

Tehničko-tehnološka obilježja i podjela ro-ro brodova

Živković, Domagoj

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:492851>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



uniri DIGITALNA
KNJIŽNICA



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

DOMAGOJ ŽIVKOVIĆ

**TEHNIČKO-TEHNOLOŠKA OBILJEŽJA I PODJELA RO-RO
BRODOVA**

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**TEHNIČKO-TEHNOLOŠKA OBILJEŽJA I PODJELA RO-RO
BRODOVA**

**TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL FEATURES AND
DIVISION OF RO-RO SHIPS**

ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Tehnologija prijevoza kontejnera i ro-ro tehnologija

Mentor: Renato Ivče

Student: Domagoj Živković

Studijski smjer: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0081169656

Rijeka, 2023.

Student: Domagoj Živković

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

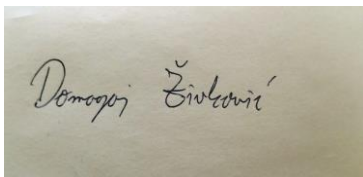
JMBAG: 0081169656

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom TEHNIČKO–TEHNOLOŠKA OBILJEŽJA I PODJELA RO–RO BRODOVA izradio/la samostalno pod mentorstvom dr.sc. Renato Ivče.

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezo/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student

A photograph of a handwritten signature in black ink on a light-colored piece of paper. The signature reads "Domagoj Živković" in a cursive script.

Domagoj Živković

Student: Domagoj Živković

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

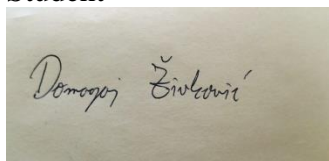
JMBAG: 0081169656

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student

A photograph of a piece of paper with a handwritten signature in black ink. The signature is written in a cursive style and reads "Domagoj Živković".

Domagoj Živković

SAŽETAK

„Tehničko-tehnološka obilježja i podjela RO-RO brodova“ je naziv rada u kojem će se opširnije opisati RO-RO tehnologija prijevoza tereta morem. U radu će se obraditi početak razvoja takvih brodova, njihove karakteristike, podjela RO-RO brodova, teret koji se prevozi te kako se on učvršćuje i ukrcava na takve brodove. Isto tako razmotrit će se problemi sa stabilnošću i sigurnosti RO-RO brodova. Rad objedinjuje uvod, 8 poglavlja sa potpoglavljima, zaključak, popis literature te popis slika.

Ključne riječi: RO – RO brodovi, teret, rampe, stabilnost

SUMMARY

„Technical and technological characteristics and division of RO-RO ships“ is the title of the work in which the RO-RO technology of sea cargo transportation will be described in more detail. The final project will cover the beginning of the development of such ships, their characteristics, the division of RO-RO ships, the cargo that is transported and how it is secured and loaded onto such ships. Problems with the stability and safety of RO-RO ships will also be considered. The work includes an introduction, 8 chapters with subchapters, a conclusion, a list of references and a list of pictures.

Keywords: RO – RO ships, cargo, ramps, stability

SADRŽAJ

| | |
|--|------------|
| SAŽETAK | II |
| SUMMARY | II |
| SADRŽAJ | III |
| 1. UVOD | 1 |
| 2. MULTIMODALNI TRANSPORT | 2 |
| 2.1. RO – RO NAZIV | 3 |
| 2.2. DEFINIRANJE RO-RO BRODA | 3 |
| 3. POVIJESNI PREGLED RO-RO BRODOVA | 4 |
| 4. KONSTRUKCIJA I OBILJEŽJA RO-RO BRODOVA | 6 |
| 5. BRODSKE RAMPE | 8 |
| 5.1. OBILJEŽJA RAMPI | 8 |
| 5.1.1. Širina..... | 9 |
| 5.1.2. Nosivost..... | 10 |
| 5.1.3. Nagib..... | 10 |
| 5.1.4. Dužina | 10 |
| 5.2. VRSTE RAMPI..... | 10 |
| 5.2.1. Aksijalne rampe | 11 |
| 5.2.2. Otklonjene rampe..... | 12 |
| 5.2.3. Jumbo rampa | 13 |
| 5.2.4. Krmene okretne rampe..... | 13 |
| 6. PODJELA RO-RO BRODOVA | 14 |
| 6.1. PREMA GAZU | 14 |
| 6.2. PREMA NAMJENI..... | 14 |
| 6.2.1. Ro-ro brodovi..... | 15 |
| 6.2.2. CAPA brodovi | 15 |
| 6.2.3. CACA brodovi..... | 16 |
| 6.2.4. CONV brodovi | 19 |
| 6.2.5. CONT brodovi..... | 19 |
| 6.2.6. PACA brodovi | 20 |
| 6.2.7. HYBR brodovi | 22 |

| | |
|--|-----------|
| 6.3. PREMA DULJINI RELACIJE..... | 23 |
| 7. UKRCAJ TERETA NA RO-RO BRODOVE | 24 |
| 7.1. RO-RO TERET | 24 |
| 7.2. „VILJUŠKAR - VILJUŠKARU“ SUSTAV | 25 |
| 7.3. BRODOVI ZA PRIJEVOZ ŽELJEZNIČKIH VAGONA | 25 |
| 7.4. LUF SISTEM | 26 |
| 7.4.1. LUF okvir i platforma..... | 26 |
| 7.4.2. LUF prikolica..... | 27 |
| 7.4.3. LUF tegljač..... | 27 |
| 8. PRIČVRŠĆIVANJE TERETA NA KOTAČIMA | 28 |
| 9. STABILNOST RO-RO BRODOVA | 29 |
| 9.1. SIGURNOSNI PROBLEMI RO – RO BRODOVA..... | 30 |
| 10. ZAKLJUČAK..... | 31 |
| LITERATURA | 32 |
| POPIS SLIKA..... | 33 |

1. UVOD

RO-RO (*eng. Roll on - Roll off*) brodovi su dizajnirani i posebno koncipirani za prijevoz tereta na kotačima. Takvi brodovi mogu prevoziti teret kao što su auti, motocikli, kamioni, tegljači sa poluprikolicama, autobusi i sva ostala prijevozna sredstva na kotačima. RO-RO brodovi definirani su prema odredbama i izmjenama SOLAS-a (*eng. Safety of Life at Sea*). RO-RO brodovi razlikuju se od LO-LO (*eng. Lift on – Lift off*) brodova po tome što se kod LO-LO tehnologije za ukrcaj tereta koriste dizalice koje u vertikalnom smjeru podižu i spuštaju teret dok se kod RO-RO brodova teret ukrcava u horizontalnom smjeru preko rampi koje mogu biti smještene na pramcu, krmu, bočno te u raznim kombinacijama. Dok se teret na većini ostalih brodova izračunava u tonama na RO-RO brodovima se računa u LIM-ovima (*eng. Lanes in meters*) koji se dobivaju tako da se duljina tereta u metrima množi sa brojem paluba i širinom traka. Na samom početku RO-RO brodovi su se uglavnom koristili za kratka putovanja, međutim danas se koriste i u preokooceanskoj plovidbi.

Neke od pogodnosti RO-RO brodova kao što je horizontalna manipulacija teretom je i to da takvim brodovima ne treba posebna prekrcajna oprema kao što su pretovarni mostovi ili dizalice. Također u lukama koje prihvaćaju RO-RO brodove nisu potrebni veliki parkirni kapaciteti jer se teret koji je na kotačima može odmah i lako otpremiti iz luke. Još jedna od dobrih strana takvih luka je to što obala za prihvatanje RO-RO brodova ne mora biti dugačka 250 – 300 m već može biti dugačka 20 – 50 m jer se brodovi mogu vezati u četverovez. Uz sve prednosti takvih brodova nedostaci su im da su skupi zbog ugradnje pramčanih ili krmnih rampi te čvrstih paluba. Nedostatak im je isto tako neiskorišten prostor (30 – 50 posto) jer se zbog karakteristika tereta ne može ispuniti kompletan prostor.

Kroz devet poglavlja u ovom radu obradit će se RO-RO tehnologija od samih početaka do danas. U drugom poglavlju pobliže će se opisati definicija multimodalnog transporta i RO-RO tehnologije. Kroz treće poglavlje obradit će se povijesni razvoj RO-RO brodova, dok se u četvrtom opisuju karakteristike brodova. Brodske rampe opisati će se u petom poglavlju te sve njihove karakteristike kao što su širina, nosivost, nagib... U šestom poglavlju opisana je podjela RO-RO brodova prema gazu, namjeni i duljini relacije. Sedmo poglavlje govori o ukrcanju tereta na RO-RO brod dok osmo poglavlje obrađuje pričvršćivanje tereta na kotačima. Zadnje deveto poglavlje bavi se sa problematikom sigurnosti i stabilnosti RO-RO brodova.

2. MULTIMODALNI TRANSPORT

Poslije drugog svjetskog rata u brodarstvu se javljaju dvije tehnologije transporta koje se usporedno usavršavaju i unaprjeđuju sve do danas a to su:

- Tehnologija integralnog transporta
- Tehnologija multimodalnog transporta

Multimodalni transport se može opisati kroz definiciju da je to tehnologija transporta dobara koja koristi dva moderna i primjerena prijevozna sredstva iz različitih prometnih grana, gdje je prvo transportno sredstvo skupa sa teretom postalo ujedno teret za drugo transportno sredstvo iz druge prometne grane te da se cjelokupni proces odvija između minimalno dvije države. Osnovna zadaća i ideja takve vrste transporta je optimizacija kod rukovanja sa generalnim teretima te bi glavni efekt trebao biti povećanje prekrcajnih učinaka.

Razvrstavanjem tereta po jedinicama tereta tehnologije multimodalnog transporta, skraćuje se vrijeme koje se troši na ukrcajno – iskrcajne operacije te se postižu veći učinci a isto tako se smanjuju moguće štete koje se javljaju kod prijevoza tereta morem. Isto tako tereti se mogu izravno otpremati na brod bez dodatnih skladištenja i tako stvaraju veliku prednosti pred drugim tehnologijama prijevoza. U brodarstvu postoje različite varijante transportnih sredstava a neke od njih su:

- Brod – kamion
- Brod – željeznički vagon
- Brod – teglenica



Slika 1. Multimodalni transport

Izvor: <https://hr.gefco.net/hr/logisticka-i-prijevozna-rjesenja/osnovni-prijevoz/zracni-prijevoz/multimodalna-rjesenja/>

2.1. RO – RO NAZIV

Tijekom šezdesetih godina prošlog stoljeća pojavljuju se dvije verzije naziva kao što su „Roll on/Roll off“ (dokotrljaj – otkotrljaj) i „Drive on/Drive off“ (dovezi – odvezi). U samom početku ti nazivi su se upotrebljavali za brodove na koje su se u luci ukrcaja ukrcavali kamioni sa ili bez prikolica ili neka druga prijevozna sredstva sa vlastitim pogonom i na isti način iskrcavali u odredišnoj luci. Poslije se pojam „Drive on/Drive off“ izbacuje iz upotrebe te se nastavlja koristiti kratica „RO – RO“ koja ima jasnije i šire značenje. Takva kratica koristi se i dan danas za brodove na koje se razna prijevozna sredstva na kotačima poput kamiona, tegljača, automobila i ostalih sredstava ukrcajavu i iskrcavaju na horizontalan način. Brodovi koji su prevozili željezničke vagoni dobili su engleski naziv „ferry bridge“ odnosno „train ferry“. Također su se koristili i nazivi kao što je „vehicle carrier“ za brodove koji prevoze automobile te „trailer ship“ za brodove koji su namijenjeni za prijevoz tegljača. Nazivi za RO-RO brodove postoje i na drugim jezicima osim engleskog, ma da se treba složiti da je kratica „RO – RO“ prihvaćena i koristi se u širem dijelu svijeta.

2.2. DEFINIRANJE RO-RO BRODA

RO – RO brod se definira kao brod sa vratima i rampom koji omogućuju pristajanje takvog broda uz obalu gdje se preko rampi iskrcavaju kamioni, automobili i sva ostala prijevozna sredstva koji na se na brod ukrcajavu ili iskrcavaju. Druga definicija govori da takvi brodovi primaju svaki teret bilo kakve veličine koji se moraju nalaziti na motornom vozilu koje prometuje po javnim cestama.¹ Prema rezoluciji A. 714 (17) koja je donesena od strane Međunarodne pomorske organizacije RO – RO brod je definiran kao: „brod koji ima jednu ili više zatvorenih ili otvorenih paluba koje nisu separirane te se učestalo protežu cijelom duljinom broda. U takve brodove se teret ukrcava ili iskrcava u horizontalnom smjeru.“ SOLAS konvencija opisuje i definira RO – RO brodove kao putničke brodove sa prostorima za RO – RO teret ili mogu imati i posebne vrste prostora koji se karakteriziraju u poglavlju II. – 2 SOLAS konvencije.

¹ Pavao Komadina, Brodovi multimodalnog transporta, str. 13

3. POVIJESNI PREGLED RO-RO BRODOVA

Tijekom prošlog stoljeća RO – RO brodovi se javljaju i razvijaju kao posebna vrsta brodova, ali treba i uzeti u obzir to da se na slikama Mediteranskih luka koje datiraju iz 13. stoljeća mogu vidjeti preteče današnjih RO – RO brodova. Na slikama, takvi brodovi su se prikazivali kao jako široki brodovi koji su imali vrata na boku broda preko kojih su se ukrcavale i iskrcavale kočije s konjanicima.

U Škotskoj 1851. godine krenuo se upotrebljavat prvi brod koji je prevozio željezničke vagoni. Tijekom drugog svjetskog rata kada se savezna vojska odlučila iskrcati na Normandiju u Francuskoj steklo se iskustvo sa korištenjem tadašnje RO – RO tehnologije. Naime tada su se koristili brodovi desantnog tipa koji su imali od 100-1500 tona nosivosti te su se koristili za prijevoz tenkova, hrane, razne opreme i vojnika. Velika prednost im je bila to što su imali mali gaz kako bi mogli pristati u što plićej vodi te kako bi se sva oprema i vojska iskrcala preko rampe na obalu.



Slika 2. Brod koji se koristio u drugom svjetskom ratu

Izvor: <https://thedaystory.com/discover/blog/how-long-did-it-take-to-cross-to-normandy-on-d-day/>

Nakon završetka drugog svjetskog rata 1946. godine engleska broderska kompanija započela je prevoziti kamione na relaciji London-Hamburg sa brodovima koji su se koristili za prijevoz tenkova. Smatra se da je to zapravo prva plovidba RO – RO brodova. Ratna mornarica Sjedinjenih Američkih država (SAD) 1958. godine konstruirala je i izgradila prvi svoj RO – RO brod pod imenom „COMET“ koji se koristio za prijevoz materijala i svega potrebnog trupama. Brod je za to vrijeme bio velikog kapaciteta sa 16.800 kubičnih metara parkirnog kapaciteta te je imao mogućnost manipulacije sa teretom preko rampi i bočnih vrata. Iste 1958. godine dizajnirana je i prva krmena rampa, a godinu kasnije postavljena su prva hidraulična vrata na brodu „Campiegne“. Tijekom 60-ih godina 20. stoljeća uspostavljene su mnoge linije u području Sjevernog i Baltičkog mora te su to bile uglavnom linije za kratke relacije. Razvoju RO – RO brodova koji je nakon drugog svjetskog rata bio jako ubrzan doprinijelo je to što je u Europi porasla proizvodnja i razvoj automobila te samog cjelokupnog cestovnog prometa.

Kao zaključak možemo konstatirati da su RO – RO brodovi pokazali svoje velike prednosti prvo na malim relacijama, a zatim kasnije i na dužim relacijama. Takav način prijevoza tereta morem ima najniže troškove prijevoza po jedinici u odnosu na druge načine transporta te se RO – RO brodovi isto tako zadržavaju manje u lukama zbog jednostavnosti manipulacije teretom. Bitna stvar je i to da se danas RO – RO brodovi koriste učestalo kao višenamjenski brodovi gdje se uz teret na kotačima nerijetko prevoze i kontejneri te razni generalni tereti zbog veće iskoristivosti broda.

4. KONSTRUKCIJA I OBILJEŽJA RO-RO BRODOVA

Kada je riječ o konstrukciji RO – RO brodova, ona je značajnije drugačija od ostalih brodova različitih namjena. Razlog tome je što su takvi brodovi koncipirani za ukrcavanje i iskrcavanje jedinica tereta poput prikolica, kamiona, automobila i sl. pa tako i njihova konstrukcija mora biti prilagođena takvoj vrsti tereta. Dimenzije RO – RO brodova variraju ovisno o tipu tereta za koji je brod namijenjen. Najvažniji omjer koji se razmatra kod RO – RO brodova u odnosu na konvencionalne brodove je omjer dužine i širine. Na RO – RO brodovima taj omjer je 5-6,5 : 1, a na konvencionalnima oko 7-8 : 1. Širina koja je na RO – RO brodovima veća nego kod ostalih brodova je iz razloga da bi se mogao bolje i kvalitetnije smjestiti teret, ali takva velika širina definitivno radi brod jako stabilan što je jedna od loših strana takvih brodova.

Glavno obilježje ovakvih brodova je oprema koja povezuje brod sa kopnom i preko koje se vrši prekrcaj različitih vrsta vozila, prikolica i svega onoga što brod prevozi. To su brodske rampe. One mogu biti smještene na pramcu ili krmi, a one će biti detaljnije opisane u sljedećim poglavljima. Također, brodovi mogu biti opremljeni i bočnim vratima koja se isto tako mogu upotrebljavati za prekrcaj tereta. Kako su ovi brodovi dizajnirani primarno da prevoze teret koji je na kotačima, oni nemaju otvorena skladišta gdje bi se mogla koristiti LO – LO tehnologija ukrcaja tereta, no neke vrste brodova pomoću takve tehnologije ukrcavaju kontejnere na palubu broda.

Uz prekrcajne rampe, na brodovima su specifična i velika prostrana skladišta koja izgledaju kao garaže za vozila te nisu odijeljena nepropusnim pregradama, ali omogućavaju lakši ukrcaj odnosno iskrcaj tereta. Takva ne pregrađena skladišta, odnosno garaže jedan su od velikih problema i opasnosti na ovakvim brodovima, a njihova problematika će se obraditi u jednom od sljedećih poglavlja. Isto tako brodovi koji koriste rampe na pramcu i na krmi, poput trajekata, imaju fluidan prolaz tereta kroz garažu i omogućavaju brzu manipulaciju.

Kod RO – RO brodova palube moraju biti ojačane kako bi mogle izdržati sve težine vozila sa teretom, bez tereta i prolaz posebnih vozila koja mogu služiti za ukrcavanje ili iskrcavanje tereta koji nemaju vlastiti pogon. Učestalo se ugrađuju po tri palube gdje glavna paluba ima pristup preko brodske rampe na obalu, a donje odnosno gornje palube mogu biti povezane liftovima ili rampama koje mogu biti fiksne ili pomične.

Visina među palubama iznosi između 4,5 i 7 metara.² Kada je visina između paluba nešto veća i iznosi 7 metara tada se mogu ukrcavati i dva kontejnera po visini. Brodovi koji prevoze isključivo automobile imaju nešto niži razmak između paluba koji iznosi od 1,60 do 2,20 metra.

Kako se na RO – RO brodovima prevoze razna vozila različitih visina tako se javlja i neiskorišten prostor koji može narasti i do 50 posto ukupnog prostora. Nosivost paluba i nosivost prekrcajnih rampi najčešće nisu problemi koji se javljaju kod ukrcaja tereta različitih dimenzija već je problem visina. Visina kroz koju se vrši prekrcaj sa obale na brod i obrnuto iznosi oko 7 metara što je ujedno i dovoljno za prolaz 2 kontejnera od 8,5 stopa visine koji se nalaze jedan na drugome. Kod konstruiranja RO – RO brodova javljali su se problemi i sa pogonskim strojevima koji se nalaze na krmi broda. Najveći problem su predstavljali sporohodni dizel motori koji su zauzimali veliki prostor s obzirom da su bili na krmi gdje se nalaze i rampe za prekrcaj. Taj problem riješen je upotrebljavanjem i ugradnjom srednjohodnih dizel motora koji su zauzimali tek 1/3 prostora kao sporohodni motori iste snage.

Ventilacija je isto tako vrlo bitna stavka kod RO – RO brodova iz razloga što se prevoze vozila koja ispuštaju ispušne plinove i vrlo je bitno takve prostore ventilirati. Kako su brodovi različiti po volumenu i po rasporedu teretnih prostora tako se za svaki brod određuje poseban sustav ventilacije gdje se definiraju snage ventilatora i svega što je potrebno da ventilacija bude zadovoljena. Ventilacija na ovakvim brodovima radi na principu razrjeđivanja atmosfere. Dotok dovodnog zraka u prostor mora biti dovoljan kako bi se ispušni plinovi pomiješali sa zrakom, te se kasnije obavlja provjetranje cijelog prostora. Takva vrsta ventilacije koja radi na principu razrjeđivanja može se podijeliti u dvije kategorije:

- Ventilacija ispušnog zraka
- Ventilacija dovodnog zraka

Kod ventilacije ispušnog zraka ventilatori uklanjaju atmosferu iz teretnih prostora, a novi svježi zrak ulazi kroz otvorene rampe, bočna vrata i ostale otvore. Također, ovakva vrsta ventilacije koristi se kad je u prostoru potreban tlak ispod atmosferskog tlaka.

² Pavao Komadina, Brodovi multimodalnog transportnog sustava, str. 16

Takav podtlak u prostoru ne dozvoljava da se zagađuju okolni susjedni prostori. Drugi način ventilacije djeluje tako da ventilatori upuhuju zrak izvana u teretne prostore, a atmosfera iz prostora se pušta van kroz rampe i druge otvore. Kod ovog načina ventiliranja stvara se mali nadtlak u prostoru te je moguće zagađiti i susjedne prostore.

5. BRODSKE RAMPE

Osnovno sredstvo svakog RO-RO broda, preko kojega se ukrcavaju raznovrsna vozila koja mogu i ne moraju imati teret, upravo predstavljaju brodske rampe. Preko njih se vrši prekrcaj tereta horizontalnim načinom manipulacije. Takve rampe mogu biti ugrađene na krmu, na pramcu, na krmu i na pramcu te se mogu nalaziti i na boku broda. Na samom početku, rampe su se ugrađivale na trajektima koji su prevozili automobile ili željezničke vagoni. Kod ugrađivanja rampi na pramac broda brodograditelji su imali problema u vezi sa sigurnošću broda, te je problem predstavljala i oprema koja se nalazila na pramcu broda poput sidra, lančanika i drugih elemenata. Kako kasnije dolazi do potrebe za širim rampama zbog dvosmjernog prometa, tada se uvidjelo da krmene rampe imaju veće prednosti u odnosu na pramčane. Uz nova konstrukcijska rješenja krmene stativi, smanjena je opasnost od oštećenja brodskih propulzora, prilikom korištenja krmene rampe.³

5.1. OBILJEŽJA RAMPI

Obilježja rampi ponajviše će ovisiti o vrsti broda na koju će se dimenzija i karakteristike odnositi. Parametri na koje treba posebno paziti tijekom ugradnje rampi na brodove su:

- širina brodskih rampi,
- nosivost brodskih rampi,
- nagib brodskih rampi,
- dužina brodskih rampi.

Svi ovi bitni parametri biti će detaljnije obrađeni i opisani kroz daljnja poglavlja koja se nastavljaju.

³ Pavao Komadina, Brodovi multimodalnog transportnog sustava, str. 22

5.1.1. Širina

Na početku, na RO-RO brodovima, rampe su bile osmišljene i konstruirane samo za prometovanje vozila u jednom smjeru, ali kako su brodovi postajali sve veći potrebno je bilo omogućiti dvosmjerni promet kako bi se brodovi što brže prekrcavali te da vrijeme boravka broda u luci bude što je kraće moguće. Dakle, širina rampi kasnije se povećava sa 4 na 7 metara. Na RO-RO brodovima zatim dolazi do potrebe za ukrcavanjem kontejnera dužine 20 stopa koji su se ukrcavali uz pomoć viljuškara. To je rezultiralo daljnjim povećavanjem širine rampi. Takve rampe koje bi mogle prihvaćati kontejnere trebale su biti široke 8 metara, a za korištenje LUF (*eng. Lift Unit Frame*) okvira i specijaliziranog vozila koje pripada takvom sustavu trebalo se osigurati 12 metara širine rampe. Najpoznatija firma koja se bavi sa konstruiranjem brodske opreme MacGregor je 1978. godine dizajnirala rampe širine i do 18 metara, a danas se također mogu susresti i rampe veće širine ali sa odvojenim prometnim trakama.



Slika 3. Krmena rampa sa odvojenim prometnim trakama

Izvor: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Twin_ramps_on_RoRo_ship.JPG

5.1.2. Nosivost

Kada se računa nosivost određene rampe tada se pri izračunavanju u obzir uzima masa viljuškara, masa LUF specijaliziranih vozila i vodi se računa o tome koliko broj vozila zapravo se može nalaziti na rampi u isto vrijeme. Kako postoji puno vrsta rampi, tako svaka od njih ima svoju nosivost. Također, broj vozila koji se mogu nalaziti u isto vrijeme na rampi ovisi i o njenoj dužini. Nosivost rampi kroz povijest je varirala. Prve vrijednosti koje su rampe mogle nositi iznosile su 50 tona, međutim nosivost je kasnije porasla i do 200 tona, a danas postoje i brodovi koji imaju rampe sa nosivosti od 450 tona pa i više.

5.1.3. Nagib

Za normalno odvijanje prekrcajnih operacija s kopna na brod i obrnuto, nagib rampi prema obali ne bi trebao iznositi više od 13 do 14 posto. Isto tako bitna je i stvar da kod rampi koje imaju više sekcija ne postoji veliki razmak između sekcija jer to onemogućuje normalan prolaz teretu na MAFI prikolicama ili teretu koji se nalazi na LUF okvirima jer su dosta niski pa bi mogli zapinjat.

5.1.4. Dužina

Dužina brodskih rampi najviše će ovisiti o razlici visine palube na koju se vrši prekrcaj tereta i visine obale. Na visinu palube utječu nakrcanost broda i njegov trim, na koji se pomicanjem tereta i manipuliranjem balastom može utjecati. Visina na kojoj će se nalaziti obala ovisi o plimi i oseci na što se rijetko može utjecati. Projektant broda zajedno sa vlasnikom broda zna gdje će brod ploviti i prema tome se konstruira potrebna dužina rampe. Na brodovima se danas ugrađuju rampe dužine od 2 do 50 metara.⁴

5.2. VRSTE RAMPI

Vrste rampi, isto tako kao i njihova konstrukcijska obilježja, ovise o vrsti broda za koji se primjenjuju. Svaka od vrsti ima svoje prednosti i nedostatke. Također, pojedine rampe postavljaju i ograničenja kako se i gdje mogu koristiti. Na primjer krmene rampe mogu se upotrebljavati samo kad je brod privezan krmom na obalu, pa sukladno tome o takvim stvarima treba voditi računa pri konstruiranju određenog broda.

⁴ Pavao Komadina, Brodovi multimodalnog transportnog sustava, str. 24

5.2.1. Aksijalne rampe

Aksijalne rampe najčešće se mogu vidjeti na trajektima koji plove na stalnim linijama. Razlog radi kojeg se prvenstveno koriste je to da se rukovanje teretom na takvim brodovima uvelike olakšava sa takvim pristupom. Vozila sa teretom i automobili na takvim brodovima ulaze preko krmene rampe te izlaze preko pramčane aksijalne rampe. Da bi se takve rampe i takav način manipulacije teretom mogao obavljati brod mora biti vezan pramcem ili krmom prema obali. Karakteristike takvih rampi su da imaju malu masu, vrlo su jeftine za proizvodnju, imaju jednostavan dizajn te zapravo služe kao nepropusna vrata jer nepropusno zatvaraju pramac ili krmu broda. Vrlo su prikladne za manje brodove jer im ne ugrožavaju uzdužnu stabilnost broda.



Slika 4. Pramčana aksijalna rampa

Izvor: <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/bow-doors>

5.2.2. Otklonjene rampe

Ovakav tip rampi mogu se ograđivati na pramcu ili na krmi broda. Najčešće se ugrađuju na desnoj strani broda, ali postoje izvedbe i na lijevoj strani. Njihov kut otklona od uzdužnice broda najčešće iznosi od 30 do 45 stupnjeva. Firma MacGregor prva se počela baviti sa proizvodnjom i ugradnjom takvih rampi. Kako je već prije spomenuto, takve se rampe ugrađuju na jednu stranu broda pa je takvim brodovima nedostatak što uvijek moraju pristajati istom stranom što može biti problem za neke luke. Dužina im varira između 20 i 38 metara, širina im je u prosjeku oko 7,5 metara, a teže otprilike 250 tona. Učestalo se konstruiraju u tri sekcije. Rampe koje su veće se sklapaju, dok se manje rampe ostaju u uspravnom položaju.



Slika 5. Otklonjena (quarter) rampa

Izvor: <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-ro-ro-ships/>

5.2.3. Jumbo rampa

Engleska firma koja se bavila sa proizvodnjom brodske opreme konstruirala je i krenula u proizvodnji rampi koje su se nazivale „Paralla“. Takve rampe bile su dugačke 36 metara, bile su široke 7 metara i imale su nosivost od 200 tona. Takve rampe bile su ugrađene na tridesetak brodova te su se pokazale vrlo efikasne. Nakon toga dolazi do potražnje za još većim rampama, te engleska firma dobiva narudžbe za još 7 rampi koje su bile većih dimenzija, a takve rampe su se nazivale „jumbo rampe“. Ovakve rampe bile su dugačke 50 metara, širina prometne trake je bila 12 metara, a mogle su izdržati opterećenje od 400 tona. Jumbo rampe su pogodne za luke gdje postoje velike varijacije plime i oseke, a isto tako su se dobro pokazale kod upotrebljavanja LUF sustava.

5.2.4. Krmene okretne rampe

Ovakav tip rampe može se reći da se razvio na temelju otklonjenih rampi, ali uz poboljšanja koja otklonjene rampe nemaju. Krmene okretne rampe mogu se otklanjati od uzdužnice na bilo koju stranu broda. Za razliku od brodova koji imaju otklonjene rampe koje se otvaraju na jednu stranu, brodovi sa krmnim okretnim rampama mogu pristajati bilo kojim bokom uz obalu što znači da su prilagođeniji većem broju luka. Ovakvim rampama ugrađen je uređaj pomoću kojeg se zakreću na bilo koju stranu. Zakretanje rampi može se izvoditi uz pomoć vitala kao što imaju i otklonjene rampe ili uz pomoć zupčanika koje koristi firma MacGregor.

6. PODJELA RO-RO BRODOVA

Kad je riječ o podjeli RO – RO brodova takvi brodovi se mogu podijeliti po različitim kriterijima, a danas postoji puno različitih vrsta ovakvih brodova koji se svaki od svakoga razlikuju ali imaju zajednički element koji je RO – RO način prekrcaja tereta. Danas imamo različite brodove kao što su klasični RO- RO brodovi, brodovi za prijevoz automobila, trajekti i još neke vrste o kojima će biti govora kroz neka od sljedećih poglavlja.

Danas se isto tako kao kriterij za podjelu RO – RO brodova uzimaju veličina i gaz. Također, brodovi se dijele po njihovoj namjeni i prema vrsti tereta za koji su ti brodovi konstruirani. Kako su se ti brodovi u početku krenuli dizajnirati i graditi za različite duljine putovanja i udaljenosti, tako dobivaju i podjelu prema duljini relacije.

6.1. PREMA GAZU

Komisija koja se bavila standardizacijom za RO – RO brodove šezdesetih godina je objavila da dubina na obalama za prihvat RO – RO brodova bude 6,1 metar. Tih godina većina brodova imala je gaz manji od 6 metara pa je takva dubina bila prikladna. Kasnije kako bi se olakšalo konstruiranje specijalnih terminala donesena je odluka da se brodovi podjele u dvije kategorije. To su bile skupina A i skupina B. U skupinu A pripadali su brodovi do 6 metara gaza, a u skupinu B svi brodovi preko 6 metara gaza.

Gledajući današnje stanje, brodovi su puno većih dimenzija pa isto tako imaju i puno veće gazove. Danas postoje u svijetu brodovi koji se koriste na kratkim relacijama kao trajekti koji imaju gazove i do 7 metara. Brodovi za prijevoz automobila danas mogu imati i gazove preko 12 metara. Jedan od takvih brodova je i brod „Tysla“ koji je namijenjen za prijevoz automobila, te ima gaz od 12,3 metara.

6.2. PREMA NAMJENI

RO – RO brodovi generalno se mogu prema namjeni razvrstati u sedam skupina. Brodovi se dijele s obzirom za što su namijenjeni, kako obavljaju manipulaciju teretom i kakve su im konstrukcijske karakteristike. Svaka od tih skupina ima svoju kraticu, te će biti obrađena kroz naredna poglavlja.

6.2.1. Ro-ro brodovi

Kada je riječ o prvoj skupini u nju spadaju RO – RO brodovi koji zapravo prevoze samo teret na kotačima koji se prekrcava jedino horizontalnim načinom. Na takve brodove se teret prekrcava preko krmelih, pramčanih i bočnih rampi. Što se tiče dužine plovidbe takvih brodova oni mogu biti namijenjeni za kraće i duže relacije. Ovakvi brodovi još se nazivaju i „čisti“ RO – RO brodovi upravo iz razloga jer ne prevoze ništa drugo osim tereta na kotačima. Zauzimaju 34% udjela u svjetskoj RO – RO floti.

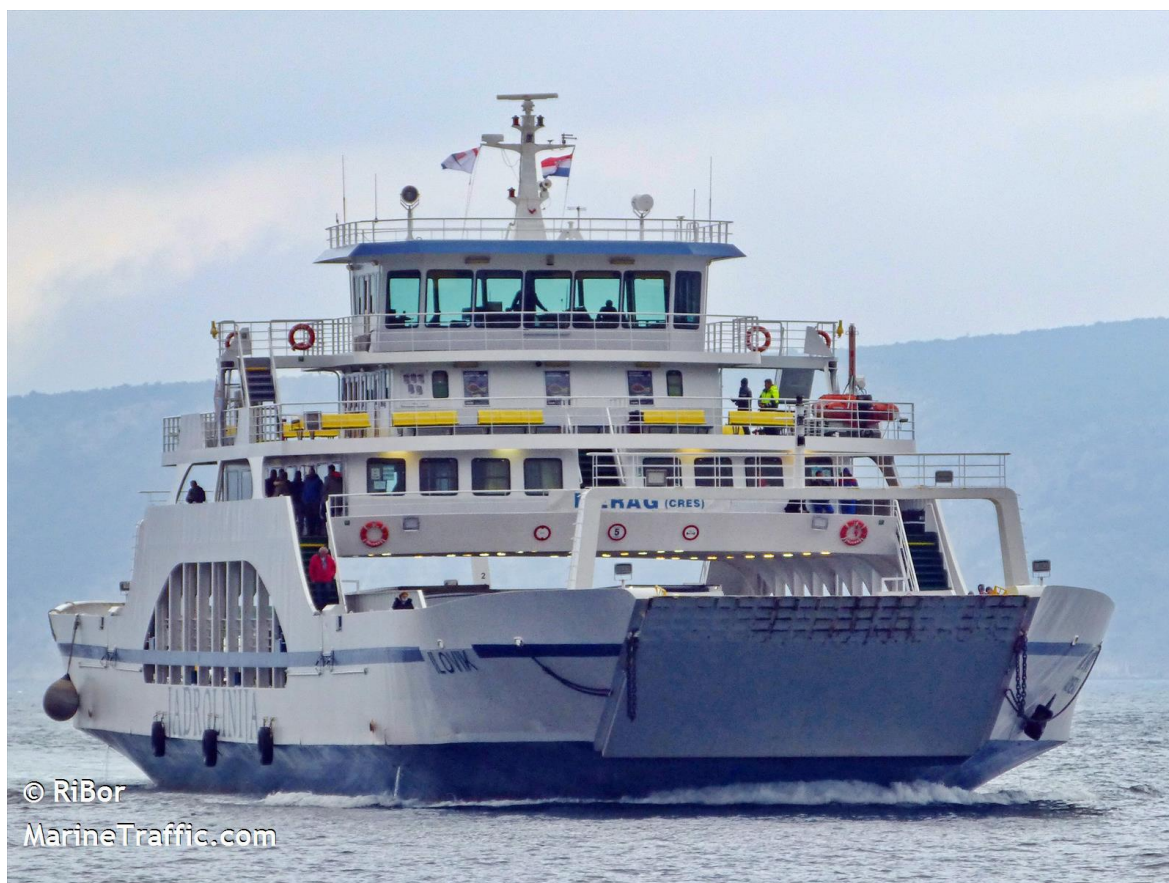
6.2.2. CAPA brodovi

U drugu skupinu spadaju CAPA brodovi, a njihova kratica na engleskom jeziku označava „Car – Passenger“ odnosno – vozila i putnici. Takvi brodovi mogu ukrcavati preko 12 putnika. Putnici su najčešće vozači vozila koja se prevoze. Prema SOLAS konvenciji takvi brodovi trebaju se graditi kao brodovi sa jednim prostorom.

Najčešće kad se govori o CAPA brodovima, radi se o simetričnim trajektima koji prevoze vozila i putnike na kratkim relacijama koje se mogu nalaziti na moru, rijekama ili jezerima. Vozila na takve brodove ulaze i izlaze na krmene ili pramčane rampe, te se takvi brodovi ujedno nadovezuju kao dio prometnice. Takvi brodovi građeni su najčešće kao jednotrupni brodovi sa 2 vijka na krmi i sa 2 kormila. Manji trajekti koji prometuju u tjesnacima i malim lukama imaju simetričan izgled te imaju vijke i kormila na pramcu i na krmi. Na engleskom jeziku takvi se trajekti nazivaju „Double-ended ferry“.

Što se tiče smještaja za putnike, ovakvi brodovi nemaju mogućnost za noćenja već imaju samo prostore gdje putnici mogu odmoriti za vrijeme putovanja. Oko 50 posto linija ovakvih brodova u svijetu kraće je od 25 nautičkih milja, a u Hrvatskoj prevladava veći broj linija koji je kraći od 10 nautičkih milja. Trajekt „Ilovik“ predstavlja brod koji plovi na liniji Valbiska – Merag. Karakteristike tog broda su:

- Dužina broda: 95,8 metara
- Širina broda: 7,5 metara
- Gaz broda: 2,8 metara
- Najveća brzina: 12 čvorova
- Kapacitet putnika: 500
- Kapacitet osobnih vozila: 150



Slika 6. Trajekt Ilovik

Izvor: <https://www.marinetraffic.com/hr/ais/details/ships/shipid:209924/mmsi:238796840/imo:8736332/vessel:ILOVIK>

6.2.3. CACA brodovi

Brodovi koji spadaju pod ovu vrstu, zapravo su brodovi koji prevoze automobile. Kratica „CACA“ dolazi od engleskih riječi „car carrier“ što u prijevodu znači brod za prijevoz automobila. Ovakvi brodovi osim automobila koji su nekim brodovima primarni teret koji prevoze, mogu prevoziti autobuse, kombije, kamione, razna teretna vozila i slično tome.

Ovakva vrsta RO – RO brodova također ima još jednu podjelu unutar svoje vrste. Kako sami naziv ove vrste brodova govori da su to brodovi za prijevoz automobila, oni se mogu podijeliti na brodove samo za prijevoz automobila i na brodove za prijevoz automobila i kamiona te tako CACA brodove dijelimo u dvije glavne skupine:

- PCC (*eng. Pure Car Carrier*)
- PCTC (*eng. Pure Car Truck Carrier*)

PCC brodovi su namijenjeni isključivo za prijevoz automobila, ali mogu prevoziti i slične vrste vozila kao što su recimo kombiji. Takve brodove najčešće unajmljuju velike kompanije koje se bave sa proizvodnjom automobila kako bi iste mogli dopremiti u razne dijelove svijeta. Idealan primjer tome je i tvrtka Volkswagen koja je u počecima razvoja ovakvih brodova, svoja vozila pomoću CACA brodova prevozila iz Europe za Ameriku i Kanadu.

U šezdesetim godinama prošlog stoljeća automobili i ostala vozila prevozili su se na brodovima za generalni teret. Kako u tim godinama drastično raste proizvodnja, a pri tome uvoz i izvoz automobila, razvija se sve više vrsta RO – RO brodova. U 1970. godini japanska tvrtka „K Line“ gradi prvi PCC brod pod nazivom „Toyota Maru No. 10“. Nedugo nakon toga, 1973. godine grade još jedan PCC brod pod nazivom „European Highway“ koji je za to vrijeme bio najveći brod za prijevoz automobila sa kapacitetom od 4200 automobila.

PCTC brodovi razlikuju se od PCC brodova po tome što uz automobile prevoze razna vozila na kotačima. To mogu biti kamioni, tegljači s poluprikolicama, prikolice sa teretom, traktori, razne vrste strojeva i slično. Uz pomoć platformi i prikolica, na takve brodove se mogu ukrcavati i vangabaritni tereti poput raznih dijelova postrojenja ili manjih jahti i brodica.

Promatrajući konstrukciju ovakvih brodova, PCC brodovi najčešće imaju do 10 paluba odnosno garaža gdje se ukrcavaju vozila, a PCTC brodovi mogu imati i do 14 paluba. Te palube mogu biti fiksne ili se mogu podizati i spuštati po potrebi. Ukrcaj vozila obavlja se preko rampi koje mogu biti smještene na pramcu, na krmi i na boku. Veliki PCC i PCTC brodovi najčešće imaju otklonjene krmene rampe, te mogu imati i rampe na boku broda. Kapaciteti ovakvih brodova mogu se mjeriti na više načina. Uz to što se mjeri količina vozila koju brod može primiti, kapacitet se može mjeriti u RT ili RT43 jedinicama. To je standard koji je napravila Toyota na primjeru svojih vozila. Isto tako, kapacitet se mjeri i u LIM – ovima i u CEU (*eng. Car equivalent unit*).

CACA brodovi imaju i svoje nedostatke. Visoko nadvođe je nedostatak kod ovakvih brodova zbog utjecaja vjetra koji djeluje na veliku površinu što može otežati manevriranje.

Pomak tereta problem je kojemu se treba pružiti velika pažnja. Svaka jedinica tereta na ovakvim brodovima treba se dobro osigurati i provjeravati kroz putovanje kako ne bi došlo do pomaka tereta, a samim time i većih posljedica.

Na slici ispod nalazi se najveći PCTC brod koji danas plovi. Brod je izgrađen 2015. godine pod imenom „Hoegh Target“. Dužina preko svega mu je 199.90 metara, a širina 36.50 metara. Ima 14 paluba od kojih se 5 može podizati i spuštati. Može prevoziti 8500 CEU.



Slika 7. PCTC „Hoegh Target“

Izvor:

<https://www.shipspotting.com/photos/3287289?navList=moreOfThisShip&imo=9684976&lid=2398457>

6.2.4. CONV brodovi

Ovakva vrsta RO – RO brodova je konstruirana kao konvencionalni brodovi. Najčešće imaju prekrajnu opremu za manipulaciju sa suhim teretom, a imaju i RO – RO prilaz koji može biti na jednu ili više paluba.

6.2.5. CONT brodovi

Pod ovu skupinu spadaju brodovi koji su konstruirani za prihvat kontejnera i imaju mogućnost prihvata RO – RO tereta preko prekrajnih rampi. Mogu se nazivati još i „ConRo“ brodovi, što u prijevodu znači container – RO-RO. Kontejneri se na ovakvim brodovima prihvaćaju na otvorenoj palubi, a brod mora biti opremljen adekvatnom opremom za učvršćivanje kontejnera. Teret na kotačima prihvaća se na brod u zatvorene palube preko rampi koje se najčešće nalaze na krmi. Brodovi koji spadaju u ovu skupinu najčešće imaju nosivost između 20000 i 50000 tona, ma da mogu imati i veće nosivosti od navedenog.



Slika 8. CONT brod „Lipa“

Izvor: <https://www.shipspotting.com/photos/374350>

6.2.6. PACA brodovi

„PACA“ kratica kojom se označavaju ovi brodovi znači „Passenger and car“, što je u prijevodu brod koji može prevoziti putnike i automobile. Mogu se nazivati još i „RoPax“ brodovi. To su zapravo putnički trajekti koji se mogu koristiti za prijevoz cestovnih vozila poput automobila, autobusa i kamiona na kraćim ili dužim relacijama. Ovi brodovi po odredbama SOLAS konvencije iz 1977. godine morali su biti konstruirani prema „standardu jednog prostora“.⁵ Prekrcaj vozila obavlja se preko rampi koje se na većim brodovima ovog tipa nalaze na krmu, a na manjim brodovima mogu biti kombinacije pramčane i krmene rampe.

Ovakvi brodovi najčešće djeluju u linijskom prometu između određenih luka. Mogu biti konstruirani s jednom ili više paluba za prihvatanje vozila. Vrlo su slični „CACA“ brodovima, međutim razlikuju se po tome što mogu prihvatiti znatno veći kapacitet putnika. PACA brodovi imaju i kabine za putnike, te razne sadržaje poput kafića, restorana, itd. Također razlikuju se i po tome što su manji trajekti građeni simetričnog tipa, a PACA brodovi imaju klasičan izgled brodskog trupa. Dosta nalikuju kruzima, ali imaju dakako manji kapacitet za putnike. Vozila se smještaju u donje palube, dok su palube iznad namijenjene putnicima. Brodovi većeg kapaciteta opremljeni su i bočnim rampama preko kojih se prekrcajavaju putnici. Takve rampe i tuneli nalikuju onima u zračnim lukama, međutim ne posjeduju svi terminali takvu opremu.

Unutar PACA brodova, može se napraviti i podjela. Kada govorimo o ovoj vrsti RO – RO brodova najčešće se misli o brodovima koji plovo na duljim relacijama. Dakle ovi brodovi mogu se podijeliti u 3 skupine s obzirom na duljinu relacije:

- Do 10 nautičkih milja (simetrični trajekti, „CACA“ brodovi)
- Do 50 nautičkih milja
- Preko 50 nautičkih milja

⁵ Pavao Komadina, Brodovi multimodalnog transportnog sustava, str. 44

Primjer jednog takvog RoPax broda je „Superspeed 1“. To je brod koji je u vlasništvu kompanije Color Line. Izgrađen je 2008. godine u brodogradilištu koje se nalazi u Finskoj. Plovi na ruti između gradova Kristiansand—Hirtshals koji se nalaze u Norveškoj i Danskoj. Karakteristike broda su:

- Dužina: 211.3 metra
- Širina: 25.80 metara
- Gaz: 6.70 metara
- Kapacitet putnika: 2325
- Kapacitet automobila: 764



Slika 9. RoPax brod „Superspeed 1“

Izvor:

[https://en.wikipedia.org/wiki/MS_Superspeed_1#/media/File:SuperSpeed_1_IMO_9374519_F_Hirtshals_06-07-2021_\(2\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/MS_Superspeed_1#/media/File:SuperSpeed_1_IMO_9374519_F_Hirtshals_06-07-2021_(2).jpg)

6.2.7. HYBR brodovi

Zadnja vrsta RO – RO brodova označava se kraticom „HYBR“ što znači hibridni. Takvi RO – RO brodovi najčešće su izvedeni u kombinaciji gdje brod uz teret na kotačima može prevoziti i razne ostale terete poput specijalnih teških tereta, tekućih tereta, drva, itd. Idealan primjer za ovaj tip je brod „Zefyros“. Splitsko brodogradilište je 2006. godine isporučilo taj brod za grčkog naručitelja. Naime, ovdje se radi o kombinaciji tankera i RO – RO broda. To je prvi tip takvog broda u svijetu, a riječ je o brodu koji ima svega 2000 tona nosivosti. Konstruiran je za prijevoz naftnih proizvoda na grčke otoke, a uz to ima i kapacitet za prihvat nekoliko kamiona koji te naftne proizvode distribuiraju dalje na grčkim otocima.



Slika 10. HYBR brod „Zefyros“

Izvor:

https://www.marinetraffic.com/en/photos/of/ships/shipid:212882/shipname:ZEFYROS?order=date_uploaded

6.3. PREMA DULJINI RELACIJE

Kada govorimo o duljini relacije kojom RO – RO brodovi plove, možemo ih najjednostavnije podijeliti u dvije skupine. To su brodovi za kratke relacije i brodovi za duge relacije. Kod brodova za duge relacije napravljena je još podjela na četiri podgrupe a to su:

- R grupa – pod ovu grupu spadaju čisti RO – RO brodovi koji sa teretom na kotačima manipuliraju isključivo horizontalnim putem
- C grupa – spadaju brodovi koji prevoze RO – RO teret i s njime manipuliraju horizontalnim putem, ali mogu prevoziti i kontejnere koji se prekrcajavu LO – LO tehnologijom
- G grupa – brodovi koji uz RO – RO teret kojim manipuliraju horizontalnim putem, mogu prevoziti i razne vrste generalnog tereta koji prekrcajavu LO – LO tehnologijom kroz grotla
- H grupa – zadnjoj grupi pripadaju specijalizirani RO – RO brodovi koji mogu prihvatiti za prijevoz razne teške terete i terete velikih volumena

7. UKRCAJ TERETA NA RO-RO BRODOVE

Riječ RO – RO u prijevodu nam znači dokotrljaj – otkotrljaj, te je već u radu spomenuto kako se na ovakve brodove teret prekrcava horizontalnim putem, odnosno kotrljanjem na brod i iskrcavanjem s broda na isti način. Kako bi se teret ukrcao ili iskrcao na brod, mora se nalaziti na kotačima te mora imati pogonsko sredstvo koje će tim teretom manipulirati.

Postoje dva načina kako se teretom manipulira na RO – RO brodovima. Prvi način je da se teret ukrci na kamione, odnosno sredstva koja imaju vlastiti pogon, te se tako dopremi na brod. Ovaj način je pogodan jer se kod prekrcaja ne mora koristiti nikakva dodatna mehanizacija i strojevi da se manipulira sa teretom. Nedostatak ovog načina je što prijevozno sredstvo zauzima dosta prostora koji bi se mogao iskoristiti za prihvatanje ostalog tereta. Drugim načinom teret se slaže na prikolice, poluprikolice ili platforme, a namjenskim vučnim vozilima se takav teret ukrcava i iskrcava sa broda. Namjenska vozila teret dopremaju na brod do mjesta gdje je predviđen prihvatanje, te odmah nakon dolaska napuštaju jedinice tereta i odlaze sa broda. Posebnost ovakvog načina manipulacije je što vučna vozila ne borave na brodu tijekom plovidbe i ne zauzimaju prostor. Manipuliranje teretom može se obavljati i viljuškarima koji se kojim se prekrcaju kontejneri.

7.1. RO-RO TERET

Pod RO – RO teretom svrstavaju se zapravo sve vrste vozila na kotačima. Jedinice tereta na kotačima koje se prevoze RO – RO brodovima mogu i ne moraju imati vlastiti pogon. Pod jedinice sa vlastitim pogonom spadaju automobili, motocikli, kamioni, radni strojevi i sva sredstva koja vlastitim pogonom mogu doći i napustiti brod. Jedinice tereta koje nemaju svoj vlastiti pogon sačinjavaju prikolice, platforme i slično tome. Današnji brodovi moraju se prilagođavati raznim vrstama vozila jer postoji jako puno različitih vozila različitih dimenzija. Isto tako, svako vozilo zahtjeva i posebnu pažnju kod prijevoza. Kao primjer tome, danas veliki problem predstavljaju električni automobili kod prijevoza morem, jer postoji velika opasnost od izbijanja požara pa tako brodari zabranjuju prijevoz takvih vozila na svojim brodovima.

7.2. „VILJUŠKAR - VILJUŠKARU“ SUSTAV

Ovakav način manipulacije teretom na hrvatskom jeziku naziva se „viljuškar – viljuškaru“. Takva manipulacija teretom ne odvija se preko krmernih ili pramčanih rampi, već preko bočnih otvora ili vrata. Brodovi na kojima se takav sustav primjenjuju najčešće i imaju pramčane ili krmene rampe, ali je posebnost ovakvog sustavu da su ima takve rampe nepotrebne. Sustav funkcionira na način da viličar doprema paletizirani teret do boka broda, odnosno do mjesta gdje se nalazi bočni otvor ili vrata i prenosi teret drugom viličaru koji se nalazi na brodu. Viličar koji je preuzeo teret, ide do mjesta na brodu gdje je predviđen prihvata tereta. Takve palete se po potrebi mogu distribuirati pomoću i drugih viličara ili pomoću liftova koji dižu teret na druge palube.

7.3. BRODOVI ZA PRIJEVOZ ŽELJEZNIČKIH VAGONA

Takva vrsta brodova je zapravo prethodila današnjim RO – RO brodovima, zato jer su to bili prvi brodovi na svijetu koji su bili namijenjeni prijevozu tereta na kotačima, a krenuli su ploviti u Škotskoj 1851. godine. Ovakvi brodovi nemaju parkirne trake u teretnim prostorima odnosno garažama, već imaju željezničke tračnice na kojima se prihvaćaju razne željezničke kompozicije. U godinama prošlog stoljeća, brodovi za prijevoz željezničkih vagona naručivali su se u Hrvatskoj od strane Sovjetskog Saveza, a gradili su se u brodogradilištu „Uljanik“ u Puli.

Brodovi su karakteristični po tome što su veoma dugi i uski. Opremljeni su posebnim balastnim sustavima kako bi se mogao postići odgovarajući trim, što je bitna stavka kod ukrcanja vagona koji mogu imati i preko 80 tona. Također na ovakve brodove se ugrađuju i stabilizatori kako bi se izbjeglo preveliko valjanje na otvorenom moru. Brodovi su opremljeni rampama koje se mogu nalaziti na pramcu ili na krmi ovisno o dizajnu broda. Danas postoje različite izvedbe brodova za prijevoz željezničkih vagona i kompozicija koji se mogu prevoziti sa malim simetričnim trajektima koji plovo na kratkim relacijama ili sa velikim brodovima koji plovo na većim udaljenostima. Uz vagone, na takvim brodovima mogu se prevoziti i druga vozila na kotačima.

7.4. LUF SISTEM

Radi poboljšanja horizontalnog načina prekrcaja tereta kod RO – RO brodova, te samim time skraćivanja boravljenja brodova u lukama, brodari koji su posjedovali RO – RO brodove pokrenuli su takozvani LUF sustav što je skraćenica na engleskom za „lift unit frame“. Takav sustav iznimno je pogodan za prijevoz kontejnera. Četiri do šest kontejnera se može složiti na LUF okvir, te se nakon toga sa specijaliziranom prikolicom i vučnim vozilom koje se naziva „tug master“ ukrcava ili iskrcava sa broda. Teret koje se nalazi na takvom postolju nije potrebno dodatno učvršćivati. LUF okvir može se kombinirati i sa platformom, pa se osim kontejnera mogu prevoziti i ostali tereti kao što su automobili gdje se na jednu jedinicu može složiti čak i do 9 automobila. Također, može se prevoziti drvena građa, grede i slično tome. Za glavne dijelove LUF sustava ubrajamo postolje ili okvir, prikolicu na koju se postolje postavlja i vučno vozilo, odnosno tegljač, koji manipulira sa prikolicom.

LUF sustav ima dosta svojih prednosti. Operacije sa teretom su jednostavne i sigurne pa tako ovakav sustav to čini iznimno pouzdanim. Velika prednost je i to što se na jednoj jedinici mogu grupirati veće količine tereta, pa je i prekrcajni učinak veći, a potreban je mali broj radnika. Nepotrebna su odjednom velika ulaganja u cjelokupni sustav jer sustav može implementirati kroz faze. Isto tako velika prednost je i to što se sustav ne mora samo odnositi na kontejnerski teret već i na ostale vrste tereta.

7.4.1. LUF okvir i platforma

LUF okvir je postolje koje izgleda u obliku slova H i konstruiran je od čelika. Na njega se može složiti dva kontejnera od 20 stopa. Prednosti postolja su što je jeftino i te ga je lako upotrebljavati. Također zauzima mali prostor na brodu pa može ostati cijelo vrijeme ispod tereta. U slučaju da se postolja prevoze ili slažu bez tereta, dizajnirana su tako da se slažu jedno u drugo pa tako zauzimaju relativno malo prostora. Dimenzije okvira napravljene su po ISO (*eng. International Organization for Standardization*) modelu. Na LUF okvir postavlja se platforma koja ima površinu od 30 m². Na takvu platformu osim kontejnera može se složiti i ostali teret poput automobila, drvena građa pa i teški tereti. Platforme mogu nositi i do 100 tona tereta.

7.4.2. LUF prikolica

Prikolica je vrlo bitna stavka LUF sistema jer bez nje jednostavno ne bi bilo moguće prekravat LUF postolja koja mogu imat platforme, a na njima se nalazi teret. Takve prikolice imaju jako nisku šasiju i puno kotača kako bi se masa tereta bolje rasporedila na veću površinu. Prikolica je niska iz razloga jer se mora podvući ispod LUF postolja. Zatim se pomoću hidrauličkog sistema prikolica podiže zajedno sa postoljem, te se pomoću vučnog vozila koje se naziva „LUF master“ doprema na brod ili sa broda na kopno. Kad se teret na prikolici ukrca na predviđeno mjesto za prihvat tereta na brodu, prikolica se zatim spusti, a platforma na kojoj se nalazi teret ostaje na brodu do iskrcaja u drugoj luci. Prikolica se opet može koristiti za manipulaciju sa drugim postoljima.

7.4.3. LUF tegljač

Pod zadnju stavku LUF sistema spada tegljač. Vozila koja se mogu upotrebljavati kao tegljači mogu biti viljuškari i traktori, no međutim postoje i specijalno dizajnirana vozila, odnosno „LUF master“. Takve tegljače najčešće pogone diesel motori do 400 kW, a preko istog motora pogoni se i hidraulični sistem koji se nalazi na LUF prikolici.

8. PRIČVRŠĆIVANJE TERETA NA KOTAČIMA

Teret koji se prevozi na RO – RO brodovima uglavnom je više-manje na kotačima, pa mu se iz tog razloga treba posvetiti posebna pažnja. Kad se brod valja ili posrće teret koji se nalazi na kotačima daje manji otpor trenja i lako se može pomaknuti. Takva situacija pomicanja tereta može biti izrazito opasna za brod jer stabilnost i sigurnost broda može biti uvelike ugrožena. Kad se brod na primjer ukrcava u luci, ukrcaj ne završava kad se zadnje vozilo ukrcalo na brod, nego kad su sve jedinice tereta na brodu primjereno i sigurno učvršćene. Nakon učvršćenja tereta brod je spreman za isplavljenje iz luke.

Međunarodna pomorska organizacija (IMO) je na svojoj Skupštini od 6. studenog 1991. usvojila Rezolucijom A. 714 (17) Kodeks o sigurnom slaganju i učvršćenju tereta 1991.⁶ Preporuke za sigurnosne uređaje koji se nalaze na RO – RO brodovima nalaze se u 4 dijelu Kodeksa. Brodograditelji koji se bave gradnjom brodova trebaju voditi računa u točkama zahvata koje se nalaze na palubama kako bi se vozila mogla dobro osigurati. Proizvođači vozila moraju osigurati prikladna mjesta za pričvršćenja na njihovim vozilima.

Točke zahvata na brodu i njihov raspored može se prepustiti da odluči brodovlasnik. No međutim, postoje isto tako preporuke koliko točke zahvata moraju biti razdvojene u uzdužnom smjeru, u poprečnom smjeru i kolika mora biti najmanja čvrstoća svake točke, a da se pritom ne dešavaju deformacije koje mogu biti trajne. Isto tako, točke zahvata koje se nalaze na vozilima imaju neke svoje zahtjeve. Točno je definirano koliko svaka točka zahvata ima čvrstoću i koliko ih mora biti sa svake strane vozila.

Vrlo bitna stavka kod učvršćenja vozila su vezovi. Kod vezova definiraju se sredstva kojima se vozila učvršćuju i od kojih materijala moraju biti napravljeni. Definirane su čvrstoće vezova, kako ti vezovi moraju biti primjereno postavljeni, njihovi kutovi i sve ostalo bitno kako bi se vozila na najsigurniji način učvrstila, te kako ne bi došlo do njihovog pomaka i ugrozilo sigurnost broda.

⁶ Pavao Komadina, Brodovi multimodalnog transportnog sustava, str. 60

9. STABILNOST RO-RO BRODOVA

Na RO – RO brodovima moglo bi se reći da se mora pridodati veća pažnja na stabilnost broda nego na nekim drugim vrstama brodova. Razlog tomu je prijevoz vozila koja se mogu lako pomaknuti za razliku od nekog generalnog tereta koji može biti složen na palete, u kontejnerima itd. Pomak tereta kod RO – RO brodova može dovesti do velikih oštećenja broda i ostatka tereta, a kod pomaka teških tereta može doći do puknuća učvršćenja i u najgorem slučaju može doći do nekontroliranog nagiba i prevrnuća broda.

Poremećaj poprečne stabilnosti može biti uzrokovan pogrešnim rasporedom masa po visini. Od velike važnosti za stabilnost broda je upravo početna poprečna stabilnost koja se razmatra kroz naginjanje broda oko uzdužne osi. Poprečnu stabilnost možemo podijeliti na: početnu poprečnu stabilnost i stabilnost pri većim kutovima nagiba.

O početnoj poprečnoj stabilnosti govorimo kada se brod nagine s jednom boka na drugi do 10 ili 12 stupnjeva što ovisi o vrsti i veličini. Kao pokazatelj početne poprečne stabilnosti uzima se metacentarska visina (MoG) i njezina vrijednost. Da brod bude stabilan, a takav bi stalno trebao biti, MoG mora imati vrijednost veću od 0, odnosno točka G mora biti ispod točke Mo (početni metacentar). Vertikalnim rasporedom tereta na brodu možemo utjecati na vrijednosti MoG. Slaganjem teškog tereta nisko na brodu, a lakšeg visoko, dobivamo veliku vrijednost MoG i brod se brzo vraća u uspravni položaj što nije isto tako dobro jer se događaju velika naprezanja brodske konstrukcije i učvršćenja na teretu. Ako imamo pre malu vrijednost MoG, takav slučaj isto nije dobar za brod jer brod može ostati nagnut na jednu stranu ili se u najgorem slučaju prevrnuti. Pravilnim raspoređivanjem tereta treba postići optimalnu metacentarsku visinu, kad će se brod najbolje ponašati na valovima, što je iznimno bitno za RO – RO brodove.

Kod poprečne stabilnosti pri većim kutovima brod se nagine s boka na bok više od 10 ili 12 stupnjeva. Tada točka početnog metacentra izlazi iz simetrale broda pa kao pokazatelj stabilnosti više nije MoG već je GH poluga stabilnosti.

Promatrajući uzdužnu stabilnost broda, trebalo bi u svakom trenutku imati povoljan trim kako bi se manipulacija teretom preko rampi odvijala bez problema. Takav trim izrazito je bitan kod brodova koji prekrcajavu teške terete i kod brodova koji prevoze željezničke vagoni iz razloga što kolosijeci na brodu i kolosijeci na kopnu moraju biti usklađeni.

Kao zaključak, možemo konstatirati da je stabilnost kod RO – RO brodova od velike važnosti jer se prevoze jedinice tereta različitih dimenzija i težina, koje su na kotačima i njihov pomak može znatno utjecati na stabilnost i sigurnost broda. Pravilnim rasporedom tereta i pravilnim rukovanjem teretom može se doprinijeti sigurnijoj plovidbi takvom vrstom brodova.

9.1. SIGURNOSNI PROBLEMI RO – RO BRODOVA

Problematika RO – RO brodova može se sagledati kroz konstrukcijska rješenja koja su u prvom redu podređena teretu, a uzrok su većem broju nesreća. Velika pažnja trebala bi se pridodati i rukovanju teretom zbog svoje specifičnosti.

Minimalan broj pregrada na ovakvim brodovima propisan je SOLAS konvencijom, ma da je taj broj nedovoljan i uzrok isto tako nesrećama. Palube na RO – RO brodovima protežu se cijelom dužinom broda. U slučaju prodiranja vode, ona se brzo širi kroz prostor i naplavljuje ostale brodske prostore što može biti opasno za stabilnost. Požar je isto tako opasan jer se može brzo širiti, a isto tako zapaljen predmet može zagrijavati palubu koja se nalazi ispod ili iznad pa se požar može još brže proširiti na ostale palube.

Slaganje i pričvršćivanje tereta na RO – RO brodovima je vrlo osjetljiva i bitna stavka. Razlog tomu je što se na RO – RO brodovima prevoze različita vozila i sredstva na kotačima. Upravo radi toga nije moguće stvoriti standardni sustav pričvršćivanja jer svako vozilo ima različite dimenzije i teško je stvoriti sustav koji bi odgovarao svakom tipu vozila. Posada broda i ljudi koji rade u lukama, također ne mogu baš provjeravati kako je teret složen u određenim elementima, kao što je naprimjer kontejner.

10. ZAKLJUČAK

Brodovi su u prošlosti, pa tako i danas jedni od najvažnijih prijevoznih sredstava na svijetu, te se većina tereta danas prevozi upravo morem. RO – RO brodovi danas su vrlo razvijeni, te kompletna RO – RO tehnologija se probila na tržište iz razloga što za njenu primjenu nije potrebno ulagati u posebne terminale i opremu sa kojom bi se teret prekrcao. Zbog toga možemo reći da RO – RO sustav danas ima veoma široku primjenu i postiže vrlo dobre poslovne rezultate. Kroz rad je opisana povijest RO – RO brodova od samih početaka kada su se prve kočije krenule prevoziti morem. Kasnije u drugom svjetskom ratu krenuli su se koristiti brodovi na kojima su se prevozila vozila i vojnici. Poslije drugog svjetskog rata zapravo dolazi do razvoja RO – RO brodova i tehnologije kakvu danas imamo. Kako su se kasnije povećavale dimenzije brodova, a samim time i kapacitet, postojala je potreba za sve većim rampama. U početku rampe su bile uske i jednosmjerne, međutim rasla je sve veća potreba za širim rampama kako bi se skratilo vrijeme manipulacije. Nosivost rampi se isto tako povećala. U početku su rampe imale svega nekoliko desetaka tona nosivosti, dok danas postoje i rampe sa 500 tona nosivosti.

RO – RO brodovi podijeljeni su prema gazu, prema namjeni i prema duljini relacije. Najzanimljivija podjela je prema namjeni gdje su brodovi podijeljeni u 7 skupina te su svi različiti po namjeni, a povezuje ih RO – RO tehnologija. Svaka skupina ima svoje značajke, te se brodovi razlikuju po načinu rukovanja teretom i konstrukcijskim karakteristikama.

Poprečna i uzdužna stabilnost kod RO – RO brodova su od velike važnosti. Kada je riječ o uzdužnoj stabilnosti treba osigurati povoljan trim kako bi se manipulacije teretom mogle izvoditi bez poteškoća. Kod poprečne stabilnosti treba osigurati povoljnu metacentarsku visinu koja će brodu najviše odgovarati tijekom valjanja. Treba napomenuti kako teret mora biti dobro učvršćen na brodu jer ako dođe do njegovog pomaka stabilnost broda se može narušiti i dovesti do neželjenih posljedica. Kroz povijest su se upravo dešavale razne nesreće kojima je uzrok bio pomak tereta.

Budućnost RO – RO brodova teško je definirati ali trenutno stanje na tržištu je pozitivno i očekuje se rast. Proizvodnja automobila, kamiona, strojeva i ostalih vozila odvija se konstantno pa tako će postojati i potražnja za prijevozom jer su upravo RO – RO brodovi ti koji predstavljaju nastavak kopnenih prometnica na moru i omogućuju prijevoz.

LITERATURA

Knjige:

- 1) Komadina P.: RO-RO brodovi, Rijeka, 1987., Fakultet za pomorstvo i saobraćaj Rijeka
- 2) Komadina P.: Brodovi multimodalnog transportnog sustava, Rijeka, 1998., Udžbenici sveučilišta u Rijeci
- 3) Vranić D., Ivče R.: Tereti u pomorskom prometu, Rijeka, 2006., Pomorski fakultet Rijeka
- 4) Dundović Č.: Lučki terminali, Rijeka, 2002., Udžbenici sveučilišta u Rijeci

Elektronički izvori:

- 1) <https://www.linkedin.com/pulse/ro-ro-ships-future-global-scale-asitha-jagoda-arachchi>
- 2) <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/RO-ROFerries.aspx>
- 3) <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/ro-ro-ship-design-dangers/>
- 4) <https://marinerspointpro.com/ro-ro-ship-images-specification/>
- 5) <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=61990>
- 6) <https://www.martide.com/en/blog/all-about-ferries>
- 7) <https://www.martide.com/en/blog/all-about-car-carriers>
- 8) <https://en.wikipedia.org/wiki/Roll-on/roll-off>
- 9) <https://www.container-xchange.com/blog/ro-ro-lolo-difference/>
- 10) <https://www.brodosplit.hr/hr/brodogradnja/brodovi-za-prijevoz-nafte-i-naftnih-proizvoda/>

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Multimodalni transport | 2 |
| Slika 2. Brod koji se koristio u drugom svjetskom ratu | 4 |
| Slika 3. Krmena rampa sa odvojenim prometnim trakama | 9 |
| Slika 4. Pramčana aksijalna rampa | 11 |
| Slika 5. Otklonjena (quarter) rampa | 12 |
| Slika 6. Trajekt Ilovik | 16 |
| Slika 7. PCTC „Hoegh Target“ | 18 |
| Slika 8. CONT brod „Lipa“ | 19 |
| Slika 9. RoPax brod „Superspeed 1“ | 21 |
| Slika 10. HYBR brod „Zefyros“ | 22 |