

Tehnološki procesi prekrcaja tekućeg rasutog tereta u lukama

Kremzir, Marcijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:125348>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-27**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**TEHNOLOŠKI PROCESI PREKRCAJA
TEKUĆEG RASUTOG TERETA U LUKAMA**

**TECHNOLOGICAL PROCESSES
OF LIQUID BULK TRANSSHIPMENT IN PORTS**

Mentorica: doc. dr. sc. Vlatka Stupalo

Student: Marcijan Kremzir
JMBAG: 0135 235 888

Zagreb, travanj 2023.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 29. travnja 2022.

Zavod: **Zavod za vodni promet**
Predmet: **Luke**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6690

Pristupnik: **Marcijan Kremzir (0135235888)**
Studij: Promet
Smjer: Vodni promet

Zadatak: **Tehnološki procesi prekrcaja tekućeg rasutog tereta u lukama**

Opis zadatka:

Opisati karakteristike robe koja se prevozi u tekućem stanju. Prikazati karakteristike brodova za prijevoz nafte i brodova za prijevoz ukapljenih plinova. Analizirati terminale za prihvat ovih brodova, oblik, dimenziju, lokaciju i raspored terminala te sigurnosni aspekt. Opisati karakteristike tankerskih vezova (ukrajnih platformi, dodirnih i priveznih stupova te prilaznog mosta). Analizirati karakteristike skladišnog prostora terminala. Prikazati i opisati izvedbe odobalnih objekata za prihvat brodova za prijevoz nafte i brodova za prijevoz ukapljenih plinova.

Mentor:



doc. dr. sc. Vlatka Stupalo

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

TEHNOLOŠKI PROCESI PREKRCAJA TEKUĆEG RASUTOG TERETA U LUKAMA

SAŽETAK

Prilikom prijevoza nafte, naftnih derivata, plina i sličnog tekućeg tereta potrebno je osigurati osim sigurnog prijevoza i njegov siguran prekrcaj iz luke u brodove ili obrnuto. Ovim radom analizirane su karakteristike brodova za prijevoz nafte i ukapljenih plinova, terminali smješteni na kopnu i odobalni terminali, kao i vrste vezova. Prikazani su tehnološki procesi prekrcaja i skladištenja tekućeg tereta, i to nafte, naftnih derivata i plinova u lukama.

KLJUČNE RIJEČI: tekući teret; tanker; terminal; nafta; naftni derivati, plin; odobalni objekti

SUMMARY

When transporting oil, oil derivatives, gas and similar liquid goods, safe handling from the port to the ships or vice versa must be ensured in addition to safe transport. This paper analyses the characteristics of oil and liquefied gas transport vessels, onshore and offshore terminals, and types of jetties. The technological processes of handling and storing liquid cargo, namely oil, oil derivatives and gases in ports are presented.

KEYWORDS: *liquid cargo; tanker; terminal; oil; oil derivatives; gas; offshore facilities*

SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA	1
SAŽETAK.....	2
SUMMARY	2
1. UVOD	1
2. TEKUĆI RASUTI TERET.....	2
3. BRODOVI ZA PRIJEVOZ NAFTE I UKAPLJENIH PLINOVA	4
4. VRSTE TERMINALA	9
4.1 Konvencionalni terminal sa skladišnim prostorom	9
4.2 Odobalni vez na jednu ili više plutača	10
4.3 Odobalni terminal s plutajućim skladišnim prostorom	10
5. VRSTE VEZOVA.....	12
6. SKLADIŠNI PROSTOR.....	14
7. ODOBALNI OBJEKTI	16
7.1 Označavanje odobalnih objekata (platformi).....	16
7.2 Usporedba priveznih sustava.....	17
7.2.1 Višestruki vez plutača.....	17
7.2.2 Vez na jednu plutaču.....	17
8. ZAKLJUČAK.....	19
POPIS LITERATURE.....	20
POPIS SLIKA	21
POPIS TABLICA.....	21
IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI	22

1. UVOD

Kada govorimo o napretku u procesu transporta prva asocijacija vezana je uz prijevoznu tehnologiju odnosno teretno manipulativne jedinice kao što su kontejneri i palete. Jednaki značaj kao i spomenute tehnologije danas ima prijevoz rasutog tereta. Rasuti teret je definiran kao homogen teret koji se prevozi u rasutom stanju. Rasuti teret može biti tekući i suhi. U ovom radu naglasak je na tekućem rasutom teretu. Veliku važnost prijevozu tekućeg tereta pridodaju luke i brodovi.

Završni rad „ Tehnološki procesi prekrcaja tekućeg rasutog tereta u lukama“ strukturiran je u osam poglavlja:

1. Uvod
2. Tekući rasuti teret
3. Brodovi za prijevoz nafte i ukapljenih plinova
4. Vrste terminala
5. Vrste vezova
6. Skladišni prostor
7. Odobalni objekti
8. Zaključak

U prvom poglavlju je uvod koji objašnjava predmet i cilj rada, te strukturu.

U drugom poglavlju naglasak je na tekućem rasutom teretu te važnost istog.

Trećim poglavljem definirani su i prikazani brodovi za prijevoz nafte i ukapljenog plina. Dani su primjeri hrvatskih luka za prihvata brodova za prijevoz nafte i plina.

U četvrtom poglavlju prikazane su vrste terminala, a sve je potkrepljeno fotografijama.

U petom poglavlju rada predstavljene su vrste vezova koji se nalaze u lukama.

Šestom predstavlja vrste skladišta u samim lukama. Kod tog poglavlja opisana su lučka skladišta te njihove vrste.

U sedmom poglavlju opisani su odobalni objekti, njihovo utvrđivanje te označavanje.

Sustavan i cjelovit prikaz najvažnijih rezultata i spoznaja dobivenih ovim istraživanjem definiran je u zadnjem osmom poglavlju, pod naslovom Zaključak.

Pored formalne strukture završnog rada, na kraju rada nalaze se popisi citirane literature, slika i tablica. Nakon navedenih popisa nalazi se popunjen obrazac Izjava o akademskoj čestitosti i suglasnost preuzet s mrežne stranice Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.

2. TEKUĆI RASUTI TERET

Rasuti teret je nepakiran homogen teret koji se prevozi u rasutom stanju, i nema svoju ambalažu. Tekući tereti su tereti koji se prevoze u tankovima broda posebno građenih za prijevoze tekućih tereta – tankera [1]. U tekuće rasute terete mogu se svrstati:

- sirova nafta i naftni derivati, gdje spadaju teško ulje, nafta, plinsko ulje, benzin i kerozin,
- ostali tekući teret gdje spadaju benzol, kreozol, biljna ulja, alkohol, vino, voćni sokovi, voda i dr.

Za tekuće rasute terete karakteristično je da nemaju ambalažu. Proces utovara i istovara tekućeg tereta složeniji je od drugih vrsta tereta. Spremnici u koje se utovaruje rasuti tekući teret moraju biti iznimno čisti, i ne smiju sadržavati vodu. U slučaju da se prevozi opasni teret, bitno je to istaknuti i dati upozorenje [2]

Oblik u kojoj su nafta i naftni derivati, te plin prevezeni, omogućuje prilično velike kapacitete istovara i utovara i to u prosjeku 25,000 t/h (sirova nafta) i metar kubični na sat u slučaju da se radi o LNG-u. Plovila manja od 200 000 do 250 000 t mogu utovariti ili istovariti s neto satnim kapacitetom jednakim 10% njihove nosivosti. Zbog toga, ta plovila ostaju u lukama nakratko, najčešće dan ili dan i pol uključujući i vrijeme za čišćenje, odvajanje vode od nafte i sl. [2]

Tekući rasuti teret utovaruje se pomoću pumpa na obali a istovaruje pomoću pumpa na brodu. Tekuće stanje dopušta utovar i istovar pomoću cjevovoda, crijeva i plutača za privez. Sljedeća bitna karakteristika nafte i plinova jest zapaljivost. Iz tog razloga postoje striktno sigurnosne mjere za prijevoz, skladištenje i rukovođenje tim proizvodima, posebno za tekuće plinove. Relativna gustoća tipične bliskoistočne sirove nafte je oko 0,85. Za LNG to je između 0,43 i 0,50, a za LPG između 0,58 i 0,60. [2]

Tekući rasuti teret može se još podijeliti na: jestive, nejestive, opasne i neopasne tekućine. Jestive tekućine su zapravo prehrambeni proizvodi koji se mogu konzumirati, a tu spadaju: vino, sokovi, jestivo ulje, dok su nejestive tekućine: glicerol, vodene boje, i dr. U opasne tekućine spadaju nafta, ukapljeni naftni plin ili LPG, ukapljeni prirodni plin ili LNG. Kod opasnih tekućina važno je obratiti pozornost na mogućnost izazivanja požara, opasnost od zagađenja mora i okoliša. Neopasne tekućine ne predstavljaju potencijalnu opasnost za organizam i okoliš, a one mogu biti jestive tekućine, ulja za kuhanje i sl. [2].

Prednosti prijevoza tekućeg rasutog tereta su [2]:

- može se prevoziti raznim vidovima transporta, ali ipak je najčešći pomorski prijevoz
- nema ambalaže i pakiranja
- lako utovarivanje i istovarivanje
- odjednom je moguće prevoziti velike količine tereta
- pomorski prijevoz je jeftini prijevoz.

Osim prednosti, tu su nedostaci [2]:

- gubitak tereta u moru za vrijeme nesreće ili oluje
- zagađenje okoliša i mora u slučaju isticanja tekućine u more
- neka pristaništa ne primaju sve vrste i količine tereta.

Osim tekućeg tereta, brodovima se prevozi i suhi teret. Bez obzira na vrstu tereta, pomorski prijevoz uređen je odredbama Međunarodne konvencije o zaštiti ljudskih života na moru, skraćeno SOLAS konvencije. [5] Povod za donošenje spomenute konvencije je pomorska nesreća Titanik koja se dogodila 1914. godine.

U nastavku su objašnjeni brodovi za a prijevoz nafte, te brodova za prijevoz ukapljenog plina.

3. BRODOVI ZA PRIJEVOZ NAFTE I UKAPLJENIH PLINOVA

Brodovi za prijevoz nafte najveći su brodovi koji plove morem. Brodovima za prijevoz nafte i za prijevoz naftnih derivata nisu jednake veličine, točnije, brodovi za prijevoz naftnih derivata manje su nosivosti, ali imaju veliki broj tankova, kako bi odjednom mogli prevoziti naftu i naftne derivate. Dije se prema veličini teretnog prostora, odnosno prema tonama nosivosti [6]:

- 10,000 - 60,000 dwt - Manji tanker (najčešće za prijevoz derivata)
- 60,000 - 80,000 dwt – Panamax
- 80 000 - 110 000 dwt - Aframax do 245 m
- 120,000 - 200,000 dwt - Suezmax do 350 m
- 200,000 - 315,000 dwt - VLCC¹ do 350 m
- 320,000 - 550,000 dwt - ULCC² do 450 m.

Kao što je vidljivo prijevoz sirove nafte odvija se u velikim tankerima, a tipične dimenzije tankera prikazane su u nastavku tablicom 1.

Tablica 1. Dimenzije tankera za prijevoz nafte

DWT	Povećanje volumena vode [t]	Duljina L _{oa} [m]	Širina [m]	Najveća dubina broda uronjena u vodu [m]	Dubina broda od vode do palube [m]
20,000	26,000	175	21.4	9.2	2.9
50,000	65,000	230	31.1	11.6	3.7
70,000	87,000	245	35.4	12.8	4.0
100,000	125,000	272	39.7	14.6	4.6
150,000	185,000	297	44.2	17.1	5.5
200,000	240,000	315	48.8	18.9	6.4
250,000	295,000	338	51.8	20.1	7.3
325,000	375,000	346	53.4	24.7	7.3
442,000	500,000	379	68.0	24.5	9.5

Izvor: [4]

Specifičnosti tankera za naftu su [6]:

- gradnja prema propisima SOLAS-a i MARPOL-a,
- prostor ispod palube podijeljen je jednom ili s dvije uzdužne i nekoliko poprečnih pregrada u više tankova
- u poprečnom smjeru postoje lijevi i desni bočni i po jedan središnji tank; broje se od pramca prema krmi

¹ engl. *Very Large Crude Carrier* - supertankeri od 150,000 do 320,000 t ukupne nosivosti.

² engl. *Ultra Large Crude Carrier* - veliki supertankeri od 320,000 do 550,000 t ukupne nosivosti.

- između tankova postoje uski prazni prostori ili tzv. koferdami za odvajanje tankova tekućeg tereta od pramčanog i strojarskog prostora
- središnji koferdam služi kao prostor za pumpe i dr.

Ono što je vrlo važna karakteristika brodova za naftu, je da dno spomenutog broda mora imati dvostruko dno, koje je sačinjeno od dvije oplata koje se nalaze između tereta i mora, a sve to radi izbjegavanja istjecanja nafte u more prilikom uspona vanjske oplata broda. Prazan prostor između oplata broda u trenucima kada se nafta ne prevozi, napuni se vodom kako bi dao stabilnost brodu. Slikom 1 prikazan je brod/tanker za prijevoz nafte, pod nazivom Aframax tanker. Brod na slici dimenzija je 246 x 42 x 21 metar a nosivosti do 114 000 tona.



Slika 1. Brod za prijevoz nafte i naftnih proizvoda
Izvor: [7]

LNG (eng. liquified natural gas) brodovi služe za prijevoz ukapljenog plina. Ukapljeni plin prevozi se na temperaturi $-165\text{ }^{\circ}\text{C}$ [2]. Ukapljivanje podrazumijeva prevođenje plinova u kapljevito odnosno tekuće agregatno stanja, a provodi se radi lakšeg transporta i skladištenja plinova, te radi mogućnosti postizanja niske temperature [8]. Poznato je kako se LNG može ukapljivati pod vrlo visokim tlakom, koji se može transportirati u relativno malim bocama [2].

Dimenzije brodova za prijevoz tekućeg plina prikazane su u nastavku tablicom 2.

Osnovna pravila kod prijevoza ukapljenih plinova su [9]:

- ne dovesti ukapljeni plin u kontakt s materijalima koji nisu otporni na niske temperature
- ne dopustiti stvaranje eksplozivne smjere (u slučaju da plin ulazi u prostor sa zrakom ili obrnuto)
- udaljiti sve zapaljive izvore iz područja gdje bi plin i zrak mogli doći u kontakt.

Tablica 2. Dimenzije brodova za prijevoz tekućeg plina

Teret (m3)	Povećanje volumena vode	Duljina	Širina	Najveća dubina broda uronjena u vodu (m)	Dubina broda od vode do palube (m)
10,000	15,000	138	19.2	7.0	4.3
35,000	43,000	187	27.0	10.5	7.8
75,000	69,000	220	34.8	11.5	9.2
125,000	110,000	278	42.0	13.6	14.5
210,000	149,000	315	50.0	12.5	14.5
266,000	179,000	345	53.8	12.2	14.8

Izvor: [4]

Brodovi za prijevoz ukapljenih plinova specijalizirani su i prilagođeni za prijevoz takve vrste tereta. Pogon broda za ukapljeni plin je parni stroj. Parni su strojevi dokazani i vrlo pouzdani, te imaju nisku cijenu održavanja. Koriste se za pogon brodova radi toga što im kao gorivo može služiti dio plina koji zbog priljeva topline u spremnik tijekom prijevoza ispari [10]. Nedostatak parnog stroja je mala učinkovitost. Za pogon se u današnje vrijeme koriste i diesel motori koji mogu trošiti isključivo diesel gorivo (u tom se slučaju u brod mora ugraditi sustav za ponovno ukapljivanje isparenog plina) i diesel motori kojima kao gorivo može služiti i diesel gorivo i ispareni plin. Budući da je diesel motor učinkovitiji od parnog stroja, u kombinaciji sa sustavom za ponovno ukapljivanje štedi se na gorivu [10].

LNG brodovi mogu se podijeliti na dva sustava, a to su: brodovi s membranskim sustavom (slika 2) i brodovi sa samonosivim spremnicima (slika 3).



Slika 2. Brod s membranskim sustavom

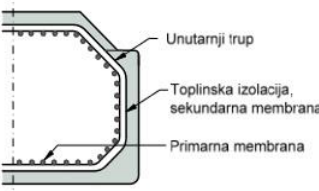
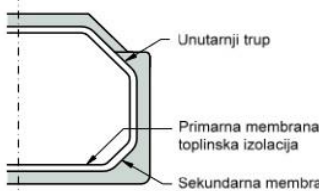
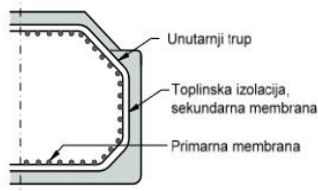
Izvor: [11]

Brodovi s membranskim sustavom koji je prikazan na slici 2 bolje iskorištavaju prostor na palubi broda. Ovi brodovi nisu samonosivi, već su naslonjeni na brodsku oplatu koja ima ulogu nosača tanka. Sustav membranskih tankova dijeli se na *Gaz transport (No. 96) membranski* i *Technigaz (Mark III) membranski* i *GTT CS1* spremnik.

Gaz transport spremnika se sastoji od dva sloja sanduka koje su napravljene od šperploče u kojima se nalazi materijal za toplinsku izolaciju, te dvije metalne membrane. Metalne membrane služe kako ukapljeni plin ne bi iscurio. Također, obje membrane, i metalna šperploča se izmjenjuju, tako da je primarna membrana u dodiru s plinom, a onda je ova druga (sekundarna) postavljena iz primarne. Spremnik Technigaz Mark III također se sastoji od primarne i sekundarne membrane i toplinske izolacije. Membrane su raspoređene kao i kod prethodnog tipa, a građene su od nehrđajućeg čelika [10].

Spremnik CS1 projektirala je firma GTT, pa zato ispred imena stoji skraćenica GTT. Ovaj spremnik je sličan prethodnima, ponajviše u samoj konstrukciji. Može se reći kako je ovaj spremnik sjedinio prethodna dva. Za lakše razumijevanje, u nastavku, tablicom 3 prikazane su slike i osnovne karakteristike spomenutih spremnika.

Tablica 3. Karakteristike spremnika

	Membranski sustav		
	Technigaz Mark III	Gaz transport (No. 96)	GTT CS1
Izgled spremnika			
Stjenka	Nehrđajući čelik	Invar (36% nikla)	Invar (36% nikla)
Debljina stjenke	1,2 mm	0,7 mm	0,7 mm
Izolacija	Drveni sanduci punjeni armiranom poliuretanskom pjenom	Drveni sanduk punjen perlitom	Drveni sanduci punjeni armiranom poliuretanskom pjenom
Debljina izolacije	250~350 mm	470~550 mm	250~350 mm

Izvor: [12]

Za razliku od brodova sa membranskim sustavom, brodovi sa samonosivim spremnicima mogu biti u obliku kugle ili prizme. Samonosivi spremnici su čvrste strukture, napravljeni tako da mogu izdržati tlakove pri prijevozu ukapljenog prirodnog plina. Membrana spremnika preuzima opterećenja koja se unutar spremnika javljaju zbog tlakova. Spremnici isto tako ne utječu na čvrstoću broda, odnosno brodski trup [10].

Samonosivi spremnici dijele su u dva tipa [10]:

- Tip A - Prizmatski
- Tip B - Prizmatski i Kuglasti.

Prizmatski spremnik ima jako malo brodova, a napravljeni su od čelika ili aluminija, dok su kuglasti spremnici češći. Kuglaste spremnike nazivaju još i Moss spremnici, prema finskom brodogradilištu Kvaerner Moss koje ima licencu za izgradnju ovakvih spremnika. Kuglasti Mossovi spremnici su rađeni od ploča legure aluminija te ploča čelika s 9% nikla, velikih

debljina stjenke. To su samonosivi spremnici koji imaju dvostruku stjenku i središnji prsten koji osigurava integritet spremnika. Prednost tih spremnika je da je vidljiv izvana, dok je nedostatak da oni radi svojeg okruglog oblika ne mogu u potpunosti iskoristiti prostor [10].



Slika 3. FSRU brod

Izvor: [13]

Prikazani FSRU brod sa slike 3, sastoji se od spremnika za skladištenje UPP-a, te opreme za ukrcaj, iskrcaj i uplinjavanje UPP-a. Svi procesi na brodu prate se od strane operatera iz centralne upravljačke sobe, dok su za slučaj požara i pojavu plina u funkciji autonomni sigurnosni sustavi [13].

FSRU brod je opremljen s četiri skladišna spremnika za UPP ukupnog skladišnog kapaciteta 140,206 m³, tri jedinice za uplinjavanje (regasifikaciju) UPP-a s maksimalnom ukupnom stopom uplinjavanja od 451,840 m³/h i elektranom koja proizvodi električnu energiju za potrebe rada Terminala [13].

Uplinjavanje UPP-a izvršava se izmjenjivanjem topline morske vode i UPP-a preko glikola kao međufuida. Morska voda predaje svoju toplinu glikolu te se bez ikakvog tretiranja vraća natrag u more. Zatim glikol predaje toplinu UPP-u koji se prilikom tog procesa uplinjava. Prirodni plin se zatim preko visokotlačnih pretakačkih ruku isporučuje u plinski transportni sustav Republike Hrvatske [13].

4. VRSTE TERMINALA

Terminali za naftu i plin uglavnom su na određenoj udaljenosti od ostalih terminala luke obzirom da se ova vrsta robe kategorizirana kao opasna. Ukrcaj i iskrcaj robe u terminalima odvija se kroz središnji razdjelnik na brodu [2].

Oblik, dimenziju i raspored terminala određuje njihova funkcija, pa shodno tome, razlikuju se sljedeće vrste terminala[2]:

- terminal za pretovar i skladištenje
- terminal opskrbu rafinerije i distribuciju iz rafinerije
- kombinacija gore navedenih.

Najvažniji parametri koji se uzimaju u obzir kod tipova terminala za prekrcaj tekućeg rasutog tereta su [2]:

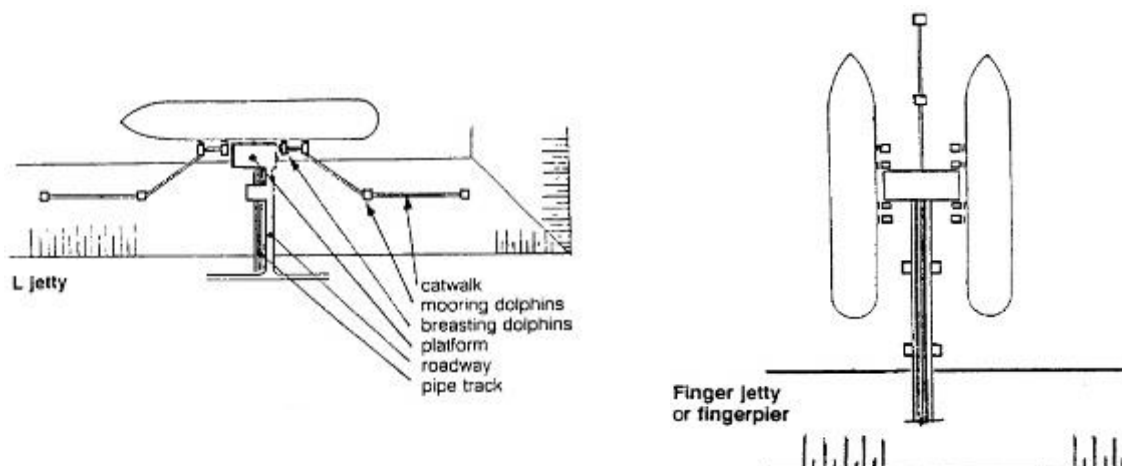
- trošak
- sigurnost
- pouzdanost.

U troškove, odnosno na izračun troškova utječu nepristupačnost radi struja, valova, vjetrova, vidljivosti; održavanje i utjecaj planiranih proširenja terminala, ako se očekuju. U nastavku su tako analizirane sljedeće vrste terminala za prekrcaj tekućeg tereta [2]:

- konvencionalni (kopneni) terminal sa skladišnim prostorom
- odobalni vez na jednu i na više plutača,
- odobalni terminal s plutajućim skladišnim prostorom.

4.1 Konvencionalni terminal sa skladišnim prostorom

Konvencionalni kopneni terminal sa skladišnim prostorom sastoji se uglavnom od prostora pristaništa s prilaznim mostom (engl. *jetty*) te priveznih i dodirnih stupova (slika 4). Prilazni most biti u obliku slova L i T. Na slici u nastavku prikazana su oba oblika.



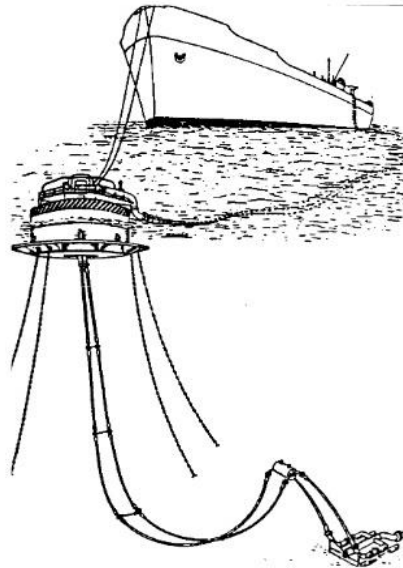
Slika 4. Tipovi pristaništa
Izvor: [4]

Desna slika prikazuje prilazni most u obliku slova T, dok lijeva prilazni most u obliku slova L. Lijevi most sadrži ukrcajnu platformu s jedne od strana, dok je ukrcajna platforma postavljen u sredini kod desnog tipa. Prednost L prilaznog mosta je u tome što pruža prostor na unutarnjim stranama platforme za manja plovila - tegljače [4].

Kod ovakvih terminala privezni stupovi služe za privez broda i drže brod na obali tijekom nevremena (najčešće vjetra) zajedno s dodirnim stupovima. Privez bi trebao biti elastičan, odnosno imati mogućnost laganog pomicanja [4].

4.2 Odobalni vez na jednu ili više plutača

Terminali sa vezom na jednu ili više plutača koriste se u slučaju kada u luku dolazi veliki brod i nema dovoljne dubine vode na obali, pa se brod ne može približiti obali [2]. Takvi tradicionalni vezovi povezani su podmorskim cjevovodima sa obalom odnosno obalnim terminalom, a plutače su privezane za morsko dno (slika 5).



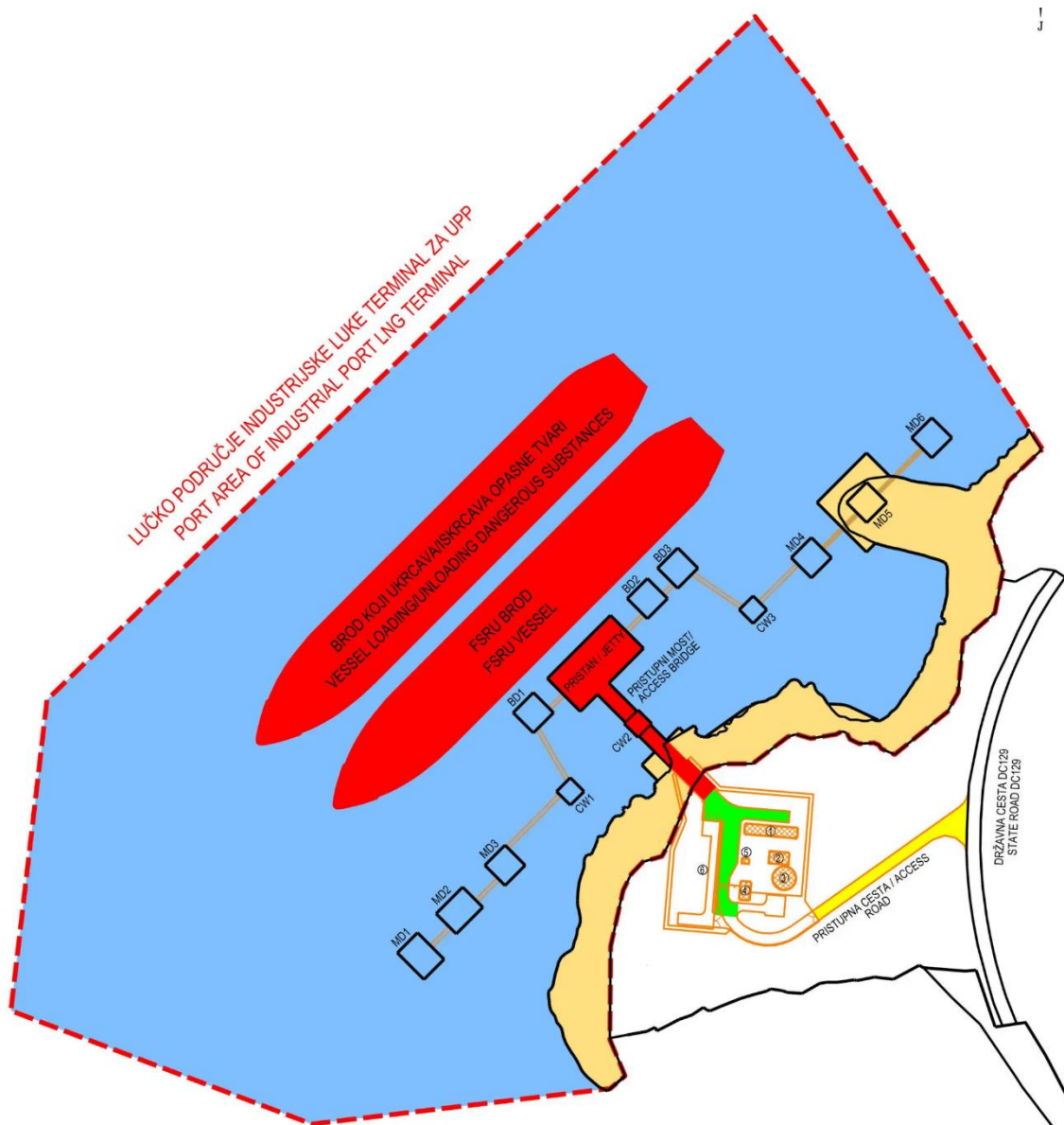
Slika 5. Odobalni vez s jednom plutačem
Izvor: [4]

Prednost veza sa jednom plutačem ili SBM veza (engl. *single buoy mooring*) je što brod uvijek zauzima vrlo povoljan položaj u odnosu na vjetar, struje i valove. SBM je atraktivan zbog jednostavnosti sustava i niskih troškova ulaganja. Odobalni vez s više plutača odnosno MBM (engl. *multiple buoy mooring*) ima fleksibilna crijeva spojena na cjevovode koji su položeni na morsko dno. Kod MBM-a odnosno kod iskrcaja brod koristi vlastite sidrene linije povezane uz plutače.

4.3 Odobalni terminal s plutajućim skladišnim prostorom

Odobalni terminali pogodni su za mala i udaljena naftna polja. Uobičajeno se sastoje od SBM i trajno privezanog FSU broda (engl. *Floating Storage Unit*) te tankeri prilaze uz bok FSU. Kod pretovara tekućeg plina koriste se uglavnom luke. Iznimke su plutajuća postrojenja za

uvoz LPG-a u Bejrutu (Libanon) i nezaštićeni, ali fiksni odobalni LNG terminal za utovar ukapljenog prirodnog plina u Bruneju [2]. Uz ove vrste odobalnih terminala danas su aktivni i plutajuća LNG skladišta s jedinicom za uplinjavanje, tzv. FSRU brod (eng. *Floating storage and regasification unit*). [4] Ovaj brod sastoji se od spremnika za skladištenje UPP-a, te opreme za ukrcaj, iskrcaj i uplinjavanje UPP-a (slika 6). Jedan od takvih terminala nalazio se na otoku Krku gdje se svi procesi na brodu prate se od strane operatera iz centralne upravljačke sobe, a kod slučaja požara i pojave plina u funkciji autonomni sigurnosni sustavi [13].



Slika 6. Terminala za UPP, Omišalj-Njivice (LNG Croatia)

Izvor: [13]

Prije same izgradnje ovih *off shore* terminala (odobalnih i obalnih) na moru i odabiru lokacije, potrebno je voditi brigu o: dubini mora, maritimnim i meteorološkim uvjetima, utjecaju na sigurnost i okoliš, udaljenosti od spoja plinskog sustava na kopnu, klimatskim uvjetima, geološkim značajkama mora i sl.

5. VRSTE VEZOVA

Lokacija pristaništa naftnog terminala može biti na otvorenom moru ili u zaljevu, kao i unutar luke. Lokalni uvjeti diktiraju najbolji izbor. Dok u Europi luke i riječna ušća nude potrebnu zaštitu, na Bliskom istoku raširena je praksa locirati terminale na pučini (Ras Tanura, Kuvajt, otok Kharg). Za izvedivost fiksnih vezova na moru odlučujući parametri su valovi i struje. U slučaju valova mrtvog mora (razdoblja dulja od 12 s), nužna je dobra orijentacija prema smjeru vala. No, jednako je potrebna orijentacija paralelna s lokalnim strujama. Tablica 4 vrlo grubo prikazuje granične visine valova koje se primjenjuju za korištenje pristaništa i SBM-ova. [4]

Tablica 4. Granične visine valova za korištenje pristaništa i SBM-ova.

	during berthing without swell [m]	during berthing with swell [m]	during loading or discharging [m]
<i>jetty</i>	1.5 - 2.0	1.0 - 1.5	2.0 - 3.0
<i>SBM</i>	2.0 - 3.0	2.0 - 3.0	4.0 - 6.0

Izvor: [4]

Ograničenje visine valova uvelike ovise o rasporedu priveznog sustava, orijentaciji prema smjeru vala i obliku valnog spektra. Treba uzeti u obzir i utjecaj strujanja i vjetra. Pristajanje uz brzinu vjetra veću od 12,5 do 15 m/s smatra se nesigurnim i stoga nije dopušteno. [4]

Za konvencionalni vez unutar lučkog bazena moraju se poštivati sljedeća načela [4]:

- iz sigurnosnih razloga, vezovi za naftu i plin trebaju biti odvojeni od ostalih lučkih objekata te nikakva druga plovidba ne bi trebala biti dopuštena unutar naftnih i plinskih bazena
- poželjno je da vez bude zagarantiran, tj. da brod može ostati na vezu u svim vremenskim uvjetima. Kada to nije moguće (iz ekonomskih razloga) postupci upozorenja na oluju moraju omogućiti pravovremeno i sigurno isplovljavanje broda. Ovo se u velikoj mjeri odnosi na tankere za tekući plin, jer oni mogu ploviti samo s punim ili praznim spremnicima tereta. ('Prazno' znači s 1 ili 2% ostatka tereta kako bi se spremnici mogli rashlađivati na povratnom putovanju. Za razliku od naftnih tankera, plinski tankeri nemaju pregrade u svojim teretnim tankovima, što bi, kada su na otvorenom moru, dovelo do prskanja tekućina u tankovima ako su samo djelomično napunjeni. To bi moglo uzrokovati puknuće stijenke tanka, kao i gubitak stabilnosti broda.

Što se tiče dužine operativne obale potrebne po vezu, iz sigurnosnih razloga prostor između dva broda, kod vezanja u nizu, treba biti otprilike jednak širini najvećeg broda. Također treba uzeti u obzir da se razdjelnik (engl. *mainfold*) kod mnogih brodova ne nalazi točno na sredini broda, već i do 15 m prema pramcu ili do 10 m prema krmi od središta broda. Stoga je preporučljivo uzeti minimalni razmak od središta do središta dva susjedna veza koji je jednak: duljina najdužeg broda + 1 x širina najvećeg broda + 2 x 15m. [4]

Odabir lokacije veza temelji se na sljedećim razmatranjima [4]:

- izvozni ili uvozni terminal
 - za izvozni terminal, lokacija naftnog ili plinskog polja je glavni odlučujući faktor
 - za uvozni terminal, prikladnost lokacije i prisutnost zaštićenih prirodnih ili umjetnih duboko-vodnih luka često će diktirati izbor lokacije za terminal i/ili rafineriju
- skladišni prostor – dostupnost odgovarajućeg prostora za spremnike i, moguće, rafinerija. geotehnički čimbenici mogu biti važni.
- dubina vode – dostupna dubina vode u odnosu na gaz predviđenih plovila i potrebno početno iskapanje i iskapanje za održavanje također su važni čimbenici
- tehnička i operativna sigurnost i pouzdanost
 - zaštićeni vez
 - nema nagle promjene nivoa vode u lučkom bazenu
 - nema iznenadnog zamuljivanja u ulaznom kanalu
- briga za operativnu sigurnost i pouzdanost
 - učestalost oluja
 - stalni uvjeti niske razine vode
 - redoviti problemi s vidljivošću
 - noć -ograničenja plovidbe
 - ograničenja plime i oseke
 - prisutnost lučkih usluga koje dobro funkcioniraju
 - prisutnost pomoći tegljača.

6. SKLADIŠNI PROSTOR

Veličina skladišnog prostora za naftu i tekući plin (slika 7) ovisi o broju i dimenziji spremnika te udaljenosti između spremnika. Kod određivanja veličine skladišnog prostora potrebno je uzeti u obzir i prostor za zupčastu letvu (pumpu za gorivo, engl. *pipe racks*), ceste, crpne stanice, zgrade i slične objekte. Veličina spremnika ovisi o veličini brodova, redoslijedu i razmaku između dolazaka brodova i raznolikosti proizvoda [4].



Slika 7. Skladišni prostori terminala za tekući teret – bazen Omišalj
Izvor: [14]

U slučaju spremnika za naftu, udaljenost između spremnika uglavnom se određuje na temelju kriterija prema kojem svaki spremnik treba biti okružen betonskim ili zemljanim zidom (pojasom) na takvoj udaljenosti i pri takvoj visini da se u slučaju urušavanja naftnog spremnika, nafta može zadržati unutar pojasa. Na primjer, spremnik kapaciteta od 100 000 m³ okružen s 5 metara visokim pojasom (od toga 4 m korisnim) zahtjeva površinu od 25 000 m² ili prostor veličine 160x160 metara [4].

Operativni skladišni kapacitet općenito je veličine korištenja jednog mjeseca. Uz ovaj skladišteni prostor na terminalima se često definira i skladište. Obzirom da je cijena LNG/LPG spremnika (slika 8) je puno viša od druge vrste spremnika, kod ove vrste skladišta operativni skladišni kapacitet sveden na minimum [4].

Skladištenja tekućeg plina je opasnije od skladištenja nafte i zahtijeva posebne sigurnosne odredbe, na primjer bilo kakvo curenje tekućine iz cijevi ili pukotine spremnika trebalo bi se zadržati u što je moguće manjem prostoru kako bi se minimalizirala površina isparavanja [4].



Slika 8. LPG terminal

Izvor: [2]

Kod definiranja potrebne površine skladišnog prostora, kao smjernice se uzimaju sljedeće veličine - LNG terminal s godišnjim prometom od 6 milijuna m³ zahtijevam ugrubo otprilike 15 do 24 hektara skladišnog prostora, za 4 spremnika, svaki veličine od 60 000 do 80 000 m³. Ova izravna potreba za prostorom je bez sigurnosne zone koja se mora održavati slobodnom od nekontroliranih izvora paljenja [4].

7. ODOBALNI OBJEKTI

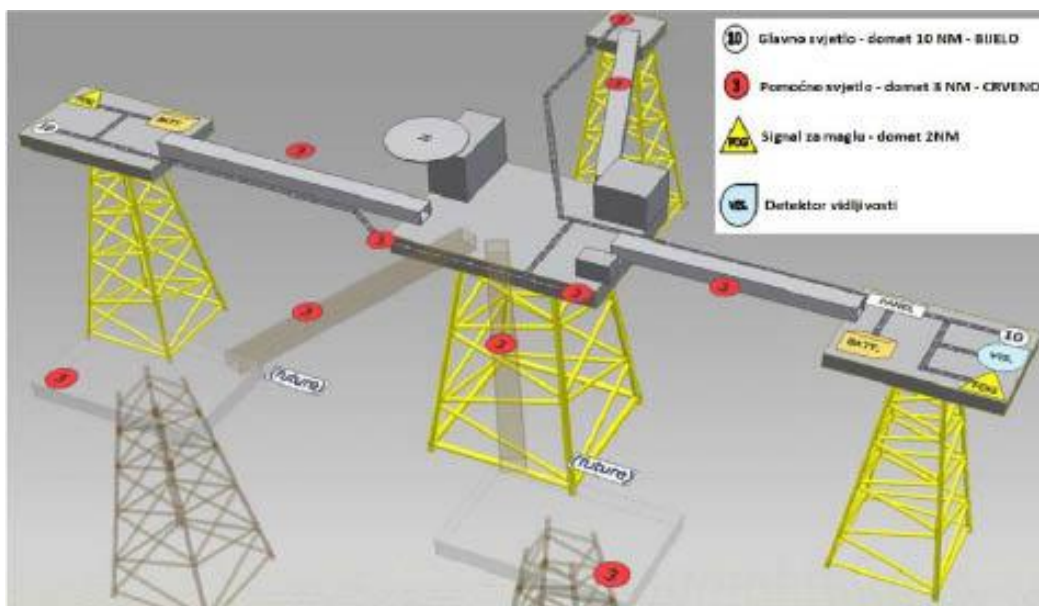
Pomorski zakonik razlikuje sljedeće vrste objekata [15]:

- *Pomorski objekti* su objekti namijenjeni za plovidbu morem (plovni objekt) ili objekti stalno privezani ili usidreni na moru (plutajući objekt), odnosno objekti u potpunosti ili djelomično ukopani u morsko dno ili položeni na morsko dno (nepomični obalni objekt).
- *Plutajući objekt* je pomorski objekt stalno privezan ili usidren na moru, koji nije namijenjen za plovidbu (npr. plutajući dok, plutajuće skladište, plutajući restoran, plutajuća elektrana, pontonski most, pontonska marina i slični objekti).
- *Nepomičnim odobalnim objektom* naziva se pomorski objekt koji je u potpunosti ili djelomično ukopan u morsko dno ili položen na morsko dno, koji nije namijenjen za plovidbu (npr. nepomični odobalni objekt za istraživanje i eksploataciju podmorja, podmorski cjevovod i sl.), izuzev podmorskog kabela i objekata prometne infrastrukture (npr. podmorski tunel, most oslonjen na morsko dno i sl.).

Označavanje odobalnih objekata u Republici Hrvatskoj definirano je *Pravilnikom o sustavu obilježavanja plovih putova i objekata sigurnosti plovidbe* [16] tako da su u nastavku opisane lokacije oznaka, svjetlosnih i zvučnih na odobalnom objektu. Nakon čega su uspoređeni uobičajeni sustavi izvedbi odobalnih objekata s konvencionalnim objektom na kopnu.

7.1 Označavanje odobalnih objekata (platformi)

Odobalni objekt (platforma) označava se s jednim ili više bijelih svjetala, konstruiranih i postavljenih na način da je najmanje jedno svjetlo uvijek vidljivo neovisno o smjeru približavanja odobalnom objektu (platformi) [16], prikazano na slici 2.



Slika 9. Označavanje odobalnih objekata
Izvor: [16]

Ovo svjetlo, odnosno svjetla imaju karakteristiku Morse U (.-) $\leq 15s$ dometa najmanje 10 M i postavljaju se na visini ne manjoj od 6 metara i ne višoj od 30 metara iznad srednje razine visoke vode živih morskih mijena. Horizontalne istake odobalnog objekta (platforme) koje nisu označene bijelim svjetlom, odnosno svjetlima označavaju se crvenim svjetlima na bljeskove karakteristike Morse U (.-) $\leq 15s$ dometa najmanje 3M [16].

Svaki odobalni objekt (platforma) označava se panelom za identifikaciju visine 1 metar s crnim slovima ili brojevima, na žutoj podlozi, vidljivim sa svih strana, koji noću mora biti osvijetljen i/ili izrađen od retro-reflektirajućeg materijala. Svaki odobalni objekt (platforma) mora biti opremljen s jednom ili više naprava za davanje zvučnih signala, konstruiranih i postavljenih na način da se čuju prilazeći platformi iz svih pravaca, za davanje u slučajevima kada je meteorološka vidljivost 2 M ili manja. Zvučni signal ima karakteristiku zvuka Morse U (.-) svakih 30 sekundi (trajanje kratkog zvižduka 0,75 sekundi) dometa ne manjeg od 2 M i postavlja se na visini ne manjoj od 6 metara i ne višoj od 30 metara iznad razine srednje visoke vode živih morskih mijena [16].

Odobalni objekt (platforma) mogu se označiti RACON uređajem, u kojem slučaju domet i karakteristiku određuje kapetanija. Odobalni objekt (platforma) koji nije ucrtan i opisan u službenim pomorskim navigacijskim kartama i publikacijama, te nije objavljen u »Oglasu za pomorce«, mora imati karakteristiku Morse D (-..). U slučaju kvara glavnog izvora napajanja svjetala, zvučnih signala i/ili RACON-a, odobalni objekt (platforma) mora odgovarajućim rezervnim izvorom omogućiti funkcioniranje pomorske signalizacije za period od najmanje 96 sati [16].

7.2 Usporedba priveznih sustava

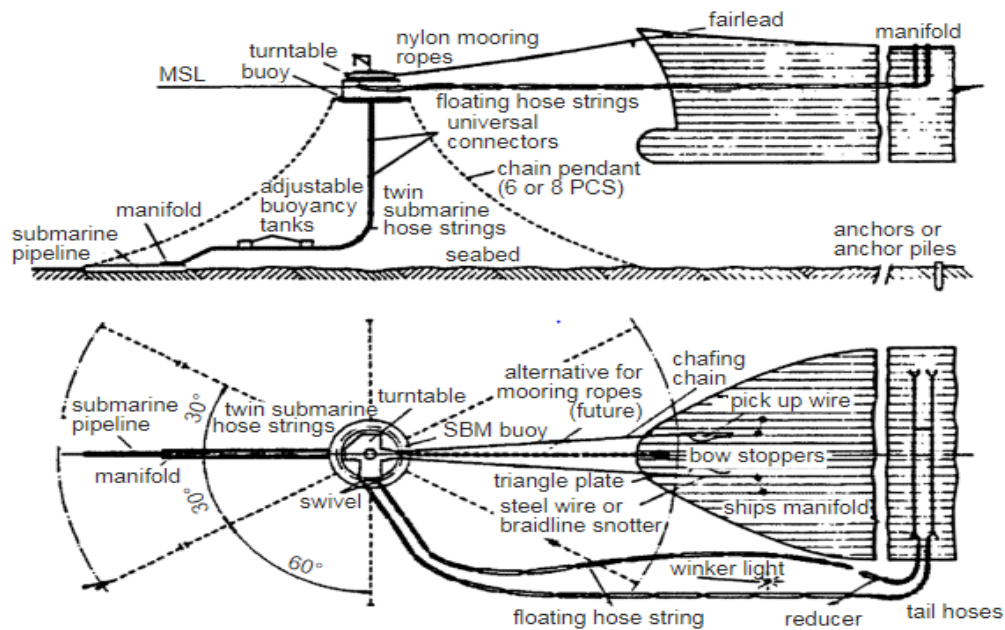
Privezni sustavi pomoću plutača dijele se na višestruki vez plutača, te vez na jednu plutaču.

7.2.1 Višestruki vez plutača

Najjednostavnije postrojenje za vez na moru je višestruki vez plutača, koji se također naziva CBM (engl. *Conventional Buoy Moorings*). Sastoji se od plutače usidrene na nekoliko sidrenih postolja spojene s pomorskim cjevovodom pomoću podmorske gibljive cijevi. Pomorski cjevovod spaja plutaču i spremnik na kopnu. Kada nijedno plovilo nije na vezu, gibljive cijevi nalaze se na morskom dnu te su spojena s signalnom plutačom na površini. Po dolasku brod koristi vlastitu sidrenu užad i često dodatnu užad. Nakon što se usidri, plovilo koristi većinom svoju dizalicu za podizanje fleksibilnog crijeva kako bi ga spojilo na plovila. [4]

7.2.2 Vez na jednu plutaču

Prednost veza na jednu plutaču (engl. *Single Buoy Mooring*) je u tome što brod uvijek zauzima najpovoljniji položaj u odnosu na kombinaciju vjetera, struje i valova. Tankeri do 50.000 t mogu se ručno voditi unutar 24 sata. SBM je atraktivan zbog jednostavnosti sustava i niskih troškova ulaganja (u usporedbi s molom). Slika 10 prikazuje SBM s višelančanim sidrima. Najčešći je sustav sa 6 ili 8 lančanih sidara



Slika 10. SBM s višelančanim sidrima
Izvor [4]

U tablici 5. može se vidjeti usporedba između tri vrste vezivanja: pristaništa(jetty), višestrukog veza plutača (MBM) i vez na jednu plutaču (SBM).

Tablica 5. Usporedba vrsta vezivanja

	jetty	multiple buoy moorings	SBM's
access from shore:	direct	by sea	by sea
number of hoses:	1 - 8	1 - 4	1 - 3
time between arrival and start of pumping:	2 hours	5 hours	2 hours
mooring possible with wind up to 40 knots and head waves of:	1.5 - 2.0 m	2.0 - 2.5 m	3.0 - 4.5 m
oil unloading with wind up to 40 knots and head waves of:	1.5 - 2.0 m	2.0 - 2.5 m	3.0 - 4.5 m
ship has to leave berth with wind of 60 knots and waves higher than:	-	2.0 - 3.0 m	3.5 - 5.0 m
preference regarding ease of berthing and de-berthing:	2	3	1
possible tide effects:	yes	no	no
damage sensitive parts:	fenders	buoy chains	hoses
assistance during berthing and mooring:	tugs and flats	flats	flats
assistance for the departure:	tugs and flats	flats	flats

Izvor: [4]

8. ZAKLJUČAK

Kako bi gospodarstvo neke zemlje bilo uspješno potrebna je razvijena prometna infrastruktura odnosno kvalitetna prometna infrastruktura ključna je pretpostavka održivom gospodarskom razvoju neke države. Budući da se oko 80% svih prevezenih tereta odnosi na vodni prijevoz izuzetno je važno staviti sigurnost kao prioritet prilikom prijevoza.

U modernom gospodarstvu lučki promet važan je za razmjenu dobara između zemljama, pa se ono ogleda i u svjetskim razmjerima. Smatra se da je ovakav način „prijevoza“ robe brži i sigurniji. Kako bi luka mogla funkcionirati za nesmetan protok robe, potrebni su vezovi, skladišta, terminali, objekti za provoz, dopremu i odvoz. Obzirom da tekući teret spada u skupinu opasnih tereta, a sam njegov prijevoz može postati vrlo opasan izrazito je važno pravilno i pažljivo rukovanje.

Brodovi za prijevoz nafte najveći su brodovi koji plove morem. Brodovima za prijevoz nafte manje su nosivosti, ali imaju veliki broj tankova, kako bi odjednom mogli prevozi nafte i naftnih derivata. Terminali za naftu i plin odvojeni su i razvrstani su u luke, a sve to radi toga što je ovakva vrsta robe kategorizirana kao opasna. Ukrcaj i iskrcaj robe u terminalima odvija se kroz središnji razdjelnik na brodu.

Skladište je poslovni prostor u kojem se prodaje širok izbor proizvoda. Također se naziva skladište mjesto na kojem se čuvaju roba ili proizvodi tvrtke ili organizacije. U ovom radu najviše promatrana lučka skladišta čine zasebnu i vrlo istaknutu kategoriju. Ima ih različitih vrsta, tipova i namjene, ovisno o vrsti i veličini poduzeća i gospodarskoj grani kojoj skladište pripada.

POPIS LITERATURE

- [1] Sveučilište u Zadru. *Tereti u pomorskom prometu (skripta)*. Preuzeto s: [http://www.unizd.hr/Portals/1/nastmat/Tereti%20u%20pom_pr_/Tereti%20skripte\(s%20dodatkom%20za%20prijevoz%20UPP\).pdf](http://www.unizd.hr/Portals/1/nastmat/Tereti%20u%20pom_pr_/Tereti%20skripte(s%20dodatkom%20za%20prijevoz%20UPP).pdf) [Pristupljeno: 16. 1. 2023.]
- [2] Tera Logistics. *Type of Marine Cargo: Liquid Bulk*. Preuzeto s: <https://www.teralogistics.com/type-of-marine-cargo-liquid-bulk/> [Pristupljeno: 16. 1. 2023.]
- [3] Ligteringen H, Velsink H. *Ports and terminals*. 1. izd. Delft: Delft Academic Press; 2012.
- [4] Ligteringen H, Velsink H. *Ports and terminals*. 2. izd. Delft: Delft Academic Press; 2017. Preuzeto s: <https://textbooks.open.tudelft.nl/textbooks/catalog/view/44/116/330-1> [Pristupljeno: 16. 2. 2023.]
- [5] Vranić D, Ivče R. *Tereti u pomorskom prometu*. Rijeka: Sveučilište u Rijeci; 2006.
- [6] Yumpu. *Osnove brodogradnje (skripta)*. Preuzeto s: <https://www.yumpu.com/xx/document/view/29203423/osnove-brodogradnje-skripta> [Pristupljeno: 16. 2. 2023.]
- [7] Brodosplit. *Brodovi za prijevoz nafte i naftnih proizvoda*. Preuzeto s: <https://www.brodosplit.hr/hr/brodogradnja/brodovi-za-prijevoz-nafte-i-naftnih-proizvoda> [Pristupljeno: 16. 2. 2023.]
- [8] Hrvatska enciklopedija. *Ukapljivanje plinova*. Preuzeto s: <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=63058> [Pristupljeno: 16. 2. 2023.]
- [9] Hrvatski zavod za javno zdrastvo. *Služba za medicinu rada*. Preuzeto s: <http://www.hzzsr.hr> [Pristupljeno: 16. 2. 2023.]
- [10] Posavec D, Simon K, Malnar M. Brodovi za ukapljeni prirodni plin. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*. 2010; 22: 55-62. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/file/92363> [Pristupljeno: 3. 2. 2023.]
- [11] TradeWinds. *Nigeria LNG unit nears settlement to end OW Bunker fight*. Preuzeto s: <https://www.tradewindsnews.com/law/nigeria-lng-unit-nears-settlement-to-end-ow-bunker-fight/2-1-885734> [Pristupljeno: 16. 2. 2023.]
- [12] Yuasa K, Uwatoko K, Ishimaru J. Key Technologies of Mitsubishi LNG Carriers - Present and Future. *Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. Technical Review*. 2001;38(2): 47-51 Preuzeto s: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.524.1728&rep=rep1&type=pdf> [Pristupljeno: 16. 2. 2023.]
- [13] LNG Hrvatska. *Terminal*. Preuzeto s: <https://lng.hr/terminal> [Pristupljeno: 16. 2. 2023.]
- [14] Lučka uprava Rijeka. *Terminal za tekući teret*. Preuzeto s: <https://www.portauthority.hr/terminal-za-tekuci-teret/#lg=1&slide=0> [Pristupljeno: 16. 2. 2023.]
- [15] Republika Hrvatska. *Pomorski zakonik*. Izdanje: 181. Zagreb: Narodne novine; 2004. (pročišćeni tekst) Preuzeto s: <https://www.zakon.hr/z/310/Pomorski-zakonik> [Pristupljeno: 5. 2. 2023.]
- [16] Republika Hrvatska. *Pravilnik o sustavu obilježavanja plovnih putova i objektima sigurnosti plovidbe*. Izdanje: 39. Zagreb: Narodne novine; 2020.

POPIS SLIKA

Slika 1. Brod za prijevoz nafte i naftnih proizvoda	5
Slika 2. Brod s membranskim sustavom.....	6
Slika 3. FSRU brod.....	8
Slika 4. Tipovi pristaništa	9
Slika 5. Odobalni vez s jednom plutačom	10
Slika 6. Terminala za UPP, Omišalj-Njivice (LNG Croatia).....	11
Slika 7. Skladišni prostori terminala za tekući teret – bazen Omišalj	14
Slika 8. LPG terminal.....	15
Slika 9. Označavanje odobalnih objekata.....	16
Slika 10. SBM s višelančanim sidrima	18

POPIS TABLICA

Tablica 1. Dimenzije tankera za prijevoz nafte.....	4
Tablica 2. Dimenzije brodova za prijevoz tekućeg plina	5
Tablica 3. Karakteristike spremnika	7
Tablica 4. Granične visine valova za korištenje pristaništa i SBM-ova.....	12
Tablica 5. Usporedba vrsta vezivanja	18

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

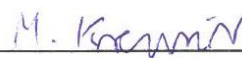
Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ **ZAVRŠNI RAD** _____
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada pod naslovom **TEHNOLOŠKI PROCESI PREKRCAJA TEKUĆEG RASUTOG TERETA U LUKAMA**, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student:

U Zagrebu, 19. travnja 2023.



MARCIJAN KREMŽIR

(potpis)