  $45^\circ$ , u protivnom jezik poluge može se izviti ili otkinuti [8].

Slike 44., 45. i 46. prikazuju radnje koje možemo izvršavati sa lancima.



Slika 44. Ubacivanje pritezne poluge, kuke lanaca za pritezanje, učvršćivanje i skraćivanje lanaca [8]



Slika 45. Osiguranje tereta kukom i nepravilno umetnuta kuka [8]

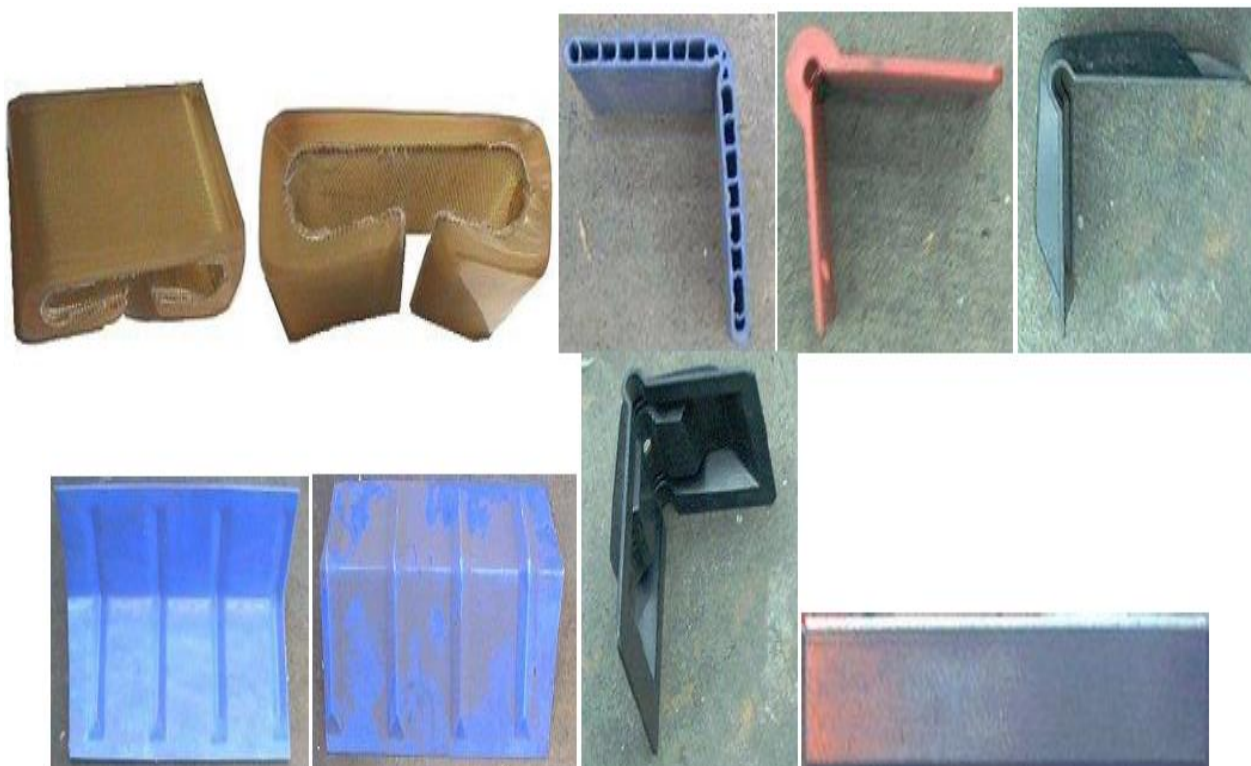


Slika 46. Skraćenje lanca sa specijalnom kukom zvanom kanđa i osiguravajućom polugom [8]

#### 7.4. SINTETIČKE BRAGE

Najčešće se koriste za manipulaciju i učvršćivanje tereta koji nemaju opremu za koju se može zakvačiti druga oprema (cijevi, profili, tereti sa osjetljivom vanjskom površinom, jahte itd.). Izgrađuju se od sintetičkih vlakana, a u njih se dodaju karbonska vlakna kako bi im se povećala nosivost. Imaju malu težinu i laki su za rukovanje, vrlo su fleksibilni, dobro prijanjaju uz strukturu tereta i imaju vrlo veliki faktor trenja zbog čega su vrlo pogodni za učvršćivanje tereta koji imaju glatku površinu. Najveći nedostatak im je što se iznimno lako mogu oštetiti ili puknuti ako prelaze preko oštih dijelova tereta [6].

Za očuvanje braga od oštećenja zbog oštih rubova preko kojih se brage postavljaju koriste se različiti tipovi podloge, slika 47.



Slika 47. Različiti tipovi podloga [8]

Za zatezanje sintetičkih traka koriste se različiti tipovi zatezača, a jedna vrsta je prikazana na slici 48.



**Slika 48. Jedan od tipova zatezača za sintetičke brage [8]**

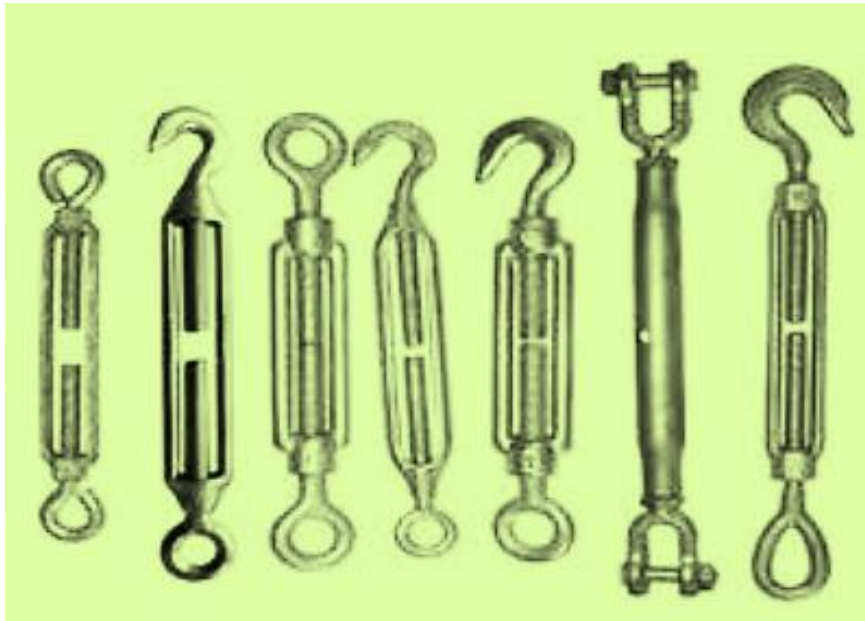
Pojasi i brage za osiguranje nikada ne smiju biti uvijene ili povezane u čvor. Trake se moraju pričvršćivati na široke i ne smiju biti postavljene preko oštih rubova, a sav oštećeni materijal koji služi za osiguranje i učvršćivanje tereta mora biti izbačen iz uporabe [8].

## **7.5. STEGAČI**

Stegači služe za spajanje dva kraja lanca ili čelik-čela odnosno za spajanje čelik-čela ili lanca za neku fiksnu točku. Konstruirani su tako da rotiranjem središnjeg dijela stegača dolazi do zatezanja užadi koja je spojena na njega.

Nove vrste stegača, slika 49., na svom središnjem okretnom dijelu imaju montiranu šipku, koja je postavljena okomito u odnosu na stegač, a koja služi za rotiranje tog središnjeg dijela.

Kod stadardne izvedbe sa otvorenim središnjim dijelom za rotiranje se koristi obična metana šipka koja se povlači kroz središnji dio [13].



**Slika 49. Različite vrste stegača [13]**

Na slici 50. prikazan je stegač napravljen od čelika visoke čvrstoće sa karikom lanca i kukom na krajevima.



**Slika 50. Stegač napravljen od čelika visoke čvrstoće sa karikom lanca i kukom na krajevima [8]**

## 7.6. DRVENI I ŽELJEZNI STOPERI

Drveni i željezni stoperi, slika 51., koriste se kod učvršćivanja iznimno teških i glomaznih tereta u kombinaciji sa drugom opremom. Drveni stoperi najčešće se postavljaju između dva tereta ili između tereta i zida skladišta.



Slika 51. Željezni stoperi/osiguranja [28]

Željezni stoperi zavaruju se za brodsku strojarnicu, a ponekad i za teret. Zavarivanje za dijelove brodske strukture koji su izloženi velikim naprezanjima, kao što su ovirna rebra, palubne podveze, nosače itd. nije dopušteno kako nebi došlo do oštećenje i krakova na otplatiti brodske konstrukcije. Zbog ovog je vrlo važno na samom početku planiranja prijevoza nekog tereta odrediti poziciju na kojoj će se taj teret postaviti i adekvantno učvrstiti.

Zavarivanje na pokrov tanka goriva najstrože je zabranjeno ukoliko taj tank nije potpuno prazan i proventilirana (*eng. Gas free*) kako bi se iz njega uklonili svi eksplozivni plinovi koji su se u njemu nakupili tijekom isparavanja goriva [29].

## 7.7. POSTAVLJANJE TERETA NA BROD

Pozicija na kojoj je teret smješten na brodu mora zadovoljiti dva osnovna uvjeta. Prvi uvjet je da pozicija na kojoj će se teret postaviti može podnijeti opterećenja tog tereta (najmanja opterećenja mogu podnijeti poklopci brodskih skladišta međupalublja).

Drugi uvjet je da pozicija pouzdana osigurava provedbu propisa glede učvršćivanja tereta. Vrlo je važno da se tijekom postavljanja tereta na brodsku strukturu postigne što veće trenje između tereta i površine na kojoj je teret postavljen jer se time smanjuje broj opreme kojom je potrebno učvrstiti teret, a samim time dolazi do uštede u vremenu i novcu.

Većina teških tereta ima metalnu strukturu (željezo ili čelik), a brodska struktura izgrađena je od čelika. Iz tablice 1. vidljivo je da faktor trenja ( $\mu$ ), o kojem ovisi sila trenja, najmanji upravo za slučaj između čelika i čelika.

Kako bi se spriječilo proklizivanje tereta tijekom valjanja ili posrtanja broda između tereta i površine na kojoj se teret nalazi postavljaju se dodatni materijali (najčešće drvo jer se u kombinaciji sa čelikom tako postiže najveće trenje) pomoću kojih se nastoji povećati trenje [6].

**Tablica 1. Faktori trenja prema CSS kodeksu**

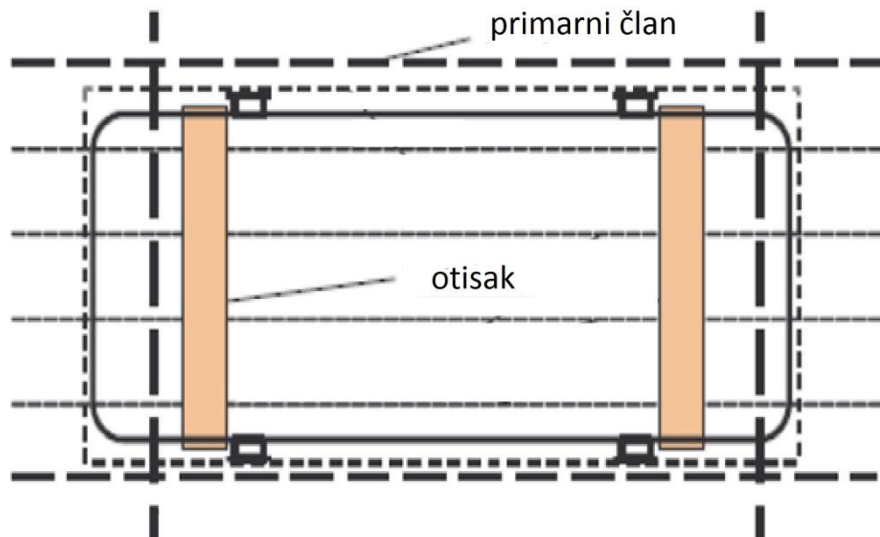
<b>VRSTE MATERIJU U DODIRU</b>	<b>FAKTOR TRENJA</b>
Drvo – drvo, suho ili vlažno	0,4
Čelik – drvo ili čelik – guma	0,3
Čelik – čelik, suhi	0,1
Čelik – čelik, vlažni	0,0

Tijekom planiranja slaganja teških tereta na brodu posebnu pažnju treba posvetiti položaju i smjeru pružanja pojedinih strukturnih elemenata (nosača, rebara, podveza itd.). O rasporedu, smjeru pružanja i međusobnoj udaljenosti strukturnih elemenata ovisi dopušteno opterećenje određene površine na brodu (*eng. Premisable Surface Load PSL t/m<sup>2</sup>*). Dopušteno opterećenje kod novih brodova za prijevoz teških tereta u središnjem dijelu skladišta je do 22 t/m<sup>2</sup>.

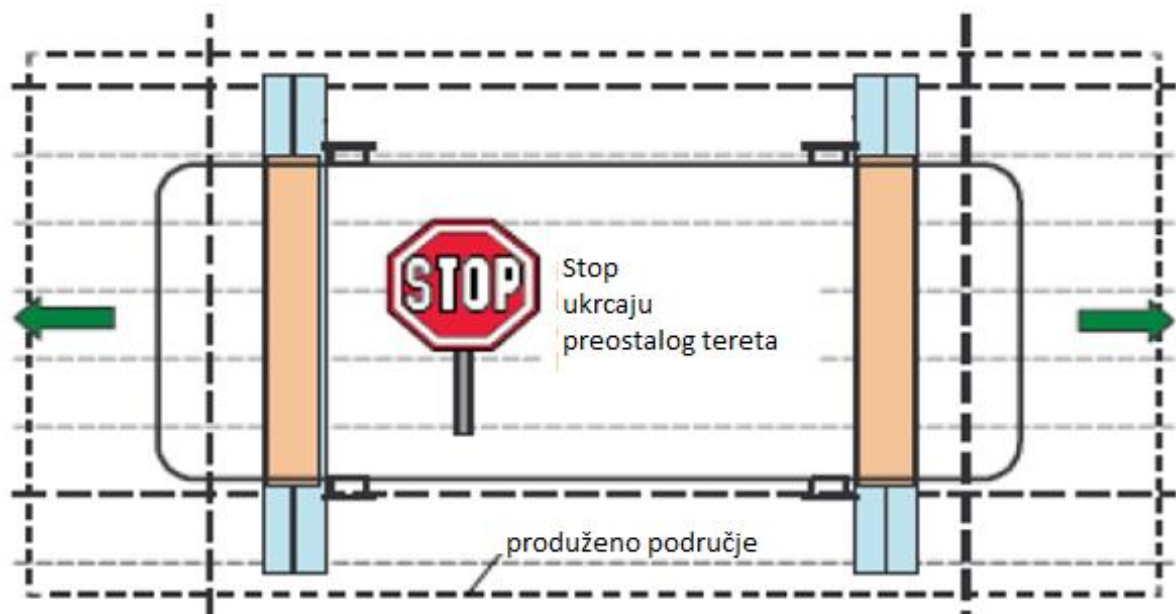
Teške jedinice tereta obično imaju definiran tzv. dodirnu *površinu* (*eng. Footprint*) koji služi za prijenos njihove težine na brodsku strukturu što je veća dodirna površina između tereta, odnosno njegova postolja i palube na koju se slaže to je manje opterećenje na brodsku strukturu.

Međutim u praksi je čest slučaj da ova dodirna površina nije dovoljno velika što uzrokuje prekoračenje dopuštenog opterećenja pojedine brodske površine.

Masa tereta podijeljena sa površinom tereta projiciranom na palubu na kojoj se teret namjerava složiti ne smije biti veća od dopuštenog opterećenja te palube. U slučaju prekoračenja dopuštenog opterećenja potrebno je povećati dodirnu površinu tereta i brodske strukture. To se postiže postavljanjem čeličnih ili drvenih greda između ove dvije dodirne površine, slike 52. i 53 [28].



Slika 52. Neproširena dodirna površina [28]



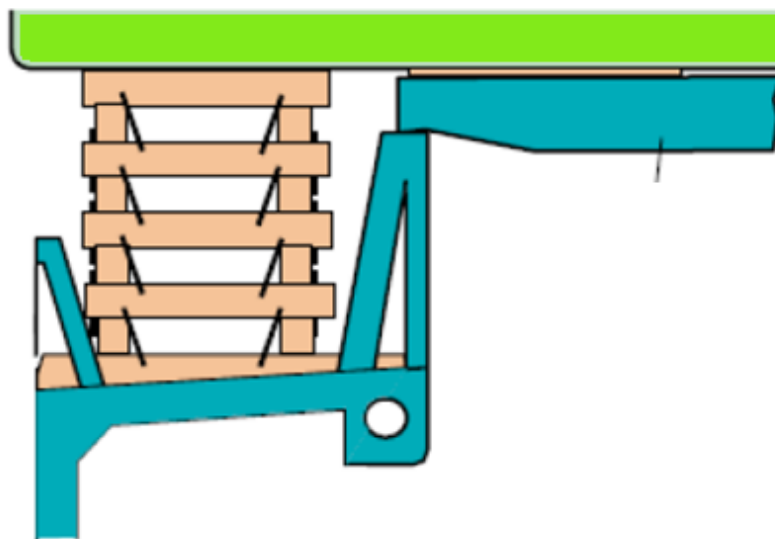
Slika 53. Proširena dodirna površina [28]



Ukoliko teret zbog svojih dimenzija zahtijeva da bude složen na poklopcu skladišta ili na palubu posebnu pozornost treba obratiti na strukturu poklopca i palube jer je tu dopušteno opterećenje najmanje od svih dijelova brodske strukture, obično nije veće od 2,5 t/m<sup>2</sup>. Najbolje točke za prijenos težine na brodsku strukturu su pregrade i mjesta gdje se pregrade sijeku sa uzdužnim palubnim podvezama.

Ukoliko teret koji je postavljen na poklopac broskog skladišta prelazi i preko palube potrebno je od drvenih greda napraviti podupirače koji će služiti kao dodatna točka za prijenos težine na brodsku strukturu.

Na slici 54. prikazan je podupirač za prijenos težine tereta sa poklopca na palubu.



**Slika 54. Podupirač za prijenos težine tereta sa poklopca na palubu [28]**

Većina klasičnih brodova za prijevoz teških tereta opremljena je za ukrcaj kontejnera. U dnu skladišta, na poklopcima međupalublja i brodskih grotala takvih brodova ugrađeni su temelji zakretnih zatvarača (*eng. Socket*). Ovo je omogućilo da se na tim brodovima razvije novi sustav postavljanja i učvršćivanja tereta tzv. (*H-beams Bedding System*) koji za cilj ima povećanje dodirne površine tereta i brodske strukture, a to dovodi do smanjenja opterećenja brodske konstrukcije. Ovaj sustav se najčešće koristi u međupalublju i na poklopcima grotala jer je tu dopušteno opterećenje najmanje. Sustav radi tako da se na čelične grede zavare kontejnerski zakretni zatvarači (*eng. Twistlock*) na međusobnoj udaljenosti koja odgovara udaljenosti između temelja zakretnih zatvarača na brodskoj strukturi. Korištenjem ovog sustava dolazi do znatne uštede u vremenu pri postavljanju i učvršćivanju teških jedinica tereta [6].

## 7.8. UČVRŠĆIVANJE I OSIGURANJE TERETA

Cilj osiguravanja i učvršćivanja tereta na brodu je da se spriječi proklizavanje ili prevrtanje tereta sa njegova postolja. Prevrtanje i proklizavanje može uzrokovati poremećaj stabilnosti tereta, štetu na drugom teretu i brodskoj konstrukciji, gubitak tereta, tjelesne povrede i smrt ne samo na moru nego i tijekom ukrcaja ili iskrcaja tereta.

Da bi se otklonile opasnosti od neispravnog slaganja i učvršćivanju tereta na brodu Međunarodna pomorska organizacija donijela je niz uputa i rezolucija u sklopu kojih su izdane razne publikacije koje se bave sigurnim slaganjem i učvršćivanjem tereta. Najvažnije upute za prijevoz teških tereta morem izdano od strane *IMO*-a je Kodeks o Sigurnom slaganju i učvršćivanju tereta (*eng. Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing*).

Za prijevoz teških tereta najvažniji dio *CSS* koda je prilog 13. Ovaj prilog daje sve potrebne podatke i savjete za učvršćivanje nestandardnih jedinica tereta i upute za izradu brodskog priručnika za učvršćivanje tereta (*eng. Cargo securin Manual*). Prilog 13. *CSS* kada daje podatke o maksimalnoj nosivosti opreme za učvršćivanje tereta i načine računanja ove nosivosti, faktorima trenja i dvije metode, *Rule of Thumbe* i Napredne metode (*eng. Advanced Method*), pomoću kojih se može provjeriti dali je sustav koji se namjerava upotrijebiti dostatan za sprječavanje pomicanja i proklizavanja tijekom putovanja broda.

**Tablica 2. Prikazuje maksimalnu nosivost pojedine opreme**

MATERIJAL	MSL
Škopci, D – prsteni, palubne uške i stegači	50 % prekidne čvrstoće
Sintetička užad	33 % prekidne čvrstoće
Čelična užad (neupotrebljena)	80 % prekidne čvrstoće
Čelična užad (upotrebljena)	30 % prekidne čvrstoće
Čelične trake (neupotrebljene)	70 % prekidne čvrstoće

Maksimalna sigurna nosivost (*eng. Maximum Securing Load*) opreme za učvršćivanje i osiguranje tereta na brodu. *MSL* vrijednost ovisi o prekidnoj čvrstoć pojedine opreme. U *CSS* kodu se navodi da je *MSL* opreme za učvršćivanje tereta isto što je *SWL* opreme za manipulaciju. Treba imati na umu da je pojedini element koji se koristi za učvršćivanje neke jedinice tereta jak samo onoliko koliko je jak najslabiji element.

Prema tome pri proračunu u kojemu su potrebni podaci o *MSL-u* uvijek se uzima vrijednost *MSL-a* najslabijeg elementa [5].

### 7.8.1. Metoda Rule of Thumb

Ovo je jednostavna metoda koja ne uzima u obzir veličinu broda, stanje stabilnosti i nakrcanosti broda, poziciju tereta, period u kojem brod plovi (ljetno ili zima) i područje plovidbe. Kod korištenja ove metode pretpostavlja se da je kut između opreme za učvršćivanje i horizontale (palube na kojoj je teret složen) nije veći od  $60^\circ$ , te da je teret osiguran od proklizavanja. Oprema kojoj je kut veći od  $60^\circ$  u odnosu na horizontalu ne smije se koristiti u računanju.

U CSS kodu stoji da: Ukupna vrijednost *MSL-a* na svakoj strani tereta mora biti jednaka težini tog tereta.[5]

### 7.8.2. Napredna metoda

Ova metoda je znatno preciznija jer se u obzir uzima više podataka (veličina broda, pozicija tereta, brzina broda itd.). Metoda je podijeljena u četiri koraka. Ukoliko se računanjem dobije da su vrijednosti vanjskih sila (inercijskih sila) koje djeluju na teret veće od sila trenja i sila koje djeluju u opremi, pomoću koje je teret osiguran, u poprečnom, vertikalnom i uzdužnom smjeru potrebno je pristupiti dodatnom osiguranju tereta ili povećanju trenja između tereta i brodske konstrukcije. Također je potrebno osigurati da je moment prevrtanja tereta koji nastaje zbog djelovanja inercijske sile manji od momenta koji mu se suprotstavlja.

U prvom koraku utvrđuju se vrijednosti koje su potrebne za izračun. Informacije o teretu koje su potrebne za izračun su: masa tereta, dimenzije tereta, udaljenost težišta od najniže točke tereta i pozicije tereta na brodu u uzdužnom i vertikalnom smjeru.

O brodu moraju biti poznati slijedeći podaci: dužina, širina, metacentarska visina i brzina. Nakon što se utvrde osnovni podaci o teretu i brodu mogu se voditi podatci o uzdužnoj, poprečnoj i vertikalnoj inerciji ( $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$ ) iz tablice. U tablicu se ulazi sa podacima o poziciji tereta na brodu. Za brodove veće od 100 m i sa brzinom većom 15 čvorova potrebno je izvršiti korekciju za sva 3 faktora, a koji se također vade iz tablica. Potrebno je i izvršiti korekciju za faktor poprečne inercije ukoliko je odnos između širine i metacentarske visine broda manji od 13.

Ova korekcija se također vadi iz tablica. Uzdužne i poprečne sile koje su uzrokovane djelovanjem vjetra ( $F_w$ ) i zapljuskivanjem mora ( $F_s$ ) računaju se prema dimenzijama tereta. Za 1 m<sup>2</sup> površine tereta uzima se da je jačina ovih sila 1 kN. Sila uzrokovana zapljuskivanjem mora računa se samo do dva metra visine mora.

U drugom koraku računaju se vanjske sile ( $F_x, F_y, F_z$ ) koristeći osnovnu formulu:

$$F_x, F_y, F_z = m \cdot a_{(x,y,z)} + F_{w(x,Y)} + F_{s(X,Y)} \quad (7)$$

Gdje je:

$F_{(x, y, z)}$  – uzdužna, poprečna i vertikalna sila,

$M$  – masa tereta,

$a_{(x, y, z)}$  – uzdužna, poprečna i vertikalna inercija,

$F_{w(x, Y)}$  – uzdužna i porečna sila uzrokovana vjetrom,

$F_{s(X,Y)}$  – uzdužna i poprečna sila zapljuskivanjem mora.

Uzdužna sila  $F_x$  predstavlja silu koju može uzrokovati proklizavanje tereta u uzdužnom smjeru, a poprečna sila  $F_y$  predstavlja silu koja može uzrokovati proklizavanje tereta u poprečnom smislu. Nakon računanja ove tri sile potrebno je izračunati i silu koja može uzrokovati prevrtanje tereta u poprečnom smjeru  $F_{(y,a)}$

Ova sila dobiva se množenjem poprečne sile  $F_y$  sa vrijednosti koja predstavlja udaljenost težišta tereta od najniže točke tereta [5].

U trećem koraku traže se podaci koji su potrebni za računanje jačine i efikasnosti opreme za učvršćivanje i osiguravanje tereta. Prvo je potrebno utvrditi *MSL* svake komponente. Jačina svake komponente iz opreme koja se koristi u ovom izračunu se naziva izračunata jačina (*eng. Calculated Strenght*)

*CS* vrijednost dobiva se dijeljenjem *MSL*- a najslabije komponente sa sigurnosnim faktorom čija je vrijednost 1,5. Za računanje sile u opremi koja se protivi proklizavanju tereta mora se odrediti *f*-vrijednost za svaku komponentu. *f*-vrijednost je funkcija kuta pojedine komponente u odnosu na horizontalu i faktor trenja ( $\mu$ ) između tereta i površine na koju je postavljen. *f*-vrijednost se vadi iz tablice.

Za računanje sile koja se protivi prevrtanju u poprečnom smjeru potrebno je uvrstiti vrijednost  $c$  koja predstavlja udaljenost između točke oko koje se može dogoditi prevrtanje i točke u kojoj okomica iz točke prevrtanja siječe pravac pojedine komponente i vrijednost  $b$ . Vrijednost  $b$  predstavlja poprečnu udaljenost između težišta tereta i točke oko koje se može dogoditi prevrtanje.

U četvrtom koraku računa se jačina i provjerava efikasnost opreme za učvršćivanje i osiguranje tereta prema sljedećim formulama navedenim u prilogu 13. CSS kodeksa:

- Jačina sile koje se protive proklizavanju u poprečnom smjeru:

$$\text{Transverse anti – sliding forces} = \mu \cdot m \cdot g + CS_1 \cdot f_1 + CS_2 \cdot f_2 + CS_n \cdot f_n$$

- Jačina sile koje se protive prevrtanju u poprečnom smjeru:

$$\text{Transverse anti – tipping forces} = b \cdot m \cdot g + CS_1 \cdot c_1 + CS_2 \cdot c_2 + CS_n \cdot c_n$$

- Jačina sile koje se protive proklizavanju u uzdužnom smjeru:

$$\text{Longitudinal anti – sliding forces} = \mu \cdot (m \cdot g - F_z) + CS_1 \cdot f_1 + CS_2 \cdot f_2 + CS_n$$

Kada se izračunavaju sve sile koje protive prevrtanju i proklizavanju tereta uspoređuju se sa silama koje ih uzrokuju. Ukoliko su sile koje se protive pomicanju tereta, a koje djeluju u opremi za osiguranje i učvršćivanje tereta veće od sila koje ih uzrokuju tada se može pristupiti osiguranju tereta. U protivnom je potrebno izvršiti određene izmjene (dodatna oprema, promjena pozicije ili kuta opreme itd.) kako bi se zadovoljili uvjeti iz priloga 13. CSS kodeksa:

$$F_y \leq \text{Transverse anti – sliding forces,}$$

$$F_y a \leq \text{Transverse anti – tipping forces,}$$

$$F_x \leq \text{Logitudinal anti – sliding forces [5].}$$

## **7.9. ODRŽAVANJE BRODA I TERETA TIJEKOM PLOVIDBE**

Tijekom putovanja broda sa teškim teretom svakodnevno je potrebno provjeravati stanje tereta i opreme kojom je teret učvršćen za brod. Najvažnije je da uslijed gibanja broda na moru ne dođe do popuštanja opreme, odnosno da teret ostane zategnut i na mjestu. Svako nepredviđeno pomicanje tereta tijekom putovanja koje je nastalo zbog popuštanja ili oštećenja opreme može biti pogubno.

Provjeru stanja tereta i opreme potrebno je vršiti najmanje dva puta dnevno. Provjera nikad ne smije biti samo vizualna već je i fizičko potrebno utvrditi stanje svake komponente. Bilo koji pomak bez obzira da li je on minimalan mora se uzeti u obzir i pristupiti mu ozbiljno i odmah ga sanirati. Oprema kojom je teret osiguran može biti popravljena i zategnuta ili zamijenjena novom u slučaju da je oštećena. Sve radnje i promjene s teretom i opremom treba dokumentirati i unijeti u dnevnik. Uvijek se pri bilo kojem zahvatu potrebno konzultirati i postupiti u skladu sa brodskim priručnikom o učvršćivanju tereta [22].

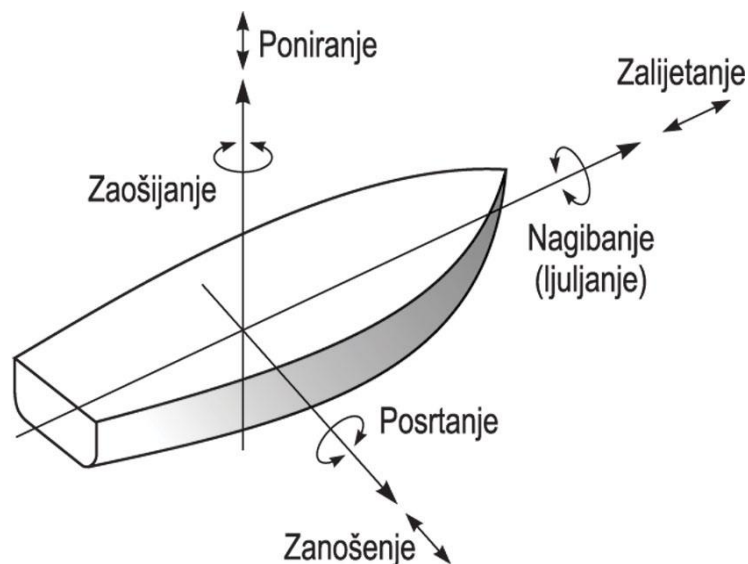
Dužnost zapovjednika i časnika broda je konstantno motrenje i praćenje vremenskih izvješća kako bi mogli predvidjeti nevrijeme i izbjeći ga. U slučaju kada brod ne može izbjeći ulazak u područje nepovoljnih vremenskih prilika potrebno je podesiti kretanje broda tako da utjecaj mora i vjetra bude minimalan. Također je potrebno obaviti određene pripreme koje će osigurati da brod i teret ostanu ne oštećeni. Ovo se odnosi na dovođenje broda u što bolje stanje za podnošenje teškog vremena u obliku stabilnosti, vodo nepropusnosti, osiguranja tereta i opreme i pouzdanosti brodskih strojeva.

Ako na moru dođe do oštećenja opreme samo iskusni članovi posade mogu obavljati određene radnje na teretu i opremi. Ovo su iznimno opasne situacije u kojima se stanje mijenja iz sekunde u sekundu, stoga je potrebno pomno izabrati ljude za obavljanje ovih složenih poslova [27].

### **7.9.1. Utjecaj gibanja broda na teret**

Kada se brod nalazi na otvorenom moru izložen je raznim utjecajima od mora, vjetra, valova itd. koji uzrokuju gibanja broda oko uzdužne, vertikalne i poprečne osi broda.

Postoji šest stupnjeva slobode kretanja (gibanja) broda koja se mogu podijeliti u dvije skupine na rotacijska (zanošenje, poniranje, zalijetanje) i translacijska gibanja (posrtanje, zaošijanje i ljuljanje), slika 55. [12].



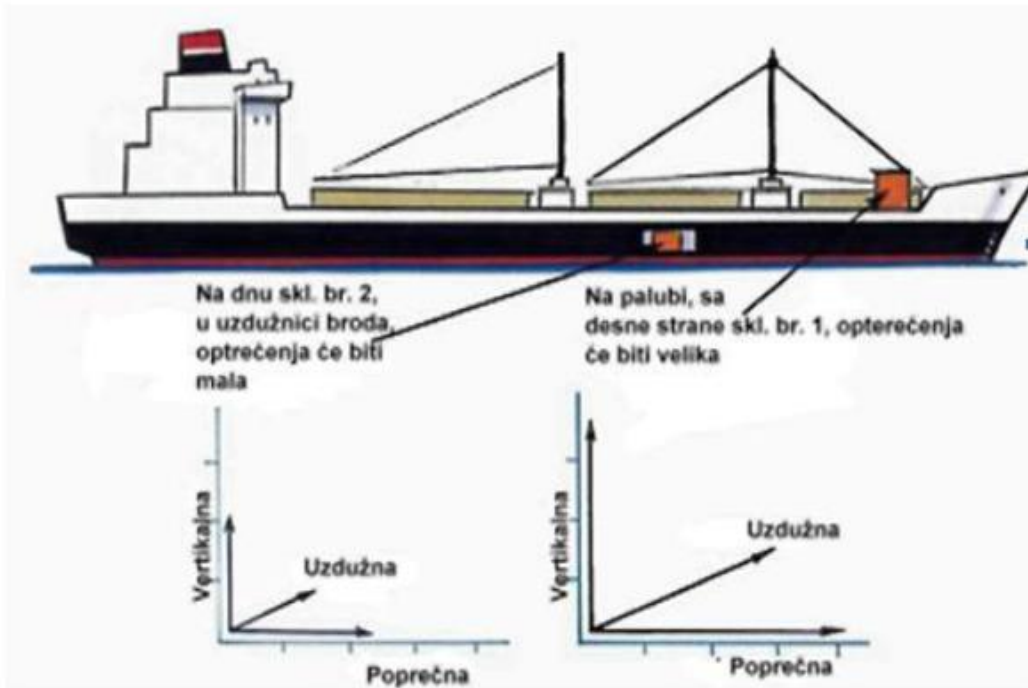
**Slika 55. Šest slobodnih gibanja broda na valovima [28]**

Koja će se vrsta, ili vrste, gibanja pojaviti ovisi o smjeru djelovanja vjetera ili valova na brod. Na brodu se nikada ne javlja isključivo samo jedno gibanje, već se on nalazi u kombinaciji nekoliko gibanja od kojih se na brodu najviše osjeća utjecaj ljuljanja i posrtanja. Ova gibanja uzrokuju sile i ubrzanja koja djeluju na sve što se nalazi na brodu pa tako i na teret.

Jakost sila ili ubrzanja koji djeluju na brod ovise o veličini broda ( dužini, širini i gazu), metacentarskoj visini i stanju mora i vjetera. Sile ubrzanja koje djeluju na teret se cijelo vrijeme smanjuju i povećavaju prilikom gibanja broda na moru. Također, osim smanjenja i povećanja inteziteta dolazi do promjene smjera djelovanja.

Ove sile se transformiraju sa brodske strukture kroz opremu za učvršćivanje, stopere i opremu za povećanje trenja na sam teret. Ovo dovodi do znatno većih opterećenja na opremu za učvršćivanje i osiguranje tereta. Kolika će ta naprezanja biti ovisi i o mjestu na kojem je teret postavljen na brodu. Kada se brod ljulja vanjska oplata broda prolazi znatno veći put nego neki unutarnji dio strukture broda npr. ograda grotala. Isto tako prilikom posrtanja vitla na pramčanom kaštelu prelaze veći put od poklopca skladišta ispod kaštela. Prema tome može se zaključiti da će sa povećanjem udaljenosti od osi gibanja doći i do povećanja opterećenja na teret i opremu [5].

Na slici 56. prikazan je utjecaj sila na teret s obzirom na položaj tereta na brodu.



**Slika 56. Utjecaj sila na teret s obzirom na položaj tereta na brodu [5]**

Kako je nemoguće da svi tereti budu složeni u osi gibanja ili blizu nje potrebno je veću pažnju pri učvršćivanju posvetiti onim teretima koji su složeni na kritičnim pozicijama. Pri učvršćivanju ovakvih tereta koristi se veći broj opreme ili oprema sa većom prekidnom čvrstoćom.

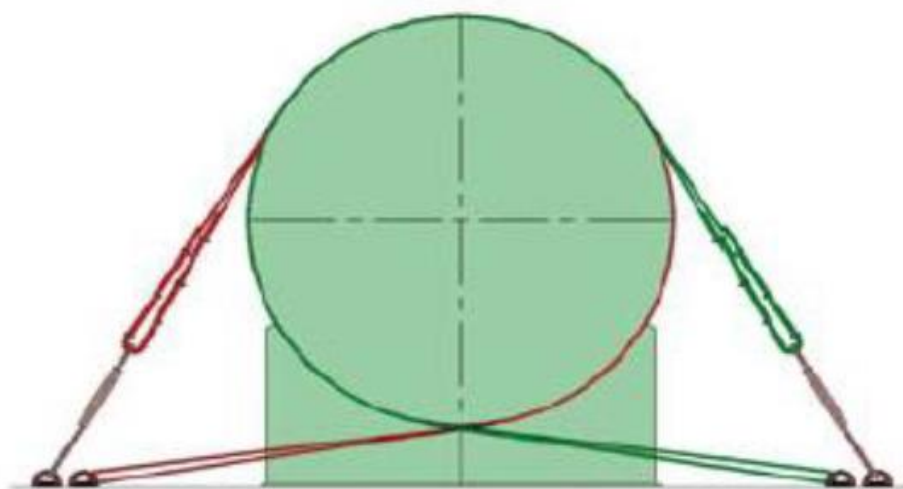
Nakon što se odredi pozicija na kojoj će se teret postaviti na brodu potrebno je odrediti način učvršćivanja tereta i vrstu opreme koja će se koristiti. Za osiguranje jedne jedinice teškog tereta potrebno je koristiti jednu vrstu opreme sa istim karakteristikama. Ako se za učvršćivanje tereta koristi oprema sa različitim karakteristikama, u pogledu elastičnosti i fleksibilnosti, doći će do neravnomjernog opterećenja opreme. Oprema koja ima manju elastičnost biti će više opterećena od opreme sa većim stupnjem elastičnosti, a to može dovesti do oštećenja ili pucanja opreme koja je više opterećena. Najpovoljniji kut između opreme koja se protivi prevrtanju između  $45^\circ$  i  $60^\circ$ , ovisno o visini tereta. Ukoliko na palubi nema dovoljno mjesta za koju se može zakvačiti oprema za učvršćivanje potrebno je zavariti dodatnu opremu.

Na mjestima na kojima oprema prelazi preko oštih krajeva tereta potrebno je postaviti podlogu kako bi se spriječilo oštećenje tereta i opreme. Za učvršćivanje osjetljivih



tereta koriste se sintetički pasci ili fleksibilnija užad koja dobro prijanja uz površinu tereta. Teret na kojem nema mjesta za koje se može zakvačiti oprema osigurava se na način da se oko njega postavi omča kojoj oba dva kraja završavaju na istoj strani tereta (*eng. Half Loop Lashings*) [28].

Prema dopuni CSS kodeksa iz 2002. godine zabranjeno je učvršćivati teret na način da se preko njega samo prebaci čelična užad (*eng. Friction Lashings*) ili da se napravi omča kojoj krajevi završavaju na suprotnoj strani tereta (*eng. Silly Loops*), slika 57.



**Slika 57. Omča kojoj oba kraja završavaju na istoj strani tereta [28]**

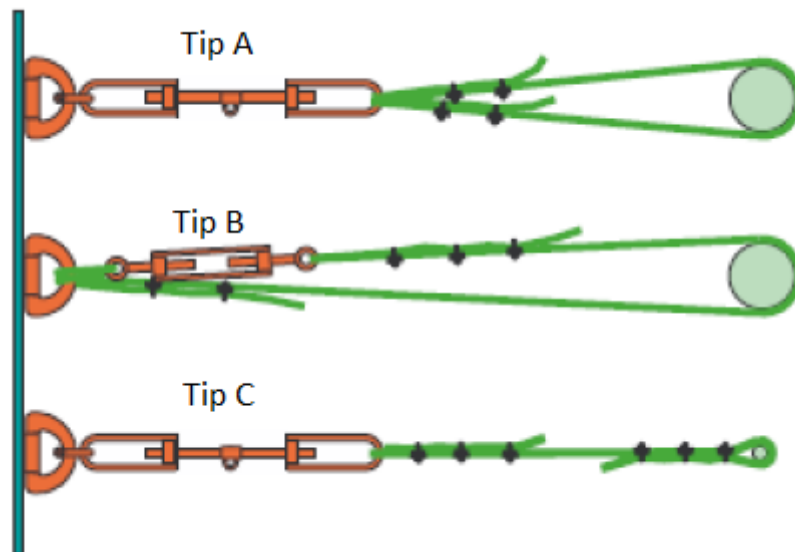
Slika 58. prikazuje zabranjeni način korištenja čelične užadi.



**Slika 58. Zabranjeni način korištenja čelične užadi [28]**

Teški tereti najčešće se učvršćuju pomoću čelične užadi i stegača. Da bi se mogla napraviti kombinacija od užeta i stegača potrebna je upotreba žabica za spajanje čelične užadi. Promjer žabica mora biti u skladu sa promjerom, a broj kojima se krajevi užeta spajaju ovisi o promjeru [28].

Postoje različiti načini upotrebe čelične užadi, žabica i stegača. A tri osnovna koja se najčešće koriste na brodovima za teške terete prikazana su na slici 59.



Slika 59. Različiti načini korištenja čelične užadi i stegača [28]

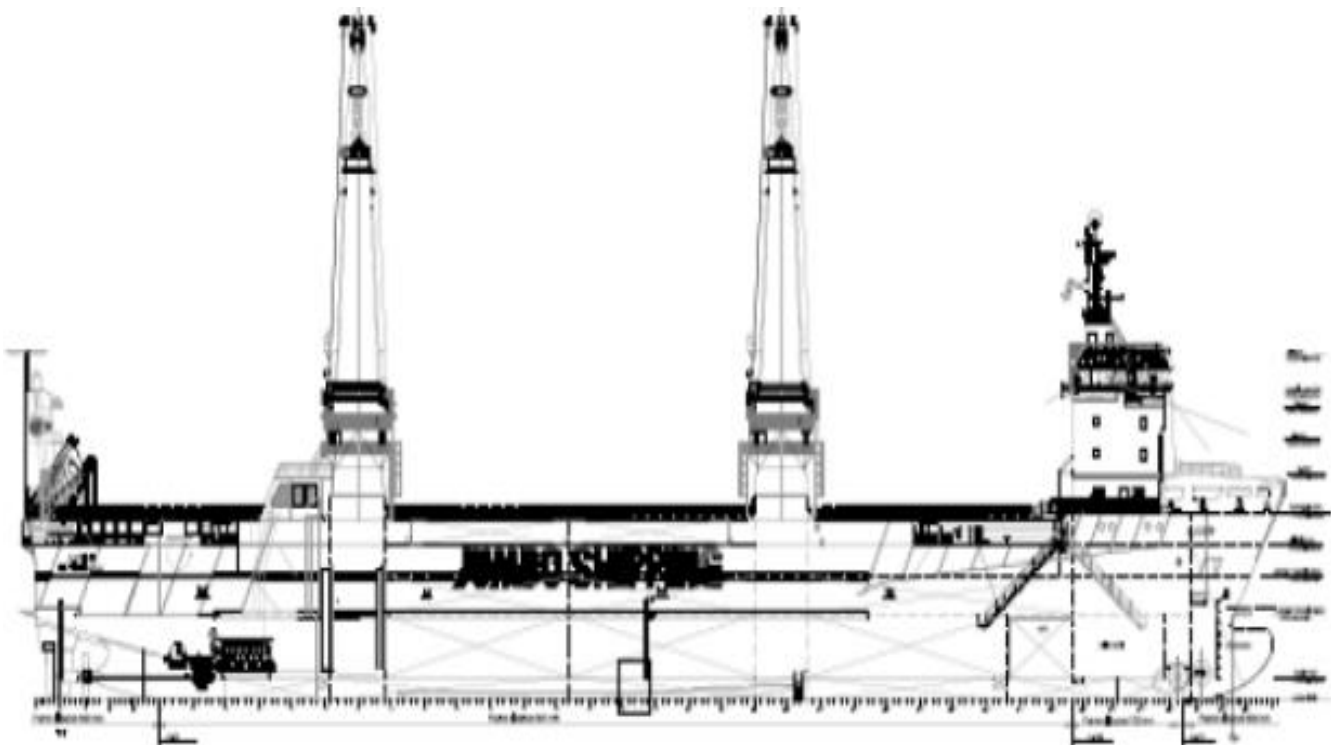
## 8. PRIMJER BRODA ZA TEŠKE TERETE - FAIRMASTER

*Fairmaster* je dvovijčani brod namijenjen za ukrcaj i transport specijalnih teških tereta. Brod može ploviti s otvorenim vodoonepropusnim grotlenim poklopcima glavne palube na 14700 mm od osnovice. Brod ima mogućnost korištenja velikih palubnih dizalica (proizvođač *HUISMAN*) pojedinačno i ili u paru.

Teretni prostor sastoji se od jednog velikog skladišnog prostora koje se proteže od R.20 do R.156 širine 8500 mm od centralne linije. lijevo/desno, po visini podijeljenog u tri nivoa grotlenim poklopcima međupalube na 7800 mm od osnovice i grotlenim poklopcima glavne palube na 14700 mm od osnovice.

Donje skladište proteže se od R.44 do R.148, a gornje skladište proteže se od R.20 do R.156. Struktura pokrova dvodna može podnijeti opterećenje od 20 t/m<sup>2</sup>. Struktura grotlenih poklopaca gornje palube na 16400 mm od osnovice može podnijeti opterećenje od 12 t/m<sup>2</sup> od R.5 do R.156.

Na slici 60. prikazan je broda za teške terete *Fairmaster*.



Slika 60. Brod za prijevoz teških tereta Fairmaster [2], [25]

Šest grotlenih poklopaca glavne palube može podnijeti opterećenje od 8,7 t/m<sup>2</sup> dok preostala tri mogu podnijeti opterećenje od 12 t/m<sup>2</sup>. Grotleni poklopci međupalube (7800 od osnovice) mogu podnijeti opterećenje od 7 t/m<sup>2</sup>. Poklopci međupalube mogu se pozicionirati na 16 različitih visinskih nivoa patentiranim *JUMBO* sustavom zaključavanja [24].

Brod je opremljen *JUMBO* sustavom stabiliziranja broda, koji se sastoji od dva balastna pontona. Priključci stabilizacijskih pontona za trup se nalazi se na vanjskoj oplati broda s lijeve i desne strane broda, na dvanaest pozicija po visini, ovisno o gazu broda. Brod je opremljen anti-heeling sustavom protiv naginjanja broda dvijema elektro anti-heeling pumpama kapaciteta 1500 m<sup>3</sup>/h. Brod pokreću dva krmena porivnika pogonjena dvama glavnim diesel srednjohodnim strojevima i opremljen je jednim bočnim pramčanim propelerom.

Trup broda je podijeljen u sljedeće prostore:

- Krma,
- Strojarnica,
- Teretni i balastni prostor,
- Nadgrađe,
- Pramac.

Krma je izgrađena poprečnim sustavom gradnje. Na krmenom dijelu su smještene dvije cijevi propelernih osovina, te nosači kormila sa kormilom *FLAP* tipa. Strojarnica je smještena na krmenom dijelu broda i odvojena je od teretnog prostora nepropusnom pregradom. Po visini ima dvodno i dvije platforme. Kod izrade strojarnice primijenjen je sustav gradnje s poprečnim orebrenjem. Dimnjak je smješten na krmenom dijelu broda, opremljen kao skidljiva neovisna opremljena jedinica. Izloženi cjevovodi ispuha izrađeni su od nehrđajućeg čelika. Svi spojni priključci koji vode iz broda u dimnjak također su izrađeni od nehrđajućeg čelika. Na desnoj strani broda se nalaze dvije velike palubne dizalice nosivosti 1500 t svaka koje mogu ukrcavati teret pojedinačno i u paru.

Teretni prostor se sastoji od jednog velikog otvorenog skladišta tereta koje se proteže od R.20 do R. 156. Skladište tereta je izvedno orebrenjem unutar dvoboka. Struktura dvodna je izvedena s uzdužnim nosačima i rebrenicama. Tankovi u dvodnu (centralni i bočni lijevo/desno predviđeni su za tekući balast, dok su prostori dvostruke oplata kao donji i gornj wing tankovi predviđeni za tekući balast. Nadgrađe se sastoji od tri kata i kormilarnice. Proteže se od R.158 do R.175 smješteno na pramcu i predviđeno je za smještaj 27 članova posade u 26. kabina. Pramac je klasični s bulbom, poprečni sustav gradnje s visokim rebrenicama i provezama, te pljuskačom. Predviđen je za smještaj pramčane pumpne stanice i tekući balast. Uz rebro R.176 smješten je poprečni bočni propeler snage 1x1500 kW [2], [25].

Brod pogone dva srednjohodna diesel motora svaki snage 4500 kW pri max. 750 °/min, spojeni preko reduktora na četverokrlni porivni vijak. Na brodu je od veće opreme ugrađen i sustav termalnog ulja sa gabaritnom opremom: jedan naftom ložen generator pare, dva ekonomajzera termalnog ulja, na ispušne plinove 4500 kW snage s glavnih strojeva, jedan ekonomajzer termalnog ulja ispušnih plinova pomoćnih strojeva i jedan električni zagrijač termalnog ulja spojen sa dizalice.

Postrojenje za proizvodnju električne energije na brodu *Jumbo Kinetic* sastoji se od sljedećih komponenti:

- Jednog diesel električnog agregata br.1, snage 1x 1700 kW, pri 1200 °/min, AC 440 V, 3 faze, 60 Hz,
- Jednog diesel električnog agregata br.2, snage 1x 1090 kW, pri 900 °/min, AC 440 V, 3 faze, 60 Hz,
- Dva PTO osovinska generatora snage br.2, snage 2x 3000 kW, pri 1800 °/min, AC 440 V, 3 faze, 60 Hz,
- Jednog PTO diesel električnog agregata za rad u nuždi, snage 1x 600 kW, pri 1800 °/min, AC 440 V, 3 faze, 60 Hz.

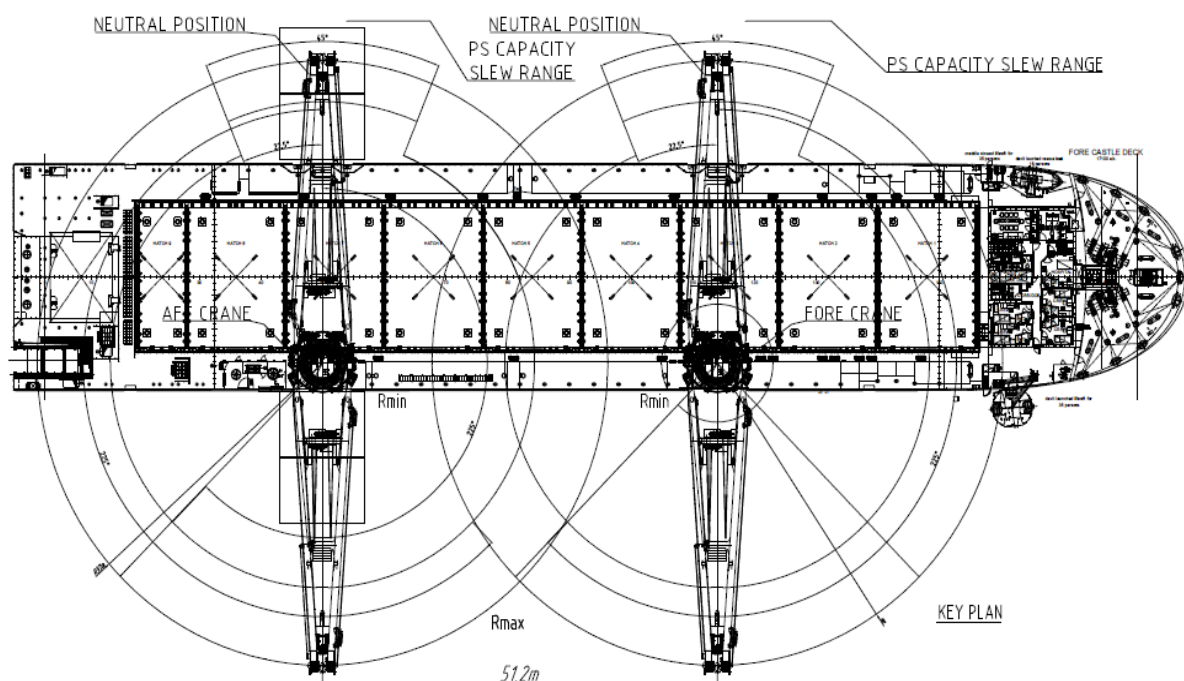


Dozvoljena zračnost uzdužnih strukturnih elemenata prema otvorima na poprečnim strukturnim elementima je 2 mm (nema standardnih prolaza u rebrenicama za prolaz uzdužnih nosača).

Navedene devijacije nikako ne smiju ugroziti sustav neometanog funkcioniranja grotlenih poklopaca na svim razinama. Strukturni elementi trupa i nadgrađa broda izrađeni su iz standardnog brodograđevnog čelika i čelika povišene čvrstoće.

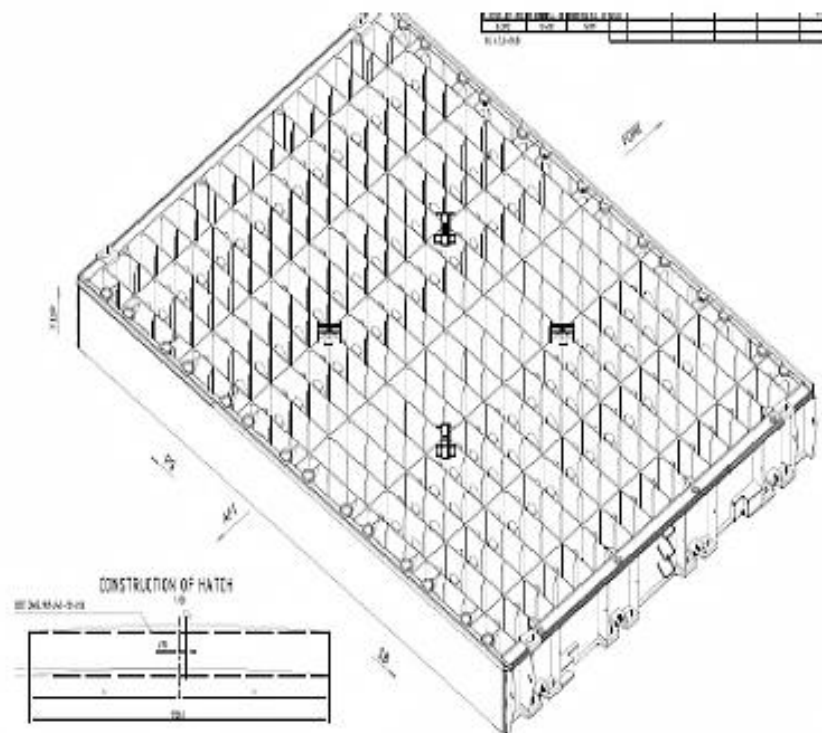
Čelični materijali koji nisu specificirani od strane klasifikacijskog društva su usklađeni su s hrvatskim standardima i standardima brodogradilišta [24].

Grotleni poklopci međupalube, slika 62., pozicioniraju se i zaključavaju specijalnim *JUMBO* sustavom zaključavanja, koji se sastoji od lijevanih vodilica i pinova koji ulaze u otvore na vodilicama, mogu se zaključavati na 16 pozicija po visini. Specijalne lijevane vodilice zavarene su u uzdužne pregrade skladišta na 8500 mm lijevo/desno od C.L. na svakom drugom rebru. Međusobna uzdužna udaljenost, a time i dozvoljena zahtijevna tolerancija odstupanja vodilica je 3200 mm +/- 1 mm.



Slika 62. Sustav grotlenih poklopaca međupalube [2]

Parovi grotlenih poklopaca međupalube, slika 63., imaju iste dimenzije kao i vodonepropusni poklopac glavne palube (iznad), tako da se njihivi međusobni spojevi nalaze u vertikalnoj liniji.



**Slika 63. Shema sustava grotlenih poklopaca međupalube [2], [25]**

Razmak rebra u njima je isti kao i razmak u rebara u dvodnu. Smješteni su na visini 7800 mm od osnovice.

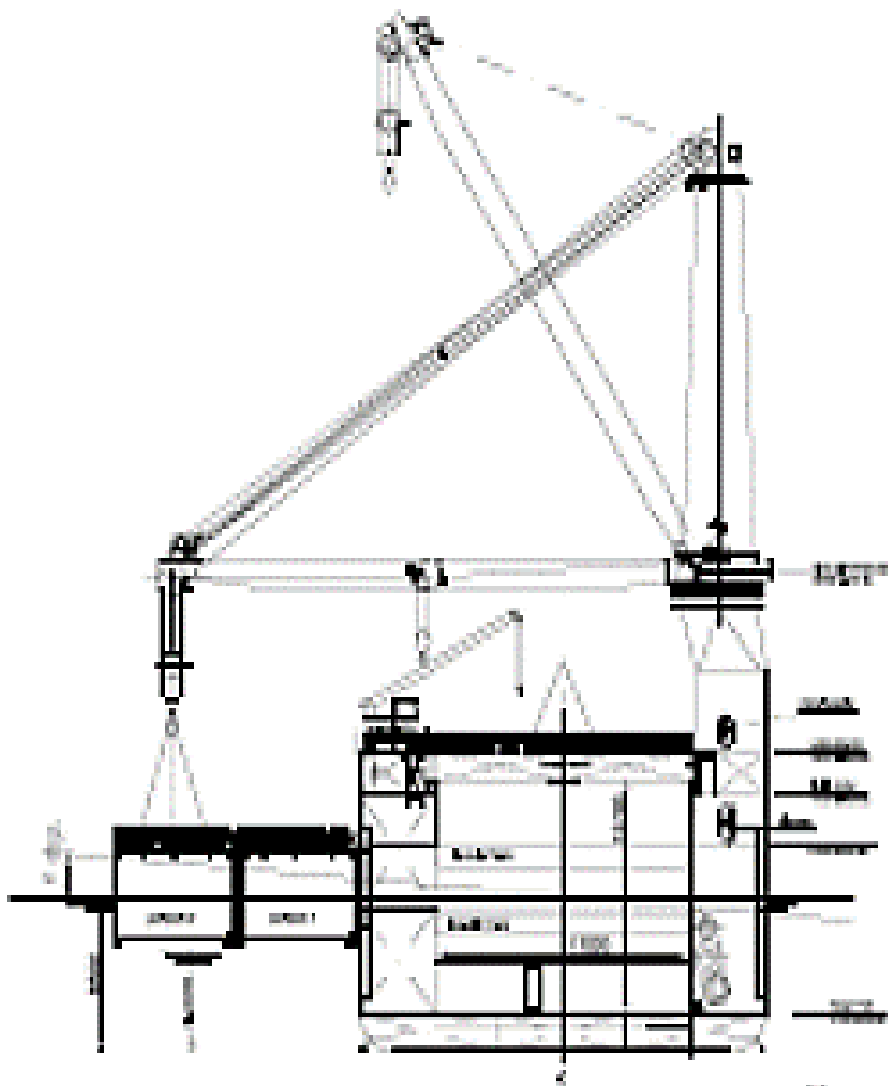
- Uzdužna tolerancija izrade grotlenih poklopaca +/- 2 mm,
- Poprečna tolerancija izrade grotlenih poklopaca +5 mm / 0 mm.

Na slici 64. je prikazan patentirani *JUMBO* sustav stabiliziranja broda za vrijeme krcanja broda. Sustav stabiliziranja može funkcionirati priključkom jednog ili oba stabilizacijska pontona za trup broda (jedan do drugog). Pontoni se mogu priključiti na trup na dvanaest različitih pozicija po visini. Najniža pozicija priključka pontona za oplatu broda je na poziciji gaza broda 5,5 m, a najviša je na poziciji gaza broda 8,5 m. Pozicije za priključak pontona na oplati po visini nalaze se na svakih 300 mm. Za priključak pontona na brod lijevo/desno u oplati broda su zavarene vodilice, svaka sa priključnim šipkama



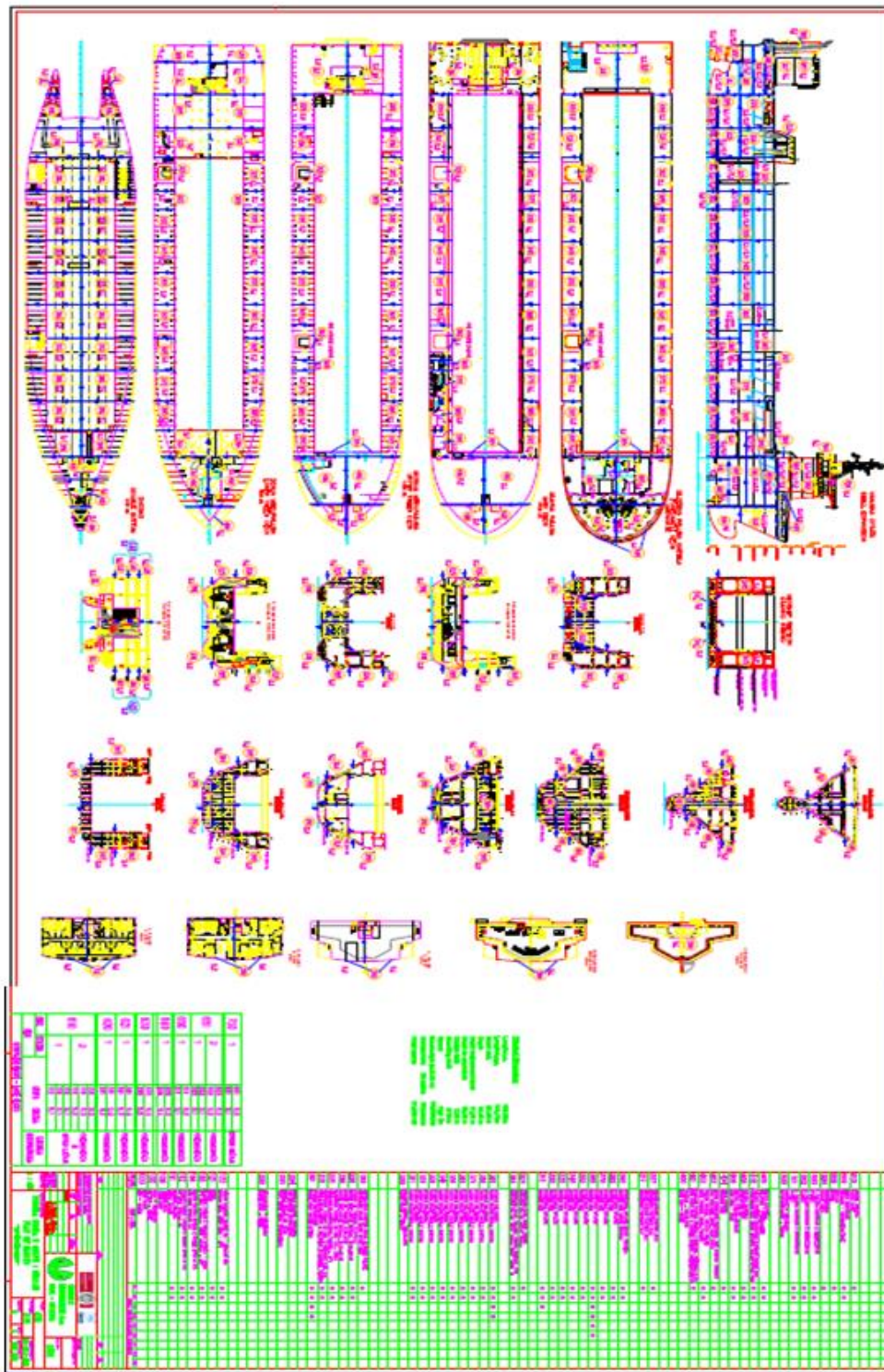
dimenzija 210 x 340 mm. Vodilice za uklinjenje smještene su na R.46 i R.54. Oba pontona mogu biti poluuronjivi ili napola napunjeni vodom. Pontoni su izvedeni tako da se mogu slagati na glavnu palubu i da mogu plutati uz trup broda. Prilikom slaganja na krmeni dio glavne palube 160 400 mm od osnovice slažu se ponton br.1 na ponton br.2.

Sustav hidraulike koji upravlja uklinjenjem i vratima na pontonu br.1. sastoji se od hidrauličke jedinice koja upravlja pumpom, tankom, te pripadajućim cjevovodom. Automatski anti-heeling sustav protiv nagninjanja broda sastoji se od para heeling tankova s poprečnim spojnim cjevovodom i heeling pumpama [23].



Slika 64. Sustav stabiliziranja broda - Fairmaster [2], [25]

Na slici 65. prikazana je podjela broda na grupe i sekcije broda *Fairmaster-a*. Osnovni tehnološki uvjet pri gradnji trupa broda je dimenzioniranje točnosti izrade i montaže strukture trupa broda u svim koracima izrade i montaže.



Slika 65. Podjela broda Fairmastera na grupe i sekcije [2]

Na slici 66. prikazano je polaganje kobilice *Fairmaster-a*.



**Slika 66. Polaganje kobilice - Fairmaster [2]**

Zbog tehničko – tehnoloških specifičnosti projekta (milimetarska točnost izrade strukture skladišta, stroge tolerancije odstupanja vodilica, stroge tolerancije grotlenih poklopaca), sekcije se izrađuju duže od uobičajenog vremena. Potrebno je strogo pratiti redoslijed montaže sekcije trupa na ležaju. Montažne viškove koji su predviđeni na svim sekcijama skladišta po dužini i po visini pažljivo uklanjati nakon saznanja o točnosti strukture trupa. Dimenzionalna kontrola montiranih sekcija na ležaju mora biti kontinuirana i svakodnevna. Procedura kontrole točnosti dimenzija izrađivanih sekcija treba biti uspostavljena u nekoliko faza po proizvodnim pozicijama, a nakon svake faze izrađenih sekcija treba biti uspostavljen zapisnik o izmjerenim vrijednostima, kako bi bilo moguće pratiti stanje točnosti izrade sekcija. Prate se i mjere tolerancijski otvori u kojima će se zavarivati lijevane vodilice grotlenih poklopaca. Sustav zaključavanja grotlenih poklopaca se treba raditi po etapama uz kontinuirano praćenje stanja vodilica, pinova i stopera, uz strogo poštivanje zahtijevanih tolerancija.



**Tablica 3. Specifikacija broda Fairmaster**

Naziv broda	Fairmaster
Brodar	Jumbo Shipping
Dužina preko svega	152,60 m
Dužina između okomica	141,70 m
Širina	27,40 m
Visina do glavne palube	14,10 m
Gaz	6,50 / 8,10 m
Volumen skladišta	21 m <sup>3</sup>
Duljina donjeg skladišta	17 m
Duljina gornjeg skladišta	108,80 m
Visina gornjeg skladišta (bez grotlenih poklopaca međupalube)	7 m
Širina gornjeg skladišta	17 m
Nosivost pri gasu 8, 10 m	14000 t
Glavni strojevi	2 x 4500 kW pri 750 °/min
Brzina	17,2 čv

Slika 68. prikazuje porinuće *Fairmaster-a*.



**Slika 68. Porinuće – Fairmaster [2]**

Na Slici 69. prikazan je *Fairmaster* prije odlaska u *Zhangzhou* na ugradnju dizalica.



**Slika 69. Fairmaster u splitskom brodogradilištu – završni radovi [2]**

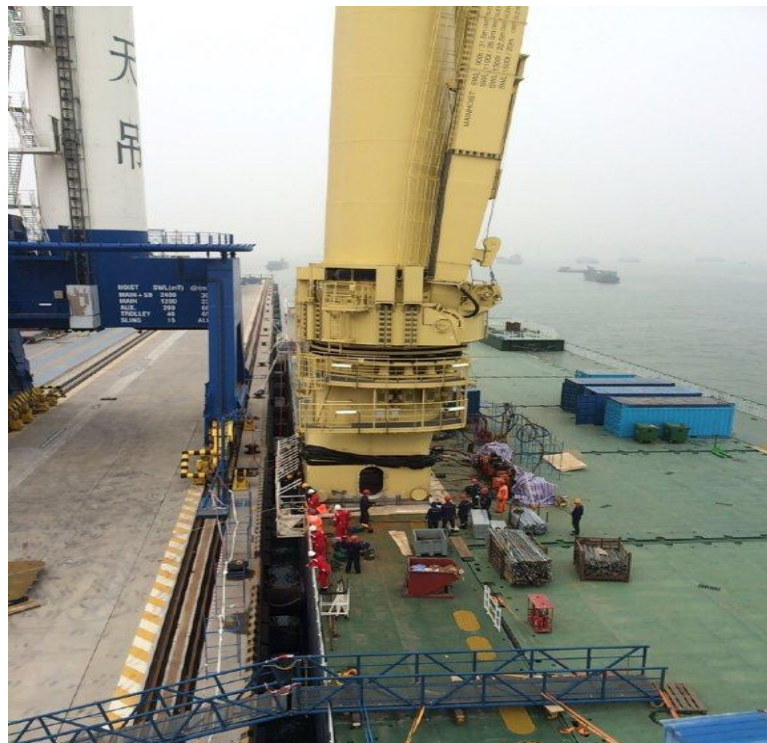
Nakon završetka radova u splitskom brodogradilištu *Fairmaster* odveden je u Kinu u brodogradilište *Zhangzhou* gdje je dovršena ugradnja dizalica. U Splitu je napravljena kompletna priprema ,ali zbog visinske i težinske barijere bilo je onemogućeno završno postavljanje (montiranje).

U Splitu paralelno je građen i *Jumbo Kinetic* ,sestrinski brod, čija je isporuka bila godinu prije.

Slike 70. i 71. prikazuju ugradnju dizalica u Kini.



Slika 70. Podizanje palubne dizalice – Fairmaster [2]



Slika 71. Ugradnja palubne dizalice – Fairmaster [2]

Na slici 72. i 73. prikazan je *Fairmaster* za vrijeme prijevoza teškog tereta.



Slika 72. Fairmaster – prijevoz tornja za postavljanje podmorskih cijevi [2]



Slika 73. Fairmaster - prijevoz modula [2]



## 9. ZAKLJUČAK

U diplomskom radu obrađeni su tipovi i principi konstrukcije brodova za prijevoz teških tereta. Razlikujemo tri tipa brodova za teške terete koji su detaljno opisani u diplomskom radu.

Detaljno je analiziran *Fairmaster*, brod za teške terete, brodara *Jumbo Shippinga*, izgrađenog u splitskom brodogradilištu.

Brodovi za prijevoz teških tereta osmišljeni su tako da mogu prevoziti izuzetno teške i nevjerojatno velike terete koji se inače ne mogu transportirati uobičajenim brodovima. Karakterizira ih vrlo osjetljiv stabilitet broda, posebno kod ukrcaja/iskrcaja takvih tereta, pa se te operacije mogu vršiti samo u sasvim mirnim lukama. Polu-uronjeni brodovi imaju dugu i nisku palubu koja se može uroniti pod vodu kako bi se na nju mogla postaviti naftna platforma, drugo plovilo ili neki plutajući teret. Nakon utovara, balastne vode se izbacuju i paluba se uzdiže iznad vode, a brod je spreman za plovidbu.

Današnji moderni brodovi za prijevoz teških tereta zahtijevaju stručnu i kvalificiranu posadu. Za rad na ovakvim brodovima nije dovoljno samo poznavati navigaciju nego je potreban širok spektar znanja i vještina, uključujući komercijalne poslove, brodogradnju i strukturnu analizu, meteorologiju, hidrografiju i hidrodinamiku i druge. Upravo zbog ovih činjenica osim posade broda u prijevoz teških tereta uključen je velik broj ljudi na kopnu koji su neophodni za obavljanje uspješnog plovidbenog pothvata.

Ovim diplomskim radom objašnjeno je kako dobro poznavanje karakteristika brodova omogućuju kvalitetan pristup izboru vrste broda, ovisno o vremenu i novcu koji je na raspolaganju.

## LITERATURA

- [1] Arhiva Atlantske plovidbe
- [2] Arhiva Brodosplita, IBM Content Manager eClient Nov. 743.
- [3] Belamarić G. Prijevoz teških tereta morem, Pomorski fakultet Split, Split. 2012.
- [4] Biennial Marine Seminar, San Francisco, Container crane transport, 2006.
- [5] C.B.and North of England P&I Association: Cargo stowage & securing 2003.
- [6] Code of safe practice for cargo stowage and securing 2003 edition
- [7] Combilift video simulacija
- [8] Container Handbook–Gesamtverband der D.V. e.V. (CDV), 2011.
- [9] Čedomir Dundović: Tehnologija luka i terminala, Pomorski fakultet Rijeka, 2001.
- [10] David J.House: Cargo Work For Maritime Operations, 7th Edition,2005
- [11] Dvornik J. i Dvornik S. Stabilnost broda, Pomorski fakultet Split, Split 2021.
- [12] Frank Van Voom: Semi-submersible Heavy-lift ships in operation
- [13] <http://www.tigasinarmandiri.co.id/product1.html> (1.7.2021)
- [14] [http://en.wikipedia.org/wiki/MV\\_Blue\\_Marlin](http://en.wikipedia.org/wiki/MV_Blue_Marlin) (1.7.2021)
- [15] <http://pirate4x4.com/tech/billavista/Recovery/> (6.7.2021)
- [16] <http://www.belships.com/company/history/Iocco.html> (1.7.2021)
- [17] <http://www.captainawoyage-forum.com/showthread.php/513-Heavy-Lift-Carries>  
(27.6.2021.)
- [18] <http://www.dockwises.com/page/fleet/fleetdata.html> (1.7.2021)
- [19] <http://www.nasdoline.org/document/1662/d001537/wire-rope.html> (27.6.2021.)
- [20] [http://www.rolldock.com/files/60/leaflet\\_technical\\_specs\\_def\\_lores\\_web%20%282%29.pdf](http://www.rolldock.com/files/60/leaflet_technical_specs_def_lores_web%20%282%29.pdf)  
(6.7.2021)
- [21] <http://www.sal-heavylift.com/eng/fleet/183> (6.7.2021)
- [22] <http://www.thedestinlog.com/articles/horizon-17529-deepwater-explosions.html> (27.6.2021.)
- [23] Ian C.Clark: The Management of merchant Ship Stability, Trim & Strenght
- [24] Jumbo Shipping introduction, history, fleet, markets and heavy lift projects, 2010.
- [25] Malvić V. Brodovi za teške terete – Tipovi i principi konstrukcije, Pomorski fakultet Split, Split 2019.
- [26] Mohović.D. Tehnoloiija prijevoza teških i vangabaritnih tereta morem, 2015.
- [27] NCL is new and old, Fairplay, The Internacional Shipping Weekly
- [28] Rickmers standard for stowage and securing of project cargo 3rd edition 2003.
- [29] Tim Colton Senior Advisor, Shipbuilding BIG Ships,2006.

## POPIS SLIKA

Slika 1. Metode a i b za ukrcaj teških i glomaznih tereta [28] .....	6
Slika 2 Metode c i d za ukrcaj teških i glomaznih tereta [28] .....	7
Slika 3. Metode e i f za ukrcaj teških i glomaznih tereta [28] .....	7
Slika 4. Metode g i h za ukrcaj teških i glomaznih tereta [28] .....	8
Slika 5. Kategorija tereta A - transformator pri podizanju na brod [28] .....	9
Slika 6. Kategorija tereta B - postavljena na brodsko skladište [28] .....	10
Slika 7. Teret kategorije C – u brodskom skladištu [28] .....	11
Slika 8. Teret kategorije D (Drveni sanduk) tijekom podizanja [28] .....	12
Slika 9. Dio velike konejnerske dizalice složen na palubi broda [28] .....	13
Slika 10. Bageri složeni u brodskom skladištu [10] .....	14
Slika 11. Ukrcaj jahte na palubi broda za teške terete [28] .....	14
Slika 12. Lučke kontejnerske dizalice na palubi broda [28] .....	15
Slika 13. Brod za prijevoz teških tereta [17] .....	17
Slika 14. Konvencionalni višenamjenski brod za prijevoz teških tereta [26] .....	19
Slika 15. Konvencionalni RO-RO brod za prijevoz teških tereta [26] .....	20
Slika 16. Konvencionalni brod za prijevoz teglenica [26] .....	21
Slika 17. Specijalizirani brod za prijevoz teških tereta [26] .....	21
Slika 18. Brod kompanije Rolldock klase S [26] .....	24
Slika 19. Ukrcaj Off-Shore konstrukcije preko krmene rampe pomoću hidrauličkog trilera podesivog po visini [7] .....	25
Slika 20. Razni oblici čeličnih greda za ukrcaj [4] .....	26
Slika 21. Brod Black Marlin pri transportu platforme .....	27
Slika 22. Zadnji trenutci broda Mighty Servant [17] .....	29
Slika 23. Black Marline & Blue Marlin u plovidbi [17] .....	30
Slika 24. Dockwise Vanguard type 0 - super brod [18] .....	31
Slika 25. Brod Blue Marlin pri transportu platforme Thunder [17] .....	32
Slika 26. Tegljači dovode teret na brod [17] .....	33
Slika 27. Brod Blue Marlin pri transportu oštećenog broda Američke ratne mornarice iz Adenskog zaljeva u SAD [14] .....	34
Slika 28. MV Svenja 12/2010, MV Lone 03/2011 [21] .....	35
Slika 29. MV Lone [21] .....	36

Slika 30. MV Svenja [21] .....	36
Slika 31 Pomak težišta brodskog sustava pri pomaku tereta [11] .....	37
Slika 32. Promjena stabiliteta broda pri podizanju visećeg tereta brodskim teretnim uređajem [28].....	38
Slika 33. Pomak težište brodskog sustava pri pomaku grane dizalice [11].....	41
Slika 34. Podizanje tereta sa dvije dizalice i tipičnom gredom za dizanje teškog tereta – lokomotive [11] .....	42
Slika 35. Stabilizacijski pontoni smješteni uz bok broda [11] .....	43
Slika 36 Plutajuća dizalica za teške terete [10] .....	44
Slika 37. Plutajuća barža, uključena u operaciju podizanja teškog tereta [10] .....	45
Slika 38. Specifikacija proizvođača [8].....	46
Slika 39. Različita struktura čelične užadi – poprečni presjek i uzdužni pogled [8].....	47
Slika 40. Struktura čelične užadi [8] .....	48
Slika 41. Različite vrste škopaca [15] .....	49
Slika 42. Anchor Shackle i Chain Shackle [8] .....	49
Slika 43. Lanac za učvršćivanje sa dugim karikama [8] .....	50
Slika 44. Ubacivanje pritezne poluge, kuke lanaca za pritezanje, učvršćivanje i skraćivanje lanaca [8] .....	51
Slika 45. Osiguranje tereta kukom i nepravilno umetnuta kuka [8].....	51
Slika 46. Skraćenje lanca sa specijalnom kukom zvanom kanda i osiguravajućom polugom [8] .....	51
Slika 47. Različiti tipovi podloga [8].....	52
Slika 48. Jedan od tipova zatezača za sintetičke brage [8].....	53
Slika 49. Različite vrste stegača [13].....	54
Slika 50. Stegač napravljen od čelika visoke čvrstoće sa karikom lanca i kukom na krajevima [8].....	54
Slika 51. željezni stoperi/osiguranja [28] .....	55
Slika 52. Neproširena dodirna površina [28].....	57
Slika 53. Proširena dodirna površina [28] .....	57
Slika 54. Podupirač za prijenos težine tereta sa poklopca na palubu [28].....	58
Slika 55. Šest slobodnih gibanja broda na valovima [28] .....	64
Slika 56. Utjecaj sila na teret s obzirom na položaj tereta na brodu [5].....	65
Slika 57. Omča kojoj oba kraja završavaju na istoj strani tereta [28] .....	66

Slika 58. Zabranjeni način korištenja čelične užadi [28].....	66
Slika 59. Različiti načini korištenja čelične užadi i stegača [28] .....	67
Slika 60. Brod za prijevoz teških tereta Fairmaster [2], [25] .....	68
Slika 61. Struktura trupa broda - Fairmaster [2], [25] .....	71
Slika 62. Sustav grotlenih poklopaca međupalube [2] .....	72
Slika 63. Shema sustava grotlenih poklopaca međupalube [2], [25].....	73
Slika 64. Sustav stabiliziranja broda - Fairmaster [2], [25].....	74
Slika 65. Podjela broda Fairmastera na grupe i sekcije [2] .....	75
Slika 66. Polaganje kobilice - Fairmaster [2] .....	76
Slika 67. Generalni plan broda - Fairmaster [2] .....	77
Slika 68. Porinuće – Fairmaster [2] .....	78
Slika 69. Fairmaster u splitskom brodogradilištu – završni radovi [2] .....	79
Slika 70. Podizanje palubne dizalice – Fairmaster [2] .....	80
Slika 71. Ugradnja palubne dizalice – Fairmaster [2] .....	80
Slika 72. Fairmaster – prijevoz tornja za postavljanje podmorskih cijevi [2].....	81
Slika 73. Fairmaster - prijevoz modula [2].....	81

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Faktori trenja prema CSS kodeksu.....	56
Tablica 2. Prikazuje maksimalnu nosivost pojedine opreme .....	59
Tablica 3. Specifikacija broda Faimaster .....	78

## POPIS KRATICA

IMO (eng. <i>International Maritime Organization</i> )	Međunarodna pomorska organizacija
SWL (eng. <i>Safe Working Load</i> )	Sigurno radno opterećenje
GM (eng. <i>Metacentric height</i> )	Metacentrična visina
LLSA (eng. <i>Lost load securing Aid</i> )	Ispomoć kod učvršćivanja tereta
PSL (eng. <i>Premisable Surface Load</i> )	Pretpostavljeno površinsko opterećenje
MSL (eng. <i>Maximum Securing Load</i> )	Maksimalno sigurna nosivost
M (eng. <i>Metacenter</i> )	Metacentar
W (eng. <i>Weight</i> )	Težina tereta
D (eng. <i>Displacement</i> )	Deplasman
CSS (eng. <i>Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing</i> )	Kodeks vježbi za skladištenje i osiguranje tereta
LOA (eng. <i>Lenght overall</i> )	Duljina preko svega
RO – RO (eng. <i>Roll on – roll of</i> )	Dokotrljaj – otkotrljaj
LO – LO (eng. <i>Lift on – lift of</i> )	Digni – spusti
FLO – FLO (eng. <i>Float – on – Float - off</i> )	Poluuronjivi