

Tehnologija prijevoza Ro-Ro tereta morem

Duić, Fran

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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:187:302096>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-06**



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

FRAN DUIĆ

TEHNOLOGIJA PRIJEVOZA RO-RO TERETA MOREM

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2021. godina.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET

**TEHNOLOGIJA PRIJEVOZA RO-RO TERETA MOREM
RO-RO CARGO TRANSPORT TECHNOLOGY BY SEA**

ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Tehnologija prijevoza morem

Mentor: Renato Ivče

Student: Fran Duić

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112073735

Rijeka, srpanj 2021.

Student: Fran Duić

Studentski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112073735

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom

Tehnologija prijevoza RO-RO tereta morem

izradio samostalno pod mentorstvom

Dr. sc. Renato Ivče

te komentorstvo

stručnjaka iz tvrtke

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

Suglasan sam s trajnom pohranom završnog rada u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci te u nacionalnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice.

Za navedeni rad dozvoljavam sljedeće pravo i razinu pristupa mrežnog objavljivanja:

- a) rad u otvorenom pristupu
- b) pristup svim korisnicima sustava znanosti i visokog obrazovanja RH
- c) pristup korisnicima matične ustanove
- d) rad nije dostupan

Student

Fran Duić

Ime i prezime studenta

SAŽETAK

„*Tehnologije prijevoza RO-RO tereta morem*“ je rad koji opisuje RO-RO brodove, njihovu povijest, podjelu, obilježja, te opremu za pristup brodu sa svim potrebnim sredstvima za vezivanje i učvršćivanje tereta. Osim toga bitno je napomenuti i brodske rampe bez kojih bi ovaj sustav bio znatno teži i sporiji, te ne bi mogao omogućiti takav specifičan način manipulacije koji predstavlja izuzetno bitan čimbenik. RO-RO sustav („*Roll on-roll off*“) nastao je 60-ih godina 19. stoljeća kada započinje masovna gradnja takvih brodova koji za razliku od vertikalnog ukrcaja ili iskrcaja primaju teret horizontalno uz pomoć kotača. Raznim ulaganjem u RO-RO brodove i terminale doprinijelo je nastanku jednog od najefikasnijeg i najbržeg prekrajnog sustava. Budući i daljnji napredak RO-RO tehnologije ovisi o samom nastavku ulaganja i modernizaciji sustava. Rad se sa uvodom i zaključkom sastoji od 8 poglavlja, te sa svojim pripadajućim potpoglavljima, slikama, literature i popisom slika.

Ključne riječi: tehnologija prijevoza, manipulacija tereta, RO-RO rampe, RO-RO tehnologije, razvoj sustava.

SUMMARY

"*Technology of transport of RO-RO cargo by sea*" is a work that describes RO-RO ships, their history, division, characteristics and equipment for access to the ship with all required funds for tying and securing the cargo. Besides that, it is important to mention the ship's ramps, without this system would be much heavier and slower, and could not allow such a specific way of manipulation, which is an extremely important factor. RO-RO system („*Roll on-roll off*“) was invented in the 60's of the 19th century when the mass construction of such ships began, which unlike vertical loading or unloading, receive cargo horizontally with the help of wheels. Through various investments in RO-RO ships and terminals it has contributed to the emergence of one of the most efficient and fastest transshipment systems. The future and further progress of RO-RO technology depends on the modernization of the system. The assignment consists of introduction, conclusion, 8 chapters and with its corresponding subchapters, pictures, bibliography and list of pictures.

Keywords: transport technology, cargo handling, RO-RO ramps, RO-RO technologies, system development.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. MULTIMODALNI TRANSPORT	3
2.1. POČECI I RAZVOJ RO-RO SUSTAVA	3
2.2. POVIJEST I RAZVOJ RO-RO BRODOVA	4
3. KONSTRUKCIJSKE KARAKTERISTIKE RO-RO BRODOVA	6
3.1. RAMPE	7
3.2. VRSTE BRODSKIH RAMPI	8
3.2.1. Aksijalne rampe.....	8
3.2.2. Otklonjene rampe	10
3.2.3.. Krmene okretne rampe	11
3.3. OTVORI ILI VRATA NA BOKU BRODA	12
3.4. OPREMA ZA VERTIKALNU MANIPULACIJU TERETA NA KOTAČIMA	13
4. PODJELA RO-RO BRODOVA	14
4.1. PODJELA RO-RO BRODOVA PREMA GAZU.....	15
4.2. PODJELA RO-RO BRODOVA PREMA NAMJENI	15
4.3. RO-RO BRODOVI ZA DUGE RELACIJE.....	16
4.4. PODJELA RO-RO BRODOVA PREMA GENERACIJAMA.....	17
5. UKRCAJ TERETA	18
5.1. CESTOVNA VOZILA	18
5.2. PRIKOLICE	19
5.2.1. RO-RO prikolice	19

5.2.2. RO-RO sklopiva spuštена prikolica za teške terete	19
5.2.3. RO-RO spuštена prikolica	20
5.2.4. RO-RO prikolica namijenjena isključivo prijevozu masivnih tereta	21
5.3. VILJUŠKARI	21
5.4. PRIJEVOZ TERETA LUF SUSTAVOM	22
5.4.1. LUF postolje i platforma	24
5.4.2. LUF prikolice	25
5.4.3. LUF tegljač	25
6. VEZIVANJE I UČVRŠĆIVANJE TERETA NA KOTAČIMA	26
6.1. TOČKE ZAHVATA NA BROSIM PALUBAMA	27
6.2. TOČKE ZAHVATA NA CESTOVNIM VOZILIMA	28
6.3. VEZOVI	29
6.4. SLAGANJE	30
7. STABILNOST BRODA	31
8. ZAKLJUČAK	32
LITERATURA	34

1. UVOD

RO-RO brodovi (*eng. roll on-roll off; hrv. dokotrljati-otkotrljati*) su teretni brodovi u koje se teret ukrcava i iskrcava na vozilima. Neka od vozila kao npr. kamioni, automobili, vagoni, prikolice ostaju na brodu tijekom plovidbe, dok druga služe samo za utovar i istovar (viličari, LUF tegljači, LUF prikolice, traktori, lokomotive). Ovaj sustav je poseban radi načina ukrcaja i dosta se razlikuje od drugih. Vozila se na brod ukrcavaju horizontalno, odnosno na kotačima uz pomoć krmenih, pramčanih i bočnih rampi koje omogućuju jednosmjernan promet vozila, istodobno ukrcavanje i iskrcavanje, a samim time i brži pretovar. Bočne rampe osim što ubrzavaju pretovar, mogu ugroziti cjelovitost broskoga trupa. RO-RO prekrcajni sustav omogućuje pretovar u lošije opremljenim lukama, tako da vozila s teretom odmah mogu nastaviti kopnenim putevima do odredišta u unutrašnjosti. Takav sustav omogućuje brzinu, jednostavnost i izravan prijevoz od vrata do vrata (*eng. „Door to door“*), od proizvođača do krajnjeg potrošača, čime se smanjuju gubici i pogreške u procesu prijevoza.

RO-RO brod ušao je u eksploataciju još prije sto i pedeset godina unazad, u samim počecima parnih lokomotiva. Početno je bio dizajniran za prijevoz vlakova preko rijeka i jezera. Tijekom II Svjetskog rata ideja o primjeni RO-RO tehnologije dobila je značajnu ulogu u logističkoj potpori ratovanja. Konstruirali su se tipovi brodova koji su omogućavali iskrcaj ljudstva i opreme na neizgrađenu obalu. Od tada takav sustav, a njime i brodovi počeli su se sve više razvijati, budući da je naglo porasla potražnja za transportom veće količine tereta. Porastom potražnje morali su se početi graditi veći, a samim time i novi brodovi koji su bili zaslužni za nove plovne puteve.

Prednosti ove vrste brodova su prilagodljivost i učinkovitost ukrcaja i iskrcaja, odnosno automobili i kamioni mogu nastaviti putovanje kopnenim prometnicama odmah nakon iskrcaja, a ukrcavaju se izravno s cestovnih prometnica. Brod je neovisan od lučkih prekrcajnih sredstava i integriran je u kontejnerski promet gdje upotrebljava carinsku plombu omogućavajući tako: *„door to door services“* i intermodalnu teretnicu. Takav cjelokupni sustav omogućava prijevoz vozila zajedno s njihovim putnicima do prekomorskog odredišta.

Brzina manipulacije, odnosno ukrcaja ili iskrcaja tereta može iznositi od 1000 do 2000 tona po satu, te nema potrebe za ugrađivanjem opreme za manipulaciju teretom. RO-RO brodovi svoj teret mjere u LIM-ovima (eng. *lanes in meters*) koji se dobiju umnoškom duljine tereta izražene u metrima s brojem paluba, tj. širinama paluba. Osim ove jedinice koristi se i CEU (Eng. *car equivalent unit*). Unatoč brojnim prednostima ovi brodovi imaju i svoje nedostatke, a jedan od glavnih je neadekvatna iskorištenost brodske površine iz razloga što je relativno veliki razmak između prikolica, poluprikolica i drugih vozila radi lakšeg pristupa i manevriranja. Nedostatak je neiskorištenost prostora ispod prikolica, poluprikolica i drugih vozila, kojeg zauzimaju kotači, zauzetost prostora unutarnjim prekrcajnim rampama i mogućnost slaganja samo jednog reda tereta na kotačima po visini. Izgradnja dodatno ojačanih paluba, ugradnja unutarnjih liftova te krmenih, pramčanih i unutarnjih rampi također zahtijeva velika ulaganja, a samim time i visoku cijenu broda.

U drugom poglavlju opisani su počeci i razvoj RO-RO sustava, dok u trećem poglavlju obrađujem konstrukcijske karakteristike brodova, od rampi i njihovih vrsta do otvora ili vrata na boku broda, te oprema za vertikalnu manipulaciju tereta. Četvrto poglavlje objašnjava vrste RO-RO brodova, odnosno podjela prema gasu, namjeni i dugim relacijama plovidbe. Peto poglavlje opisuje ukrcaj tereta na brodove pomoću različitih sustava i prekrcajnih sredstava uz vezivanje i učvršćivanje tereta, a šesto poglavlje predstavlja načine vezivanja i učvršćivanja tereta. Predzadnje poglavlje, tj. sedmo odnosi se na izrazito bitan čimbenik plovidbenog procesa, a to je stabilnost broda. Kao zadnje poglavlje, odnosno osmo ukratko donosi najznačajnije odrednice rada kroz zaključak.

2. MULTIMODALNI TRANSPORT

Multimodalni transport se javlja paralelno s razvojem integralnog transporta. On se definira kao istodobna upotreba dvaju prijevoznih sredstava iz dviju različitih prijevoznih grana, pri čemu se teret ukrcava najprije u prvo prijevozno sredstvo koje postaje teret drugog prijevoznog sredstva. Prvo prijevozno sredstvo u tehnologiji multimodalnog transporta predstavlja jedinicu tereta. Grupiranjem tereta u jedinice tereta, postižu se veći ukrcajni i iskrcajni učinci, a pri tome se smanjuju štete i oštećenja koja se mogu pojaviti pri prijevozu tereta morem. Teret se izravno može ukrcati ili iskrcati s broda bez prvotnog odlaganja u skladišni prostor. To predstavlja veliku prednost s obzirom na ostale tehnologije.

U pomorskom prometu postoje dva oblika multimodalnog transporta:

- Brod- tereti na kotačima (roll on- roll of cargoes)
- Brod-tegljenice (barges)

Teret na kotačima predstavlja teret koji se u brodska skladišta ili na palubu ukrcava preko brodskih rampi u horizontalnom smjeru. Za rukovanje teretom koriste se razna transportna sredstva (npr. viličari, LUF tegljači, LUF prikolice, traktori, lokomotive), ovisno o vrstama i obilježjima tereta. Tegljenice su plovna sredstva koja nemaju vlastiti pogon i trebaju biti tegljena ili gurana od strane tegljača. Namijenjena su grupiranju i prijevozu tereta, a prevoze se posebnim vrstama brodova.¹

2.1. POČECI I RAZVOJ RO-RO SUSTAVA

RO-RO sustav čine specifično građeni brodovi koji imaju otvore na pramcu, krmi i bokovima s posebnim rampama i veoma čvrstim palubama. Na palube se ukrcava ili iskrcava teret na raznim vrstama cestovnih prijevoznih sredstava ili na željezničkim vagonima koji čini jednu teretnu jedinicu namjernom grupacijom tereta. Teret se ukrcava ili iskrcava horizontalnim načinom odnosno na kotačima.

¹ Vranić D., Ivće R.: Tereti u pomorskom prometu, Rijeka, 2006., p. 218.

U početku su se RO-RO brodovi koristili samo na kratkim relacijama, dok se danas koristi u plovidbama dugih relacija, odnosno preko oceana. Razlog tome je velika brzina manipulacije tereta koja može iznositi od 1000 do 2000 tona po satu.

Prednosti za horizontalnu manipulaciju su nepotrebnost mostova, dizalica ili tornjeva koji se koriste u vertikalnoj manipulaciji. Nisu potrebne velike površine na kopnu odnosno terminalima kao parkirni prostor, jer se teret na kotačima može odmah otpremiti iz luke cestom ili željeznicom. Operativna obala za prihvat može umjesto 250 do 300 m biti samo 20 do 50 m jer se brodovi mogu vezati u četverovez. Ove zahtjeve su lakše mogle prihvatiti mnoge zemlje koje su tek u razvoju ili čak i one nerazvijene. Time je takav sustav postao dostupan svim zemljama. RO-RO sustav ima i negativnu stranu a to je veoma skupa ugradnja pramčanih ili krmenih rampi, čvrstih paluba, liftova i ostalih rampi na brodovima. Dolazi do velike neiskorištenosti prostora čak 30-50% koji zauzimaju teretne jedinice odnosno prikolice i poluprikolice, te trejleri za teret. U neiskorištenost prostora spada i prostor između kotača koji ostaje izvan uporabe. Prije plovidbe potrebno je učvrstiti teret na kotačima što zahtjeva dodatnu opremu i dobro uvježbanu posadu da ne bi došlo do ugroženosti sigurnosti ljudi, broda i samog tereta.²

2.2. POVIJEST I RAZVOJ RO-RO BRODOVA

RO-RO brodovi su posebna vrsta brodova koja se pojavila sredinom 19. st., te time olakšala i ubrzala prijevoz određene vrste tereta. Točnije, 1851. godine u Škotskoj upotrebljen je prvi „*ferry boat*“ koji je prevezio željezničke vagone. RO-RO brodovi su bili od velikog značaja za vrijeme II svjetskog rata sa svojim velikim sposobnostima i jednostavnosti ukrcaja, prijevoza i iskrcaja ljudi, opreme, hrane i vozila. Naime, to je dokazano 1944. godine tijekom iskrcavanja saveznika na obale Normandije. Pred francusku obalu pojavilo se oko 5000 različitih brodova od kojih je skoro pola služilo za prijevoz tenkova, vozila, opreme i trupa. To su bili brodovi od 100-1500 tona nosivosti koji su imali mali gaz i mosnice na pramcu. Na temelju toga takva funkcija rampi prethodi i danas.

² Komadina P.: Brodovi multimodalnog transportnog sustava, Rijeka, 1998., p. 11.

Nakon drugog svjetskog rata, tj. 1946. godine englesko brodarsko poduzeće pod nazivom „*Atlantic Steam Navigation Co.*“ počelo je s prijevozom kamiona na relaciji London-Hamburg koristeći se brodovima za iskrcavanje tenkova „*tank landing ships*“. Ratna mornarica SAD je 1958. godine u Penssylvaniji sagradila svoj prvi RO-RO brod pod nazivom „*COMET*“ koji je prevozio teret i materijale potrebne za trupe koje su bile smještene u bivšoj Zapadnoj Njemačkoj. Brod je imao 16.800 m³ kubičnih parkirnog prostora, te je imao mogućnost ukrcaja i iskrcaja tereta preko rampi koje su bile pozicionirane na bočnim vratima.³ Prvi RO-RO brodovi su imali nosivost do 2.000 tona i postizali su brzinu do 15 čvorova. Nakon toga je počeo nagli razvoj brodova točnije njihova nosivost i brzina se povećavala. Brodovi su postajali sve jači i veći (10.000 tona nosivosti i brzina preko 20 čvorova). A danas su to brodovi („*deep sea RO-RO ships*“) koji plove na dugim relacijama preko oceana, te imaju nosivost od 30.000 tona. U početku su RO-RO brodovi imali od 100 do 200 metara dužinu parkirne trake, dok danas to kod nekih brodova iznosi preko 2.000 metara.

Sadašnja preoceanska RO-RO- flota još uvijek je dosta mala, a najveća prepreka tome je vrlo visoka cijena takvih brodova u usporedbi s kontejnerskim i trgovačkim brodovima.⁴



Slika 1.: Ukrcaj tereta preko željezničke pruge

Izvor: Wikiwand, URL:<https://www.wikiwand.com/en/Roll-on/roll-off> (21.5.2021.)

³ Komadina P.: Brodovi multimodalnog transportnog sustava, Rijeka, 1998., p. 14.

⁴ Marković I.: Nove tehnologije transporta i njihov utjecaj na privredu, Zagreb, 1985., p. 114.

3. KONSTRUKCIJSKE KARAKTERISTIKE RO-RO BRODOVA

RO-RO brodovi su specifične građe i konstrukcije. Po tome se znatno razlikuju od ostalih. Dimenzije broda i njihov međudnos ovise o vrsti tereta koju prevoze i njihovoj namjeni. Naročito se ističe međudnos dužine i širine broda prema ostalim vrstama brodova. Kod RO-RO brodova odnos iznosi od 5-6,5 : 1, a kod ostalih brodova iznosi od 7-8 : 1. Navedeno velika veličina omogućuje smještaj raznog tereta na kotačima ili određenih platformi, te veliku stabilnost. Glavna karakteristika ovih brodova su rampe koje poput mosta spajaju palubu na krmi, pramcu ili boku broda s obalom. Time je omogućen pristup različitim vrstama vozila sa ili bez tereta. RO-RO brodovi su isključivo namijenjeni za horizontalan ukrcaj, iskrcaj i prijevoz tereta na kotačima. Nemaju grotla i mogućnost vertikalne manipulacije LO-LO (*eng. Lift on-Lift off*) tereta. Brod sadrži prostrano velika skladišta koji nalikuju na garaže i čini jednu veliku cjelinu, te se time omogućuje bolji raspored i uzdužnu prohodnost. Konstruiranjem i ugradnjom krmenih i pramčanih rampi, izvedivo je obavljati ukrcaj i iskrcaj tereta u isto vrijeme. Takav sistem se često koristi u trajektnom prijevozu osobnih automobila čime se dobiva na brzini manipulacije i smislu nastavka ceste preko mora do kopna. Palube na RO-RO brodovima su znatno čvršće, tj. jače dimenzionirane s obzirom na ostale brodove. Razlog tome je potreba za preuzimanjem težine vozila sa ili bez tereta, tegljače ili specijalna vozila koja uvoze i izvoze teret. Na novijim brodovima obično se ugrađuju tri palube. Glavna paluba ima direktan pristup na obalu preko rampi dok se donja i gornja paluba koristi za ukrcaj ili iskrcaj pomoću liftova ili unutarnjih rampi. Unutarnje rampe mogu biti pomične ili fiksne. Visina paluba iznosi od 4,5 m do 7 m što omogućuje smještaj dva reda kontejnera po visini. Brodovi za prijevoz osobnih automobila sadrže više paluba koje su smještene na vertikalnim udaljenostima između 1,6 m do 2,2 m. Zbog različitosti visina vozila koja se iskrcavaju i ukrcavaju javlja se izgubljeni prostor koji može iznositi do 50%. Da bi se ovaj nedostatak ublažio primjenjuju se pomične adaptibilne rampe kojima se smanjuje neiskorišteni ili izgubljeni prostor, te povećava parkirni prostor.⁵

⁵ Komadina P.: RO-RO brodovi, Rijeka, 1987., p. 16.

3.1. RAMPE

Brodaska rampa može biti na krmi, pramcu ili sa strane, odnosno na boku broda. U pristaništima gdje se pojavljuju plime i oseke u visinskoj razlici od 1,5 m, mogu se koristiti fiksne rampe. Takva vrsta rampi je jednostavno konstruirana i nije skupa. Rampe omogućavaju brodu pristati paralelno, okomito ili pod bilo kojim kutom prema lučkoj obali, te bih trebale imati:

- Dužinu od 2 do 50 metara.
- Širinu do 7 metara radi dvosmjernog prometa, te širinu od 12 do 18 metara radi kontejnera 20 stopa koje ukrcavaju viljuškari ili „tag masteri“.
- Nosivost od 200 do 450 tona.
- Nagib koji ne smije biti veći od 13° do 14°.

Osim brodskih rampi, imamo i obalne rampe koje sadržavaju pojedini RO-RO vezovi. Mogu biti fiksne ili podesive, te ovisi o vertikalnoj razlici plime i oseke. Prema ISO standardima rampe bih trebale imati:

- Prilaz širine od 9 m za promet u dvije trake ili 5 m za promet u jednoj traci.
- Minimalna visina iznad rampe od 7 m.
- Prometno opterećenje treba biti u skladu sa zadanim propisima zemlje iz koje se očekuje promet, te treba obuhvatiti opterećenje robe i opreme koja se kreće po rampi.
- Promjene nagiba trebaju omogućiti upotrebu sitne mehanizacije. Kut promjene zakrivljenosti treba biti u granicama, odnosno ne veći od 10°.

Fiksne rampe prema ISO standardima, svrstane su u dvije klase⁶: klasa A i klasa B. Rampe klase A su za brodove s vlastitom rampom, koja može pokriti raspon razine vode od 0,25 m do 1,75 m iznad razine mora. Rampe klase B koriste brodovi čije se rampe mogu koristiti za visine između 1,5 m i 3,0 m iznad razine mora.

Za fiksne rampe:

- Širina rampe treba biti 32 m ili točna širini najvećeg broda koji se očekuje.
- Nagib rampe prema vodi ne smije biti veći od 10°.

⁶ Babović A.: Luke i pristaništa, Beograd, 2014., p. 113.

Podesive rampe potrebno je osigurati u pristaništima gdje je razlika razine plime i oseke veća od 1,5 m . Postoje dvije vrste podesivih rampi a to su⁷: plutajuće i mostovske.

Plutajuća rampa se sastoji od pontona dovoljnih dimenzija kako bih mogle primiti vozila s obale. Ponton se fiksira pomoću vođica, a prijelaz vozila s obale omogućuje obalna rampa koja je zglobno vezana na obalnom kraju. Obalna rampa na donjem kraju opremljena je prijelaznom klapnom. Prijelaz vozila s pontona na RO-RO brod vrši se preko brodske rampe.

Kod RO-RO rampe mostovskog tipa obalni kraj rampe je uzglobljen, a kraj rampe prema brodu je obješen o okvir ili sličnu konstrukciju. Visina se podešava pomoću vitla, a razmak između odbojnika i podesive obalne rampe treba biti određen prema brodovima koji se očekuju u terminalu. Nagib podesive rampe treba biti od 6° do 10°. Osim rampe RO-RO vezovi praktički nemaju druge obalne opreme. Pretovarni kapacitet RO-RO terminala se kreće od 400 do 800 t/h.

3.2. VRSTE BRODSKIH RAMPI

Brodske rampe mogu biti pramčane, krmene i bočne. One se još mogu dijeliti prema kutu koji zatvaraju s uzdužnicom broda na: aksijalne, otklonjene i krmene okretne rampe.

3.2.1. Aksijalne rampe

Aksijalne rampe su smještene na krmi i/ili pramcu prema smjeru uzdužnice broda. Ukrcaj ili iskrcaj tereta se može obavljati isključivo kada je brod vezan krmom ili pramcem prema obali. Ova vrsta rampi najčešće se ugrađuje na RO-RO brodove i to čak 90% s obzirom na ostale brodove koji su namijenjeni prijevozu tereta na kotačima.

Glavne karakteristike aksijalnih rampi su: relativno mala masa (približno 50 tona), jednostavna konstrukcija , niska cijena proizvodnje, te ima mogućnost nepropusnog zatvaranja pramčanog ili krmenog otvora i zato nisu potrebna vodonepropusna vrata.

⁷ Babović A.: Luke i pristaništa, Beograd, 2014., p. 114.

Aksijalne rampe su veoma pogodne na trajektima i ostalim brodovima koji plove na stalnim linijama gdje pristaju na već pripremljene i prilagođene vezove. S obzirom na laku konstrukciju pogodne su i za manje brodove, iz razloga što ne ugrožavaju uzdužnu stabilnost, tj. trim. Rampe su veoma praktične u lukama gdje amplitude plime i oseke nisu veoma visoke. Postoji više izvedbi rampi od kojih je svaka prilagođena pojedinim uvjetima. Npr. razdvojena aksijalna rampa koja ima širinu od 9 metara i sastoji se od dvije sekcije koje su duge 12 metara. Prednost tih rampi je lakše podnošenje nagiba u poprečnom smjeru tijekom ukrcaja i iskrcaja, te mogućnost manipulacije vozila na gornjoj i donjoj palubi u isto vrijeme.⁸



Slika 2.:Pramčana aksijalna rampa

Izvor: SMS-SME, URL:https://sms-sme.com/cpt_product/bow-doo-ramp/ (30.5.2021.)

⁸ Komadina P.: Brodovi multimodalnog transportnog sustava, Rijeka, 1998., p. 26.

3.2.2. Otklonjene rampe

Otklonjene rampe („Quarter“) se ugrađuju na krmenoj ili pramčanoj strani s obzirom da s uzdužnom osi broda zatvaraju kut od 30° do 45°. Teret je moguće ukrcati ili iskrcati preko otklonjene rampe isključivo dok je brod vezan uz obalu.

Prednost toga je prekrcaj tereta preko bočnih vrata, te mogućnost manipulacije kontejnera LO-LO sustavom na palubi broda. Nedostatak ovih rampi je u tome što brod uvijek mora biti vezan na istoj strani, što može stvoriti problem kod luka s ograničenim ili neodgovarajućim prostorom gdje se odvija manipulacija tereta. Dužina ovih rampi je od 20 do 38 metara, prosječna širina iznosi 7,5 metara, dok je masa približna 250 tona. Pri nagibu broda od 1° do 8° rampa se može uspješno upotrebljavati 1,90 metara iznad palube i 4,50 metara ispod palube ukrcaja. Takve rampe su 60-80% duže od aksijalnih rampi, te su najčešće konstruirane u tri sekcije. Rampe koje su većih dimenzija se prije plovidbe sklapaju, dok se manje postavljaju u uspravan ili okomit položaj.

Danas se ugrađuju otklonjene rampe koje se radi svojih karakteristika i veličine još nazivaju „Jumbo rampe“. To je posebna vrsta rampi koje dosežu do 50 metara dužine. Nosivost im je do 400 tona, a širina trake 12 metara. Imaju mogućnost manipulacije tereta u lukama gdje amplituda plime i oseke iznosi do 8,5 metara.⁹

⁹ Komadina P.: Brodovi multimodalnog transportnog sustava, Rijeka, 1998., p. 30.



Slika3.: „Jumbo rampa“

Izvor: MACGREGOR, URL: <https://www.macgregor.com/Products/merchant-cargo-and-passengers/vehicle-carriers/> (30.5.2021.)

3.2.3.. Krmene okretne rampe

Krmena okretna rampa je proizašla iz otklonjene rampe doradom uređaja za zakretanje. Rampe se otvaraju ili otklanjaju od uzdužnice broda na jednu ili drugu stranu obale. Time se omogućuje manipulacija tereta neovisno kojom je stranom brod pristao uz obalu. Prilikom konstruiranja ove rampe nastojalo se zadržati sve dobre strane aksijalnih i otklonjenih rampi, s maksimalnim izbjegavanjem njihovih nedostataka. Zaokretanje okretnih rampi može biti izvršeno pomoću vitala ili zupčanika i zupčaste grede. Okretne rampe se sastoje od četiri osnovna dijela: Okretni stol koji je smješten u kružni ležaj, te se rotira oko centralne osovine. Sve zajedno je pričvršćeno za strukturu broda. Prva sekcija je uzglobljena za okretni stol, a na nju su prihvaćena užad za manevriranje. Užad se proteže na koloturnike koji su postavljeni na stupovima s jedne i druge strane. Prva sekcija nosi sekundarna vitla preko kojih se upravlja druga sekcija.

Druga sekcija je uzglobljena na prvu sekciju, te se podešava hidrauličnim cilindrom, dok je četvrta sekcija prošireni produžetak površine, kako bi se smanjio specifični tlak na obalu.¹⁰



Slika 4.: Krmena okretna rampa

Izvor: Nautic EXPO, URL: <https://www.nauticexpo.com/prod/tts-marine/product-31735-195524.html>(31.5.2021.)

3.3. OTVORI ILI VRATA NA BOKU BRODA

Otvori ili vrata na bokovima RO-RO brodova se često nalaze na putničkim trajektima. Smješteni su s jedne ili druge strane te posjeduju kratke rampe koje služe za manipulaciju manjih količina tereta. Otvori mogu poslužiti i za ukrcaj ili iskrcaj manjih vozila, no to je rijetko. Obično se ova vrata koriste za ukrcaj ili iskrcaj pošte i manjih pošiljki, kako se ne bi otvarale pramčane ili krmene rampe. Ukrcaj se izvodi preko viljuškara. Teret se doprema na platforme dizala, gdje ga uzima drugi viljuškar i prenosi do mjesta za skladištenje ili se uz pomoć dizala podiže do gornje ili donje palube.¹¹

¹⁰ Ibidem, p. 30.

¹¹ Komadina P.: RO-RO brodovi, Rijeka, 1987., p. 38.



Slika 5.: Vrata na boku broda

Izvor: MACGREGOR, URL: <https://www.macgregor.com/Products/products/ramps/side-ramps/>(31.5.2021.)

3.4. OPREMA ZA VERTIKALNU MANIPULACIJU TERETA NA KOTAČIMA

Prilikom dolaska vozila s teretom preko krmene ili pramčane rampe na ukrcajnu rampu, potrebno ga je postaviti na parkirno mjesto. Ono može biti na donjoj ili gornjoj palubi.

Da bi se teret podizao ili spuštao između razina paluba, koriste se liftovi i unutarnje rampe. Unutarnje rampe mogu biti fiksne, kose i podesive. Na pojedinim brodovima postoji varijanta unutarnjih rampi i liftova. Prema konstrukciji dizala ili liftova mogu biti:

- Dizala ovješena o palubu na četiri kuta (lančano dizalo)
- Dizala ovješena uzduž jedne strane (konzola).
- Dvokatna dizala.
- Škarasta dizala.

Sva dizala nisu istih nosivosti ili dimenzija. Najčešće su dimenzije 18 x 3,5 m, s nosivošću od 55 tona, ili 16 x 3 m, s nosivošću od 45 tona. Liftovi koji su većih dimenzija mogu podignuti vučna vozila sa „MAFI“ prikolicom, dok oni manjih dimenzija mogu podignuti kamion s prikolicom ili samo „MAFI“ prikolicu bez vozila. Liftovi zauzimaju manje prostora od rampi, a prostor samog lifta na kraju služi za smještaj prikolica s teretom ili samih vozila. Negativna strana je sporost manipulacije, te ukoliko se redovito ne održavaju često su kvarljivi. Obično se ugrađuju na manje brodove. Unutarnje rampe za razliku od liftova zauzimaju puno više prostora, omogućuju bržu manipulaciju tereta i pristup vozila na više razina.¹²



Slika 6.: Otvor kose rampe

Izvor: ThinkDefence, URL: <https://www.thinkdefence.co.uk/a-ship-that-still-isnt-a-frigate/mss-medium-offshore-construction-vessel/ro-ro-ramp-cover/> (1.6.2021.)

4. PODJELA RO-RO BRODOVA

RO-RO brodovi se mogu podijeliti prema različitim mjerilima i kriterijima. Kao kriterij se uzima njegova veličina i gaz. Pored toga, brodovi se mogu grupirati prema namjeni i vrsti tereta kojeg prevoze, te su prema tome izgrađeni.

¹² Komadina P.: Brodovi multimodalnog transportnog sustava, Rijeka, 1998., p. 40.

Početak izgradnje brodova za različite udaljenosti plovidbe, stvorila se nova podjela koja se odnosila na dužinu relacije. Od početka gradnje pa do danas, brodovi su počeli ulaziti u generacije prema periodu kada su izgrađeni.¹³

4.1. PODJELA RO-RO BRODOVA PREMA GAZU

RO-RO brodovi se prema gasu mogu podijeliti u dvije kategorije: kategorija A i kategorija B. Kategorija A predstavlja brodove s gazom manjim od 6 metara, dok kategorija B predstavlja brodove s gazom većim od 6 metara. Do podjele je došlo 1966. godine kada je „*Međunarodna komisija za standardizaciju RO-RO brodova*“ savjetovala da dubina uz obalu, tj. veza iznosi 6,1 metar.¹⁴ S obzirom da je tada većina brodova imala gaz manji od 6 metara, napravljena je grupacija prema visini gaza. Danas, razvojem tehnologije i brodova, dimenzije su se znatno povećale, a samim time i gaz broda. Brodovi koji su namijenjeni za plovidbu na kraćim relacijama imaju gaz preko 6 metara.

4.2. PODJELA RO-RO BRODOVA PREMA NAMJENI

RO-RO brodovi se prema namjeni mogu podijeliti u sedam kategorija. Kriterij podjele predstavljaju teret prema kojemu je namijenjen brod, način rukovanja teretom, te konstrukcijske osobine broda. Svaka kategorija je naznačena pojedinom oznakom, tj. kraticom¹⁵:

- RORO - predstavlja brodove koji su namijenjeni za kratke i duge relacije, gdje se teret na kotačima manipulira isključivo u horizontalnom smjeru.
- CAPA - su čisti RO-RO brodovi koji mogu ukrcati više od 12 putnika (pretežito vozača koji upravlja prijevoznim sredstvom). Uvjetovano SOLAS konvencijom iz 1977. godine, ovi brodovi su morali biti građeni prema „*standardu jednog prostora*“.

¹³ Ibidem, p. 41.

¹⁴ Report of the International Commission on the Standardisation of Roll-on/Roll-off Ships and Berths. Bruxelles: PIANC, p. 3.

¹⁵ Jansen, B.; Safety of RO-RO vessels – RO-RO vessels“ causality statistics. Hamburg: RO-RO Conference Papers, Congress Centrum, 1981, p. 8.

- CACA- brodovi za duge i kratke plovidbe s RO-RO sustavom za prijevoz automobila.
- CONV- predstavlja RO-RO brodove s tradicionalnom opremom za suhi teret kombiniranim s RO-RO pristupom na jednu ili više paluba.
- CONT- tradicionalni brodovi namijenjeni za prijevoz kontejnera sa mogućnošću RO-RO pristupa na jednu ili više paluba.
- PACA-putnički trajekt koji usputno omogućuje prijevoz automobila i RO-RO prikolica na kratkim relacijama. Uvjetovano SOLAS konvencijom iz 1977. godine, ovi brodovi su morali biti građeni prema „*standardu jednog prostora*“.
- HYBR – predstavlja hibridne, tj. miješane RO-RO brodove koji su kombinirani između čistog RO-RO broda i broda za prijevoz određenog specijalnog tereta, npr. nafte, drveta, teških tereta.

4.3. RO-RO BRODOVI ZA DUGE RELACIJE

RO-RO brodovi za duge relacije su 1980. godine dobili podjelu od strane institucije „*Shipping Consultants*“ iz Londona. Dugogodišnjom analizom i prikupljanjem podataka o RO-RO brodovima građanim za plovidbu na duge relacije proizašle su četiri grupe¹⁶:

- R grupa – RO-RO brodovi namijenjeni prijevozu tereta na kotačima, koji se može manipulirati isključivo u horizontalnom smjeru. (*Pure RO-RO vessels*)
- C grupa – Kombinirani brodovi namijenjeni prijevozu tereta na kotačima s horizontalnom manipulacijom preko rampi i kontejnerskog tereta koji se manipulira u vertikalnom smjeru, tj. LO-LO sustavom. (*RO-RO – container vessels*)
- G grupa – Kombinirani brodovi namijenjeni prijevozu tereta na kotačima s horizontalnom manipulacijom preko rampi, te mogućnošću manipulacije generalnog tereta na klasičan način kroz grotla LO-LO sustavom. (*RO-RO – general cargo vessels*)
- H grupa – Specijalni RO-RO brodovi namijenjeni prijevozu i manipulaciji osobito teških i gabaritno velikih tereta. (*RO-RO heavy lift vessels*)

¹⁶ Drewry, H.P.: The Status of Deep Sea RO-RO Services. AN Economic study. London: Shipping consultants Ltdn, Novembe, 1980, p. 11.

4.4. PODJELA RO-RO BRODOVA PREMA GENERACIJAMA

Razvitkom industrije, te povećanjem potražnje za prijevozom tereta RO-RO brodovima, postalo je prijeko potrebno prilagoditi, a samim time i povećati brodove prema zahtjevima tržišta. U početku su rampe za manipulaciju vozila i tereta bile namijenjene za jednosmjernan promet, no s vremenom se širina i dužina rampi postupno povećala, te je omogućen promet u oba smjera. Time se manipulacija tereta ubrzala, a težina i količina tereta povećala. Kako je proporcionalno rasla nosivost broda, tako i širina i duljina rampi. Prema tome RO-RO brodove možemo podijeliti u pet generacija¹⁷:

- RO-RO brodovi prve generacije (dužina brodova 100 m, širina 16 m, gaz 5 m, kapaciteta 3.800 DWT, 200 do 300 TEU, rampa dužine 12 m, širine 5 m, prva upotreba početkom 60-ih godina 20. stoljeća).
- RO-RO brodovi druge generacije (dužina brodova 150 m, širina 20 m, gaz 7 m, kapaciteta 6.000 DWT, 300 do 500 TEU, rampa dužine 18 m, širine 7 m, prva upotreba sredinom 60-ih godina 20. stoljeća).
- RO-RO brodovi treće generacije (dužina brodova 190 m, širina 27 m, gaz 8 m, kapaciteta 18.000 DWT, 500 do 1.000 TEU, rampa dužine 34 m, širine 15 m, prva upotreba početkom 70-ih godina 20. stoljeća).
- RO-RO brodovi četvrte generacije (dužina brodova 228 m, širina 35 m, gaz 9 m, kapaciteta 18.000 DWT, 1.300 do 3.600 TEU, rampa dužine 50 m, širine 24 m, prva upotreba krajem 70-ih godina 20. stoljeća).
- RO-RO brodovi pete generacije (dužina brodova 270 m, širina 35 m, gaz 11 m, kapaciteta 24.000 DWT, 3.600 do 6.000 TEU, rampa dužine 54 m, širine 28 m, prva upotreba početkom 21. stoljeća).

¹⁷ Brnjac N.: Intermodalni transportni sustav, Zagreb, 2012., p. 176.

5. UKRCAJ TERETA

Glavno obilježje koje predstavlja RO-RO teret, a samim time i RO-RO brodove je način manipulacije koji se odvija u horizontalnom smjeru. Manipulacija tereta se izvršava tako da se teret ukrcava ili iskrcava preko brodskih rampi koje su sastavni dio RO-RO brodova. Postoje dvije mogućnosti ukrcaja tereta na brod a to su: izravan ukrcaj tereta koji ima vlastiti pogon, odnosno vuče ga prijevozno sredstvo izravno s cestovne prometnice ili teret koji je naknadno potrebno postaviti na platformu, prikolicu, poluprikolicu ili LUF postolje, te ga zatim posebno namijenjenim vučnim vozilom dotegnuti na brod. Za vrijeme prijevoza tereta morem, teret ostaje na prijevoznom sredstvu, te se zajedno sa njim učvršćuje. Teret koji ne ostaje na prijevoznom sredstvu se iskrcava i slaže na predviđeno mjesto. Prema tome se manipulacija RO-RO tereta može izvršiti na jedan do sljedećih načina¹⁸:

- Cestovnim vozilima s vlastitim pogonom.
- Prikolicama koje se koriste u cestovnom prometu.
- RO-RO prikolicama koje su često i dio brodske opreme.
- Viljuškarima i raznim vrstama transportnih prijevoznih sredstava opremljenih prema obilježjima tereta.

5.1. CESTOVNA VOZILA

Cestovna vozila su vozila namijenjena prijevozu tereta i putnika po već izgrađenim prometnicama i čine sastavni dio RO-RO sustava. Naročito se koriste kod horizontalnog prekrcaja tereta preko brodskih rampi. Postoji ih više vrsta, te su prema njihovim obilježjima prilagođeni RO-RO brodovi, prvenstveno radi što bolje iskorištenosti prostora i brzine rukovanja teretom. Osnovna im je karakteristika izravan ukrcaj tereta s kopnenih prometnica.¹⁹

¹⁸ Vranić D., Ivčec R.: Tereti u pomorskom prometu, Rijeka, 2006., p. 219.

¹⁹ Ibidem, p. 219.

5.2. PRIKOLICE

Postoji više vrsta prikolica koje se mogu podijeliti prema namijeni. Prikolice koje se koriste u cestovnom prometu obično prevoze raznovrstan generalni teret, te im dimenzije iznose 40' x 8'. Obično se ostavljaju na predviđena mjesta u luci odakle se posebnim vučnim vozilima odvoze na brod. Osim prikolica u cestovnom prometu, postoje i RO-RO prikolice koje se isključivo koriste u pomorskom prijevozu za tegljenje tereta na brod.²⁰

5.2.1. RO-RO prikolice

RO-RO prikolice služe za prijevoz odnosno ukrcaju i iskrcaju tereta preko brodske rampe u horizontalnom smjeru. Tereti koji su namijenjeni RO-RO prikolici su obično lakše kolete raznovrsnog tipa i kontejneri manjih ili srednjih masa koji se uz pomoć posebnih vučnih vozila tegle do mjesta slaganja na brodu. Tijekom pomorskog prijevoza teret najčešće ostaje na prikolici koju je prije svega potrebno učvrstiti prikladnim sredstvima.²¹

5.2.2. RO-RO sklopiva spuštена prikolica za teške terete

Prikladna je kako za manje, tako i srednje teške terete kao što su npr. turbine, generatori i transformatori. Sastoji se od dva para manjih kotača koji se nalaze na zadnjem i prednjem djelu platforme. Na prednjem djelu platforme kotači su zaokretni, te posjeduju upravljačku polugu radi lakšeg manevriranja. Prilikom postavljanja tereta na platformu, obavezno se pričvršćuje prikladnim sredstvima. Platforma s teretom se uz pomoć dva viljuškara postavlja na kotače, nakon čega ju vučno vozilo tegli na predviđeno mjesto na brodu. Prije pomorskog prijevoza platforma se podlaže čeličnim ili drvenim gredama, a kotači se izmiču, te su i dalje dostupni za sljedeću platformu.²²

²⁰ Ibidem, p. 220.

²¹ Ibidem, p. 220.

²² Vranić D., Ivčec R.: Tereti u pomorskom prometu, Rijeka, 2006., p. 221.



Slika 7.: RO-RO skopiva spuštена prikolica za teške terete MAFI

Izvor: INTRAC, URL: <http://www.intrac.ee/trailers/en> (20.6.2021.)

5.2.3. RO-RO spuštена prikolica

Pogodna je za prijevoz kontejnera i teških tereta, tj. koleta. Prikolica se priključuje za vučno vozilo i tegli do predviđenog mjesta na brodu. Teret s prikolice se obično iskrcava uz pomoć viljuškara koji su posebno opremljeni prema obilježjima koleta.²³



Slika 8.: RO-RO spuštена prikolica

Izvor: TANTRI, URL: <https://www.tantri.com/en/port-trailers-ro-ro-trailers/> (20.6.2021.)

²³ Ibidem, p. 222.

5.2.4. RO-RO prikolica namijenjena isključivo prijevozu masivnih tereta

Sastoji se od platforme koja je postavljena na četiri osovine s pneumatskim kotačima. Kako bi se teret postavio na platformu potrebno ga je podići uz pomoć viljuškara ili nekog drugog prikladnog sredstva, ovisno o obilježjima koleta. Prije postavljanja tereta na platformu, površina mora biti pripremljena, odnosno potrebno je postaviti odgovarajuće čelične ili drvene greda radi raspodjele opterećenja i povećanja sile trenja između površine platforme i samog tereta. Vučnim vozilom RO-RO prikolica se tegli do predviđenog mjesta na brodu gdje se nužno učvršćuje pogodnim sredstvima.²⁴



Slika 9.: RO-RO prikolica za isključivo masivni teret

Izvor: EURANS LTD, URL: <http://www.artadmires.com/www/eurans/eng/faq/generalcargororo/>

(21.6.2021.)

5.3. VILJUŠKARI

Postoji više vrsta viljuškara ovisno o konstrukciji, pogonu i nosivosti. Najčešće se upotrebljavaju za rukovanje paletiziranog tereta na manjim udaljenostima. Osim toga, mogu su koristiti za prihvat i otpremu generalnog tereta s brodova, uz pomoć dodatne i posebno prilagođene opreme koja ovisi o vrsti i obilježjima samog tereta.

²⁴ Ibidem, p. 222.

„Viljuškar-viljuškaru“ (eng. „Forklift to forklift“) je sustav koji se koristi kod RO-RO brodova koji posjeduju bočne otvore i vrata, jer se preko njih vrši ukrcaj i iskrcaj tereta. Teret se manipulira na način da jedan viljuškar donosi paletizirani teret do bočnog otvora, podiže ga i predaje drugom viljuškaru koji se nalazi u unutrašnjosti broda. Viljuškar ga dalje razvozi po unutrašnjosti, odnosno do predviđenog mjesta u brodu. Radi lakšeg i jednostavnijeg kretanja tereta po palubama, osim viljuškara se koriste i unutarnji liftovi.²⁵



Slika10.: Viljuškar za teške uvjete rada 30 T

Izvor: SOCMA, URL: <http://hr.socmafr.com/heavy-duty-forklift/new-designed-30t-heavy-duty-forklift.html>

(8.6.2021.)

5.4. PRIJEVOZ TERETA LUF SUSTAVOM

LUF („Lift Unit Frames“) sustav predstavlja pokušaj grupiranja kontejnera u jednu veću jedinicu. Njime je unaprijeđena horizontalna manipulacija tereta, financijski rezultat poslovanja, te smanjeno vrijeme boravaka broda u luci.

²⁵ Komadina P.: Brodovi multimodalnog transportnog sustava, Rijeka, 1998., p. 53.

Ovaj sustav obavljaju dva vozača od kojih svaki rukuje s 40-50 ISO kontejnerima od 6,096 metara (20 stopa) sa sat. Četiri ili šest kontejnera se polažu na LUF postolje.

Postolje se zatim uz pomoć hidrauličkih dizalica postavlja na nisku prikolicu koju odvoze traktori ili LUF tegljači do predviđenog mjesta na brodu. Teret na postolju nije potrebno posebno vezati i učvršćivati. Preko LUF postolja, osim kontejnera mogu se prevoziti i drugi tereti poput drvene građe, automobila i dr.²⁶

Prednosti LUF sustava²⁷:

- Jednostavno i sigurno djelovanje operacija, uz smanjenje zastoja što ovaj sustav čini izuzetno pouzdanim.
- Zbog velikog stupnja grupiranja mogu se izmanipulirati velike količine tereta u kratkom vremenskom roku s malim brojem radnika.
- LUF sustav se može kombinirati s različitim načinima prijevoza i manipulacije, te ne zahtijeva velika ulaganja odjednom.
- Horizontalna manipulacija nije ograničena samo na kontejnere, već se može primijeniti i na ostale terete koji se mogu grupirati u veće jedinice
- LUF postolja se mogu ostavljati ispod tereta zbog svojih malih dimenzija i niske cijene koštanja.

Glavni dijelovi LUF sustava su:

- Postolje i platforme
- Prikolice
- Tegljač

²⁶ Babović A.: Luke i pristaništa, Beograd, 2014., p. 118.

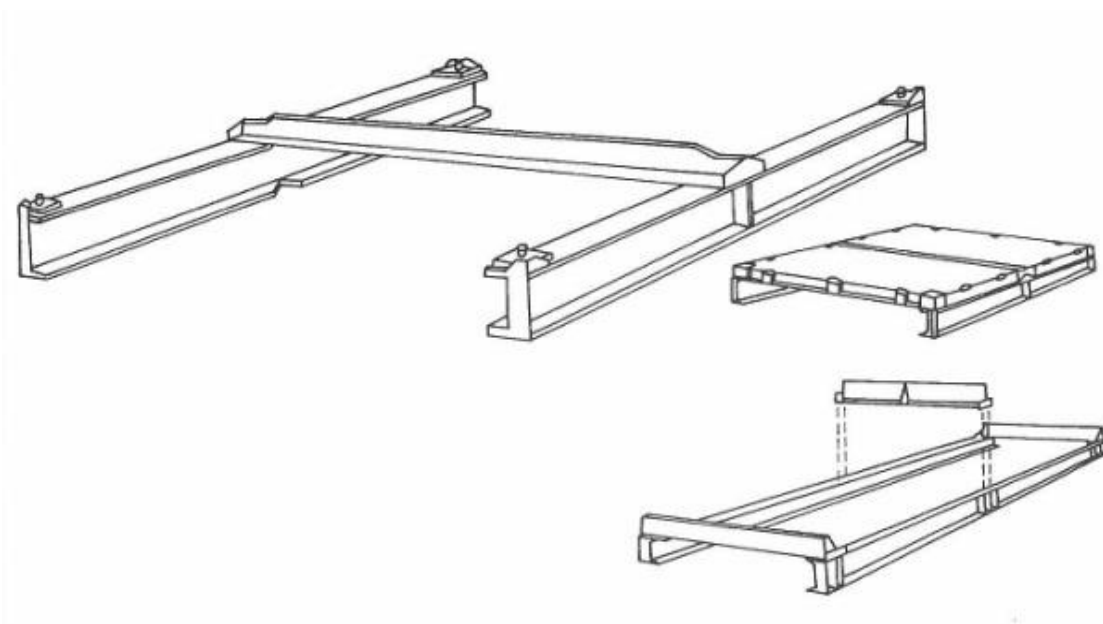
²⁷ LUF SYSTEM. Gothenburg: Salen AND Wicandler, 1976, p. 8.

5.4.1. LUF postolje i platforma

LUF postolje je čelični kostur „H“ profila na koji se slaže teret. Svojim velikim dimenzijama omogućuje poprečno slaganje dva kontejnera od 6.096 metara dužine (20 stopa) i još jedan ili dva reda nad njima.

Prednosti postolja su jeftina izrada, jednostavnost upotrebe, zauzimanje malo prostora, te samim time može ostati ispod tereta za vrijeme vožnje. Dimenzije su određene prema ISO modelu koji omogućuje blisko slaganje tereta i nepotrebnost dodatnog učvršćivanja tijekom prijevoza. Postavljanjem LUF platformi na postolje, tj. čelični kostur, LUF postolje dobiva jednu veliku površinu od 30 m² koja ima izgled palete.

Na LUF platformu osim kontejnera mogu se slagati i drugi raznovrsni tereti kao što su teški tereti, automobili i sl. Dodavanjem uglova i bočnih stranica, omogućen je prijevoz cijevi, balvana, role papira i sl., a dodavanje spremnika omogućen je prijevoz i sipkog tereta. Ukupna nosivost platforme je 100 tona, a postoje i posebno dimenzionirani LUF okviri za LO-LO manipulaciju kontejnera od 12,196 m dužine.²⁸



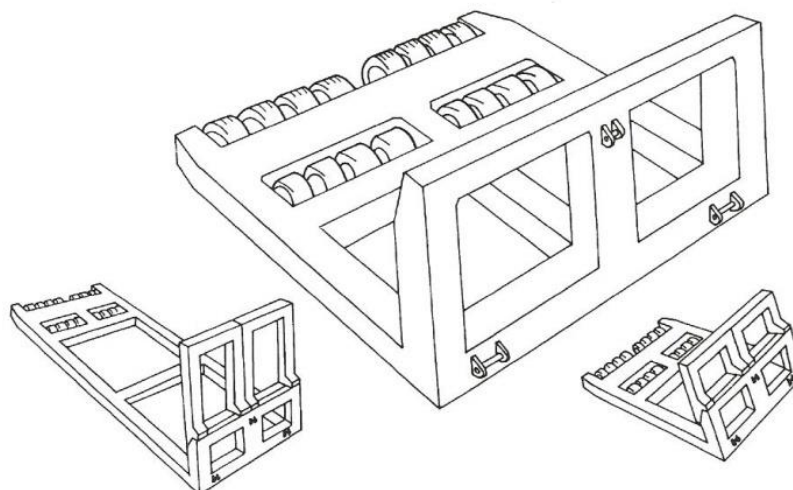
Slika 11.: LUF postolje i platforma

Izvor: LUF SYSTEM. Gothenburg: Salen AND Wicandler, 1976, p. 10.

²⁸ Komadina P.: Brodovi multimodalnog transportnog sustava, Rijeka, 1998., p. 55.

5.4.2. LUF prikolice

To je veoma niska prikolica koja se može podvući pod LUF postolje s teretom. Posjeduje veliki broj kotača kako bi se težina mogla raspodijeliti na što veću površinu. LUF prikolica se uz pomoću hidraulike zajedno s LUF postoljem podiže i odvozi na brod posebnim tegljačem koji se naziva „*LUF master*“. Nakon dolaska do predviđenog mjesta odlaganja, prikolica se spušta, dok platforma, tj. postolje s teretom ne prilagne na palubu ili obalu. Tada se prikolica može lako i jednostavno izvući, te ponovno upotrijebiti za druga postolja.²⁹



Slika 12.: LUF prikolica

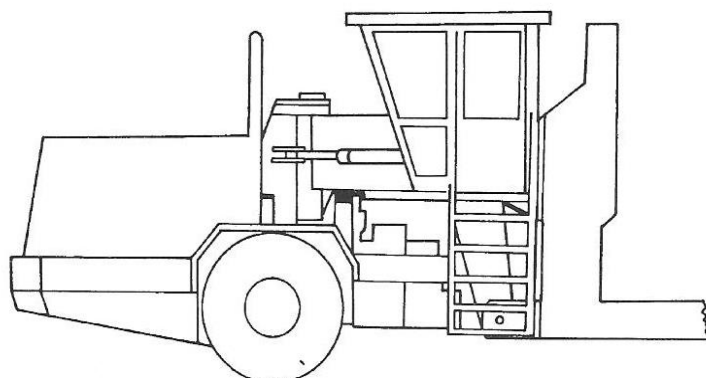
Izvor: LUF SYSTEM. Gothenburg: Salen AND Wicandler, 1976, p. 10.

5.4.3. LUF tegljač

Za horizontalnu manipulaciju LUF sustava tj. ukrcaj i iskrcaj tereta koriste se razna prekrcajna vozila kao što su viljuškari, traktori ili pak „*LUF master*“.

²⁹ Ibidem, p. 57.

LUF masteri su posebno konstruirana vozila koje pokreće diesel motor snage do 400 kW. Osim pokretanja samog motora, napaja i hidrauliku LUF prikolice.³⁰



Slika 13.: LUF tegljač/“master“

Izvor: LUF SYSTEM. Gothenburg: Salen AND Wicandler, 1976, p. 12.

6. VEZIVANJE I UČVRŠĆIVANJE TERETA NA KOTAČIMA

Vezivanje i učvršćivanje tereta su jedni od glavnih čimbenika kod prijevoza RO-RO tereta morem. Opće je poznato da se teret prevozi i odlaže na kotačima. U slučaju lošijeg vremena ili jačih valova, teret pruža manji otpor trenja i lakše se pomiče. To može uzrokovati oštećenje tereta ili broskog trupa, te samim time ugroziti sigurnost broda. Ukrcaj tereta je završen tek kada su sva vozila sigurno vezana i učvršćena. Nakon toga brod je spreman za plovidbu³¹. 6. studenog 1991. godine, Međunarodna pomorska organizacija (IMO) usvojila je na svojoj Skupštini „*Kodeks o sigurnom slaganju i učvršćenju tereta 1991*“³². Od tada svaki zapovjednik i časnik RO-RO flote, mora se držati preporuka i uputa kodeksa. U dodatku 4. kodeksa donesene su i „*Upute o sigurnim uređajima za prijevoz cestovnih vozila na RO-RO brodovima*“.

³⁰ Komadina P.: Brodovi multimodalnog transportnog sustava, Rijeka, 1998., p. 58.

³¹ Komadina P.: RO-RO brodovi, Rijeka, 1987., p. 65.

³² Kodeks o sigurnom slaganju i učvršćivanju tereta IMO 1991. Rijeka: Pomorski fakultet, p. 71.

Brodograditelji i brodovlasnici bi posebnu pažnju trebali posvetiti „*točkama zahvata na brodskim palubama*“ i „*vezovima*“, a proizvođači, poduzetnici i vlasnici prijevoznih vozila „*točkama zahvata na cestovnim vozilima*“ i „*slaganju*“.

Prema zadanim uputama, RO-RO brodovi na duljim ili kraćim međunarodnim putovanjima prevoze:

- komercijalna vozila
- prikolice
- poluprikolice
- cestovne vlakove
- zglobne cestovne vlakove s najvećom ukupnom masom od 45 tona
- spojevi vozila čija je najveća dopuštena masa vozila i tereta između 3,5 i 50 tona

Upute se jedino ne odnose na autobuse i cestovna vozila koja imaju drugačija svojstva od uobičajenih karakteristika cestovnih vozila. Njihov smještaj i broj točaka vezivanja je potrebno zasebno razmotriti.

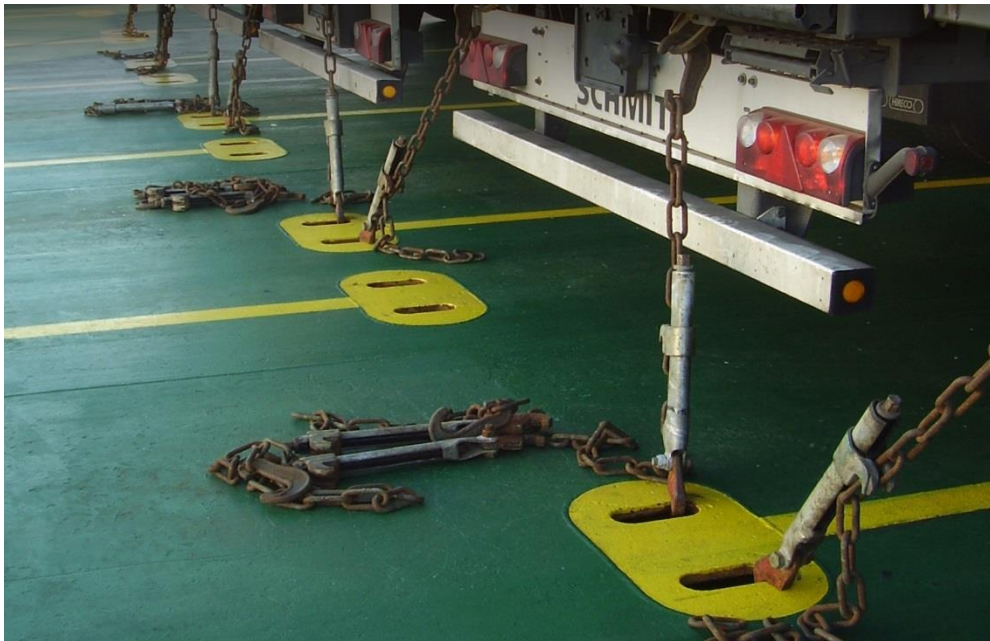
6.1. TOČKE ZAHVATA NA BROSKIM PALUBAMA

Svaki brod mora posjedovati Priručnik o osiguranju tereta prema Rezoluciji br. A 489 (XII). On sadrži sve preporuke i obavijesti u točki 10. Priloga uz Rezoluciju. Na brodovima namijenjenim prijevozu cestovnih vozila moraju postojati točke zahvata koje su određene od strane brodovlasnika, te glase³³:

- Razmak između točaka zahvata prema uzdužnom smjeru ne smije biti veći od 2,5 m, te isto tako udaljenost točaka ne mora biti ista na stražnjem i prednjem dijelu s obzirom na sredinu broda.
- Poprečni razmak točaka zahvata ne smije biti manji od 2,8 m, niti veći od 3 m. Također, razmak na prednjem i stražnjem dijelu broda ne mora biti isti s obzirom na samu sredinu.

³³ Komadina P.: Brodovi multimodalnog transportnog sustava, Rijeka, 1998., p. 63.

- Najmanja čvrstoća svake točke zahvata mora biti 120 kN. Ukoliko je točka prilagođena za više vezova, svaki vez ne smije biti manji od 120 kN.
- Na RO-RO brodovima namijenjenim kratkotrajnom prijevozu cestovnih vozila, čvrstoća i razmak točaka zahvata moraju se zasebno proučiti prema sigurnom slaganju i osiguranju.



Slika 14.: Točke zahvata na palubi broda

Izvor: SIRI, URL: <https://sirimarine.com/weather-dependent-lashing/> (18.6.2021.)

6.2. TOČKE ZAHVATA NA CESTOVNIM VOZILIMA

Točke zahvata na cestovnim vozilima služe za osiguravanje vozila na brodu, te moraju sadržavati otvor za primanje samo jednog veza. Time se omogućuje minimalno pomicanje vozila i maksimalna sigurnost tereta i broda. Otvori za vezove moraju pružiti različite smjerove vezova na broskoj palubi, a njihov promjer zahvata ne smije biti manji od 80 mm, te ne mora biti okruglog oblika. Ukoliko točka zahvata sadrži više otvora, svaki od njih će imati zasebnu čvrstoću točke zahvata. Na svakoj strani cestovnog vozila mora biti isti broj točaka zahvata.

Taj broj ne smije biti manji od 2 niti veći od 6. Svaka od točaka zahvata mora biti: dobro pozicionirana kako bi omogućila učinkovito zadržavanje vozila, mora biti jasno uočljiva bojom, omogućiti prijenos sile vezova na šasiju i smještena tako da se vezovi mogu brzo i sigurno pričvrstiti.³⁴



Slika 15.: Točke zahvata na cestovnim vozilima

Izvor: Rexam, URL: <https://www.rexxam.co.jp/english/products/clasper.html> (17.6.2021.)

6.3. VEZOVI

Vezovi se sastoje od lanaca ili drugih sprava koje trebaju biti izrađene od izrazito čvrstih i rastezljivih materijala. Njihova čvrstoća ne smije biti manja od 120 kN. Moraju se postaviti i učvrstiti tako da im je moguće sigurno pristupiti ako ih treba popustiti ili olabaviti. Kako bi vezovi bili sigurni za rukovanje, potrebno ih je s vremena na vrijeme ispitivati. U slučaju da vezovi popuste, moraju biti pričvršćeni na točke zahvata kukama ili drugim napravama. Kroz svaki od otvora točke zahvata na vozilu treba pričvrstiti samo jedan vez koji je za tu svrhu predviđen, te kut između veza i okomite ili vodoravne linije mora iznositi između 30° i 60°.

³⁴ Komadina P.: Brodovi multimodalnog transportnog sustava, Rijeka, 1998., p. 65.

Broj točaka vezova i zahvata određuje zapovjednik broda, te ukoliko postoji sumnja da cestovno vozilo ne zadovoljava odredbe, on svojim pravima može odrediti ukrcaj vozila, uzeći u obzir stanje vozila i vremenske uvjete³⁵.

6.4. SLAGANJE

Slaganje ovisi o karakteristikama broda, vremenskim uvjetima, te području plovidbe. Prilikom prijevoza cestovnih vozila, ona moraju biti parkirana tako da šasije ostanu što manje pokretne, odnosno da ne dođe do pokretanja ili prevelikog pomicanja vozila. To je moguće izvesti podizanjem šasije prije osiguranja vozila, tlačenjem opruga čvrstim vezivanjem ili ispuštanjem zraka iz mehanizma za spoj kotača s osovinama koji prigušuje udare. Ukoliko se na vozilu koriste stope za oslanjanje na podlogu, šasiju je potrebno vezati za točke zahvata na stopama koje moraju biti jasno naznačene. Naročitu pažnju treba posvetiti vozilima koji mogu biti izloženi dodatnim silama, posebno radi nepovoljnih uvjeta kod kojih se kotači moraju obavezno ukliniti. U tijeku prijevoza, tj. putovanja diesel motori ne smiju raditi, a teretna vozila kod kojih bi teret mogao negativno utjecati na stabilnost broda, moraju imati ugrađen sistem za neutralizaciju sustava za vješanje. Slaganje je potrebno odraditi u skladu sa sljedećim pravilima³⁶:

- Kočnice za zaustavljanje vozila ili bilo kojeg dijela spoja vozila moraju biti učvršćene i zategnute.
- Poluprikolice, prema svojoj izvedbi ne smiju biti oslanjane na nosače tijekom putovanja, tj. prijevoza, osim ako su nosači izrađeni isključivo za tu svrhu. Poluprikolice koje nisu spojene moraju biti oslonjene na nosač ili sličnu napravu koja bi zamijenila nosač.

³⁵ Ibidem, p. 65.

³⁶ Ibidem, p. 66.

7. STABILNOST BRODA

Stabilnost RO-RO brodova je jedna od najbitnijih stavki sigurnog prijevoza tereta morem, te može biti ugrožena prilikom lošeg ili neadekvatnog slaganja i učvršćivanja tereta. Jedan od glavnih vrsta tereta koji potencijalno ugrožavaju stabilnost broda je teret koji se prevozi na prikolicama, poluprikolicama, tj. generalno na kotačima. Za razliku od generalnog tereta slaganog na palete, teretu na kotačima treba posvetiti posebnu pažnju od samog odlaganja u brodsko skladište ili palubu, pa do vezivanja i učvršćivanja istog. Valjanje ili posrtanje broda usred loših vremenskih uvjeta, teret na kotačima čine dosta pomičnim, te kao posljedica toga može doći do velikih oštećenja tereta i broda.

Stabilnost je sposobnost broda da održi uspravan položaj, odnosno da se odupre nagibu koji je izazvan od strane djelovanja vanjskih sila, te da se vrati u početni položaj nakon što vanjski uzroci nagiba prestanu djelovati.³⁷ Na brod koje je na vezu ili plovi djeluju ukupna težina broda i uzgon istisnutog volumena vode koji su istog iznosa pri nagibu broda, a suprotnoga smjera, te djeluju na pravcima koji su okomiti s obzirom vodnu liniju. Prilikom nagiba u poprečnom pravcu dolazi do promjene oblika istisnutog volumena i samim time pomicanja njegova težišta. Težina i uzgon više ne djeluju na istim pravcima, te se stvara povratni moment statičke stabilnosti koji brod vraća u početno stanje. Poprečna stabilnost broda može se podijeliti na³⁸:

- Poprečnu početnu stabilnost.
- Poprečnu stabilnost kod vertikalnih kutova nagiba.

³⁷ Leksikografski zavod Miroslav Krleža, URL: <https://tehnika.lzmk.hr/stabilnost-broda/> (21.6.2021.)

³⁸ Komadina P.: RO-RO brodovi, Rijeka, 1987., p. 69.

8. ZAKLJUČAK

Razvojem integralnog transporta, odnosno slaganja robe na palete ili u kontejnere kako bi se dobila jedna teretna cjelina, omogućila je razvoj i multimodalnog transporta. Multimodalni transport je dosta utjecajan te pogodan za jednostavniji način prijevoza tereta pomoću dvaju različita prijevozna sredstva iz dvaju različitih prometnih grana. Jedan od multimodalnih transportnih sustava je i RO-RO sustav, odnosno horizontalan sustav manipulacije teretom („*Roll on-Roll off*“). Prihvaćen je i upotrebljava se u svim vrstama zemalja, od onih siromašnijih pa do onih izrazito bogatih. Razlog tome je nepotrebnost velikih ulaganja u terminale i mehanizaciju, te mogućnost postizanja velikih pretovarnih učinaka. Glavna sredstva multimodalnog transporta čine RO-RO brodovi. Oni predstavljaju nastavak kopnenih puteva preko mora i omogućuju jednostavan i brz prijevoz robe „*od vrata do vrata*“, tj. od proizvođača do potrošača. RO-RO brodovi su u samome početku svoga korištenja bili građeni isključivo za kratke relacije, za prijevoz vagona preko rijeka i kao logistička potpora ratovanja za vrijeme 2. Svjetskog rata. S vremenom modernizacije i primjećivanja njegovih potencijala, građeni su u sve većim dimenzijama i sa što većim prostorom za smještaj, tj. palubama. Osim modernizacije samoga trupa, modernizirana je i ostala mehanizacija potrebna za kompletan RO-RO sustav, kao što su brodske rampe i unutrašnji liftovi. Rampe su postale šire, duže, elastičnije i pristupačnije kod uporabe, a liftovi jači, brži i jednostavniji kod uporabe. No, s obzirom da se kod RO-RO brodova rampe koriste samo 5-10% vremena, za očekivati je da će se u budućnosti veća pažnja i modernizacija posvetiti na lučke terminale kako bih se ta oprema racionalnije i aktivnije koristila. RO-RO brodovi služe za prijevoz svih vrsta tereta koji se nalaze na kotačima, te se uz pomoć svog pogona ili pak uz pomoć posebnog tegljača (LUF) otprema na određeno mjesto palube. Osim tereta na kotačima, danas je sve više brodova namijenjenih prijevozu raznovrsnog tereta kao što je generalni teret, kontejneri pa čak i putnici. Ukratko, sve vrste tereta koje zajedno s postoljem ili platformom čine jednu teretnu jedinicu, te se ukrcavaju u horizontalnom smislu preko brodskih rampi.

Jedan od najbitnijih uvjeta sigurnog prijevoza robe, putnika, te plovidbe samoga broda predstavlja stabilnost. Nju se održava pravilnim postavljanjem, učvršćivanjem i vezivanjem tereta u vertikalnom smislu po palubama, gdje se dobri rezultati ne postižu samo koristeći odgovarajuću suvremenu opremu, već treba imati posebno uvježban i osposobljen tim, tj. posadu. Bez obzira na to, uvijek je bilo nesreća pa će ih sigurno biti i u budućnosti.

Razlog tome je prekomjerno oslanjanje na automatske sustave vođenja i upravljanja, neiskustvo, umor, ili pak ekstremni vremenski uvjeti koje čovjek ne može kontrolirati. Bez obzira na svjetsku ekonomsku krizu, koja je utjecala na brodarstvo i nezaposlenost brodskog prostora, svjetska flota RO-RO brodova je pokazala stalan rast i razvoj pa čak i na dugim relacijama, čime se može uočiti svjetla budućnost za te brodove i takav način prijevoza. Kako je na svijetu sve više ljudi i njihovih potreba, tako je i prijevoznih sredstava koje će uvijek trebati prevoziti s jednog mjesta na drugi, bez obzira na prostornu udaljenost koja se danas sa sve većim razvojem i modernizacijom lakše svladava.

LITERATURA

Knjige

- Vranić D., Ivče R.: Tereti u pomorskom prometu, Rijeka, 2006., Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet Rijeka
- Komadina P.: Brodovi multimodalnog transportnog sustava, Rijeka, 1998., Udžbenici Sveučilišta u Rijeci
- Marković I.: Nove tehnologije transporta i njihov utjecaj na privredu, Zagreb, 1985., Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti Zagreb
- Komadina P.: RO-RO brodovi, Rijeka, 1987., Fakultet za pomorstvo i saobraćaj Rijeka
- Babović A.: Luke i pristaništa, Beograd, 2014., Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet Akademska misao
- Brnjac N.: Intermodalni transportni sustav, Zagreb, 2012., Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti
- Kodeks o sigurnom slaganju i učvršćivanju tereta IMO, Rijeka, 1991., Pomorski fakultet Rijeka
- Jolić N.: Lučki terminali, Zagreb, 2003., Sveučilišta u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti
- Marković I.: Integralni transportni sustavi i robni tokovi, Zagreb, 1990. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti Zagreb
- Andrijanić I., Aržek Z., Prebežac D., Zelenika R.: Transportno i špeditersko poslovanje, Zagreb, 2001., Ekonomski fakultet Zagreb

Časopisi

- Report of the International Commission on the Standardisation of Roll-on/Roll off Ships and Berths. Bruxelles: PIANC, p. 3.
- Jansen, B.; Safety of RO-RO vessels – RO-RO vessels“ causalty statistics. Hamburg: RO-RO Conference Papers, Congress Centrum, 1981, p. 8.
- Drewry, H.P.: The Status of Deep Sea RO-RO Services. AN Economic study. London: Shipping consultants Ltdn, Novembe, 1980, p. 11.

- LUF SYSTEM. Gothenburg: Salen AND Wicandler, 1976, p. 8.

Internet

- Leksikografski zavod Miroslav Krleža, URL: <https://tehnika.lzmk.hr/stabilnost-broda/> (21.6.2021.)

POPIS SLIKA

Slika 1.: Ukrcaj tereta preko željezničke pruge

Izvor: Wikiwand, URL: <https://www.wikiwand.com/en/Roll-on/roll-off> (21.5.2021.)

Slika 2.:Pramčana aksijalna rampa

Izvor: SMS-SME, URL: https://sms-sme.com/cpt_product/bow-doo-ramp/ (30.5.2021.)

Slika3.: „*Jumbo rampa*“

Izvor: MACGREGOR, URL: <https://www.macgregor.com/Products/merchant-cargo-and-passengers/vehicle-carriers/> (30.5.2021.)

Slika 4.: Krmena okretna rampa

Izvor: Nautic EXPO, URL: <https://www.nauticexpo.com/prod/tts-marine/product-31735-195524.html>(31.5.2021.)

Slika 5.: Vrata na boku broda

Izvor: MACGREGOR, URL: <https://www.macgregor.com/Products/products/ramps/side-ramps/>(31.5.2021.)

Slika 6.: Otvor kose rampe

Izvor: ThinkDefence, URL: <https://www.thinkdefence.co.uk/a-ship-that-still-isnt-a-frigate/mss-medium-offshore-construction-vessel/ro-ro-ramp-cover/> (1.6.2021.)

Slika 7.: RO-RO skopiva spuštена prikolica za teške terete MAFI

Izvor: INTRAC, URL: <http://www.intrac.ee/trailers/en> (20.6.2021.)

Slika 8.: RO-RO spuštена prikolica

Izvor: TANTRI, URL: <https://www.tantri.com/en/port-trailers-ro-ro-trailers/> (20.6.2021.)

Slika 9.: RO-RO prikolica za isključivo masivni teret

Izvor: EURANS LTD, URL: <http://www.artadmires.com/www/eurans/eng/faq/generalcargororo/> (21.6.2021.)

Slika10.: Viljuškar za teške uvjete rada 30 T

Izvor: SOCMA, URL: <http://hr.socmafr.com/heavy-duty-forklift/new-designed-30t-heavy-duty-forklift.html>
(8.6.2021.)

Slika 11.: LUF postolje i platforma

Izvor: LUF SYSTEM. Gothenburg: Salen AND Wicandler, 1976, p. 10.

Slika 12.: LUF prikolica

Izvor: LUF SYSTEM. Gothenburg: Salen AND Wicandler, 1976, p. 10.

Slika 13.: LUF tegljač/“*master*“

Izvor: LUF SYSTEM. Gothenburg: Salen AND Wicandler, 1976, p. 12.

Slika 14.: Točke zahvata na palubi broda

Izvor: SIRI, URL: <https://sirimarine.com/weather-dependent-lashing/> (18.6.2021.)

Slika 15.: Točke zahvata na cestovnim vozilima

Izvor: Rexam, URL: <https://www.rexxam.co.jp/english/products/clasper.html> (17.6.2021.)