

# Brodovi različitih tehnologija

---

**Babić, Duje**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*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:164:073406>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-19**

*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](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET**

**DUJE BABIĆ**

**BRODOVI RAZLIČITIH TEHNOLOGIJA**

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2017.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**STUDIJ: BRODOSTROJARSTVO**

# **BRODOVI RAZLIČITIH TEHNOLOGIJA**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**  
**Prof. dr. sc. Joško Dvornik**

**STUDENT:**  
**Duje Babić**  
**(MB:0171265001)**

**SPLIT, 2017.**

## SAŽETAK

U ovom završnom radu obrađujemo nove, moderne tehnologije koje se koriste u današnjem brodarstvu. Uspoređujemo različite vrste tehnologija kod modernih brodova te njihovu učinkovitost u odnosu na njihovo ulaganje. Nastojalo se obuhvatiti što šire područje, od brodova za rasuti teret do RO-RO brodova. Obrađeni su još i kontejnerski transporti te brodovi za prijevoz kemikalija. Nastoji se uočiti što je bitno kod određenih tehnologija, kako u razilčitim teretima tako i u konstrukcijskim rješenjima za određene brodove. Kroz obradu se može zaključiti da smo danas u jako brzom vremenu, u kojemu je upravo najvažnije i najskuplje vrijeme. Kako smo već naveli da smo se osvrnuli obradio se još jedan segment u brodarstvu, a to je smanjenje ljutske radne snage, te globalni utjecaj na brodarstvo i njegov učinak. Dobar omjer uloženo-dobiveno bitan na tehnološki napredak je i ovdje, tako da već možemo zaključiti što nas čeka u budućnosti.

**Ključne riječi:** *brod, moderne tehnologije, transport, vrijeme, napredak*

## ABSTRACT

In this final paper new, modern technologies which are used in shipping today are elaborated. Different types of technologies in modern ships are compared, as well as their efficiency in relation to investment in the ships. The aim was to cover as much as possible, from bulck carriers to RO-RO ships. Container transportation was also included in the elaboration, and chemical transport ships as well. There is an attempt to see what is important in certain technologies, both in loads and in design solutions for specific ships. From the elaboration it can be concluded that today we live in a world where time runs quick, and time is the most important and the most expensive asset. As we have already mentioned, we have been discussing another segment of shipping, the reduction of human labor, and a global impact on shipping and its overall effect. A good invested-gained ratio in technological progress can be seen here, so we can already conclude what is waiting for us in the future.

**Key words:** *ship, modern technologies, transportation, time, progress*

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KARAKTERISTIKE RAZLIČITIH BRODSKIH TEHNOLOGIJA.....</b>	<b>2</b>
<b>3. BRODOVI ZA PRIJEVOZ RASUTIH TERETA.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1. OPĆENITO O BRODOVIMA ZA PRIJEVOZ RASUTIH TERETA.....</b>	<b>3</b>
<b>3.2. KONSTRUKCIJSKA ANALIZA BRODA ZA RASUTI TERET.....</b>	<b>4</b>
<b>3.3. POSTUPCI UTOVARA I ISKRCAJA RASUTIH TERETA.....</b>	<b>5</b>
<b>3.4. PRIJEVOZ RASUTOG TERETA MOREM.....</b>	<b>7</b>
<b>4. RO-RO BRODOVI.....</b>	<b>8</b>
<b>4.1. POVIJEST RO-RO BRODOVA I DEFINICIJA.....</b>	<b>8</b>
<b>4.2. KONSTRUKCIJSKE KARAKTERISTIKE RO-RO BRODOVA.....</b>	<b>9</b>
<b>4.3. OPREMA ZA PRISTUP BRODU (RAMPE).....</b>	<b>11</b>
<b>4.4. VRSTE BRODSKIH RAMPI I BUDUĆE PRIMJENE.....</b>	<b>13</b>
<b>4.5. VRSTE RO-RO BRODOVA.....</b>	<b>15</b>
<b>4.6. UKRCAJ TERETA NA RO-RO BRODOVE.....</b>	<b>16</b>
<b>4.7. VEZIVANJE I UČVRŠĆIVANJE TERETA.....</b>	<b>17</b>
<b>5. BRODOVI ZA PRIJEVOZ KONTENJERA.....</b>	<b>19</b>
<b>5.1. KONTENJERSKI BRODOVI.....</b>	<b>19</b>
<b>5.2. TIPOVI KONTENJERA TE NJIHOV UKRCAJ I ISKRCAJ.....</b>	<b>20</b>
<b>5.3. RAZVOJ KONTENJERSKIH BRODOVA.....</b>	<b>23</b>
<b>5.4. ZNAČAJKE MODERNIH KONTENERSKIH BRODOVA.....</b>	<b>24</b>
<b>6. BRODOVI ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA.....</b>	<b>27</b>
<b>6.1. POVIJESNI RAZVOJ BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA.....</b>	<b>27</b>
<b>6.2. PRAVILA GRADNJE I ODNOSI IZMEĐU POSLOVANJA I PROJEKTIRANJA BRODA.....</b>	<b>28</b>
<b>6.3. GLAVNE KARAKTERISTKE BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA.....</b>	<b>29</b>
<b>6.4. ZAŠTITA OD KOROZIJE.....</b>	<b>31</b>

<b>6.5. SISTEMI ZA RUKOVANJE TERETOM .....</b>	<b>32</b>
<b>6.6. ČIŠĆENJE .....</b>	<b>33</b>
<b>7. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>34</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>35</b>
<b>POPIS ILUSTRACIJA .....</b>	<b>36</b>
<b>POPIS KRATICA .....</b>	<b>37</b>

## 1. UVOD

Zemljinu površinu, oceani i mora pokrivaju s 71%, te sa najveći promet ljudi i tereta odvija putem mora. Svakim danom civilizacije napreduju, a tako i potrebe za pomorskim prometom što se očituje povećanjem svijetske flote.

Ciljevi naručitelja brodova nisu komplicirani. Brodovi trebaju biti izdržljivi s cijenama održavanja koje trebaju biti male, kao i potrošnja samog goriva. Kad analiziramo da brodari tjeraju brodove i posadu do krajnih granica, potrebno je analizirati i proučavati nove tehnologije kako bi svi ostali u igri na tržištu. Neke tehnologije su obrađene u ovom radu, kao tehnološki napredak kroz povijest ili problemi modernog doba.

O ovom radu planiramo opisati nekoliko vrsta različitih tehnologija brodova modernog doba. Uočavaju se rezlike kod svakog tipa broda, jer svaki tip broda zahtjeva drugačiju konstrukciju, namjenu, brzinu polovidbe.

Drugo poglavlje nam općenito govori o današnjim tehnologijama, zahtjevima tih tehnologija i samoj svris broda.

Treće poglavlje se bavi brodovima za rasuti teret, njihovoj konstrukciji i prometu morem. Obradene su metode ukrcaja i iskrcaja te zašto je brod za rasuti teret toliko zastupljen u svijetu.

U četvrtom i petom poglavlju, obrađeni su RO-RO brodovi i kontejnerski brodovi. RO-RO brodove smo malo detaljnije opisali. Pogledali smo njihovu konstrukciju i problematiku iste, te projektna rješenja kod izvedbi rampi. Osvrnuli samo se na klasifikaciju tih brodova te učvršćivanje tereta u teretnom prostoru. Peto poglavlje govori o kontejnerskim brodovima, zašto su namijenjeni i koji su njihovi problemi današnjice.

U šestom poglavlju opisuju se brodovi za prijevoz kemikalija. Osvrnuli samo se na početke istih, te njihovo konstruiranje i projektiranje. Opisano je još njihovo čišćenje, te zaštite koje se moraju poštivati jer su ti brodovi posebno opasni.

Na kraju je dat zaključak.

## 2. KARAKTERISTIKE RAZLIČITIH BRODSKIH TEHNOLOGIJA

Karakteristike brodskih tehnologija razlikuju se prema namijeni broda i potrebi plovila za uslugom pružanja. Idejna rješenja su napravljena kao potreba, a ne kao luksuz, jer u svijetu se predaje velika pažnja za sigurnim prijevozom tereta i ljudi. Promatrati ćemo nekoliko tipova plovila koja su zastupljena u većim jedinicama u svijetu. Potrebe za prirodnim resursima kao što su: nafta, zemni plin, roba i rude izvršavaju brodovi koje opisujemo.

Svaki tip broda mora udovoljiti određenim zahtjevima i prema tim zahtjevima se radi projekt idealnog rješenja prema cijeni izgradnje i finalnom proizvodu i njegovoj usluzi.

Na slici 1., prema [6], prikazan je kontejnerski brod, nosivosti 8000 TEU-a.



**Slika 1. Prikaz kontejnerskog broda i njegov kapacitet[6]**

U početku projektiranja broda važnosti se predaje konstrukcija kao i omjeri prostorija u brodu za teret, posadu te strojarnicu. Najveći su problemi željene brzine i troškovi izgradnje kao i troškovi održavanja.



### **3. BRODOVI ZA PRIJEVOZ RASUTIH TERETA**

#### **3.1. OPĆENITO O BRODOVIMA ZA PRIJEVOZ RASUTIH TERETA**

Brodovi za prijevoz rasutih tereta (eng.: *bulckcarriers*) čine posebnu skupinu brodova za prijevoz suhих rasutih tereta (žitarice, rude itd.). Pojavljuju se na tržištu prije gotovo jednog stoljeća i služili su za prijevoz suhих (homogenih) tereta. Većinom su bili u službi velikih korporacija i industrija. Namijenjeni su za prijevoz: rudača, žitarica, ugljena, raznih minerala, drva, strojeva. Određeni brodovi su za prijevoz samo rasutih tereta, dok imamo tipove koji u jednom pravcu prijevoze rasuti teret, a na povratku specijalizirani teret. Uglavom namijenu su mogli zadovoljiti prema zahtjevima tržišta, [1].

Njihov udio na globalnoj razini nije zanemariv upravo zbog jakog razvoja i potrebe svijeta za teretom prijevoza zbog njihove mogućnosti prijevoza tereta od 2000 dwt do 200000 dwt, [1].

Skladišta brodova za rasuti teret sežu od dvodna do palube odnosno bočnih tankova. Veličina i oblik su im prilagođeni gustoći rasutog tereta. Grotla su prostrana i opremljena patentnim poklopcima s hidrauličnim zatvaranjem. Prekrcaj tereta obavlja se specijaliziranim lučkim uređajima i rijetko kad brodskim teretnim uređajima, [1].

Na slici 2., prema [6], prikazan je brod za prijevoz rasutog tereta.

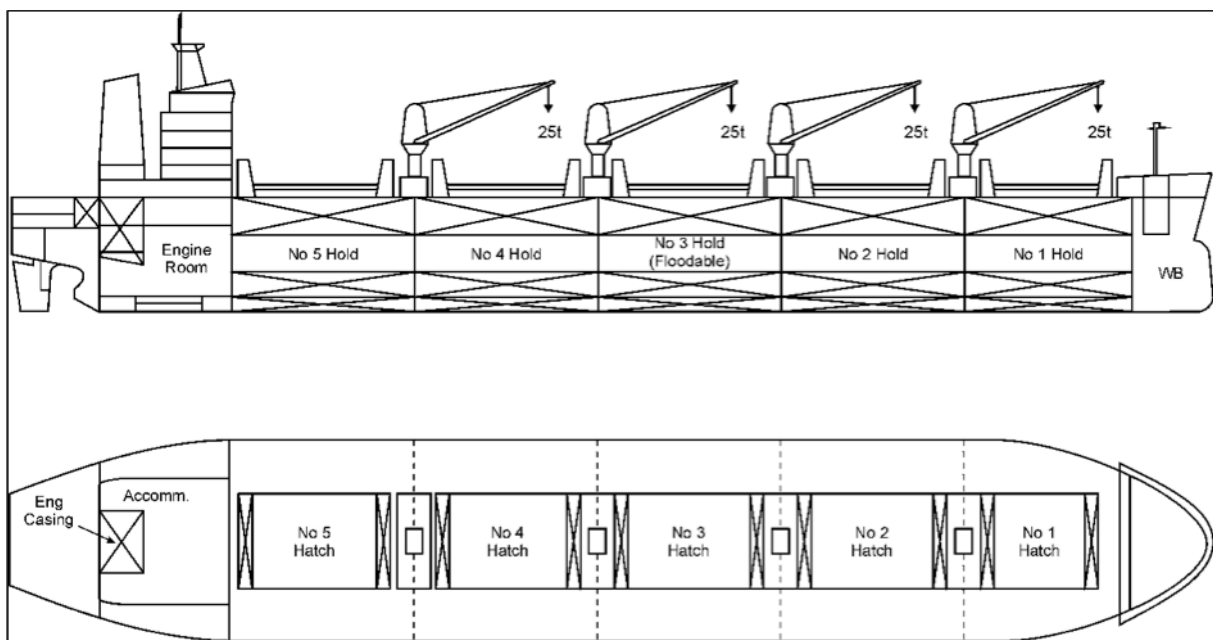


**Slika 2. Brod za prijevoz rasutog tereta [6]**

### 3.2. KONSTRUKCIJSKA ANALIZA BRODA ZA RASUTI TERET

Zbog velikih pramčanih otvora potrebno je osigurati dobru uzdužnu čvrstoću. U vidu rješavanja tog problema koristi se mješoviti sustav gradnje. Paluba i dvodno gradimo prema uzdužnom sustavu gradnje s uzdužnim neprekinutim bočnim nosačima, rebrenicama i uzdužnjacima na dnu i unutarnjem opločenju dvodna, a dok je bočna oplata izgrađena prema poprečnom sustavu gradnje. Rebra koja se nalaze na bočnoj oplati su holand profili, spojeni koljenima uz bočne potpalubne i uzvojne tankove, [5].

Na slici 3., prema [6], prikazan je poprečni presjek broda za rasuti teret.

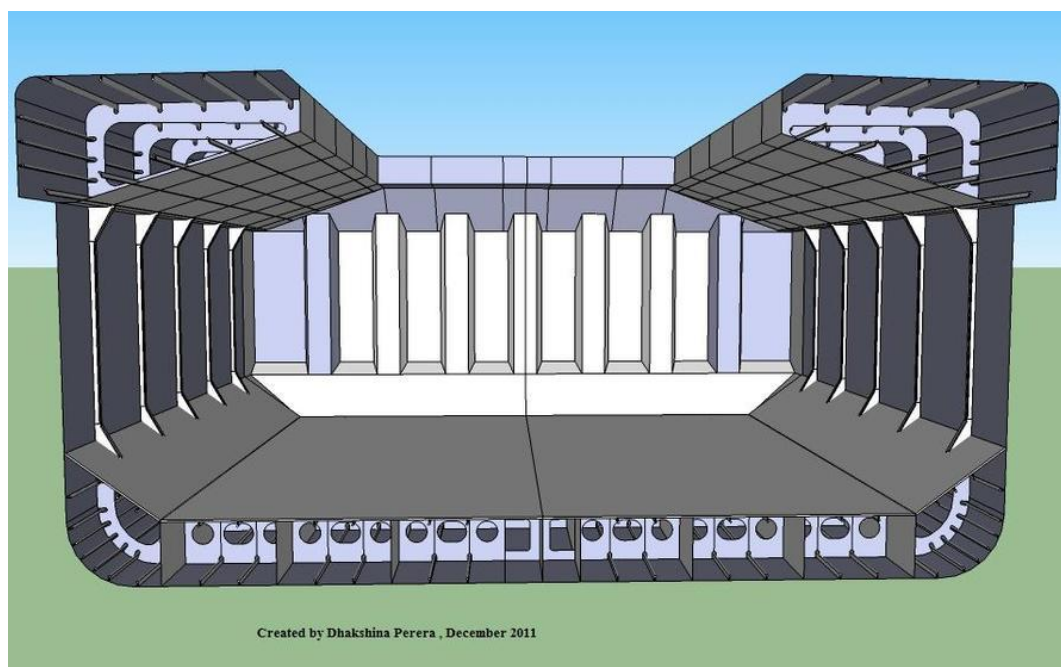


**Slika 3. Poprečni presjek broda za rasuti teret[6]**

Kao balasni tank u pramčanom dijelu služi pramčani pik. Prostor pramčanog pika je odijeljen od skladišnog prostora sudarnom pregradom čiju udaljenost od pramčane okomice propisuje registar, [5].

Središnji dio prostora čine skladišta tereta, a odvojena su nepropusnim pregradama. U krmi nalazimo strojarnicu i krmeni pik, međusobno odvojene krmenom nepropusnom pregradom. Krmeni pik također služi za krcanje balasta. Također imamo dvodno preko cijele dužine broda koje služi kao balasni tank, [5].

Na slici 4., prema [6] prikazan je presjek skladišta broda za rasuti teret.



**Slika 4. Presjek skladišta broda za prijevoz rasutih tereta [6]**

Sa slike 4. Možemo vidjeti tipičan primjer presjeka broskog skladišta za prijevoz rasutog tereta. Potpalubne tankove obično punimo morem kad brod treba biti u balastu. Ti isti tankovi tako projektirani smanjuju slobodnu površinu rasipnog tereta koja ugrožava stabilitet broda kod nemirne plovidbe, [5].

Razmak poprečnih elemenata u bočnim tankovima odgovara razmaku poprečnih elemenata u skladištima koja se protežu od pokrova dvodna i gornjeg opločenja bočnih uzvojnih tankova do palube, donjeg opločenja potpalubnih tankova te do gornje pražnice palube, [5].

### **3.3. POSTUPCI UTOVARA I ISKRCAJA RASUTIH TERETA**

Jedan od načina je pokretni mosni brodokrcavač, a to je uređaj koji se nalazi na postolju koje je kreće po tračnicama. Teret iz kopna prenosi se s pomoću trakastih transportera do brodokrcavača, čiji je dio pomični dohvatnik s pokretnom trakom i usmjerivačem za pravilno raspoređivanje u grotlu. Koristi se uglavnom za željeznu rudaču i ugljen, [1].

Na slici 5., prema [6], prikazan je pokretni mosni brodokrcavač.



**Slika 5. Pokretni mosni brodokrcavač [6]**

Pneumatski i hidraulički transport primjenjuje se pri prekrcaju suhih rasutih tereta razmjerno niske granulacije i gustoće, kao što su žitarice cement i dr.

Razlikujemo po načinu usisni i tlačni pneumatski transport, a u određenim uvjetima se i koriste i kombinirane metode. Usisni pneumatski transport jednostavnije je izvedbe, a radi na principu stvaranja vakuma u postrojenju i usisava materijal iz broskog skladišta, te ga transportira na određenu visinu, [1].

Hidraulični transport redovito se primjenjuje pri prijenosu tekućina. Međutim, ovaj transport ima svoju primjenu i pri prijenosu različitih rasutih materijala, primjerice ugljena, fosfata i dr. pri čemu dolazi do izražaja *slurry-tehnologija*, tj. Prijenos rasutog tereta u suspenziji s vodom ili kojim drugim sredstvom, [1].

Brodovi samoiskrcavači predviđeni su za prijevoz rasutog tereta i samoiskrcaj u odredišnim lukama. Za njih nije potrebna lučka oprema. Posebnim sustavom u tri faze obavljaju iskrcaj na obalu ili u teglenice. Dna skladišta imaju ljevčkasti oblik kojim se usmjerava teret na neprekinute trake (konvejere) u dvodnu. Ovaj konvejer predaje teret okomitom podizaču različitih izvedbi (druga faza). On na palubi predaje teret vodoravnom konvejeru koji je smješten na pomični zakretni most, [1].

### 3.4. PRIJEVOZ RASUTOG TERETA MOREM

Danas brodovi za prijevoz rasutog tereta čine 40% svjetske flote s 1.7 milijardi tona prevezenog dobra kao što je ugljen, uglavnom žitarice, rudače i dr. s prosjekom brodova starosti do 13 godina.[1]

Po veličini brodove možemo podijeliti u šest kategorija, prema [1]:

- mali bulck carrieri-ispod 10000 dwt,
- Handysize-10000-35000 dwt,
- Handymax-35000-59000 dwt
- Panamax-60000-80000 dwt,
- Capesize-80000-150000 dwt,
- Very large- preko 200000 dwt.

Međunarodni pravilnici koji reguliraju prijevoz tereta u rasutom stanju su, prema [1]:

- Kodeks o sigurnom postupanju s krutim teretima u rasutom stanju,
- Međunarodni kodeks o sigurnom prijevozu žitarica u rasutom stanju.

Na slici 6., prema [6], prikazan je brod za rasute terete.



**Slika 6. Brod za rasuti teret kategorije Very large[6]**

## 4. RO-RO BRODOVI

### 4.1. POVIJEST RO-RO BRODOVA I DEFINICIJA

Od početka gradnje brodova za prijevoz tereta na kotačima javljali su se i posebni nazivi na različitim jezicima za ta sredstva nove tehnologije. Najviše naziva stvoreno je na engleskom jeziku, ali se i koriste nazivi na njemačkom, francuskom, talijanskom i ruskom, [2].

RO-RO brodovi prema svojim karakteristikama se razlikuju od ostalih vrsta brodova, pa autori u literaturi nastoje te karakteristike odrediti točnim definicijama ali im to uvijek ne uspijeva, [2].

Ideje o ukrcaju tereta na brod s kotačima bila je prisutna još u prošlom stoljeću. Ljudi su uočili da se predmet valjkastog oblika kotrljanjem mogu lakše premjestiti s jednog mjesta na drugo savladavajući čak i manje uspone.

Međutim do pune afirmacije nove tehnologije RO-RO brodova došlo je tek u drugoj polovini dvadesetog stoljeća. Iako se RO-RO brodovi kao posebna vrsta javljaju sredinom dvadesetog stoljeća, treba znati da se na slikama nekih luka Mediterana iz 13. stoljeća mogu vidjeti njihove preteče. Naime neke slike prikazuju veoma široke brodove s bočnim vratima na koja ulaze ili izlaze kočije s konjanicima, [2].

Sredinom prošlog stoljeća, točnije 1851. godine, u Škotskoj je upotrijebljen prvi *ferry boat* koji je prevezio željezničke vagone. Veliko iskustvo stečeno je 1944. godine prilikom iskrcavanja saveznika na obale Normandije.

U logističkim operacijama pred francusku obalu, koristeći se hiperboličnim sustavom navigacije, osvanulo je oko 5000 različitih brodova od kojih je skoro pola služilo za prijevoz tenkova, vozila, hrane, opreme i trupa. Bili su to brodovi desantnog tipa od 100-1500 t nosivosti koji su se odlikovali malim gazom i mosnicama na pramcu koje su zasigurno po zamisli i funkciji prethodili današnjim rampama, [2].

Nakon drugog svjetskog rata, točnije 1946. godine, englesko brodersko poduzeće Atlantic Steam Navigation Co. počelo je za prijevoz ukrcanih kamiona koristiti brodove za iskrcavanje tenkova. Mnogi smatraju da je to prva organizirana plovidba u RO-RO sustavu, [2].

## 4.2. KONSTRUKCIJSKE KARAKTERISTIKE RO-RO BRODOVA

RO-RO brodovi su posebno građeni za prijevoz raznovrsnih tereta u kojih je jedinica tereta kamion, automobil, prikolica i sl. Radi toga je njihova konstrukcija znatno različita od brodova građenih za druge namjene kao što možemo vidjeti na slici 7., [2].



**Slika 7. Prostor za teret kod RO-RO brodova [6]**

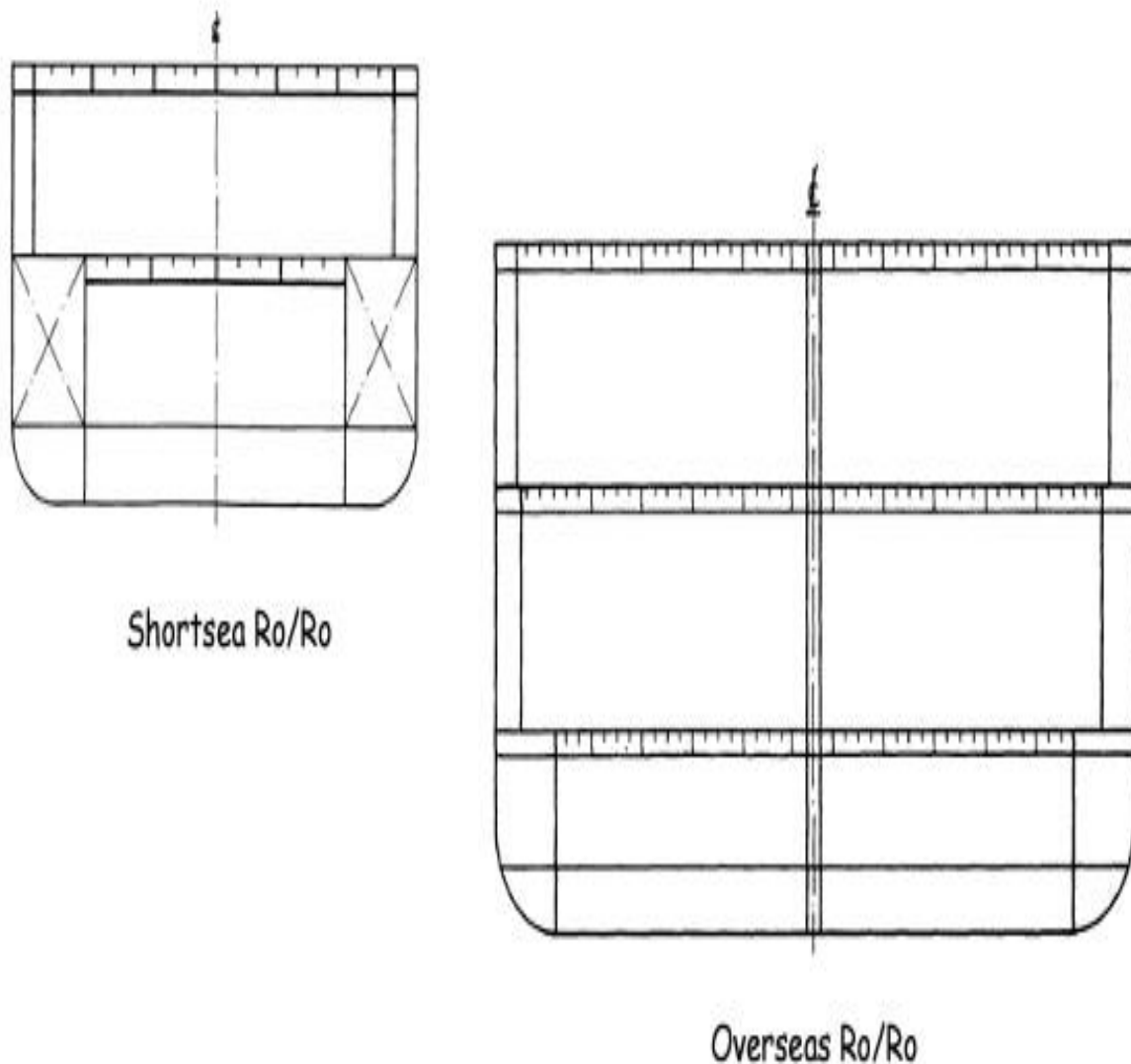
Mjere RO-RO brodova i njihov međusobni odnos ovise o vrsti tereta za koje su namijenjeni. Posebno je indikativan odnos dužine i širine RO-RO broda prema odnosu dužine i širine konvencionalnog broda. Kod prvih taj je odnos 5-6,5 : 1, a kod konvencionalnih teretnih brodova kreće se od 7-8 : 1. Ovoliko veća širina odgovara smještaju tereta (vozila i prikolica), međutim to brodovima daje veliku početnu poprečnu stabilnost i čini ih prestabilnim što je nepoželjna osobina broda u plovidbi, [2].

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

Čisti RO-RO brodovi zato što su isključivo namijenjeni za prijevoz tereta na kotačima nemaju grotla i mogućnost LO-LO manipulacije tereta u skladištu, [2].

Osim rampi, za RO-RO brodove karakteristična su prostrana skladišta nalik plovećim garažama, koja nisu odijeljena nepropusnim pregradama, već čine cjelinu i omogućuju bolje slaganje i uzdužnu prohodnost vozila. Ugradnjom krmenih i pramčanih rampi na istom brodu, omogućava se istovremeno i iskrcaj i ukrcaj tereta. RO-RO brodovi s rampama na pramcu i krmu posebno su podesni u trajektnom prijevozu osobnih automobila, jer tako u pravom smislu predstavljaju nastavak ceste preko mora, [2].

Na slici 8., prema [6], prikazan je poprečni presjek RO-RO broda.



**Slika 8. Poprečni presjek RO-RO broda [6]**

Palube na RO-RO brodovima su ojačane da bi mogle preuzeti teret koji se ukrcava ili iskrcava. Obično se ugrađuju tri palube od kojih glava ima direktan pristup preko rampe na obalu, a donja i gornja paluba se krcaju uz pomoć liftova ili unutarnjih rampi. Unutarnje



rampe ili interne rampe mogu biti fiksne kose ili pomično prilagodljive. Visina među palubama iznosi između 4,5 i 7 [m], [2].

### 4.3. OPREMA ZA PRISTUP BRODU (RAMPE)

Brodaska rampa je osnovna oprema za pristup vozila na RO-RO brod u horizontalnom načinu manipulacije. Rampe mogu biti ugrađene na pramcu, na krmi, na pramci i na krmi ili na boku broda. Prve rampe bile su ugrađene kod brodova, trajekata, bilo da su prevozili željezničke vagoni ili automobile, na pramcu. Ugrađivanje rampi na pramcu broda nije bio lak zadatak konstruktorima i graditeljima obzirom na sigurnost i ostalu opremu koja se nalazi na pramčanom dijelu broda (sidra, lanci, lančanici). Međutim zahtjevi za većom širinom rampe radi dvosmjernog prometa vozila, doveli su do ugradnje krmene rampe. Uz nova konstrukcijska rješenja krmene rampe, smanjena je opasnost od oštećenja brodskih propulzora, prilikom korištenja krmene rampe. Brodske pramčane rampe danas još imaju manji trajekti koji plove kraćim relacijama. Osnovna svojstva ugrađene brodske rampe su: širina, nosivost, nagib i dužina, [2].

Na slici 9., prema [7], prikazan je primjer bočne i krmene rampe.



**Slika 9. Primjer bočne i krmene rampe [7].**

Prva namjena brodskih rampi bila je za promet vozila samo u jednom pravcu, međutim da bi se ubrzala manipulacija i skratilo vrijeme boravka broda u luci, trebalo je omogućiti dvosmjerni promet. Radi toga je širina rampi povećana od 4 do 7 [m]. Na daljnje povećanje širine rampi utjecala je potreba da se na RO-RO brodove krcaju kontejneri dužine 20 stopa uz pomoć viljuškara i korištenje *tag mastera* koji vuku kontejnere uzdužno na trejlerima. Za to je bila potrebna rampa široka 8 [m], a da bi se mogao koristiti LUF okvir i specijalno vozilo tog sustava, trebalo je osigurati širinu od 12 [m], [2].

Na slici 10., prema [6], prikazana je pramčana višesekcijska rampa.



**Slika 10. Pramčana višesekcijska rampa [6]**

Naravno da ne smijemo zaboraviti nosivosti rampi koje variraju. Kod određivanja potrebne nosivosti rampe u prvom redu se uzima u račun masa viljuškara, *tag mastera* ili specijalnih LUF vozila, te broj vozila koja se u istom trenutku mogu naći na rampi. Broj vozila s teretom, koja se mogu u istom trenutku naći na rampi ovisi o dužini rampe. Nosivost rampi povećala se od 50 na 120 [t], zatim na 200 [t], da bi danas morem plovili brodovi s ugrađenom rampom nosivosti 450 [t]. [2]

Da bi se ukrcaj i iskrcaj vozila obavljao, bez zastoja, nagib rampi u odnosu na obalu ne smije biti veći od 13 do 14 %. Osim nagiba rampi u odnosu na obalu, važno je da kod rampi s

više sekcija ne postoji veliki nagib između tih sekcija. Posebno je to važno ako se teret krca na MAFI prikolice, koje su veoma niske, [2].

Zadnji segment je dužina koja ovisi o stupnju nakrcanosti broda, tj. njegovom gazu i trimu, a na koji se može utjecati uzdužnim razmještajem tereta ili balansiranjem. Najbolji se izbor postiže suradnjom projektanta i brodovlasnika, [2].

#### **4.4.VRSTE BRODSKIH RAMPI I BUDUĆE PRIMJENE**

Brodске rampe dijele se prema mjestu ugradnje na pramčane, bočne i krmene rampe. Prema kutu kojeg zatvaraju s uzdužnicom broda dijele se na: aksialne rampe, otklonjene i krmene okretne rampe, [2].

Aksialne rampe su smještene na pramcu ili na krmi u smjeru uzdužnice broda, tako da se manipulacija tereta može obavljati jedino kada je brod vezan. Ova vrsta se ugrađuje vrlo često na RO-RO brodove upravo zbog male mase i jednostavne konstrukcije. Osim toga nepropusno zatvaraju otvore i zbog toga nisu potrebna nepropusna vrata, [2].

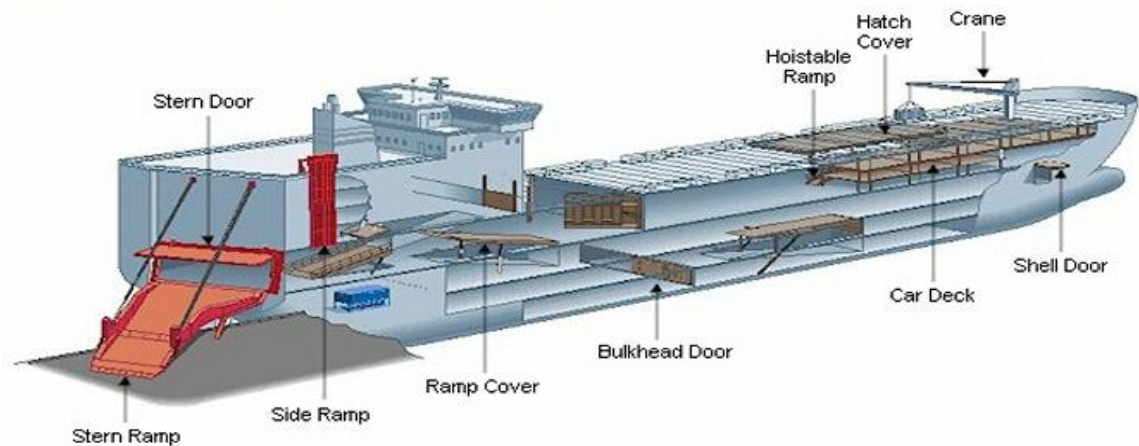
Na slici 11., prema [6], prikazana je pramčana aksijalna rampa.



**Slika 11. Pramčana aksijalna rampa [6]**

Otklonjene rampe ugrađuju se na pramčanoj ili krmenoj strani tako da s uzdužnom osi broda zatvaraju kud od 30 do 45 stupnjeva. Prve takve rampe konstruirala i ugradila još 1968.godine firma MacGregor u Japanu, [2].

Na slici 12., prema [6], prikazana je otklonjena rampa.



**Slika 12. Prikaz otklonjene rampe [6]**

Zadnji tip rampe je krmena okretna rampa. One su se razvile iz otklonjenih, tako da im je dograđen uređaj za zakretanje. Rampe se otklanjaju od uzdužnice broda na jednu i na drugu stranu i omogućuju da brod iskrcava teret neovisno o tome kojim je bokom pristao uz obalu. Kod konstrukcije ove rampe nastojalo se sačuvati sva dobra svojstva aksialnih i otklonjenih rampi i izbjeći neke njihove nedostatke. Zakretanje rampi može biti izvedeno pomoću vitala kao i kod otklonjenih rampi ili pomoću zupčanika i zupčaste grede. [2]

Okretna rampa se sastoji od četiri dijela prema, [2] :

- okretni stol koji rotira oko centralne osovine, smješten u kružni ležaj,
- prva sekcija uzglobljena je za okretni stol i na nju su prihvaćena manevarska užad koja idu na koloturnike,
- druga sekcija uzglobljena na prvu i podešava se hidrauličnim cilindrima,
- treća sekcija je malo prošireni produžetak povećane površine da bi se smanjio specifični tlak na obalu.

Veličina i nosivost brodskih rampi dobile su neočekivane razmjere tako da se u svijetu sve češće vode rasprave između konstruktora i brodovlasnika, je li to pravi smjer u kojem valja

tražiti učinkovita rješenja. Osnovno je pitanje, da li svrsihovito tako skupe rampe mase 300 [t], nosivosti 450 [t] i dužine 50 [m], ugrađivati na brodove, gdje se koriste samo 5 do 10 % ukupnog vijeka broda. Kontejnerski su brodovi imali sličan problem s dizalicama koje se kasnije nisu ugrađivale više na brodove. Danas se u lukama nastoji i na RO-RO terminalima izgraditi vrlo velike i veoma prilagodljive kopnene rampe, koje se uspješno i znatno koriste, što omogućava da se na brodove ugrađuju rampe manje mase, kraće i znatno jeftinije, [2].

#### **4.5. VRSTE RO-RO BRODOVA**

Postoje različita mjerila po kojima se mogu razvrstati RO-RO brodovi. Veoma se često kao kriterij uzima njihova veličina i gaz. Osim toga ; RO-RO brodovi se klasiciraju po namjeni i vrsti tereta za koji su građeni. Početkom sedamdesetih, otkad se ovi brodovi počinju graditi za različite udaljenosti, dolazi do podjele prema dužini relacije na kojoj plove. Osim toga, u literaturi se sve češće spominju brodovi triju generacija, a razvrstavaju se prema vremenu u kojem su građeni, prema nosivosti i prema dužini plovidbe. [2]

Međunarodna komisija za standartizaciju RO-RO brodova preporučila je 1966. godine da se vezovi za RO-RO brodove grade s dubinom uz obalu od 6,1 [m]. Kao potvrda tome poslužila im je činjenica da je tada većina brodova u eksploataciji imala gaz manji od 6 [m], pa suradnji lakšeg plana izgradnje podijelili brodove u dvije skupine, prema [2]:

- Skupina A – brodovi s gazom manjim od 6 [m],
- Skupina B – brodovi s gazom većim od 6 [m].

Iduće dijeljenje se vršilo prema namjeni, a podijelili su ih u sedam skupina, prema [2]:

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

I zadnju podjelu su napravili za duge relacije koju možemo podijeliti u četiri skupine, prema [2]:

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

#### **4.6. UKRCAJ TERETA NA RO-RO BRODOVE**

Naziv RO-RO dolazi od engleskih riječi Roll on – Roll off i govori nam da se teret na ovaj način dovlači kotrljanjem i odvlači na isti način. To znači, da bi se teret mogao ukrcati ili iskrcati, treba ga postaviti na kotače i osigurati pogonsko sredstvo s kojim će se dotegnuti na brod i otegnuti s broda. Postoje dva načina manipulacije RO-RO tereta. Prvi je način dovesti vozilo odnosno jedinicu tereta na brod vlastitim pogonom, kako bi se to u početku redovito činilo kamionima nakrcanim teretom. Drugi je način da se teret složi na prikolice, odnosno poluprikolice platforme ili LUF postolja i da se posebnim vučnim vozilima dotegnu ili otegnu s broda.

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

Na slici 13., prema [6], prikazan je utovar tereta na RO-RO brod.



**Slika 13. Prikaz utovara tereta na RO-RO brod [6]**

Kada se teretom manipulira na prikolici odnosno poluprikolici, platformi ili LUF postolju, koristi se pritom i vučno vozilo. Sustav funkcionira tako da vučno vozilo napušta manipulativnu jedinicu u trenutku kad ju je dovuklo i smjestilo na određeno mjesto za ukrcaj. Ovim načinom se postiže ušteda prostora, a vučne jedinice ne stoje neiskorištene u brodu za vrijeme plovidbe, već se mogu koristiti na novim poslovima. Zbog karakteristika RO-RO brodova da se utovar i istovar vrši horizontalnim tegljenjem tereta na kotačima s obale na brod i obratno, postižu se izvanredni manipulativni učinci, [2].

#### **4.7. VEZIVANJE I UČVRŠĆIVANJE TERETA**

Teret na kotačima koji se nalazi na palubi broda u uvjetima valjanja i posrtanja pruža manji otpor trenja i lakše se pomiče, što može biti veoma opasno i izazvati oštećenja samog tereta, a u težim uvjetima može biti ugrožena i sigurnost broda.

Zato se na RO-RO brodovima, vezivanju i učvršćivanju vozila poklanja posebna pažnja. Naime, ne smatra se da je u luci završen ukrcaj tereta, kada je zadnje vozilo s ili bez tereta ušlo u brod i našlo se na svojem mjestu na palubi, već je ukrca završen u trenutku kada su sva vozila sigurno vezana i učvršćena. Brod je tek tada spreman za isplovljavanje, [2].

Na slici 14., prema [6], prikazano je osiguranje vozila žičanim načinom.



**Slika 14. Prikaz osiguranja vozila žičanim načinom [6]**



## 5. BRODOVI ZA PRIJEVOZ KONTENJERA

### 5.1.KONTENJERSKI BRODOVI

Kontejnerski brod (container ship) je brod posebno projektiran i izgrađen za prijevoz kontejnera. Pravilno projektiran kontejnerski brod ukreat će najveći mogući broj kontejnera unutar određenog prostora u brodskom trupu. Da bi se to postiglo, konačne mjere broda, forme trupa i konstrukcije, moraju se vrlo pažljivo uskladiti, [1].

Konstrukcija broda koji prevoze kontejnere prošla je veliki put. Njih u početku prevoze klasični brodovi i slažu ih na palube. Pomorci i lučki radnici naučili su tijekom nagle kontejnerizacije vezivati kontejnere na palubi i slagati u redove i sve više u visinu. Dok je na brodovima prve generacije kontejner slagan u 2 reda, danas se već slažu u 5 redova. Kasnije se grade brodovi isključivo za prijevoz kontejnera, tako da je veliki razvitak kontejnerizacije uzrokovao gradnju četvrte generacije tih brodova, [1].

Brod koji prevozi samo kontejnere (spremnike) ima jednu palubu i dvostruke bokove u srednjem dijelu broda. Otvori skladišta na palubi su široki i do 80% širine broda, a ovisno o širini broda podijeljeni su na više grotla. Kontejneri se kod ovih brodova slažu na palubu i poklopce skladišta, koji su stoga naročito čvrsto građeni kako bi mogli podnijeti do 4 redova. Brod za prijevoz kontejnera ima i priključak za prijevoz rashladnih kontejnera, [1].

Na slici 15., prama [6], prikazan je primjer današnjeg kontejnerskog broda.



Slika 15. Primjer današnjeg kontejnerskog broda [6]

## 5.2. TIPOVI KONTENJERA TE NJIHOV UKRCAJ I ISKRCAJ

Kontejner (container), spremnik različite veličine i oblika, izgrađen od lakog, čvrstog i trajnog materijala koji se upotrebljava kao sredstvo za jednostavan i racionalan prijevoz robe izravno od mjesta proizvodnje do odredišnog mjesta. Ima oblik sanduka, hladnjaka, cisterne i sl., [1].

Vrste i tipovi kontejnera, prema [6]:

- kontejneri opće uporabe,
- kontejneri s krovom koji se otvara i s vratima na čelu i na boku,
- otvoreni kontejner s pokrivačem ili bez njega,
- kontejneri cisterne,
- kontejneri s niskim stranicama,
- kontejneri platforme,
- kontejneri za prijevoz stoke i
- kontejneri za prijevoz hladjenih tereta.

Najčešće su korišteni kontejneri mjera 20-stopni i 40-stopni kontejneri.

Na 16., prema [6], prikazan je primjer najčešće korištenih kontejnera.

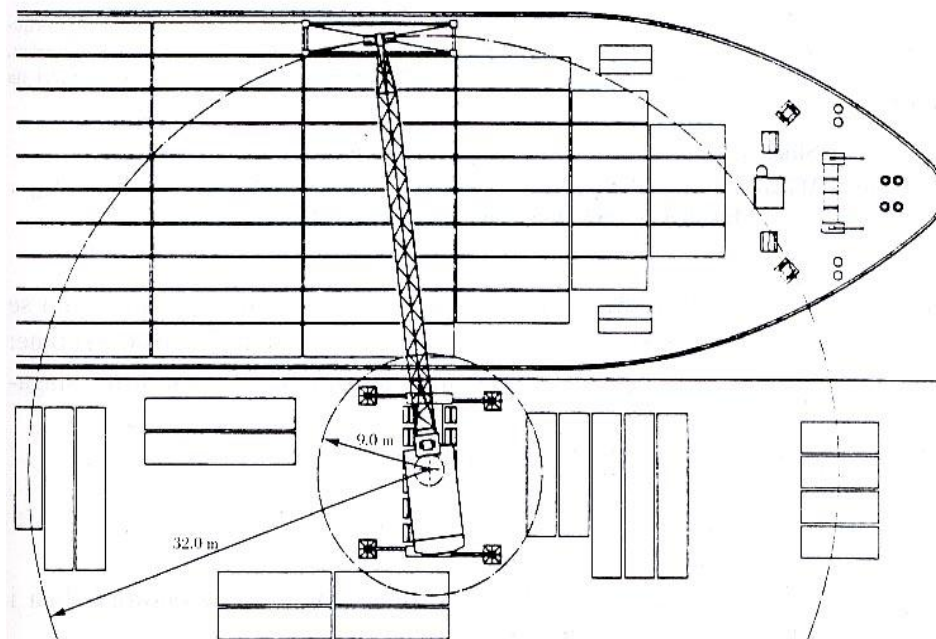


**Slika 16. Tipičan primjer najčešće korištenih kontejnera[6]**

Tehnologija prekrcanja kontejnera na brodu može se zasnivati na primjeni brodskih prekrcajnih sredstava, obalnih kontejnerskih dizalica (kontejnerskih prekrcajnih mostova) ili pokretnih lučkih dizalica, [1].

Obalne kontejnerske dizalice najčešće se konstrukcijski izvode u obliku prekrcajnih mostova, pa se često nazivaju i kontejnerskim prekrcajnim mostovima. Razvoj takvih prekrcajnih mostova događao se pod utjecajem razvitka kontejnerskih brodova. Veće dimenzije kontejnerskih brodova utjecale su na promjenu dohvata i nosivosti kontejnerskih dizalica. Nosivost suvremenih kontejnerskih mostova iznosi 300 do 500 [kN], s dohvatom od 45 [m] i više. Osim promjene nosivosti i dohvata, znatno su povećane i brzine gibanja kontejnerskih dizalica, što je utjecalo i na veći učinak prekrcaja. Automatizacijom rada kontejnerskih dizalica prekrcajni učinak povećan je na 30 do 50 kontejnera na sat. Lučke pokretne dizalice su prekrcajna sredstva univerzalne namjene koja se često upotrebljavaju za ukrcaj i iskrcaj broda na višenamjenskim i kontejnerskim terminalima. Fleksibilnost i mogućnost primjene lučke pokretne dizalice u različitim dijelovima lučkotransportnog grada rezultat je njezine neograničene vodoravne pokretljivosti, što omogućuje da dizalica ide za teretom, za razliku od klasičnih lučkih obalnih i kontejnerskih dizalica koje čekaju da teret dođe do njih, [1].

Na slici 17., prema [6], prikazano je radno područje lučke dizalice.



**Slika 17. Radno područje lučke dizalice[6]**

Još jedan od načina utovara je protalni prijenosnik velikog i portalni prijenosnik malog raspona. Mogu se kretati na gumenim kotačima ili po tračnicama, [1].

Portalni prijenosnik velikog raspona može premostiti 5 do 15 redova kontejnera složenih u 3 do 4 reda u visinu. Radni ciklus pri prekrcanju jednog kontejnera iznosi 1,7 do 6 [min]. što omogućava prekrcajni učinak od 980 [t/h] sa 10 do 35 radnih ciklusa u satu. Nosivost portalnih prijenosnika velikog raspona najčešće je 305 [kN], 350 [kN] ili 400 [kN]. Portalni prijenosnik malog raspona (eng.: *straddle carrier*) specijalizirani je prijenosnik za kontejnere za rad na suvremenim kontejnerskim terminalima, [1].

Postoje uglavnom tri različita tipa, prema [1]:

- portalni nosač (eng.: *portalframe straddle carrier*),
- portalni nosač otvoren na vrhu (eng.: *open top portal frame straddle carrier*),
- portalni teleskopski nosač.

Osnovno im je tehničko obilježje velika radna brzina, što uzrokuje kratko trajanje radnog ciklusa i velike radne učinke. Bitna je prednost tih prijenosnika što je njihovo težište na sredini konstrukcije, i to bez obzira na to da li je kontejner pun ili prazan, [1].

Na slici 18., prema [6], prikazan je istovar broda s portalnim prijenosnikom.

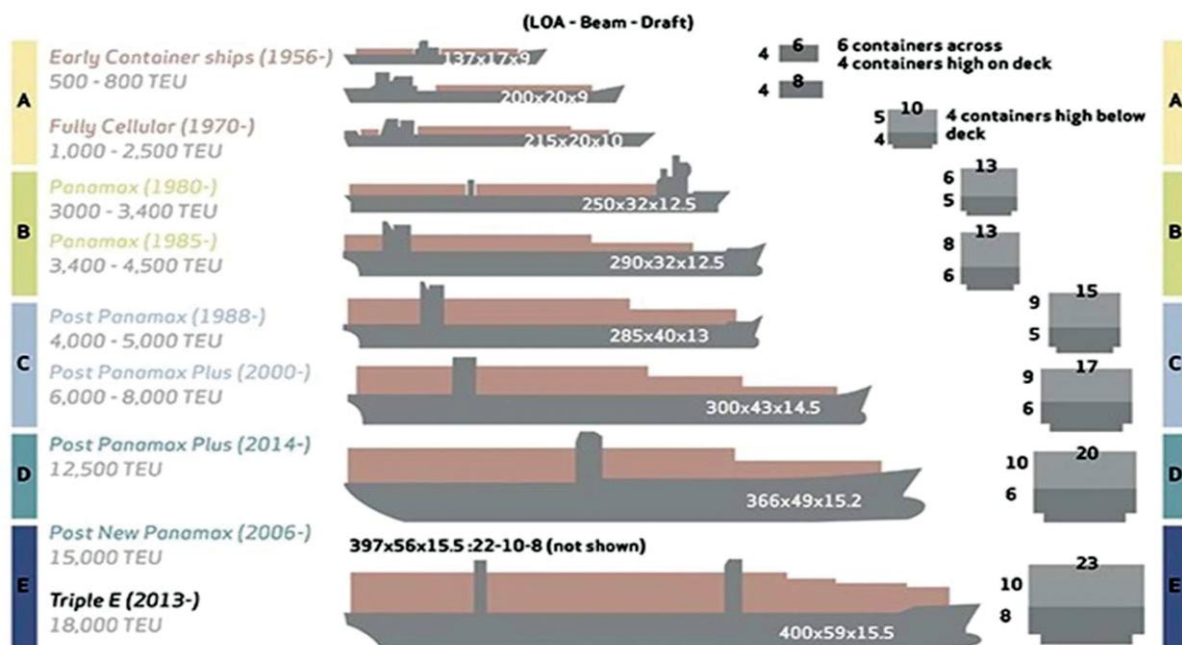


**Slika 18. Istovar broda s portalnim prijenosnikom [6]**

### 5.3. RAZVOJ KONTENJERSKIH BRODOVA

Od svojih početaka dizajn brodova za prijevoz kontejnera se mijenjao tijekom vremena prateći potrebe tržišta i razvoj tehnologije. Od početaka kontejnerizacije do današnjih dana njihov je razvoj generalno podijeljen na šest generacija od kojih svaka nosi vremensku oznaku po gradnji pojedinih brodova koji su obilježili tu generaciju, po veličini i ponajviše po rasponu kapaciteta, [4].

Kontejnerski brodovi prve generacije su podijeljeni u dvije faze. Brodovi iz prve faze, od 1956. godine do 1970. godine uglavnom su bili modificirani tankeri i brodovi za rasute terete nosivosti do 800 TEU-a. U to doba, kontejnerizacija je bila neistražena transportna grana te se prenamjena postojećih brodova pokazala kao puno jeftinija opcija koja je usto bila i manje izložena riziku. Ti brodovi su imali dizalice pošto lučka postrojenja nisu bila opremljena za rukovanje kontejnerima. Takvi su prenamijenjeni brodovi bili relativno spori i mogli su nositi kontejnere samo na palubi, ali ne i u unutrašnjosti broda koje je i dalje bilo rezervirano za generalni teret. Na slici 18. Može se vidjeti napredak kontejnerskih brodova kroz prošlo stoljeće, [4].



Slika 19. Generacije kontejnerskih brodova [6]

Prvi brod koji je već 1957.godine potpuno konvertiran za prijevoz kontejnera ugradnjom vodilica - *ćelija* bio je brod *Gateway City*. Njegov kapacitet bio je 226 kontejnera, a prvo putovanje je bilo između luka New York-Miami-Houston1.

Početak 70-ih godina prošlog stoljeća ušlo se u drugu fazu kada je kontejner postao prihvaćen način transporta te se započelo s gradnjom brodova namijenjenih samo prijevozu kontejnera - FCC . Ti se brodovi sastoje od ćelija za smještaj kontejnera u redove po cijeloj širini broda te se na njih slažu kontejneri koji tvore stupce različitih visina, ovisno o brodskom kapacitetu. Prednost FCC brodova je bila ta da su oni pružali mogućnost smještaja kontejnera na cijelom brodu, uključujući prostor skladišta ispod glavne palube. Za maksimalno iskorištenje prostora dizalice su isključene iz nacrt. Međutim, dizalice su zadržane na brodovima koji su namjenski građeni za plovidbe prema lukama koje nemaju potrebnu lučku infrastrukturu i gdje je dizalica jedini način iskrcaj/ukrcaja brodskih kontejnera. Također je došlo do napretka u brzinama koje brod razvija i kreću se u rasponu od 20 do 24 [čv], [4].

#### **5.4. ZNAČAJKE MODERNIH KONTENERSKIH BRODOVA**

Uvođenjem u upotrebu generacije *Panamax* došlo je do smanjenja posade za 50 % kada ga se uspoređi s prijašnjim, potrebnim brojem. Daljnjim napretkom u tehnologiji izgradnje i upravljanja brodom, taj broj je još više umanjen. Najbolji primjer je brod *Emma Maersk*, kojem je propisan minimum od 13 članova posade, te je ujedno s tim brojem članova posade izvršeno prvo putovanje. Značaj napredak je primjetan u brzinama koje kontejnerski brodovi razvijaju. Od početnih 15 [čv] broda *Ideal-X* brzine su se značajno povećale, da bi 1972. godine kompanija *SeaLand* uvela u upotrebu 8 novih brodova koji su mogli razviti brzinu od 33 [čv] te su bili brži od svih trgovačkih brodova u upotrebi za 10-15 [čv], [4].

U današnje vrijeme brodovi kapaciteta do 1500 TEU- imaju brzine od 9 do 25 [čv], a većina plovi brzinama od 15 do 19 [čv]. Brodovi kapaciteta od 1500-2500 TEU-a plove brzinama od 18 do 21 [čv]. U rangu brodova od 2500 do 4000 TEU-a, 90 % brodova razvija brzine od 20 do 24 [čv], 71 % brodova kapaciteta od 4000 do 6000 TEU-a razvijaju od 23 do 25 [čv], [4].

Najnovije generacije brodova preko 6.000 TEU-a imaju brzine od 24 do 26 [čv], njih 80 %. Porast cijena pogonskog goriva na svjetskim tržištima navela je brodare da smanje brzine plovidbe svojih brodova sve s ciljem uštede. Primjer je veliki kontejnerski brod dizajniran za brzinu od 25 [čv] s motorom snage 70.000 [KW], koji postiže 50 % nižu potrošnju kada se brzina smanji na 20 [čv].

Brodovi koji su sada u nacrtima ili su već izgrađeni, imaju nove i modernije motore koji su dizajnirani po sistemu da daju maksimalni učinak pri optimalnoj potrošnji i samim time daju svoj udio borbi za smanjenje onečišćenja okoliša, [4].

Porast dimenzija i nosivosti kontejnerskih brodova doveli su do novih zapreka. Ovi brodovi svojim gazom zahtijevaju luke s većim dubinama uz pristanište te potrebnu lučku infrastrukturu koja bi omogućila brz i nesmetan ukrcaj/ iskrcaj tereta. Malo luka u svijetu može udovoljiti ovim zahtjevima pa su se brodari dosjetili rješenju ovog problema. Organizirali su hub and spoke mreže po uzoru na avionsku industriju. To su linijske mreže između luka koje udovoljavaju potrebama njihovih *mega* brodova, a svoj početak imaju na jednom, a završetak na drugom kraju svijeta. Među njima plove i razvoze teret veliki brodovi zvani matice, a daljnja distribucija između glavnih i sporednih luka, te obratno, vrši se manjim kontejnerskim brodovima. Kontejnerski brodovi današnjice polako preuzimaju ulogu klasičnih brodova za hladene terete. Brod *Regina Maersk*, isporučen 1996. godine, bio je brod s najvećim brojem mjesta za hladene kontejnere kapaciteta 700 jedinica. Trenutno, kontejnerski brod *MSC Oscar* ima kapacitet od 1800 FEU-a-10 hladjenih kontejnera, od čega je 1470 FEU-a smješteno na palubi, a 330 FEU-a u utrobi broda. Toliki broj kontejnera za hladene terete zahtjeva ogromnu količinu električne energije koju brodski generatori moraju proizvesti. U slučaju *MSC Oscara* ona iznosi 16 [MW], [4].

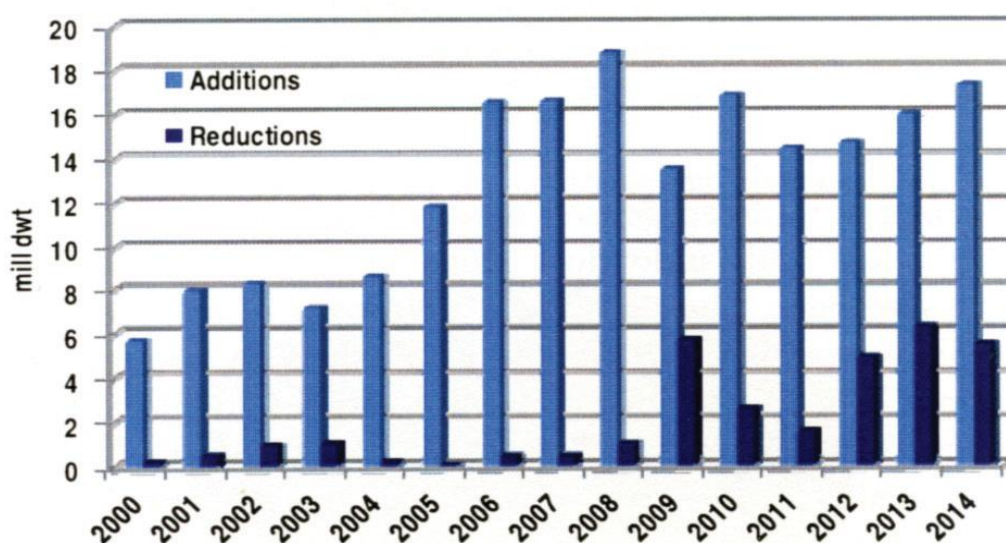
Na slici 20., prema [6], prikazan je brod *Regine Maersk*.



**Slika 20. Prikaz broda *Regine Maersk*[6]**

U posljednjih 14 godina svjetska kontejnerska flota obilježena je stalnim rastom tonaže uzrokovana procvatom globalne ekonomije. Vrhunac je doživjela 2007. - 2008. godine kada su se nizale isporuke novogradnji, a tek maleni dio tonaže je odlazio u rezališta. Dolaskom globalne krize primjetan je porast brodova za rezalište, ali novogradnje i dalje drže stabilan ritam, [4].

Na slici 21., prema [7], prikazan je graf svjetske tonaže kontejnerske flote u periodu 2000-2014.



**Slika 21. Graf stanja svjetske tonaže kontejnerske flote u periodu od 2000-2014 (odnos novogradnja/ rezalište) [7]**

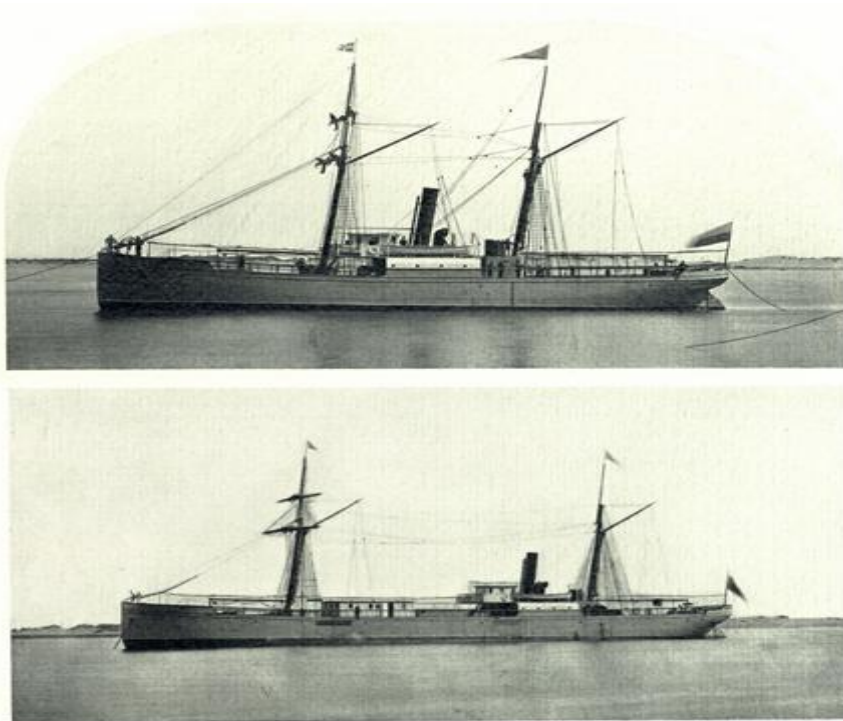


## 6. BRODOVI ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA

### 6.1. POVIJESNI RAZVOJ BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA

Kroz povijest bilo je mnogo poteškoća kod prijevoza kemijskog tipa tereta. Među prvim pretečama broda za prijevoz kemikalija bio je brod iz brodogradilišta u Švedskoj 1878. godine . Brod *Zoroaster* izgrađen je uglavnom prema pravilima tog vremena, ali s nekoliko bitnih razlika. Duplo dno tanka nalazilo se ispod mjesta za teret i strojarne. Sam tank bio je cilindričan, kapaciteta 250 [t] kerozina. Strojarnica je bila smještena u sredini broda, a i nafta kao gorivo, [3].

Na slici 22., prema [8], prikazan je brod *Zoroaster*.



**Slika 22. Brod *Zoroaster* [8]**

Na obali Sjeverne Amerike pojavljuje se brod koji prevozi različitu robu, uključujući ulje, kemikalije i suhi teret. To je vrijeme kada se pojavljuju višenamijenski Chemical tankeri. Među njima bili su *Marine Chemist* i *R.E. Wilson*. Period nakon 1960. godine bio je period napretka u broju i tipu višenamijenskih tankera, [3].

## **6.2. PRAVILA GRADNJE I ODNOSI IZMEĐU POSLOVANJA I PROJEKTIRANJA BRODA**

Na gradnju konkretnog broda primarno utječu razlozi poslovne namjene broda. Osnovne poslovne funkcije broda jesu, prema [3]:

- redovno poslovanje između raznih luka, za što brod treba imati brojne tankove raznih dimenzija i fleksibilni sistem za rukovanje raznim teretima,
- redovni poslovi između luka zahtijevaju da brod mora biti sposoban za prijevoz jednog ili više vrsta tereta, a tankovi i oprema za rukovanje teretom moraju biti prikladni određenim vrstama tereta. I tankeri za prijevoz jednostavnih pošiljki od samo nekoliko vrsta naftnih derivata ili biljnih ulja pripadaju ovoj kategoriji, iako ponekad prevoze samo jednovrsne terete.

Ova kategorizacija uzima se općenito i može doći do odstupanja kada je u pitanju ograničen gaz u luci, prijevoz određenog tereta, frekventnost usluga itd.

Povećanje broja i količine potencionalnih opasnih tereta koje brodovi prevoze, zahtijevalo je donošenje većeg broja pravila i propisa. Brod je postao opasan za okolinu i posadu. Došlo je do zagađivanja mora, pa se uvidjelo da je potrebno precizno i opsežno poznavanje tereta da bi se brod i okolina mogli zaštititi, [3].

Pojedinačni tereti imaju sljedeća svojstva, prema [3]:

- visoku gustoću,
- visok viskozitet,
- visoku korozivnost,
- otrovnost,
- samoreaktivnost,
- zapaljivost,
- osjetljivost na toplinu.

Upravo zbog tih karakteristika tereta, uvedeni su takvi kriteriji sigurnosti i izgradnje, a najvažniji propisi jesu, prema [3]:

- pravila za gradnju klasifikacijskih društava,
- IMO kodeks za brodove koji prevoze kemikalije,
- nacionalni propisi.

### 6.3. GLAVNE KARAKTERISTIKE BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA

Posebni IMO uvjeti za tankere za prijevoz kemikalija jesu, prema [3]:

- zahtjevi u pogledu stabiliteta u slučaju oštećenja,
- zahtjevi u pogledu dvodna i bočnih koferdama.

Na osnovu tih zahtjeva dubina i širina bit će u određenom omjeru, tako da brod može udovoljavati raznim kombinacijama ukrcaja, bez potrebe balansiranja broda. Gustoća tereta kojeg prevoze brodovi za prijevoz kemikalija može varirati između  $0,65 - 2,5 \text{ g cm}^{-3}$ , pa je vrlo teško odabrati volumen tereta koji utječe na dubinu i širinu broda. Veličina tankova na brodu, s posebnim tankovima predviđenim za samo određene terete, ovisit će neposredno o gustoći tereta.

Na slici 23., prema [6], prikazan je maketni presjek broda za prijevoz kemikalija.



**Slika 23. Maketni prikaz presjeka broda za prijevoz kemikalija [6]**

Da bi se čim više tankova moglo napuniti do 98% volumena prije isplovljenja iz luke, treba pažljivo procijeniti koliki je potreban broj tankova. Univerzalni tanke cca 25000 [t] nosivosti ima ukupno 40-50 tankova za krcanje tereta, dok pojednostavljeni univerzalni tanker ima samo 27- 34 tankova pri istoj tonaži, [3].

Cjelokupni prostor duž teretnog prostora također utječe na volumen, broj i poredak tankova. Pored toga, svi tankovi moraju biti takvi da mogu izdržati dinamičnu silu koja dolazi od djelomično punih tankova. Tankovi bi trebali biti građeni za prijevoz tereta visoke gustoće. Struktura dna teretnog prostora može biti, prema [3]:

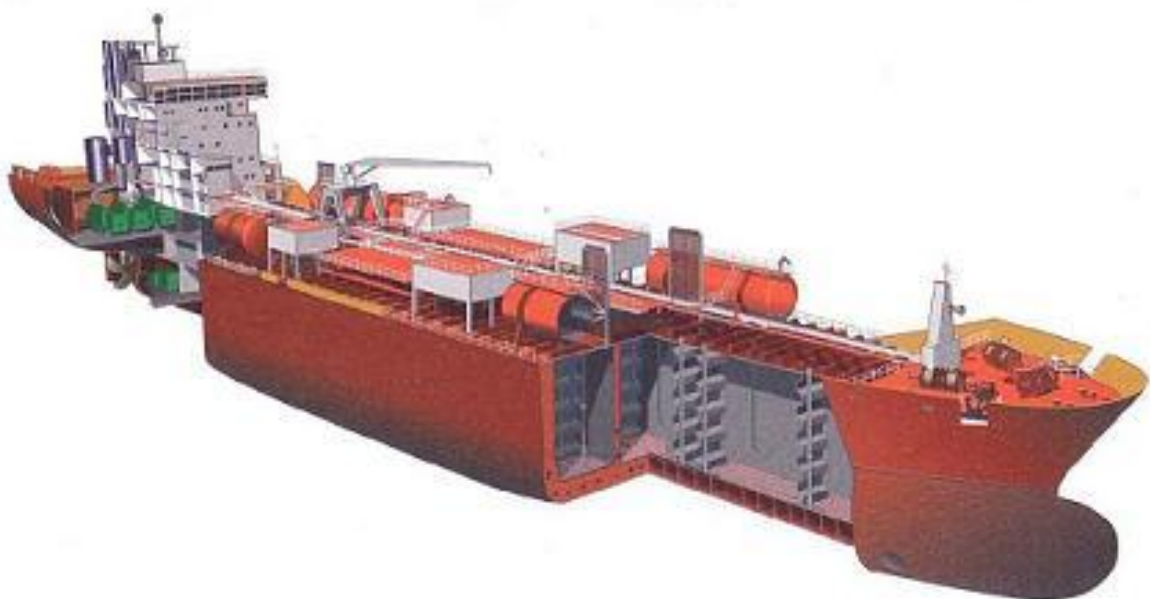
- jedno dno po cijeloj dužini,
- dvodno po cijeloj dužini,
- dvodno kod srednjeg tanka i jedno dno kod bočnih tankova.

Na brodovima za prijevoz kemikalija koriste se četiri vrste vertikalnih pregrade, prema [3]:

- vertikalne valovite pregrade,
- horizontalne valovite pregrade,
- glatke pregrade s horizontalnim pojačanjem,
- strukturna pregrada.

Materijal za gradnju tankova je najčešće je čelik. Teret koji je jako korozivan zahtjeva poseban materijal za gradnju tankova i sistem cjevovoda za manipulaciju teretom. Tankovi od nehrđajućeg čelika. Tankovi od čelika su premazani zaštitnim premazima ili su obloženi specijalnim oblogama, [3].

Na slici 24., prema [6], prikazan je strukturalni prikaz broda za prijevoz kemikalija.



**Slika 24. Strukturalni prikaz broda za prijevoz kemikalija [6]**

## 6.4. ZAŠTITA OD KOROZIJE

Tankereri za prijevoz kemikalija prevoze i terete koji su izrazito agresivni za materijal u kojem se prevoze i opremu za manipulaciju. Najopasnije su kiseline anorganskog porijekla, no opasne su i mnoge druge supstance, [3].

Korozija je elektrokemijskog porijekla, u najvećem broju slučajeva. Kemijske promjene predstavljaju manju opasnost za život, no mogu biti pogubne za premanze tankova i cjevovoda. Na brodu su najčešći oblici lokalne i opće korozije, a po svom mehanizmu galvanska i korozija pasivnih metala, [3].

Na slici 25., prema [6], prikazan je učinak korozije na tankovima za teret.



**Slika 25. Učinci korozije na tankovima za teret[6]**

Zaštitu je moguće postići upotrebom plemenitih materijala ili odgovarajućim premazima. Tereti koji su kompatibilni sa čelikom, ali izazivaju koroziju, mogu se prevoziti u tankovima koji su premazani nekim premazom. Premaz tankova ne zaštićuje čelične stjenke od svih kemikalija, međutim, smanjuje koroziju ako je premaz kompatibilan sa teretima koji se prevoze i ako se tankovi čiste na zadovoljavajući način, [3].

Iskustvo je pokazalo da nikakav premaz ne osigurava potpunu zaštitu od svih tereta: Stjenke tankova premazivane su već i kod tankera za prijevoz sirove nafte. Na tankerima za prijevoz kemikalija upotrebljavaju se premazi a najčešći su, prema [3]:

- epoksi premazi,
- premaz na bazi cinkovog silikata,
- poliuretanski premazi,
- fenolni premazi,
- gumene obloge.

## 6.5. SISTEMI ZA RUKOVANJE TERETOM

Sistemi cjevovoda tereta moraju biti konstruirani tako da se otkloni rizik kontaminacije dva odvojena tanka, da se olakša čišćenje i omogući istovremeni iskrcaj iz više tankova. U sistemu cjevovoda gdje postoji međuveza, između tankova moraju se ugraditi slijepa priрубnice. Za normalnu segregaciju inkompatibilnih tereta neophodne su duple slijepa priрубnice ili pomični spojni komadi. Kod segregacije među tankovima zajednički ispusti se moraju zaštititi. Materijal brtvi mora odgovarati teretu. Dimenzije i materijali cjevovoda, priрубnica i spojeva su standardizirani, [3].

Ekspanzija cijevi se omogućava na dva načina, prema [3]:

- ekspanzivnim petljama: cijev ima vertikalnu ili horizontalnu petlju koja djeluje kao opruga,
- ekspanzivnim elastičnim elementima.

Svim ventilima tankova tereta mora se upravljati s palube, a popis nalaze sljedeći raspored ventila, prema [3]:

- jedan prekidni ventil s ručnom manipulacijom na svakoj liniji ukrcaj/iskrcaj,
- prekidni ventil na svakom spoju prijenosne cijevi,
- daljinski uređaj za isključivanje svih pumpi i tereta i sličnih uređaja.

Pumpe tereta koje se koriste na tankerima za prijevoz kemikalija mogu biti centrifugalne (horizontalne ili vertikalne), te s pozitivnim deplasmanom (vijčane i klipne). Centrifugalne pumpe imaju malu dobavnu visinu a veliku potrošnju snage i kapacitet, [3].

Vertikalne pumpe se dijele na [3]:

- visokotlačne,
- niskotlačne,
- pumpe na hidraulični pogon.

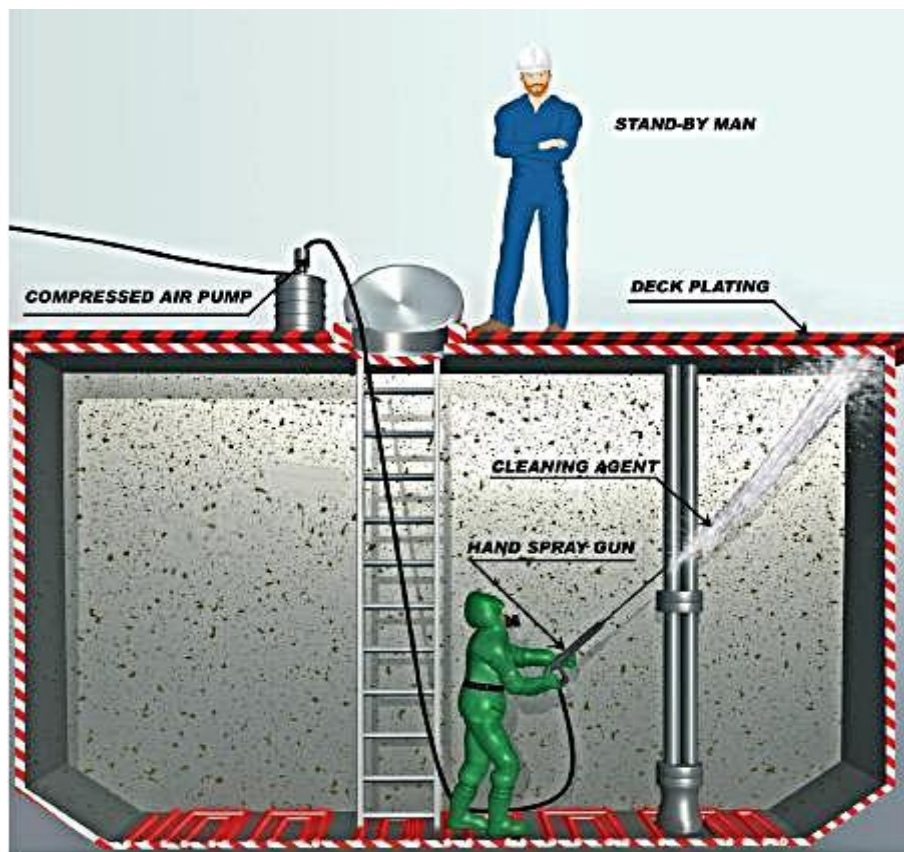
Tamo gdje se ležajevi pumpi podmazuju pomoću sredstva koje se pumpa, mora se paziti da pumpa ne radi na suho. To je osobito opasno pri kraju iskrcaja. Vijčane pumpe su običajne na malim tankerima, a prednost je da su samousisne. Klipne se koriste za sušenje.

Brodovi su opremljeni i prenosnim pumpama koje služe i za sušenje. Još se koriste i uronjene pumpe, te hidraulički pogonjene uronjene pumpe tereta, [3].

## 6.6. ČIŠĆENJE

Tankovi se čiste otopinom sredstava za čišćenje u vodi. Smjesa za čišćenje može se primijeniti u hladnom ili toplom stanju, direktnim nanošenjem pomoću prskanja ili upotrebom strojeva za pranje s toplom ili hladnom vodom. Kod prskanja potrebno je nakon određenog vremena za reakciju oprati ostatke. Za to se koriste strojevi za pranje s toplom vodom, [3].

Na slici 25., prema [6], prikazana je metoda za čišćenje tankova.



Slika 25. Metoda čišćenja tankova [6]

Smjesa za čišćenje može se koristiti samo 2 ili 3 puta, ako se čisti tank od lakih petrokemijskih proizvoda. Za vrijeme čišćenja treba voditi računa da se izbjegne stvaranje elektrostatičkog naboja, [3].

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu obradio sam nekoliko tipova brodova različitih tehnologija te njihove prilagodbe suvremenim zahtjevima, tržištu i samoj izradi tih brodova.

Čitajući o njima spoznao sam koliko se svakodnevno radi da bi se tim brodovima produžio životni vijek, te koliko da bi isti bili učinkoviti, pouzdani i sigurni za svijet.

Konstruirati takve brodove nije nimalo lako kada se uzme u obzir na koliko se elemenata mora paziti, i da je gotovo nemoguće udovoljiti svakom zahtjevi koji se pred njih stavlja. Zbog toga se ulažu velika sredstva u istrživanje takvih tehnologija da bi se dobilo balans između kvalitete izgradnje te cijene samog broda.

Neke inovacije koje se koriste u suvremenoj brodogradnji su me zadivile, jer jednostavno se o njima nije moglo pomišljati prije tridesetak godina.

Puno više truda se posvećuje inovacijama za zaštitu okoliša, te da takvi brodovi ploveći ne zagađuju vode, okoliš i ljude. Budući da je u današnjem dobu energent za pokretanje vrlo skup, svjedoci smo novim propulzorskim rješenjima.

Dok sam pisao ovaj rad, najvišu pozornost mi je skrenula tehnologija RO-RO brodova. Zbog toga sam ih u četvrtom poglavlju malo detaljnije opisao. Zapravo je teško pogoditi sklad između prostora za teret i stabilnosti broda koja je bila narušena velikom širinom.

Posebno sam iznenađen konstruktivnim rješenjima i napretkom rampi za utovar/istovar tereta, ali i njihovim kratkim životnim vjekovima na brodu. Sami koncepti RO-RO brodova se usavršavaju a dočekati ćemo daleku budućnost kada se budu radili bez vlastitih rampi.

Sam prijevoz tereta tim brodom je jako kompliciran, ubravo jer je to teret na kotačima, tako da je teško naći ravnotežu kod utovara takvog tereta.

Postoji još inovacija koje tek trebaju zaživjeti, ali sam siguran kako ćemo se s njima susresti u bliskoj budućnosti.



## LITERATURA

- [1] Dvornik, J., Dvornik S.: *Konstrukcija broda*, Sveučilište u Splitu, Split, 2013.
- [2] Komadina, P.: *Brodovi multimodalnog transportnog sustava*, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 1998.
- [3] Komadina, P.; Lovrović, M.; Martinović, D.; Matković, M.; Ružić, R.; Stanković, P.; Škare, D.; Vranić, D.; Zec, D.; Zorović, D.: *Brodovi za prijevoz kemikalija*, Fakultet za pomorstvo i saobraćaj, Rijeka, 1989
- [4] Mišković, D.; Ivče, R.; Popović, M.: *Tehnološki razvoj kontejnerskog broda kroz povijest*, Rijeka, 2015
- [5] [www.fsb.unizg.hr](http://www.fsb.unizg.hr)
- [6] [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- [7] [www.simcomar.de](http://www.simcomar.de)
- [8] [www.branobelhistory.com](http://www.branobelhistory.com)

## POPIS ILUSTRACIJA

Slika 1. Prikaz kontejnerskog broda i njegov kapacitet.....	2
Slika 2. Brod za prijevoz rasutog tereta.....	3
Slika 3. Poprečni presjek broda za rasuti teret.....	4
Slika 4. Presjek skladište broda za prijevoz rasutog tereta.....	5
Slika 5. Pokretni mosni brodoukrcavač.....	6
Slika 6. Brod za rasuti teret kategorije „Very large“ .....	7
Slika 7. Prostor za teret kod RO-RO brodova.....	9
Slika 8. Poprečni presjek RO-RO broda.....	10
Slika 9. Primjer bočne i krmene rampe.....	11
Slika 10. Pramčana višesekcijska rampa .....	12
Slika 11. Pramčana aksijalna rampa.....	13
Slika 12. Prikaz otklonjene rampe.....	14
Slika 13. Prikaz utovara tereta na RO-RO brodove.....	17
Slika 14. Prikaz osiguranja vozila žičanim načinom.....	18
Slika 15. Primjer današnjeg kontejnerskog broda.....	19
Slika 16. Tipičan primjer najčešće korištenih kontejnera.....	20
Slika 17. Radno područje dizalice.....	21
Slika 18. Istovar broda s portalnim prijenosnikom.....	22
Slika 19. Generacije kontejnerskih brodova.....	23
Slika 20. Prikaz broda „Regina Maresk“ .....	25
Slika 21. Graf stanja svjetske tonaže kontejnerske flote u periodu od 2000-2014 (odnos novogradnja/rezalište.....	26
Slika 22. Brod „Zororaster“ .....	27
Slika 23. Maketni prikaz presjeka broda za prijevoz kemikalija.....	29
Slika 24. Strukturalni prikaz broda za prijevoz rasutih tereta.....	30
Slika 25. Učinci korozije na tankovima za teret.....	31
Slika 26. Metoda čišćenja tankova.....	33

## POPIS KRATICA

Dwt (engl. <i>deadweight tonnage</i> )	mjera za deplasman broda
RO-RO (engl. <i>Roll on Roll off</i> )	
LO-LO (engl. <i>Lift on-Lift off</i> )	vertikalni sustav manipulacije
LUF (engl. <i>Lift Unit Frame</i> )	jedinični teret na okviru
TEU (engl. <i>twenty-foot equivalent unit</i> )	jedinica za mjeru kontejnera
T (engl. <i>ton</i> )	tona