

# OPREMANJE TANKOVA TERETA TANKERA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA

---

Rajman, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:490149>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-11**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij brodogradnje

Diplomski rad

**OPREMANJE TANKOVA TERETA TANKERA ZA PRIJEVOZ  
KEMIČALIJA**

Rijeka, srpanj 2023.

Ivan Rajman

0069075017

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**

**TEHNIČKI FAKULTET**

Diplomski sveučilišni studij brodogradnje

Diplomski rad

**OPREMANJE TANKOVA TERETA TANKERA ZA PRIJEVOZ  
KEMIČALIJA**

Mentor: Prof. dr. sc. Tin Matulja

Komentor: Doc dr. sc. Rajko Rubeša

Rijeka, srpanj 2023.

Ivan Rajman

0069075017

Rijeka, 9. ožujka 2023.

Zavod: **Zavod za brodogradnju i inženjerstvo morske tehnologije**  
Predmet: **Opremanje i remont broda**  
Grana: **2.02.04 tehnologija gradnje i održavanje plovnih i pučinskih objekata**

## ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnik: **Ivan Rajman (0069075017)**  
Studij: **Sveučilišni diplomski studij brodogradnje**  
Modul: **Tehnologija i organizacija brodogradnje**

Zadatak: **OPREMANJE TANKOVA TERETA TANKERA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA**

Opis zadatka:

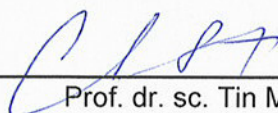
U uvodnom dijelu rada potrebno je definirati ulazne informacije potrebne za opremanje tankova tereta za odabrani brod (tehnička, tehnološka, planska dokumentacija, liste materijala i dr.). Posebno obraditi specifičnosti bojanja tankova tereta zbog prijevoza kemikalija. Nadalje potrebno je definirati i opisati opremu za opremanje tankova tereta i angažiranu radnu snagu, te na osnovu toga definirati aktivnosti i nositelje aktivnosti kroz tehnološki redosljed opremanja. Definirati vremensko trajanje pojedinih aktivnosti, te na temelju toga izraditi gantogram, mrežni dijagram i odrediti kritični put opremanja. Konačno izvršiti analizu postojećeg plana i dati prijedloge za unapređenje.

Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanje diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.



Zadatak uručen pristupniku: 20. ožujka 2023.

Mentor:



Prof. dr. sc. Tin Matulja



Doc. Rajko Rubeša, dipl. ing. (komentor)

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:



Prof. dr. sc. Roko Dejhalla

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
TEHNIČKI FAKULTET

IZJAVA

Izjavljujem da sam diplomski rad pisao samostalno i bez neovlaštenih izvora pomoći. Sva korištena literatura, izvori informacija i drugi resursi su pravilno citirani i referencirani u radu. Potvrđujem da su svi dijelovi rada originalni i plod mog vlastitog rada, osim gdje je drugačije naznačeno.

Student: Ivan Rajman

Rijeka, srpanj 2023

Matični broj:0069075017

## ZAHVALA

Zahvaljujem Prof. dr. sc. Tinu Matulji i Doc dr. sc. Rajku Rubeši, za iznimno mentorstvo pri izradi mog diplomskog rada. Stručnost, strpljenje i podrška koja mi je pružena bili su mi neprocjenjivi tijekom cijelog istraživačkog putovanja. Vaše znanje i strast prema temi koju sam istraživao su mi pružili veliku inspiraciju i motivaciju. Smjernice koje ste mi davali su mi pomogle da razumijem kompleksnost teme, konstruktivna kritika i sugestije su mi pomogle da poboljšam svoj rad i postignem kvalitetne rezultate. Hvala Vam što ste uvijek bili dostupni za konzultacije i spremni da podijelite svoje znanje i iskustvo sa mnom. Vaša podrška i poticaj su mi dali samopouzdanje da se suočim s izazovima pri pisanju ovoga rada. Ova suradnja mi je izuzetno vrijedno iskustvo koje će mi zauvijek ostati u sjećanju. Još jednom zahvaljujem na svemu što ste učinili za mene tijekom ovog procesa.

# Sadržaj

SAŽETAK (NA HRVATSKOM I ENGLESKOM JEZIKU) .....	1
1. UVOD .....	5
2. OPĆENITO O TANKERIMA .....	6
2.1. Povijest prijevoza nafte morem .....	6
3. BRODSKI SUSTAVI TERETA NA TANKERIMA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA .....	15
3.1 Teretni sustavi naftnih tankera ( <i>eng. Oil tanker cargo systems</i> ) .....	15
3.2 Kružna linija ili glavna prstenasta mreža ( <i>eng. Circular line or Ring Main</i> ) .....	15
3.3 Prstenasti sustav s dvjema pumpnim stanicama ( <i>eng. Ring Main with Two Pumphoom</i> ) .....	18
3.4 Učinak centrifugalnih pumpi na sustav pumpanja tereta ( <i>eng. The Effect of Centrifugal Pumps on Cargo Pumping System</i> ) .....	19
3.5 Pumpni sustavi - pumpna stanica na krmi tankova tereta ( <i>eng. Pumping Systems – With Pumphooms Aft the Cargo Tanks</i> ) .....	20
3.6 Tanker tipa T2 ( <i>eng. T2 Type Tanker</i> ) .....	20
3.7 T2 do V.L.C.C. ( <i>eng. T2 to the V.L.C.C. </i> ) .....	22
3.8 Sustav ispumpavanja nafte iz tanka do kraja / sustav posušivanja ( <i>eng. Stripping System</i> ) .....	23
3.9 Automatizirani sustavi crpljenja ( <i>eng. Automated Pumping System</i> ) .....	23
3.10 Kontrolna soba tereta ( <i>eng. The Cargo Control Room</i> ) .....	24
3.11 Daljinski upravljani ventili ( <i>eng. Remote Control and Power-Operated Valves</i> ) .....	26
3.12 Daljinsko upravljanje teretnim pumpama ( <i>eng. Remote Control of Cargo Pumps</i> ) ...	27
3.13 Sustav za prikupljanje podataka o razini tekućine ( <i>eng. Liquid Level Data-Gathering System</i> ) .....	27
3.14 Elektronički uređaji za mjerenje visine praznog dijela tanka ( <i>eng. Electronic Ullaging Devices</i> ) .....	29
3.15 Mjerenja tekućeg tereta u zatvorenim tankovima ( <i>eng. Liquid Cargo Measurements In Closed Tanks</i> ) .....	29

3.16 Sustavi grijanja, hlađenja i ventilacije ( <i>eng. Heating, Cooling and Ventilation Systems</i> ).....	30
3.17 Sustavi grijanja tereta ( <i>eng. Cargo Heating Systems</i> ).....	30
3.18 Izmjenjivači topline ( <i>eng. Heat Exchangers</i> ).....	32
3.19 Sustavi za hlađenje tereta ( <i>eng. Cargo Cooling Systems</i> ).....	33
3.20 Ventilacijski sustav naftnih tankera ( <i>eng. Oil Tanker Ventilation System</i> ).....	33
3.21 Neovisni ventilacijski sustav ( <i>eng. Independent Venting System</i> ).....	35
3.22 Zajednički ventilacijski sustav ( <i>eng. Common Venting System</i> ).....	36
3.23 Grupirani ventilacijski sustav ( <i>eng. Grouped Type Venting System</i> ).....	36
3.24 Tlačni i sigurnosni ventil tipa "D" ( <i>eng. The „D“ Type Pressure and Relief Valve</i> )..	36
3.25 Neovisni otpuštajući i tlačni ventil tipa ulaza i izlaza ( <i>eng. The Independent Inlet and Outlet Type Relief and Pressure Valve</i> ).....	37
3.26 Ventilacija tijekom utovara i pražnjenja ( <i>eng. Ventilation while Loading and Discharging</i> ).....	37
3.27 Sustavi inertnog plina ( <i>eng. Inert Gas Systems</i> ).....	39
3.28 U.L.C.C.s i L.L.C.C. ventilacijski sustav ( <i>eng. U.L.C.C.s and L.L.C.C.s Venting Systems</i> ).....	40
4. OPREMA TANKOVA TERETA ZA PRIJEVOZ KEMIČALIJA.....	43
4.1 Pumpe i pumpna oprema.....	43
4.2 Stapna pumpa ( <i>eng. Reciprocating Pumps</i> ).....	43
4.3 Centrifugalna pumpa ( <i>eng. Centrifugal Pumps</i> ).....	43
4.4 Rotacijske pumpe ( <i>eng. Rotary Pumps</i> ).....	44
4.5 Vijčana pumpa ( <i>eng. Screw Pumps</i> ).....	45
4.6 Duboko uronjene pumpe ( <i>eng. Deep-well Pumps</i> ).....	46
4.7 Potopljene pumpe ( <i>eng. Immersed Pumps</i> ).....	48
4.8 Sustavi cjevovoda teretnih vodova ( <i>eng. Cargo Line Piping Systems</i> ).....	48
4.9 Usisno stopalo ( <i>eng. Strums</i> ).....	48
4.10 Ventili ( <i>eng. Valves</i> ).....	49
4.11 Identifikacija ventila ( <i>Valve Identification</i> ).....	51



4.12 Indikatori za otvaranje i zatvaranje (Teltales) (eng. Open and Shut Indicators (Teltales)) .....	52
5. BOJENJE TANKOVA NA TANKERIMA ZA PRIJEVOZ KEMIKA LIJA .....	53
5.1. Uvod (opseg i svrha) .....	53
5.2 Primarni zahtjevi za opremu brodogradilišta .....	53
5.3. Tehnički pregled i kontrola projekta .....	55
5.4. Priprema za pjeskarenje .....	58
5.6. Metoda stvrdnjavanja .....	59
5.7. Postupci popravaka .....	62
5.8. Ventilacija .....	63
5.9. Uklanjanje izvora paljenja.....	64
6. AKTIVNOSTI OPREMANJA TANKA TERETA NA TANKERU ZA PRIJEVOZ KEMIKA LIJA.....	66
6.1. Gantogram opremanja tanka tereta u realnom brodogradilištu (opisujemo samo prvi slučaj) .....	69
6.2. Prijedlog poboljšanja (pišemo sve slučajeve sem početnog) .....	71
6.3. Gantogram poboljšanog opremanja tanka tereta (Odabir najbolje varijante) .....	79
7. ZAKLJUČAK .....	80
LITERATURA .....	81
POPIS SLIKA .....	82
POPIS TABLICA.....	84
PRILOZI.....	85

## SAŽETAK (NA HRVATSKOM I ENGLESKOM JEZIKU)

Zadatak ovog diplomskog rada je opis postupka opremanje tankova tereta tankera za prijevoz kemikalija. U prvom poglavlju koje glasi „Općenito o tankerima“ opisana je povijest tankera od najranijih početaka pa do suvremenog doba gdje vidimo kako je globalna potreba za energentima i nepresušna želja brodovlasnika za sve većim profitom utjecala na razvoj brodogradnje i povećanje svjetske flote tankera. To je neposredno utjecalo na razvitak novih konstruktivnih rješenja, sustava na brodu kao i na sigurnost posade i tereta.

U sljedećem poglavlju detaljno su opisani brodski sustavi na tankerima za prijevoz kemikalija. Obradena su sljedeća podpoglavlja: teretni sustavi naftnih tankera; kružna linija ili glavna prstenasta mreža; prstenasti sustav s dvijema pumpnim stanicama; učinak centrifugalnih pumpi na sustav pumpanja tereta; pumpni sustavi-pumpna stanica na krmi tankova tereta; tanker tipa T2; T2 do V.L.C.C; sustav ispumpavanja nafte iz tanka do kraja/sustav posušivanja; automatizirani sustavi crpljenja; kontrolna soba tereta; daljinski upravljač i električni ventili; daljinsko upravljanje teretnim pumpama; sustav za priupljanje podataka o razini tekućine; elektronički uređaji za mjerenje visine praznog dijela tanka; mjerenja tekućeg tereta u zatvorenim tankovima; sustavi grijanja, hlađenja i ventilacije; sustavi grijanja tereta; izmjene topline; sustavi za hlađenje tereta; ventilacijski sustav naftnih tankera; neovisni ventilacijski sustav; zajednički ventilacijski sustav; grupirani ventilacijski sustav; tlačni i sigurnosni ventil tipa „D“; neovisni otpuštajući i tlačni ventil tipa ulaza i izlaza; ventilacija tijekom utovara i pražnjenja; sustav inertnog plina; U.L.C.C i L.L.C.C. ventilacijski sustav.

Nakon toga u četvrtom poglavlju opisana je oprema tankova tereta za prijevoz kemikalija. Obradena su sljedeća podpoglavlja: pumpe i pumpna oprema; stapna pumpa; centrifugalna pumpa; rotacijska pumpa; vijčana pumpa; duboko uronjene pumpe; potopljene pumpe; sustavi cjevovoda teretnih vodova; usisno stopalo; ventili; indentifikacija ventila; indikatori za otvaranje i zatvaranje.

U petom poglavlju detaljno je opisano bojenje tankova na tankerima za prijevoz kemikalija. Ovo poglavlje se sastoji od sljedećih podpoglavlja: Uvod (opseg i svrha); primarni zahtjevi za opremu brodogradilišta; tehnički pregled i kontrola projekta; priprema za pjeskarenje; pjeskarenje i nanošenje premaza; metoda stvrdnjavanja; postupci popravaka; ventilacija; uklanjanje izvora paljenja.

U šestom poglavlju smo koristeći program Ms Project opisali svih 5 varijacija (slučajeva) u kojima smo povećavali broj radnika, uvodili nove brigade pa se proporcionalno tome mijenjalo vrijeme trajanja ukupnoga projekta, cijena ukupnoga projekta itd. Cilj ovoga poglavlja bio je da izaberemo najbolju varijantu, kao i da objasnimo zašto je ona najbolja.

Ključne riječi: tanker, sustavi, oprema, resursi, ukupni troškovi projekta, vrijeme trajanja projekta, opremanje tanka tereta tankera za prijevoz kemikalija, kritični put (aktivnosti i podaktivnosti), optimalan slučaj, cjevvari, bravari, mehaničari, pituri, ispitivači, pumpa, grijanje, hlađenje.

## ABSTRACT

The task of this master's thesis is to equip cargo tanks of chemical tankers for the transportation of chemicals. In the first chapter titled "General Overview of Tankers," I have described the history of tankers from their earliest beginnings to the modern era, where we see how the global demand for energy and the relentless pursuit of higher profits by shipowners have influenced the development of shipbuilding and the increase in the world tanker fleet. This has directly impacted the development of new design solutions, onboard systems, as well as the safety of the crew and cargo.

The next chapter provides a detailed description of ship systems on chemical tankers. The following subchapters are covered: cargo systems on oil tankers; loop or main ring line; ring system with two pumping stations; the effect of centrifugal pumps on cargo pumping system; pump systems - cargo tank stern pump station; T2 type tanker; T2 to V.L.C.C; oil tank pumping system to the end/drying system; automated pumping systems; cargo control room; remote control and electric valves; remote control of cargo pumps; liquid level data collection system; electronic devices for measuring the ullage of tanks; measurements of liquid cargo in closed tanks; heating, cooling, and ventilation systems; cargo heating systems; heat exchanges; cargo cooling systems; ventilation system of oil tankers; independent ventilation system; common ventilation system; grouped ventilation system; pressure and safety valve type "D"; independent releasing and pressure valve for inlet and outlet; ventilation during loading and unloading; inert gas system; U.L.C.C and L.L.C.C. ventilation system.

After that, the fourth chapter provides a detailed description of cargo tank equipment for the transportation of chemicals. The following subchapters are covered: pumps and pumping equipment; stripping pump; centrifugal pump; rotary pump; screw pump; deep-well pumps; submerged pumps; cargo pipeline systems; suction foot; valves; valve identification; opening and closing indicators.

The fifth chapter provides a detailed description of tank painting on chemical tankers. This chapter consists of the following subchapters: Introduction (scope and purpose); primary requirements for shipyard equipment; technical inspection and project control; preparation for sandblasting; sandblasting and coating application; curing method; repair procedures; ventilation; removal of ignition sources.

In the sixth chapter, using the Ms Project program, we described all five variations (cases) in which we increased the number of workers, introduced new teams, and accordingly changed the duration of the overall project, total project cost, etc. The goal of this chapter was to select the best variation, which is the fourth variation, and explain why it is the best.

Keywords: tanker, systems, equipment, resources, total project costs, project duration, equipping cargo tank of chemical tankers, critical path (activities and subactivities), optimal case, welders, locksmiths, mechanics, painters, inspectors, pump, heating, cooling.

## 1. UVOD

Brodogradnja je drevna vještina koja seže unatrag tisućama godina i odigrala je ključnu ulogu u razvoju svjetske trgovine i putovanja. Kroz povijest, ljudi su prepoznali potrebu za plovilima koja su sposobna prevoziti ljude, teret i resurse preko voda, a brodogradnja je postala ključna industrija koja je omogućila taj razvoj.

Danas, brodovi su nezaobilazni dio našeg svakodnevnog života. Oni prevoze velike količine robe i naših potrebnih dobara diljem svijeta, omogućujući globalnu trgovinu i povezivanje različitih zemalja i kultura. Bez brodova, naša ekonomija i društvo ne bi bili u stanju funkcionirati na isti način.

Brodogradnja, kao industrija, je kompleksna i zahtjevna. Konstrukcija broda uključuje razne discipline kao što su dizajn, inženjering, elektrotehnika, hidrodinamika, materijali i mnoge druge. Suvremeni brodovi su tehnički napredni, s visokim standardima sigurnosti, učinkovitosti i ekološke održivosti.

Tankereri za prijevoz kemikalija su ključna karika u globalnom lancu opskrbe kemikalijama. Oni omogućuju siguran i učinkovit transport raznih kemikalija širom svijeta, igrajući važnu ulogu u industriji i gospodarstvu. Opremanje tankova tereta kod tih tankera ima ključnu ulogu u osiguravanju sigurnosti tereta, zaštiti okoliša i učinkovitim obavljanju transporta.

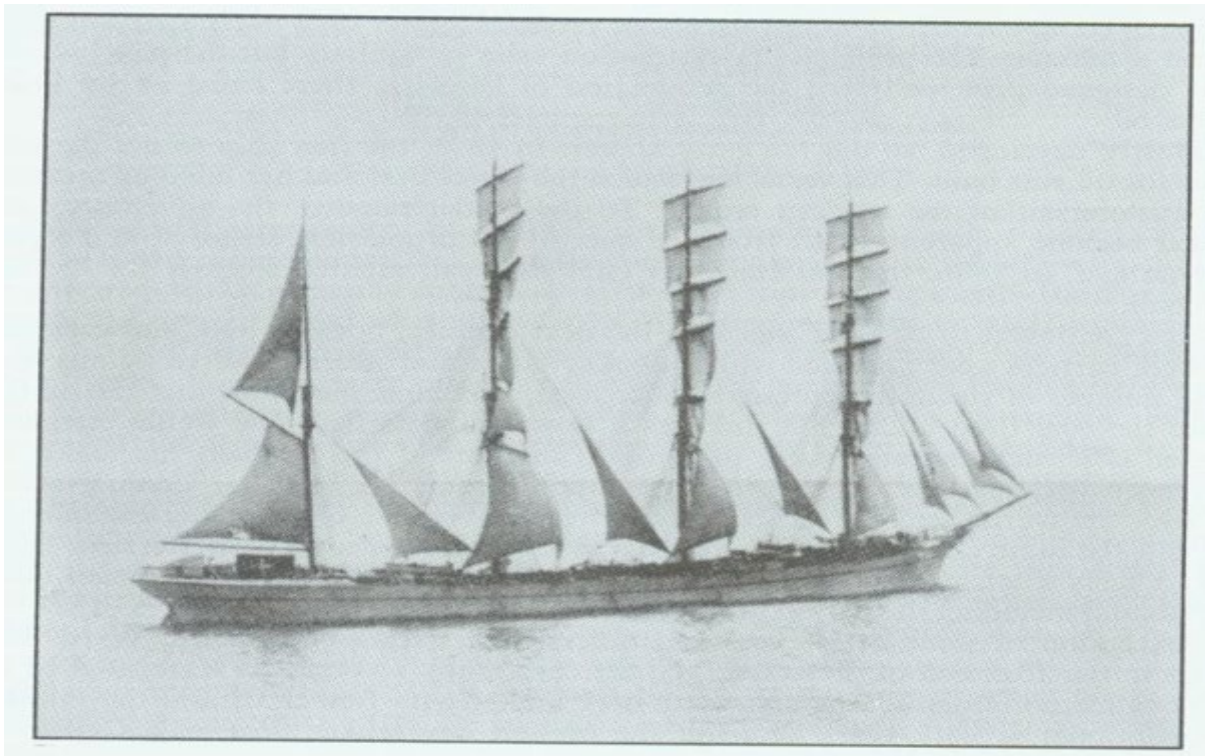
Ovaj diplomski rad temelji se na istraživanju i analizi opremanja tankova tereta kod tankera za prijevoz kemikalija. Cilj je pružiti detaljan uvid u različite aspekte i zahtjeve ovog složenog procesa. Opremanje tankova tereta obuhvaća brojne aspekte, uključujući konstrukciju tankova, sigurnosne mjere, sustave pumpanja i ispuštanja, kontrolne sobe tereta, ventilacijske sustave, sustave grijanja i hlađenja te bojenje tankova.

Kroz ovaj rad, nadamo se pružiti čitateljima dublje razumijevanje opremanja tankova tereta kod tankera za prijevoz kemikalija i njegovu važnost za siguran i učinkovit transport kemikalija. Osim toga, razmotrit ćemo i izazove s kojima se susreću u industriji, kao što su regulatorni zahtjevi, tehnološka inovacija i održivost.

## 2. OPĆENITO O TANKERIMA

### 2.1. Povijest prijevoza nafte morem

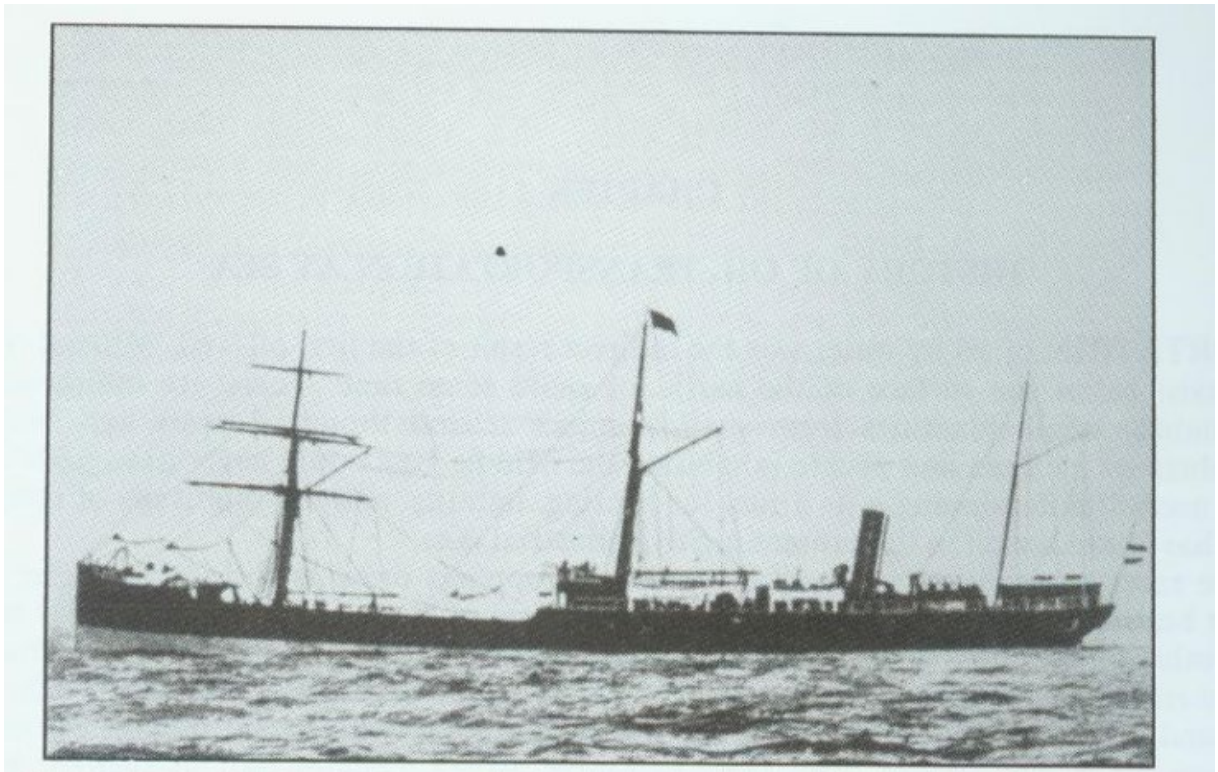
Transport nafte pomorskim putem je posljedica prvog naftnog bušenja, a neizravno pridonosi opskrbi gorivom širom svijeta. Nafta, kao fosilno gorivo, se nalazi u Zemljinoj kori već tisućama godina, a indicije upućuju na to da su Kinezi crpili manje količine nafte iz plitkih rudnika prije nekoliko tisuća godina. Ove male količine nafte nisu mogle opravdati vrijeme i energiju potrebnu za razvoj i istraživanje ovog goriva kao izvora topline, rasvjete i drugih industrijskih svrha koje čovjek koristi u suvremenom visokoindustrijskom dobu. Primitivne ljudske civilizacije su općenito koristile biomasu (drvo i životinjski izmet) za proizvodnju toplinske i svjetlosne energije. Neke od tih civilizacija su živjele u područjima gdje je dostupnost biomasnog goriva bila ograničena, poput krajnjeg sjevera Europe i Sjeverne Amerike. U tim arktičkim i subarktičkim područjima sve potrebne toplinske tvari dolaze od kopnenih migrirajućih životinja koje obitavaju u tim regijama tijekom ljetnih mjeseci, kao i od ptica, riba i drugih morskih organizama, poput morževa, tuljana i kitova iz oceana koji okružuju ove sjeverne teritorije. Nafta dobivena od tih životinja bila je ključna za proizvodnju toplinske i svjetlosne energije. Stanovnici toplijih regija su uglavnom proizvodili biljna ulja kao energetska goriva, međutim, osim smole, čini se da su ranijim civilizacijama bile dostupne i male količine nafte. Prva naftna bušotina iskopana je u Pennsylvaniji u lipnju 1859. godine, a nafta je crpljena s dubina od oko 70 metara 27. kolovoza iste godine. Ova bušotina je bila preteča tisućama drugih naftnih bušotina diljem svijeta, od kojih su neke bile vrlo duboke, čak do 20 tisuća stopa. Iako je bilo dalekozorno predvidjeti tadašnju ekspanziju naftne industrije, Elizabeth Wattis se smatra prvim brodom koji je prevezao puni brod nafte preko Atlantika 1861. godine. Međutim, razvoj prvih tankera bio je usporen zbog nekoliko čimbenika, uključujući stav vlasnika i posade brojnih drvenih jedrenjaka. Nafta se smatrala opasnim teretom zbog mogućnosti curenja iz bačvi u skladištima, što bi dovelo do prodiranja opasne tekućine u prostorije ispod palube. Korištenje željeznog trupa djelomično je riješilo ovaj problem, a nekoliko jedrenjaka je izgrađeno i preuređeno za prijevoz nafte s posebno izgrađenim tankovima. Budućnost trgovine naftom vidjela se u velikim jedrenjacima željeznog trupa opremljenim željeznim spremnicima i ručnim pumpama za brzo i sigurno pražnjenje tereta.



*Slika 2.1. Brilliant - Izgrađen je 1901. godine sa sljedećim karakteristikama: 3,675 bruto tona; 352,5 m duljine; 49,1 m širine, 28,2 m dubine. Stražnja paluba mu je 14 m, dok je pramac 11,3 m. Plovio je iz New Yorka prema Indiji s bačvama nafte. Fotografiran je u Indijskom oceanu sjeverno od Durbana. Tijekom lošeg vremena, spasilački čamac na krmu broda odnijela je oluja. [1]*

Korištenje parobroda za takav teret još nije bilo moguće zbog opasnosti od para koje bi mogle doći u dodir s vatrom ugljena u strojarnici. Nužno je uzeti u obzir da su brodovi tog vremena mogli pružiti samo primitivna sredstva za prijevoz nafte, a naftna industrija je bila u početnoj fazi razvoja. Rafinerijski procesi i oprema iz tih ranih dana teško bi se danas prepoznali u usporedbi sa suvremenim postupcima i tehnologijom. Principi destilacije su bili poznati, ali cijevi su i dalje bile vrlo jednostavne, uglavnom dizajnirane za proizvodnju kerozina, dok su benzin i loživo ulje bili rijetki. Kako je industrija napredovala, tako su se razvijali i prvi tankeri. Godine 1878. izgrađen je prvi brod koji je koristio trup ili oplatu kao tank za naftu. Taj brod, nazvan Zoroaster, predstavljao je značajan korak u razvoju modernih tankera. Prednosti parnih tankera postale su očite, uključujući pogon i parne pumpe.

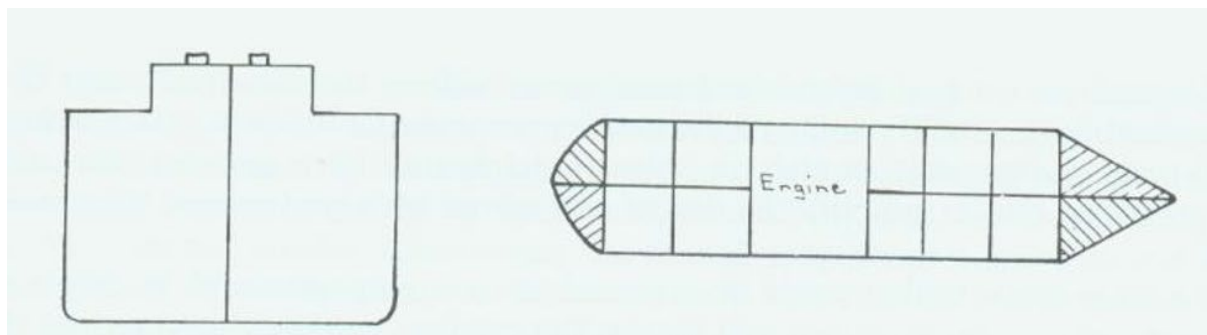




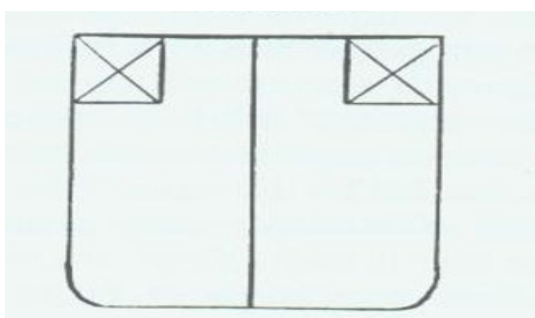
*Slika 2.2. S.S. Gluckauf - Gluckauf se općenito smatra prototipom modernog naftnog tankera. Bio je prvi brod posebno dizajniran za prijevoz nafte u rasutom stanju, u oplati broda te je izgrađen 1886. u britanskom brodogradilištu po narudžbi Wilhelma Riedermanna. [1]*

Godine 1886., Glückauf je bio izgrađen kao parobrod s pomoćnim jedrima za prijevoz nafte u tankovima. Jedrenjaci su nastavili biti korišteni i tijekom sljedećeg stoljeća, kako kao brodovi za rasuti teret, tako i kao brodovi za prijevoz naftnih proizvoda u bačvama. Većina brodova za rasuti teret koristila je prijenosne parne vitle i parne pumpe za ispuštanje nafte. Kako je broj parnih tankera rastao, postalo je neizbježno zamijeniti kotao na ugljen kotlom na lož ulje, iako je taj proces bio sporiji nego što se možda moglo očekivati. Unatoč povećanoj učinkovitosti i prednostima korištenja lož ulja kao goriva, nabava goriva za loženje predstavljala je izazov. Ugljene postaje bile su dostupne diljem svijeta, a parni brodovi mogli su se relativno lako opskrbiti ugljenom duž glavnih trgovačkih ruta. Uz to, parni brodovi su mogli prevoziti veću količinu goriva, što je značilo manje tereta. Parni tankeri na ugljen bili su u upotrebi sve do Prvog svjetskog rata (1914.-1918.). Osobito uz iznimku ranih tipova i onih izgrađenih tijekom svjetskih ratova, strojevi tankera smješteni su u stražnjem dijelu broda, a prostor za teret podijeljen je poprečnim odjeljcima poznatim kao koferdami. Silueta tankera s dimnjakom straga i kućicom mosta na sredini bila je izuzetna prije sedamdeset godina, no današnja flota tankera čini vrlo velik postotak ukupne svjetske tonaže. Tanker Isherwood, s uzdužno ojačanim središnjim pregradama i motorima straga, pojavio se neposredno prije Prvog svjetskog rata. Ovaj tip plovila, kroz dizajn koji

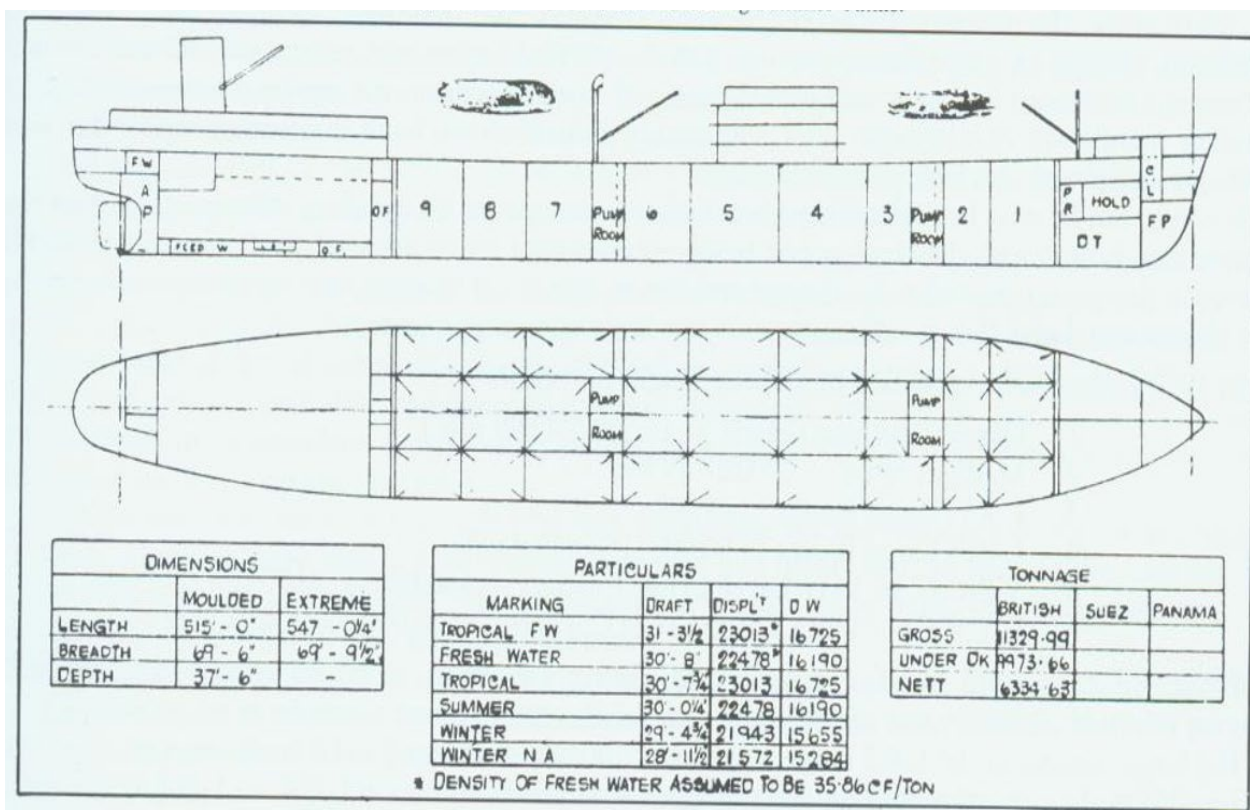
uključuje poprečne okvire s posebnim rasporedom nosača za uzdužnu čvrstoću, značajno je smanjio troškove i težinu materijala pri izgradnji tankera.



Slika 2.3. Tlocrt i nacrt broda [1]



Slika 2.4. Presjek koji pokazuje, tzv. Summer tankove [1]



Slika 2.5. Plan i silueta naftnog tankera[1]

Ova plovila su imala središnju pumpnu prostoriju koja je obično sadržavala dvije parne klipne pumpe za rukovanje teretom. Da bi se regulirao protok tekućine tijekom valjanja broda na moru i kako bi se smanjile velike slobodne površine, tankovi su opremljeni kanalima koji značajno smanjuju površinu izloženu na vrhu tanka. Plovila su, međutim, često znatno zaostajala u odnosu na svoje oznake prilikom utovara laganih proizvoda, kasniji tipovi počeli su uključivati *summer* tank koji je smješten na prtljažnoj palubi i obično se punio putem ispuštajućeg ventila iz glavnog tanka ispod (vidi sliku 2.4 i 2.5). Sredinom 1920-ih godina, pojavio se brod s dvostrukim pregradama i polako, ali sigurno prednosti novog dizajna počele su se osjećati te je tip s pregradom središnjom linijom počeo biti zamijenjen u svim, osim u nekoliko posebnih vrsta i obalnih brodova, gdje je veličina činila dvostruke pregrade nepraktičnima. Upotreba zavarivanja u brodogradnji poznata je i prije Drugog svjetskog rata. Međutim, što se tiče konstrukcije trupa, zavarivanje je uvijek pratila skepsa. No kako su se razvijale nove metode, materijali i tehnike, tijekom Drugog svjetskog rata su se cijeli brodovi počeli konstruirati zavarivanjem. Prednosti zavarenog trupa su prilično očite. Sve ploče su zavarene u ravnoj liniji, eliminirajući tako ploče koje bi mogle ograničiti protok vode duž trupa, dok se plovilo kreće vodom. Osim toga, zakovice imaju tendenciju slabljenja te je curenje često kako u trupu, tako i u pregradama koje odvajaju teretne tankove. Spojne tehnike, poput zavarivanja, u velikoj mjeri su smanjile mogućnost curenja takve vrste. U proteklih deset do petnaest godina, postignuti su značajni napretci u razumijevanju upotrebe metala u svim aspektima konstrukcije. Istraživanje zamora materijala i disperzije metala, kao i primjena zaštitnih premaza, značajno su doprinijeli rješavanju problema koji se javljaju pri prijevozu visokokorozivnih ugljikovodičnih tekućina. Razvijanje velikih modela u brodskim bazenima za ispitivanje pomoglo je brodograditeljima u analizi problema naprezanja te pojednostavljenju dizajna i rasporeda kod velikih tankera, što je rezultiralo smanjenjem troškova izgradnje. Dok se nekad očekivalo da će veliki tankeri sirove nafte imati najmanje 36 teretnih prostora i cijeli niz pumpi, cjevovoda i ventila, moderna tendencija je smanjiti broj tankova i ostale opreme tako da brod od 200 000 tona nosivosti prema A.B.S. ili Lloyds specifikacijama može imati samo 15 teretnih prostora, pri čemu pojedini tankovi mogu držati čak 140000 barela ili 20000 tona nafte. Tendencija je također smanjiti broj pumpi i instalirati manje, ali snažnije jedinice s većim kapacitetom pritiska. U nekim slučajevima, usisne cijevi su uglavnom eliminirane uvođenjem usisnih cijevnih kanala i/ili zapornih ventila.

Opsežna upotreba zapornih ventila dovela je do toga da se počeo općenito koristiti naziv Sustav slobodnog protoka u kojem su usisne cijevi uglavnom eliminirane. Takvi sustavi pružaju određene prednosti, posebno u pogledu kapitalnih ušteda pri izgradnji broda. Međutim, postoje određeni

nedostaci s operativnog stajališta, a to je tijekom prijevoza više vrsta nafte i prilikom čišćenja tanka i promjene balasta. Osim rasporeda teretnih odjeljaka i sustava za crpljenje, došlo je do značajnih promjena i u drugim smjerovima, primjerice, napajani ventili i daljinsko upravljanje postaju sve češći. Međutim, kada su pravilno korišteni i održavani, rezultiraju ekonomskim povratom u vidu smanjenja potreba za radnom snagom i eliminacijom ljudske pogreške iz složenih operacija u kojima se skupocjena oprema može ozbiljno oštetiti. Važno je također istaknuti da postoje i druga područja koja prolaze kroz promjene. Gotovo svi novi brodovi ne posjeduju središnju kućicu, već su most i smještajni prostor smješteni na krmu. Sigurnost i ekonomičnost su glavni razlozi za ovu promjenu, a argumenti zapovjednika i pomoraca koji su se protivili ovom konceptu, zbog navigacije i upravljanja brodom, danas imaju malo podrške. Godine 1974., tankeri su klasificirani prema veličini za potrebe tereta:

1. General purpose vessels – 16,500/24,999 d.w.t.
2. Medium range – 25,000/49,999 d.w.t.
3. L.R.1 (Large Range 1) 45,000/79,999 d.w.t.
4. L.R.2 (Large Range 2) 80,000/159,999 d.w.t.
5. V.L.C.C. or Very Large Crude Carriers — 160,000/320,000 d.w.t.
6. U.L.C.C. or Ultra Large Crude Carriers – 320,000 d.w.t. i više.

Dok veliki tankeri (V.L.C.C.) i jako veliki tankeri (U.L.C.C.) uglavnom obavljaju prijevoz sirove nafte, manja i srednja plovila nastoje obuhvatiti širok spektar zadataka. Veći brodovi u rasponu L.R2, tj. s nosivošću većom od 100 000 tona, obično su prijevoznici sirove nafte. Trguju između luka koje su ograničene gazom ili drugim ograničenjima, tako da se ne mogu koristiti vrlo veliki prijevoznici sirove nafte (V.L.C.C.) ili jako veliki prijevoznici sirove nafte (U.L.C.C.). Brodovi manji od 100000 tona nosivosti u rasponu L.R1 i L.R2 uglavnom se dijele na dvije klase - (a) prijevoznike prljavih proizvoda i (b) prijevoznike čistih proizvoda.

Veći prijevoznici prljavih proizvoda često se prebacuju između prijevoza sirove nafte i prijevoza rafiniranih prljavih proizvoda. Nakon prijevoza sirove nafte, teretni tankovi moraju proći proces čišćenja kako bi se uklonio vosak i ostaci nafte koji mogu utjecati na točku paljenja prljavih proizvoda poput mazuta. Neki veliki prijevoznici prljavih proizvoda imaju unutarnje premaze tankova koji smanjuju koroziju uzrokovanu ispiranjem sirovom naftom i vodom te olakšavaju prelazak s jednog proizvoda na drugi. Brodovi za prijevoz čistih proizvoda u srednjem rasponu veličine obično su manji od 50000 tona nosivosti. Mnogi od njih su namjenski izgrađeni s premazanim spremnicima i imaju sofisticirane sustave za crpljenje koji su sposobni rukovati s 12 ili više različitih klasa. Najveći tankeri prljavih i čistih proizvoda su konstruirani kako bi zadovoljili promjene u trgovačkim praksama i zahtjevima. Iako neki od tih brodova mogu obavljati

kratkotrajnu obalnu distribuciju rafiniranih proizvoda, većina se danas koristi za dugotrajna putovanja. Tankeri opće namjene pokrivaju širok raspon tereta koji se prevozi, uključujući brodove za prijevoz kemikalija, kao i mnoge specijalizirane brodove za prijevoz čistih i prljavih proizvoda koji obavljaju distribuciju na kratkim relacijama i duž obale. Tankeri s nosivosti manjom od 16,500 tona uglavnom se koriste za prijevoz čistih ili prljavih proizvoda, poput bitumena, kemikalija, kiselina i maziva. Veliki građevinski programi iz 1960-ih i ranih 70-ih rezultirali su visokim troškovima prijevoza. Unatoč obilju jako velikih tankera (U.L.C.C.) i golemih tankera (V.L.C.C.) koji su stupili na scenu i privukli veliku pozornost, valja naglasiti da je također postojala značajna proizvodnja manjih brodova. Porast cijene nafte 1973. godine predstavljao je katastrofu koja je rezultirala smanjenom potrošnjom nafte diljem svijeta, što je pak rezultiralo viškom brodova svih veličina i klasa. Unatoč tome, izgradnja tankera se nastavila i dovela do proizvodnje niza većih brodova, među kojima je značajan broj imao nosivost veću od 500000 tona.

Među tim plovilima, četiri su pripadala francuskoj floti, od kojih su dva bila u vlasništvu Societe Maritime Shella, a preostala dva su pripadala Compagnie Nationale de Navigation. Svi ovi brodovi dijelili su slične fizikalne dimenzije, s ukupnom duljinom od 1359 stopa i širinom većom od 200 stopa. Svaki brod bio je opremljen parnim turbinskim pogonskim sustavom i dvostrukim vijcima. Nosivost tih četiriju brodova bila je blago različita, ali se kretala u rasponu od 550000 tona (d.w.t.). Sva četiri plovila relativno su kratko vrijeme bila pod francuskom zastavom, a na kraju su prodana za otpad. Prema autorovom saznanju, najveći tanker proizveden tijekom razdoblja izgradnje bio je Seawise Giant, u vlasništvu kompanije Island Navigation Company. Ovaj tanker je prvotno izgrađen kao brod Oppama u Japanu, a kasnije je proširen kako bi imao najveću zabilježenu nosivost od 564739 tona. Godine 1988. brod je pretrpio ozbiljna oštećenja zbog požara izazvanog bombaškim napadom u Perzijskom zaljevu. Unatoč tome što je velika pozornost bila posvećena otpisu jako velikih tankera (U.L.C.C.) i golemih tankera (V.L.C.C.) te njihovih visokih troškova, smanjenje potrošnje nafte utjecalo je na sve klase i veličine brodova, uključujući i kemijske tankere koji su se nadali izbjeci najgore.

Za razumijevanje ovog problema, potrebno je sagledati širu sliku izvan trenutnog utjecaja povećanja cijena nafte od OPEC-a. Studije iz 1960-ih pokazale su da je potrošnja nafte kao izvora energije rasla brže od bilo kojeg drugog goriva, s rastom od preko 60%, čineći je nedvojbeno najtraženijim gorivom na svijetu. Kao rezultat toga, broj i veličina naftnih tankera se povećala. Čak i tijekom 1970-ih, unatoč rastu cijena, nafta je i dalje ostala vrlo popularna. Kao postotni udio u rastu svjetske energije porastao je za 44%, no treba naglasiti da se najveći dio zabilježenog rasta dogodio u prvoj polovici desetljeća. Tijekom prve polovice 1980-ih, rast svjetske potrošnje nafte bio je manji od 10%, ali se poboljšao s padom cijena nafte u drugoj polovici desetljeća. Naftni tankeri su izuzetno ovisni o potrošnji nafte, a povećanje cijena 1973. godine uzrokovalo je

značajan pad potražnje za naftom i snažno utjecalo na flote naftnih kompanija. Osim naftnih tankera koji su uklonjeni iz upotrebe, mnoge su rafinerije zatvorene ili rastavljene. Smanjenje potrošnje nafte tretirano je kao dugoročan, a ne kratkoročan fenomen, što je potaknulo mnoge naftne kompanije da prodaju pojedinačne brodove neovisnim vlasnicima koristeći ugovore o povratu najma. Čak su i moderni brodovi bili uklonjeni kada se taj pristup nije pokazao uspješnim. Tijekom sedmogodišnjeg rata između Irana i Iraka, velik broj tankera povučen je iz aktivne upotrebe, a mnogi su od njih pretrpjeli ozbiljna oštećenja ili su izgubljeni. Unatoč tome, globalno gledano, rat je imao ograničen utjecaj na vozarine tankera, iako su premije za osiguranje trgovanja u ratnim zonama porasle na astronomske visine. Krajem 1988. godine, cijene sirove nafte su počele rasti, a početkom 1989. su dosegle 19 dolara po barelu, što je rezultiralo porastom potražnje za naftom i vozarine. Kontinuirano smanjenje broja tankera u zastoju bilo je posljedica niza događaja koji su se odvijali u industriji nafte i pomorskog transporta. Uvođenje novih propisa i zakona u SAD-u, kao što je OPA 90, zahtijevalo je velike promjene u izboru i upotrebi tankera za prijevoz nafte u SAD-u. OPA 90, zakon koji je usvojen kao odgovor na sporo djelovanje Međunarodne pomorske organizacije (IMO), utjecao je na određivanje vrsta tankera koje su dopuštene u američkim vodama. Prioritet su dobili tankeri s dvostrukim oplatom, a vlasnici i operatori tankera izravno su postali odgovorni za onečišćenje koje bi uzrokovali.

Kriza izazvana iračkom invazijom na Kuvajt u kolovozu 1990. dovela je do porasta cijena nafte. Na otvorenom tržištu, laka nafta dostigla je cijenu od 30 dolara po barelu, a jedno vrijeme se činilo da će doseći i 40 dolara po barelu. Zaljevski rat je doveo do privremenog povlačenja velikog broja tankera iz zastoja, ali su cijene nafte postupno pale na normalnu razinu, dok je broj dostupnih tankera ostao visok. Sjedinjene Američke Države su i dalje uvozile velike količine nafte putem tankera, s dnevnim uvozom u rasponu od 1 do 6 milijuna barela nafte. U početku 1991. godine, uvođenje OPA-e dovelo je do povećanja troškova osiguranja za brodove koji su trgovali u SAD-u, što je rezultiralo povećanjem premija za osiguranje za oko 55 centi po GT-u. Gledajući dugoročno, teško je precizno procijeniti troškove zbog zakona o neograničenoj odgovornosti koji se primjenjuju u različitim pojedinačnim državama SAD-a. S druge strane, ograničenja koja je propisala vlada SAD-a u sklopu OPA 90, u vezi financijske odgovornosti za tankere, su jasno definirana i poznata:

1. 1,200 po bruto toni ili
2. 10 milijuna dolara za tankere iznad 3000 bruto tona ili
3. 2 milijuna dolara za tankere manje od ili jednake 3000 bruto tona.

Pravni okvir saveznog režima odgovornosti obuhvaća teritorijalne vode i isključivi ekonomski pojas koje SAD ima pravo iskazati, protežući se 200 milja udaljenosti od obale. Ova zakonodavna regulativa ima izuzetnu važnost s obzirom na nedavne inicijative Američke obalne straže u

Meksičkom zaljevu. Navedene inicijative bi omogućile tankerima s jednostrukom oplatom, pod uvjetima postavljenim od U.S.C.G.-a, da prevoze naftu iz Bliskog istoka i drugih područja u tri odvojene zone udaljene 60 milja od obale SAD-a u Meksičkom zaljevu. Na tim područjima, nafta bi se prebacivala s velikih tankera na manje brodove koji bi mogli sigurno pristati u američke luke s manjim rizikom od onečišćenja. Neki ekolozi tvrde da ako su tankeri s jednostrukom oplatom povezani s rizicima za američke luke i rijeke, ti rizici također postoje i kada su uključeni u operacije prebacivanja, a koje su udaljene 60 milja od obale SAD-a. Ekolozi tvrde da dubinsko onečišćenje nafte predstavlja ozbiljnu i dugotrajnu prijetnju morskom okolišu te da je potencijalno ozbiljnije od onečišćenja u priobalnim vodama. Tijekom proteklog vremena, U.S.C.G. (Obalna straža SAD-a) postupno je nametnula propise kojima od tankera s jednim trupom, koji trguju u vodama SAD-a, zahtijeva da prebace svoje bočne tankove u zasebne balastne tankove. To je rezultiralo smanjenjem kapaciteta za prijevoz nafte, što je cijena stjecanja certifikata za trgovanje u vodama SAD-a. Međutim, čim brodovi s dvostrukim trupom postanu dostupni, očekuje se postupno povlačenje tih jednotrupnih brodova.

Pored toga, Obalna straža SAD-a donijela je odluku kojom se zahtijeva da svi jednotrupni naftni tankeri teži od 5000 bruto tona koji prolaze kroz Prince William Sound u Aljasci i Puget Sound u Washingtonu moraju biti pratnji dvaju pomoćnih plovila. Obalna straža također radi procjenu drugih priobalnih voda SAD-a kako bi donijela slične odluke za ta područja.

Kada se razmatraju troškovi, važno je imati na umu da su mnoge velike luke u SAD-u ograničene na tankere s relativno malim gazom zbog male dubine vode (manje od 40 stopa). Pretovarni terminali i prijenos nafte s velikih na manje brodove predstavljaju skup način rukovanja naftom, no u SAD-u postoji malo alternativa.

Iz perspektive potrošača, povećani troškovi osiguranja i rasvjete nisu značajno utjecali na cijene nafte u SAD-u, koje su znatno niže u usporedbi s Europom i mnogim drugim regijama svijeta. [1]

### 3. BRODSKI SUSTAVI TERETA NA TANKERIMA ZA PRIJEVOZ KEMIKA LIJA

#### 3.1 Teretni sustavi naftnih tankera (*eng. Oil tanker cargo systems*)

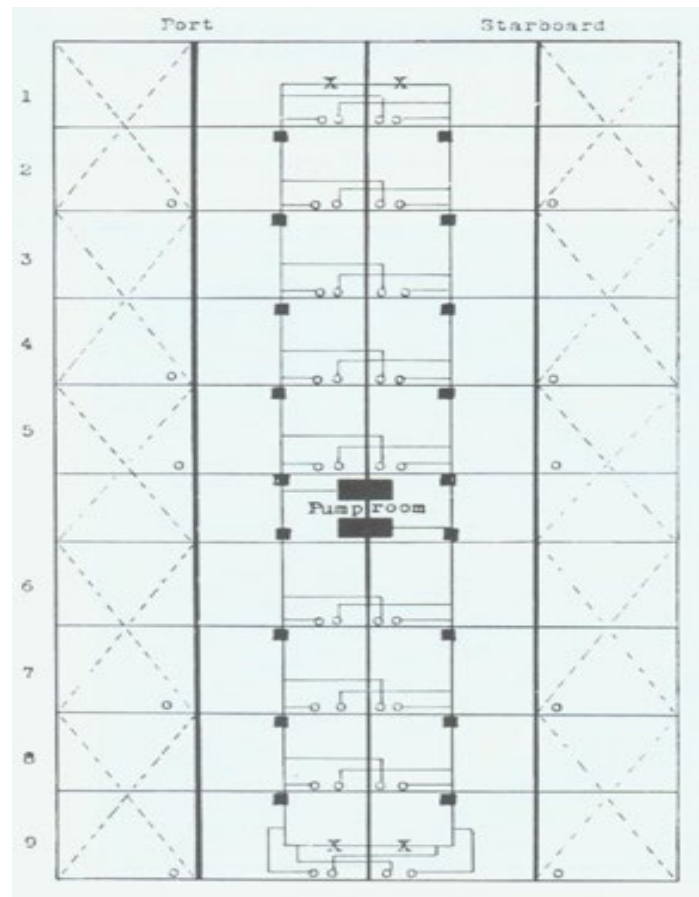
Sustav za manipulaciju teretom na brodu poznat je kao brodski teretni sustav koji uključuje raspored vodova za utovar i istovar. Prvi tankeri za prijevoz naftnih derivata u rasutom stanju bili su opremljeni vrlo jednostavnim sustavom za pumpanje. Ovi tankeri obično su imali jedan vod koji je išao naprijed i nazad od srednje brodske crpke u kojoj su bile smještene dvije parne klipne pumpe. Jedna pumpa opsluživala je tankove ispred pumpne stanice, dok je druga radila s uljem iz tanka iza pumpne prostorije. Neki jednostavniji tipovi tankera, s motorom smještenim u sredini broda, imali su pumpe u strojarnici za rukovanje teretom. Alternativno, glavna linija bila je produžena duljinom prostora strojeva za napajanje pumpi smještenih u maloj pumpnoj prostoriji odmah ispred strojarnice. U obama slučajevima, ova plovila nisu bila prikladna za prijevoz proizvoda s niskom točkom paljenja. [1]

#### 3.2 Kružna linija ili glavna prstenasta mreža (*eng. Circular line or Ring Main*)

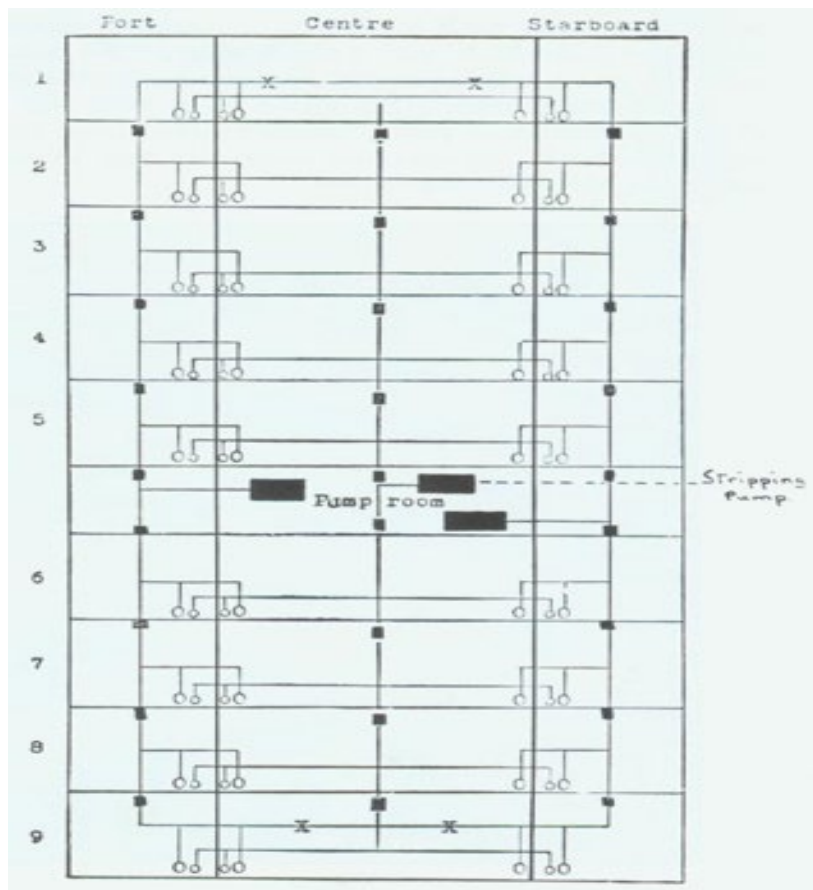
Prikazani sustav cjevovoda na slici 3.1. više je pogodan za brodove s centralnom pregradom. Svaki tank ili odjeljak za ulje ima dva usisna otvora - jedan direktni usis i jedan indirektni usis. Lučki tankovi koriste direktno usisavanje s lučke strane, koje opskrbljuje teretnu lučku pumpu. Desni tankovi koriste indirektno usisavanje s desne strane, koje napaja desnu teretnu pumpu. Glavni ventili nalaze se na svakoj liniji između tankova kako bi se mogli izolirati kada je potrebno. Ovaj određeni tank nije opremljen crpkom. Ovaj tip sustava za pumpanje koji omogućuje rukovanje s različitim vrstama ulja predstavlja prirodni razvoj ranijih sustava koji su bili prikladni samo za jednu vrstu ulja. Kao što je već spomenuto, *ljetni tankovi* su imali ispuštajuće ventile koji su, kada su otvoreni, omogućavali ulju da teče ispod, u glavni tank. Međutim, neka plovila su imala male cijevi promjera šest inča koje su opsluživale ljetne tankove putem odvojenih usisnih cijevi, a ovi spremnici su se pokazali vrlo korisnima za male količine nafte. Za pražnjenje ulja iz glavnih tankova bilo je potrebno prvo navesti jedan, a zatim drugi smjer kako bi se cijev održavala pokrivenom i potaknuo protok ulja prema usisnoj strani. Slika 3.2. prikazuje brod opremljen kružnom linijom ili glavnom prstenastom mrežom, prilagođen za brodove s dvostrukom pregradom. Ovaj brod također ima sustav izolacije. Nadzor cjevovodnog sustava pokazuje da



cjevovod putuje oko broda kroz bočne tankove, prelazeći s jedne na drugu stranu u središtima br. 1 i 9.



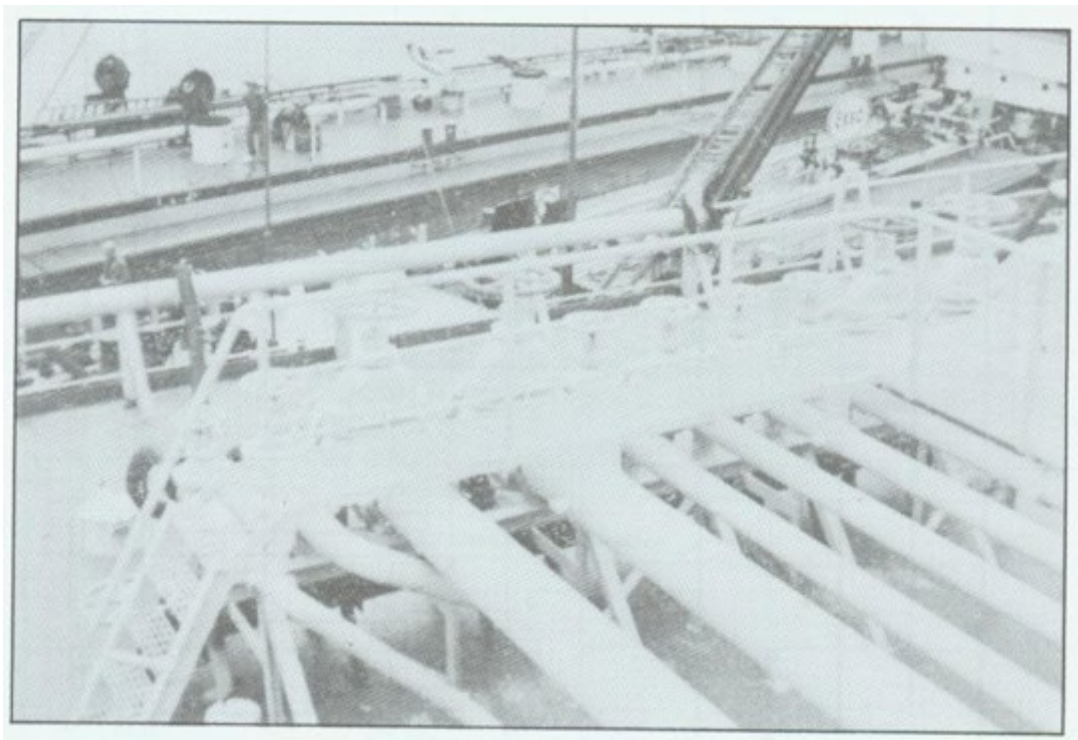
Slika 3.1. Tanker s pregradama na središnjoj liniji [1]



Slika 3.2. Tanker s dvostrukim pregradama i sustavom kružne linije - dva crpna postrojenja [1]

Svaki krilni tank posjeduje usisnik na vodovodnoj liniji koja prolazi kroz njega. Središnji tankovi opremljeni su s dvama usisnim otvorima, jedan s obje strane, koji vodi prema lijevoj i desnoj strani. Potrebno je napomenuti da glavni ventili osiguravaju izolaciju između tankova kao u prethodnom sustavu. Glavni prednji i stražnji cjevovod imaju promjer od 12 inča, ali se smanjuje na 10 inča na usisnim otvorima. Zbog svoje veličine, glavne teretne pumpe nisu prikladne za pražnjenje tankova jer je potrošnja prevelika. Stoga, kada razina nafte u određenom tanku padne na jedan ili manje stopa, glavne pumpe se prebacuju na drugi puni tank, a aktivira se pumpa za posušivanje. Ovu pumpu za posušivanje poslužuje 6-inčni vod za posušivanje koji se smanjuje na četiri inča u poprečnim vodovima koji dovode usisne cijevi. Pumpa za posušivanje ima mogućnost isporuke nafte na obalu putem zasebnog priključka ili prikupljanja ostatka nafte u centru br. 6 pomoću posebnog voda koji vodi u ovaj tank. Dva glavna uspona promjera 12 inča povezuju crpke sa sustavom cjevovoda na palubi. Ti su usponi smješteni s obje strane pumpne sobe te su povezani križnim vodovima u slučaju korištenja obaju crpki na zajedničkom ispusnom vodu. Svaki uspon usmjeren je prema van, izravno iznad glavne palube te je opremljen "Y" dijelom na koji su montirani zasuni i 8-inčni reducirajući dijelovi koji osiguravaju spojeve za obalne cijevi. Neka plovila su opremljena 12-inčnom linijom palube koja se proteže do ispusta na krmu. Nekada su u

velikom broju luka brodovi bili usidreni krmom na pristaništu, s oboma sidrima spuštenima prema naprijed te konopcima na obali vezanim za krmu. Pražnjenje s krme se koristilo za ispumpavanje tereta na obalu. Ovo se i dalje primjenjuje u nekim talijanskim i drugim mediteranskim lukama.



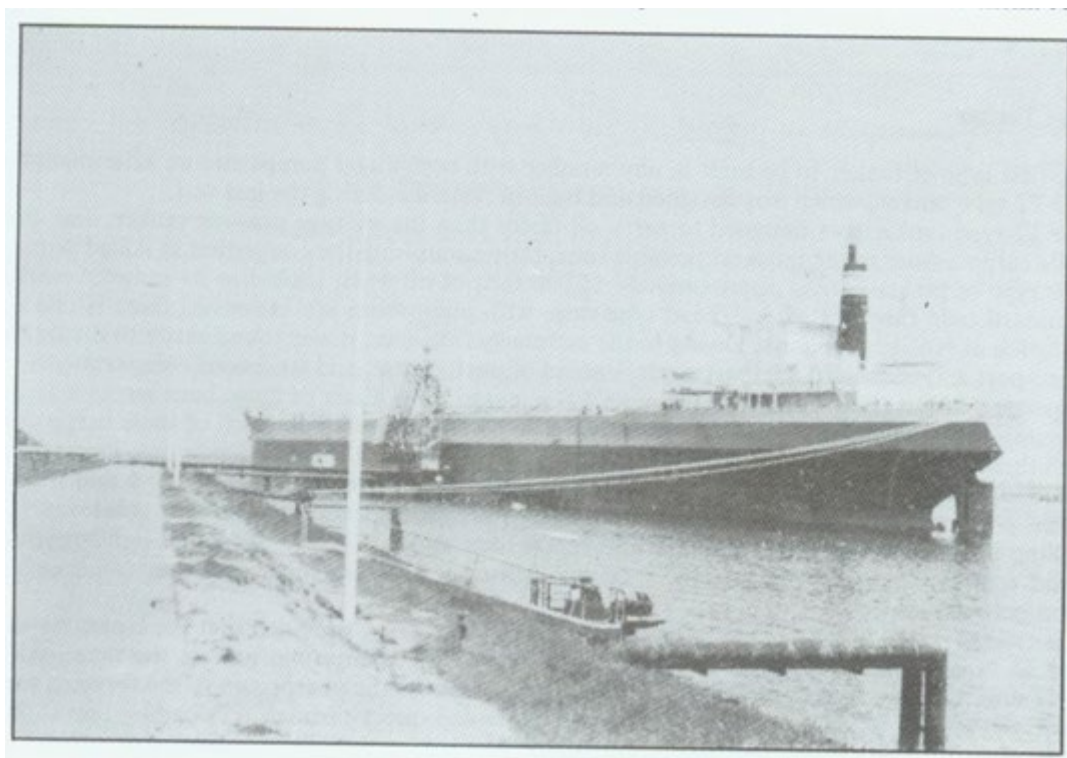
Slika 3.3. Iskrcajna rampa na suvremenom brodu za prijevoz čiste nafte [1]

### 3.3 Prstenasti sustav s dvjema pumpnim stanicama (eng. *Ring Main with Two Pumproom*)

Slika 3.3. prikazuje brod opremljen s, tzv. *ring main* ili kružnim sustavom cijevi i dvjema teretnim prostorima, svaki s dvjema teretnim crpkama. Ova konfiguracija daje brodu više snage crpljenja i omogućuje rukovanje četirima vrstama nafte istovremeno. Pozicioniranje teretnih prostora između tankova br. 2 i 3 te br. 6 i 7 razdvaja brod na tri sekcije, što znači da čak i kada brod ima propusne tankove i cijevi i dalje se može osloniti na teretne prostore kao „koferdame“ (eng. *cofferdam* → prostor između dviju nepropusnih pregrada ili paluba unutar broda) prilikom prijevoza različitih vrsta nafte. Još jedna značajka ovog sustava je križna cijev u svakom tanku. To zapravo znači da za utovar luke, središta i desne strane određenog tanka više nije potrebno putovati cijeli krug. Nedostaci ovog tipa sustava u usporedbi s ranijim tipovima uglavnom se odnose na troškove, budući da je očito potrebno osigurati više cijevi i ventila. Ako je brod uključen u prijevoz nekoliko različitih vrsta nafte, prednosti su vjerojatno veće od početne investicije. Brodovi ovog tipa često su opremljeni posebnim utovarnim cjevovodima koji služe središnjoj sekciji izravno. Ove cijevi nemaju veze s cijevima u bilo kojem teretnom prostoru i nude veću sigurnost od onečišćenja nego što bi to normalno bilo moguće. [1]

### 3.4 Učinak centrifugalnih pumpi na sustav pumpanja tereta (*eng. The Effect of Centrifugal Pumps on Cargo Pumping System*)

Do sada smo se bavili prstenastim glavnim ili kružnim sustavima koji opslužuju jednu ili više pumpnih prostorija na sredini broda. U tim prostorijama su smještene klipne pumpe na parni pogon, a paru za njihovo pogonjenje osiguravaju kotlovi u prostorima strojarnice na kraju broda. Međutim, veliki broj naftnih tankera s dizelskim motorima oslanjao se na male škotske kotlove ograničenog kapaciteta za pružanje pare pumpama. Često su se jedna ili više teretnih pumpi morale isključiti ili raditi smanjenom brzinom. Prije posljednjeg rata, ovo je bio prihvaćeni *status quo*. Tvrđilo se da su mali kapaciteti kotlova nevažni jer su propisi u većini luka zahtijevali da tankeri, koji ispuštaju naftne proizvode s niskom točkom paljenja, ugase vatru i koriste obalu za opskrbu parom, pod uvjetom da se mogu opskrbiti s dovoljno pare za svakodnevne potrebe na moru. Tijekom i nakon rata izgrađen je velik broj tankera s parnim turbinama ili turboelektričnim pogonskim motorima. To je rezultiralo korištenjem visokotlačnih vodocijevnih kotlova. Visokotlačna para i električna energija postali su dostupni za pogon centrifugalnih pumpi te su se takve pumpe sve češće koristile tamo gdje je bila dostupna odgovarajuća snaga za njihov pogon. S obzirom na to da su terminali nafte rijetko imali dovoljan pritisak pare ili električnu snagu za opskrbu ovakvim brodovima, postala je uobičajena praksa da se brodovi ovog tipa samostalno opslužuju prilikom istovara.



*Slika 3.4. V.L.C.C. Julian [1]*

Centrifugalne pumpe ugrađene u pumpne prostorije na sredini broda moraju biti konstruirane s okomitim pogonskim vratilima koja su povezana s turbinama ili motorima smještenim u kućici na palubi, neposredno iznad pumpi. Međutim, ovaj raspored ima mnoge nedostatke, uključujući problem veličine strujnih i ispušnih vodova od kotlova u stražnjem dijelu do pumpi u središnjoj palubnoj kućici, kao i poteškoće u održavanju tih vodova u dobrom stanju kako bi se održao visoki tlak pare, s obzirom na izloženost cijevi svim vremenskim uvjetima. Također, postoji pitanje prikladnih hermetičkih brtvila ili punjenja, gdje osovina pogonske pumpe probija palubu. Sve ovo ukazuje na to da je najprikladnije mjesto za ugradnju centrifugalnih pumpi pumpna soba neposredno ispred strojarnice, između strojarnice i tankova tereta. Na taj način turbine ili motori mogu biti smješteni u strojarnici, dok su same pumpe smještene u pumpnoj prostoriji. Spojna osovina prolazi kroz plinonepropusnu brtvu ili brtvenicu u pregradi, čime se rješavaju mnogi problemi koji su prisutni u prethodnom rasporedu. [1]

### 3.5 Pumpni sustavi - pumpna stanica na krmu tankova tereta (*eng. Pumping Systems – With Pumprooms Aft the Cargo Tanks*)

Centrifugalne pumpe i položaj pumpne sobe između strojarnice i tankova tereta automatski dovode do značajnih modifikacija u sustavu cjevovoda. Još davne 1930. godine izgrađena su plovila s pumpnim prostorijama na krmu opremljenim električno pokretanim centrifugalnim pumpama. Ta plovila karakteriziraju centralne pregrade i jedanaest glavnih teretnih tankova, uz pet dodatnih tankova za ljetni period. Sustavi za teret su slični onima prikazanim na slici 1, no ljetni tankovi koriste 6-inčne cijevi i neovisni usis. Dva glavna teretna voda usmjeravaju se izravno prema krmu do pumpne prostorije u kojoj se nalaze tri centrifugalne pumpe za rad na glavnim vodovima, dok dvije rotacijske pumpe za čišćenje mogu sakupljati otpad u glavnom tanku br. 11 ili ga direktno ispuštati na obalu. Ta plovila mogu prevoziti oko 19000 tona tereta i iskrcavati više od 1000 tona na sat. Međutim, prije 1940. godine, centrifugalne pumpe i pumpne prostorije, smještene između strojarnice i tankova tereta, nisu bile uobičajene. Razlozi za to već su detaljno objašnjeni, no ukratko se mogu svesti na nedostatak adekvatne pogonske snage. [1]

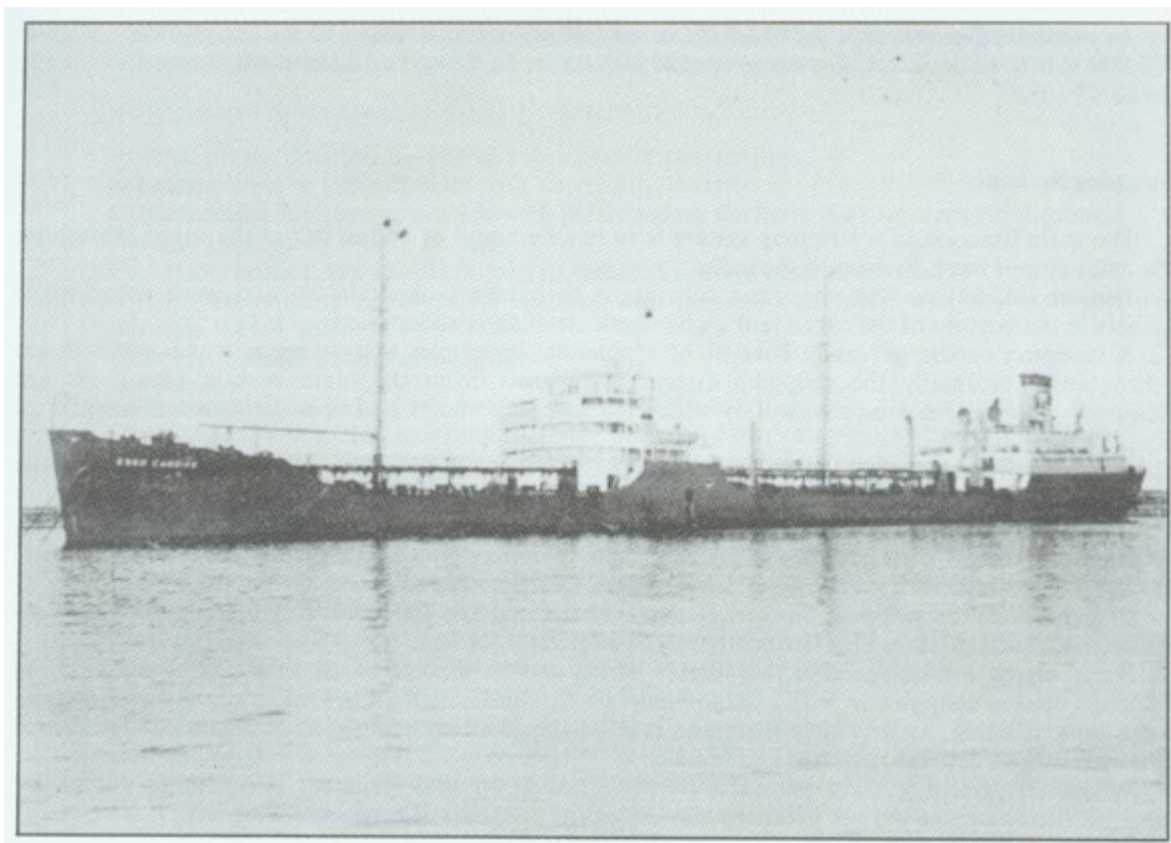
### 3.6 Tanker tipa T2 (*eng. T2 Type Tanker*)

Tip tankera T2, koji je projektiran i proizveden u Sjedinjenim Državama tijekom prošlog rata, predstavlja prvi tip tankera koji je u velikom broju opremljen centrifugalnim pumpama i stražnjim prostorom za pumpe. Cilj dizajna T2 tankera bio je povećati brzinu prijevoza nafte u odnosu na

prosječni prijeratni tanker, a istovremeno smanjiti gužve u savezničkim lukama izbacivanjem tereta na kopno u što kraćem roku. Ovaj tip tankera je standardan brod s dvostrukom pramčanom i krmenom pregradom, s pumpnom prostorijom na krmi. Kapacitet punog tanka tipa T2 je oko 15000 tona nafte do ljetne vodne linije.

Postoje i manje modifikacije, na primjer tank br.1 se dijeli na lijevu i desnu komoru zbog izuzetno tankih linija. Spremnici br. 16 opslužuju se putem triju glavnih teretnih linija, od kojih svaka linija ima svoju pumpu za teret, smještenu u krmi u pumpnoj prostoriji za teret. Teret se isporučuje iz tih pumpi, kroz tri 12-inčne cijevi, na palubu do spojnih mreža smještenih iza središnjeg dijela broda. Glavni ventili se nalaze na svakoj liniji i pružaju izolaciju između tankova.

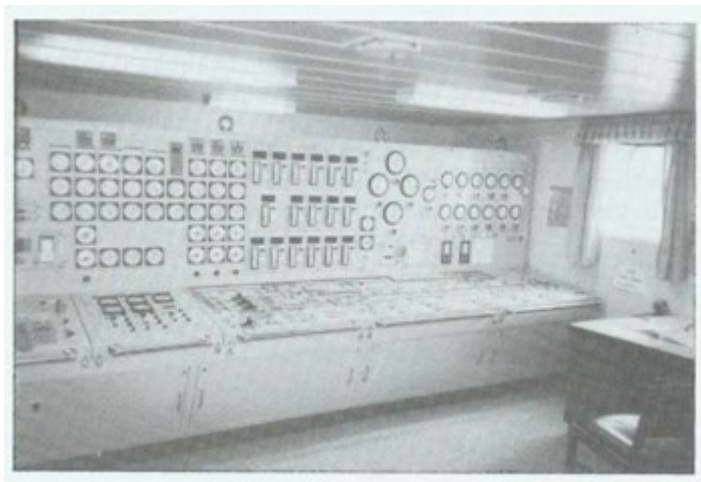
Ova vrsta broda je dizajnirana za rukovanje s trima stupnjevima odjednom, pod uvjetom da su poprečni ventili smješteni na br. 5 i 7 zatvoreni, a poprečni ventili u pumpnoj sobi i na razdjelnicima su također zatvoreni. Postoje tri vrste tereta koje se mogu utovariti u T2 tanker. Prva vrsta tereta ulazi izravno niz desnu liniju kroz pumpu u prednji dio tankova, druga vrsta na središnjoj liniji može se utovariti izravno kroz utovarnu liniju na tanku br. 5 u tankove br. 5 i 6, a treća vrsta također ima izravnu liniju za utovar u zadnji dio tanka. [1]



*Slika 3.5. T2 Esso Cardiff - 6,321 tona neto; 10,684 tona bruto. Izgrađen 1945. godine. [1]*

### 3.7 T2 do V.L.C.C. (eng. T2 to the V.L.C.C.)

Temeljni crpni sustav T2 postavio je trend nakon kojega su uslijedile modificirane i poboljšane verzije većih tankera. Moguće je povećati broj cjevovoda i pumpi te povećati njihovu veličinu i kapacitet, no pumpne stanice u stražnjem dijelu broda i opća raspodjela cjevovoda često zadržavaju karakteristike T2 crpnog sustava. Izuzimajući višenamjenske brodove namijenjene prijevozu različitih proizvoda s posebnim pumpama i cjevovodima za svaki proizvod, većina konvencionalnih naftnih tankera s nosivošću ispod 50000 tona su u početku bili plovila za prijevoz sirove nafte. S vremenom i povećanjem veličine tankera, postali su ekonomski neisplativi te su mnogi od njih opremljeni grijačkim cijevima i počeli su prevoziti prljave rafinirane proizvode. Gotovo svi veliki brodovi koriste se u trgovini sirovom naftom. Većina tih brodova ima 30 ili više teretnih tankova, a sustavi cjevovoda za teret slični su T2 sustavu. Neki od njih su opremljeni povratnim pumpama, no takve pumpe postupno su izgubile popularnost zbog vibracija koje mogu uzrokovati prilikom istovara putem krutih metalnih spojnica i ispusnih cijevi, kao i zbog niže ukupne brzine istovara. Od 1960. godine, većina velikih brodova koristi se u prijevozu sirove nafte. Neki od tih brodova slijede stari sustav s više tankova, dok većina novijih brodova ima manji broj, ali veće teretne tankove i pojednostavljene sustave cjevovoda za teret. V.L.C.C. (Very Large Crude Carrier) brodovi isključivo su namijenjeni prijevozu sirove nafte i obuhvaćaju brodove s nosivošću od 160000 d.w.t. do 320000 d.w.t., dok su U.L.C.C. (Ultra Large Crude Carrier) brodovi s nosivošću preko 320000 d.w.t.



Slika 3.6. Dio sustava kontrolne prostorije tereta Meridian Lion [1]

### 3.8 Sustav ispumpavanja nafte iz tanka do kraja / sustav posušivanja (*eng. Stripping System*)

Primarna svrha sustava za posušivanje je manipulacija tekućinom ili ostatkom koji ostaje u teretnim tankovima nakon što glavne pumpe isprazne teret. Druga, ali ne manje važna funkcija, je rukovanje drenažom tankova i vodom za pranje koja se nakuplja na dnu teretnih tankova tijekom posušivanja. Sustav za posušivanje obično se sastoji od jednog ili više cjevovoda, ponekad i dvaju ili više, koji opslužuju sve teretne tankove. Uobičajeno je da je sustav za posušivanje odvojen od glavnog usisnog cjevovoda, često putem priključaka, koji omogućavaju da se pumpe i cjevovodi za posušivanje koriste za pranje glavnih usisnih cjevovoda. Promjeri cjevovoda za posušivanje variraju od 6 inča na manjim brodovima do 12 inča na većim plovilima. Obično se koristi jedna ili više pozitivnih dobava pumpi, poput klipnih parnih pumpi ili rotacijskih električnih pumpi, za opskrbu tih cjevovoda. Crpke su često povezane na način da se mogu ukloniti s glavnih usisnih cjevovoda prema potrebi. Na strani pražnjenja, crpke za posušivanje obično su međusobno povezane radi ispuštanja izravno na obalu putem glavnih dovodnih cjevovoda, ili u jedan ili više tankova za tekući teret. U nekim slučajevima, sustav cjevovoda za posušivanje se eliminira, a za čišćenje se koriste same crpke postavljene na glavne usisne cjevovode. To često rezultira dužim vremenom pražnjenja. Određena plovila opremljena su ejektorima koji se mogu koristiti kao pomoć pri pražnjenju teretnih tankova. Ejektori koji se koriste u kombinaciji s teretnim pumpama su brzi i pouzdani. Pružaju značajan doprinos pri čišćenju tankova jer smanjuju oštećenje odstranjivačkih pumpi, budući da ljestve i mulj mogu biti obrađeni bez oštećenja ventila i propelera. Kada se koriste reciprocirajuće glavne pumpe ili su ugrađene dubinske ili druge samočišćeće pumpe, sustavi posušivanja uglavnom se eliminiraju s ciljem rukovanja teretom. [1]

### 3.9 Automatizirani sustavi crpljenja (*eng. Automated Pumping System*)

Posljednjih deset-petnaest godina vidjeli smo postupni razvoj automatiziranog sustava crpljenja kako su tankeri postajali sve veći i veći. Naravno, pojam automatizirani još uvijek je relativan i trendovski, odnosno čini odmak od ručnih i vizualno upravljanih crpnih sustava prema energetskom radu ventila, daljinskog upravljanja ili ventila ili crpki, zajedno s instrumentima za prikupljanje podataka i daljinsko očitavanje razine tekućina u teretnim i balastnim tankovima. Povijesno gledano, bilo je dosta problema s pouzdanošću mnogih ranijih sustava koji su instalirani, a to je utjecalo na gledište mnogih vlasnika brodova i operatera, kao i pomorskog osoblja. Činjenica je da oprema, koja se često pokazala dobrom na kopnu, postaje nepredvidljiva kada je potrebno raditi na moru. Bilo bi žalosno da se takvim neuspjesima i razočarenjima dopusti



usporavanje razvoja optimuma u automatiziranim crpnim sustavima ili da se dopusti diskreditacija moderne tehnologije. Na osnovu informacija iz knjige „Tanker Handbook“ smatra se da je koncept centralne kontrole, uz adekvatnu instrumentaciju i komunikaciju, ključan za učinkovito upravljanje sustavom utovara na velikim tankerima. Neka velika plovila imaju visokosofisticirane sustave za pumpanje tereta koji su dobro radili tijekom razumnog vremenskog razdoblja i opipljivi su dokaz da odgovarajuća oprema može raditi i da će dati razuman stupanj točnosti i pouzdanosti ako se održava kako treba. Prije nego što prijedemo na raspravu o sastavnim dijelovima automatiziranog sustava, korisno je nešto reći o odgovarajućoj kontroli teretnog sustava broda, zajedno s konceptima upravljanja. [1]

### 3.10 Kontrolna soba tereta (*eng. The Cargo Control Room*)

Prostorija za teret u idealnom slučaju ne bi trebala biti smještena u pumpnoj prostoriji. U prošlosti je postojala tendencija da se kontrolna soba smjesti na vrhu brodske pumpne sobe. To bi trebala biti velika prostorija s jasnim pogledom na glavnu palubu i prostorom za raspored svih kontrolnih ploča i instrumenata. Kontrolna soba trebala bi biti oslobođena mehaničkih buka, poput onih koje uzrokuju pumpne turbine i ventilatori s prisilnim propuhom. Brodski ured se ne bi trebao koristiti za obavljanje uobičajenih brodskih poslova, već bi u njemu cijelo vrijeme trebala biti posada koja kontrolira operacije tereta. Normalna kontrolna soba ima sljedeće komunikacijske medije:

1. unutarnji telefon izravno u strojarnicu i/ili pumpnu sobu
2. vanjski telefon ili radio kontakt s obalnom instalacijom
3. javni razglas za komunikaciju s osobljem na glavnoj palubi ili mjestima za privez
4. prekidač za opći alarm za hitne slučajeve
5. vatrodojavna ploča i kontrole za automatiziranu protupožarnu opremu
6. V.H.F. odašiljači za kontakt s osobljem na palubi koji su opremljeni prijenosnim V.H.F. setom
7. kontrolna ploča za inertni plin.

Obično je glavna značajka svake kontrolne sobe velika kontrolna ploča koja prikazuje tankove tereta i raspored cjevovoda, zajedno s pojedinačnim ventilima. U nekim slučajevima uključena je pumpna soba i sav balast i tankovi vode. Ventili su ponekad označeni svjetlim bojama koje su

svijetlozelene kada je ventil otvoren, a crvene kada je zatvoren. Ako je brod opremljen električnim ventilima s daljinskim upravljanjem, upravljačka ploča postavljena je ispod gore navedene ploče. Ova upravljačka ploča sadrži pojedinačne kontrole za svaki ventil. Ovisno o ugrađenom sustavu, ventili se aktiviraju polugama ili prekidačima, a svjetlo svijetli zeleno dok se ventil otvara ili crveno dok se zatvara. U prvim modelima, svjetla indikatora otvaranja i zatvaranja bila su motivirana istim kontaktom kao i poluge na upravljačkoj ploči. Pojava zelenog svjetla nije nužno značila da je ventil doista otvoren, već samo da je elektroenergetski operater bio potaknut otvoriti ventil. U kasnijim modelima ovaj mogući izvor problema je eliminiran. Na upravljačkoj ploči, ili s jedne strane, nalazi se upravljačka ploča teretne pumpe s koje se upravlja radom pumpi za teret i crpke. U većini slučajeva, glavne crpke tereta su velike, centrifugalne pumpe koje pokreću parne turbine. Svaka pumpa je jasno označena. Dva tahometra pokazuju broj okretaja pumpe i turbine te uobičajeni mjerač protutlaka i usisa. U mnogim slučajevima, crpke se moraju pojedinačno pokrenuti iz strojarnice, ali se mogu zaustaviti ili usporiti iz kontrolne sobe. Kontrole za zaustavljanje u nuždi ponekad su ugrađene u kontrolnoj sobi i, u određenim slučajevima, na palubi. Kako bi se upotpunili instrumenti potrebni za dobro opremljen krov, potrebno je imati sustav pomoću kojeg se razina tekućine u tankovima tereta može utvrditi brzo i točno. Upravo u tom području naišli su na najveće probleme i prepreke automatizaciji. Uz dužno poštovanje prema proizvođačima takve opreme, zapravo je relativno jednostavno razviti sustave za mjerenje razine tekućine u teretnim tankovima na kopnu, no okolina na velikom brodu za prijevoz sirove nafte je već nešto drugo. Uz nekoliko iznimaka, veliki problemi su se pojavili kod većine sustava, kako u pogledu točnosti tako i u pogledu pouzdanosti. Budući da ćemo neke od tih sustava opisati kasnije, sada je dovoljno spomenuti da postoje značajne prednosti za funkcionalni sustav koji omogućuje brzo utvrđivanje razine tekućine u teretnim tankovima u kontrolnoj sobi, čak i ako ga je potrebno često kalibrirati i provjeravati ručno. Uz sve više i više plovila opremljenih sustavima inertnog plina, brodovi se moraju puniti i iskrcavati sa zatvorenim ventilacijskim sustavom, a sve je teže koristiti ručne metode za mjerenje tanka. Djelomično, kao rješenje problema u dobivanju preciznih daljinski očitavajućih sustava mjerenja, neka plovila opremljena su alarmima visokog i niskog nivoa ili indikatorima. Očito, kada su instalirani u kontrolnoj sobi, daju časniku na straži točnu provjeru razine tekućine, osim njihove glavne funkcije koja je davanje upozorenja i davanje operateru vremena da smanji stopu utovara ili pražnjenja ili da zaustavi sve operacije po potrebi. Dobro opremljena kontrolna soba može imati niz drugih instrumenata, a popis takve opreme naveden je u nastavku:

1. detektor ulja u vodi (spojen na ispusni cjevovod izvan broda)

2 *loadicator* ili elektronički kalkulator koji omogućuje operatoru da izračuna utjecaj različitih rasporeda tereta u smislu savijanja i smičnih sila

3. trenutačni zapisnik o gasu naprijed i natrag

4. konstantni nadzor mješavine zraka i plina u prostoriji s pumpama i koferdama (ovo može uključivati inertni plinski sustav)

5. mjerači temperature ležaja i kućišta pumpe

6. mjerači tlaka/vakuma za pojedinačne tankove tereta

7. računalo koje koordinira sve operacije utovara i pražnjenja i prati sve operacije tijekom pražnjenja. [1]

### 3.11 Daljinski upravljani ventili (*eng. Remote Control and Power-Operated Valves*)

Većina naftnih tankera koji su opremljeni ventilima na daljinsko upravljanje koriste hidraulički sustav. Ova vrsta sustava uključuje tank hidrauličke tekućine i pumpu. Ventil se otvara i zatvara pritiskom hidrauličke tekućine koju stvara pumpa kada se prekidač aktivira. Pojedinačni sustavi i ventili se razlikuju, ali ventil mora biti povezan s pumpom i tankom tekućine cjevovodom malog promjera kako bi se omogućio prolaz hidraulične tekućine. Zbog toga što brodovi postaju tako veliki, a tankovi tako duboki, više nije praktično koristiti produžene vretena i šipke za okretanje ventila s položaja na palubi izravno iznad ventila. Stoga je sasvim normalno izostaviti ručne ventile i osigurati hidrauličke kontrole na palubi ili u kontrolnoj sobi. Sve veći broj plovila koristi ventile s hidrauličkim upravljanjem kroz sustav tereta koji uključuje sve ventile u pumpnoj sobi i oknu za teret. U većini slučajeva, hidraulički upravljani ventil potopljen u tank tereta stvara malo ili nimalo problema, ali povremeno može doći do kvara. Gubitak tlaka zbog oštećenja cijevi hidrauličke tekućine je najčešći uzrok kvara, ali povremeno će se ventil zaglaviti u otvorenom ili zatvorenom položaju. Ako se to dogodi, može biti priličan problem. U većini slučajeva, teretni sustav je dizajniran tako da jedan ventil neće spriječiti brod da dovrši utovar ili iskrcaj. Obično postoji više od jednog ventila u tanku tereta, čak i ako je drugi ventil samo ventil za odvajanje, a odjeljak za teret može se isprazniti čak i ako to mora biti smanjenom brzinom. Većina hidraulički upravljanih ventila i pridruženi hidraulički sustav opremljeni su monitorima tlaka i ventilima koji omogućuju otkrivanje grešaka i izolaciju hidrauličkih vodova koji cure tako da je gubitak hidrauličke tekućine sveden na minimum. [1]

### 3.12 Daljinsko upravljanje teretnim pumpama (*eng. Remote Control of Cargo Pumps*)

Većina starijih, manjih tankera koji još postoje, imaju malo ili nimalo daljinskog upravljanja crpkama za teret i crpnim sustavima. Na takvim brodovima, kako bi se pumpe moglo učinkovito koristiti i omogućiti operatorima praćenje performansi, na pumpama i/ili na vrhu prostorije s pumpama osigurana je određena količina instrumentacije. U slučaju reciprocirajućih pumpi, tu su tlakomjeri za mjerenje pare, kao i tlakomjeri koji prikazuju protutlak protiv kojeg pumpa radi, te vakuumski/tlakomjeri za praćenje uvjeta protoka na usisnoj liniji. Tamo gdje turbine ili centrifugalne crpke s električnim pogonom imaju gotovo iste instrumente, potrebno je ugraditi tahometre za nadzor turbine i brzine crpke ponekad se tahometri montiraju samo u strojarnici. U svim slučajevima, kontrole se nalaze u pumpnoj prostoriji i/ili strojarnici. Kako su brodovi postajali sve veći, a kontrolne sobe postajale sve popularnije, osigurano je više i boljih instrumenata kao i sredstva za zaustavljanje i pokretanje pumpi iz kontrolne sobe. U mnogim slučajevima, instrumenti su uključivali mjerače za svaku pumpu koji su pokazivali temperaturu kućišta rotora i ležajeva. Konačna kontrola je, naravno, brod koji je opremljen računalom za kontrolu pumpnog sustava i koji nadzire ispuštanje, dajući tiskano očitavanje stvarnih performansi svakih deset minuta. U tom slučaju, računalom se programira s poznatim činjenicama o uređajima za ispuštanje na kopnu, a pumpe se pokreću aktiviranjem računala. Od tog trenutka, računalo otvara i zatvara sve ventile te pokreće i zaustavlja sve pumpe. [1]

### 3.13 Sustav za prikupljanje podataka o razini tekućine (*eng. Liquid Level Data-Gathering System*)

Kako bi se utvrdila razina tekućine u tankerskim teretnim naftnim tankovima, potrebno je izmjeriti ručno, mehanički ili elektronički:

- a) količinu tekućine u tanku, mjereći od dna tanka do površine tekućine. Rezultirajuće mjerenje poznato je kao "Sondiranje".
- b) količinu prostora između vrha tanka (ullage) i površine tekućine. Ovo mjerenje bilo je poznato kao "Visina praznog dijela tanka".

U starijim tankerima, sondiranje vrpcom ili šipkom bila je uobičajena praksa. Brzo punjenje ili pražnjenje s brojnim otvorenim spremnicima istovremeno značilo je da je nekoliko članova posade

moralo biti na palubi kako bi često provjeravali razinu tekućine u spremnicima. Potreba za radnom snagom bila je velika, osobito pri brzom utovaru. Rizici gušenja osoblja koje se neprestano naginje nad otvorenim otvorima za pražnjenje nisu se mogli zanemariti. Sustavi automatskog mjerenja tanka koji se koriste u naftnim tankerima uvelike su prilagođeni sličnim sustavima koje koristi naftna industrija na kopnu. Takozvani Whessoe (tvrtka sa sjedištem u Darlingstonu i Teessideu u sjeveroistočnoj Engleskoj) plutajući sustav vjerojatno je bio najčešći automatizirani sustav mjerača tanka. U ranijim verzijama, plutajući dio bio je obješen s posebnog poklopca pomoću obične trake za mjerenje praznog prostora. Traka je prolazila preko kotačića koji se nalazio neposredno ispod prozirnog zaslona s brisačem. Drugi kraj trake bio je pričvršćen za uteg koji je visio u cijevi ispunjenoj sredstvom za čišćenje, koja se protezala do dna tanka. Plutač je teži od težine u zraku, ali kada se tank puni ili prazni, pluta na vrhu tekućine dižući se ili spuštajući kako se razina tekućine mijenja. Traka automatski bilježi nepotrebnu količinu. Plutajući sustav isproban je i pouzdan, a puknuta traka operateru odmah daje do znanja da se mora vratiti ručnom čišćenju praznine. Razumna učestalost održavanja će održati sustav bez problema. Čelične trake koje isporučuju proizvođači imaju mjerne ljestvice ili naslikane na sebi ili utisnute na samom metalu. Potonji tip je manje podložan oštećenjima prilikom kontakta s inertnim plinom ili drugim korozivnim tvarima. Veći i moderniji brodovi s Float Ullage sustavom opremljeni su daljinskim očitavanjem u središnjoj kontrolnoj sobi. Postoji veliki broj automatiziranih sustava za mjerenje tankova koji se temelje na hidrodinamičkim principima. Takvi sustavi imaju izrazitu sličnost i bilo bi dovoljno da ih u kratkim crtama obradimo. Svaki tank je opremljen s jednom ili više otvorenih cijevi povezanih s mjeračem za očitavanje i tankom u kontrolnoj sobi. Duljina mjerača i vrsta tekućine kojom je ispunjen ovise o potrebnoj točnosti. Mali mjerač koji koristi tešku tekućinu poput žive može se koristiti tamo gdje točnost nije potrebna. Tamo gdje je potrebna točnost, kao kod dopunjavanja tanka, zajedno se koriste veći mjerač i lakša tekućina, s odvojenom cijevi koja pokriva gornji dio tanka. Kako takvi sustavi funkcioniraju?

Otvorena cijev u tanku povezana je sa tankom tekućine u dnu mjernog stakla. Dušik ili neki drugi prikladan plin ubacuje se u cijev sve dok ne ispusti sav zrak i ispuni cijelu duljinu cijevi. Kraj cijevi je ograničen, ali je plinu dopušteno istjecanje iz otvorenog kraja tanka. Promjene u razini tekućine unutar tanka rezultiraju promjenama tlaka plina u cijevi, koji se zatim prenosi na tekućinu u mjernom staklu, a razina tekućine može se očitati s kalibriranog mjerača. Iskustva s nizom mjernih sustava proizvedenih u različitim dijelovima svijeta su različita. Dok su neki bili prilično točni, drugi su se pokazali nepouzdanima i u njih ne vjeruju službenici tankera, od kojih neki radije prazne ručno nego da koriste takve sustave. Nije moguće utvrditi gdje su relativne prednosti pojedinih sustava, ali prije nego posumnja u opremu, operater treba poduzeti sve potrebne korake

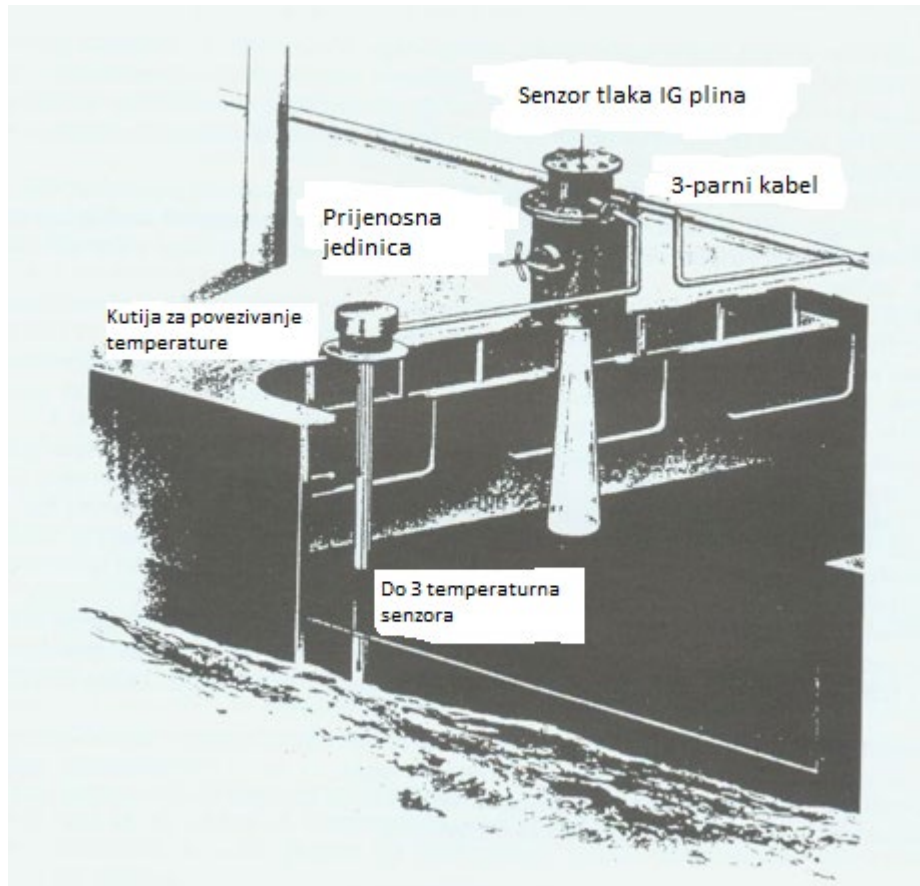
za servisiranje, provjeru i kalibraciju opreme prema uputama proizvođača. Nedostatak korištenja i nezainteresiranost sigurno neće dovesti do uspješnog rješavanja problema u sustavu. [1]

### 3.14 Elektronički uređaji za mjerenje visine praznog dijela tanka (*eng. Electronic Ullaging Devices*)

Jedno vrijeme se zaziralo od upotrebe elektroničkih senzora, bilo kao alarma visoke i niske razine tekućine, bilo za mjerenje razine tekućine u tankovima. Napredna tehnologija u kombinaciji s boljim razumijevanjem problema bila je ključna u razvoju izuzetno precizne opreme. Tvorac ove opreme je pregledao to potpuno automatizirano plovilo koje je imalo dva neovisna elektronička sustava za pražnjenje u svakom tanku. Ako su se dva sustava razlikovala više od 3 cm, dan je signal upozorenja. Noviji razvoj u ovom području uvela je švedska tvrtka koja je koristila radar u tanku za mjerenje nedovoljnih količina i sondiranja. [1]

### 3.15 Mjerenja tekućeg tereta u zatvorenim tankovima (*eng. Liquid Cargo Measurements In Closed Tanks*)

S vremena na vrijeme, angažirani su neovisni naftni inspektori za mjerenje količine nafte utovarene na utovarnoj luci ili iskracane na iskrcajnoj luci. Njihove dužnosti se razlikuju ovisno o vrsti tankera. U konvencionalnim tankerima, poznata metoda bila je vizualni pregled tankova kako bi se osiguralo da je sav tekući ostatak tereta ispumpan i da je dno svakog tanka suho. To je učinjeno pregledom dna tanka, općenito uz pomoć svojstveno sigurnog plamenika nepropusnog za plin, da se vidi je li dovoljno suho. Ako je postojala bilo kakva slobodna voda ili ostatak ulja, to se mjerilo spuštanjem ručno upravljane sonde u svaki tank, a zatim se izračunavao iznos ostataka/slobodne vode u svakom odjeljku. "Load on Top" i upotreba inertnog plina u zatvorenim tankovima, doveli su do razvoja posebne prijenosne opreme koja je odobrena kao intrinzično sigurna i može se koristiti ako oprema broda ne radi ispravno ili je potrebno da je koristi petrolejski inspektor. Ta oprema može uključivati sondicu za mjerenje razine tekućine, sondicu za mjerenje zajedničke granične površine te sondicu za mjerenje temperature, koja se koristi u kombinaciji s ventilom za kontrolu pare. Ovaj je ventil postavljen na cijev koja se može montirati na vrh zapornog čepa i kroz koju se razne sonde mogu provući bez ozbiljnog gubitka tlaka inertnog plina. [1]



Slika 3.7. Saab sustav radara za tankove [1]

### 3.16 Sustavi grijanja, hlađenja i ventilacije (*eng. Heating, Cooling and Ventilation Systems*)

Uz osiguranje teretnih odjeljaka, cjevovoda i pumpi za rukovanje naftom, naftni tanker također mora osigurati odgovarajuće sustave grijanja za neke vrste nafte i sustave hlađenja za druge. Pravilno izgrađeni ventilacijski sustavi neophodni su u svim naftnim tankerima kako bi se izbjegao pretjerani gubitak tereta isparavanjem i kontroliralo ispuštanje opasnih plinova. [1]

### 3.17 Sustavi grijanja tereta (*eng. Cargo Heating Systems*)

Teške frakcije, poput loživog ulja, postaju vrlo guste i sporotekuće kada su hladne, stoga je potrebno održavati njihovu temperaturu kako bi se mogli ukrcavati i iskrcavati bez odgađanja. Danas je trgovina naftom toliko velika i rasprostranjena da prosječni naftni tankeri mogu jednu

plovidbu trgovati u tropskim uvjetima, a sljedeću u arktičkim uvjetima. Stoga je potrebno da sustavi grijanja tereta budu projektirani tako da se mogu nositi s ekstremnim uvjetima. Zbog činjenice da natovaren tanker ima relativno malo nadvođa, temperatura morske vode kroz koju brod prolazi ima veliki značaj. Hladna voda koja ispire bok i dno broda te preko paluba, brzo smanjuje temperaturu tereta i otežava zadatak zagrijavanja. Topla morska voda, međutim, ima obrnuti učinak i može biti vrlo korisna u održavanju temperature tereta uz minimalnu količinu pare. Para se koristi za zagrijavanje ulja u brodskom tanku. Cjevovodom se vodi od kotlova po dužini palube plovila. Općenito, za tu svrhu koristi se palubni most smješten na glavnoj palubi, pri čemu su glavne cjevovode za grijanje tereta i povratne cijevi pričvršćenje za okomite ili vodoravne nosače neposredno ispod rešetkastih gazišta.

U razmacima su raspoređeni razdjelnici iz kojih se crpi para za grijanje tankova tereta. Svaki tank ima vlastite parne i ispušne ventile, što omogućuje zatvaranje ili smanjenje pare na bilo kojem tanku. Općenito, glavne parne cijevi su dobro izolirane, ali očito ne bi bila praktično izolirati pojedinačne cijevi koje vode od kolektora do teretnih tankova. Konvencionalni tanker koristi trup ili vanjsku oplatu plovila za držanje tankova za naftni teret. Uređaji za grijanje u stvarnim tankovima tereta sastoje se od sustava zavojnica koje su raspoređene po dnu tanka na udaljenosti od šest do osamnaest inča od donje ploče. U krilnim tankovima uobičajena je praksa produžiti sustav zavojnice sve do zavoja kobilice, ali ne uz bok broda. Kada postane potrebno zagrijati teret, para se uključuje u pojedinačne tankove. Zavojnice na dnu tanka se zagrijavaju, zagrijavajući ulje u neposrednoj blizini. Toplo ulje se polako diže i zamjenjuje ga hladnije ulje, čime se uspostavlja sustav postupne cirkulacije u svakom tanku. Krilni tankovi izoliraju središnje tankove s obje strane, dok se oni izlažu hlađenju morem, ne samo kroz donju oplatu, već i kroz bok broda. Stoga je preporučljivo postaviti ventile za paru tako da krilni tankovi dobivaju veći udio pare od središnjih tankova. To je osobito istinito u nekim od modernijih plovila gdje se zavojnice provlače kroz uzdužne pregrade između središnjeg i bočnog tanka. Brodovi opremljeni dvostrukim dnom ispod teretnih tankova, kao i tankeri s dvostrukim oplatom, mogu imati spirale ugrađene u dvostruke dno ispod dna tanka. Ovaj tip broda zahtijeva znatno manje topline za svoj teret jer nema izravnog kontakta s morskom vodom izvan plovila. Stvarni tankovi također nemaju grijaćih spirala, što omogućuje da se stvarna nafta lakše slijeva prema pumpi bez prepreka. Također, olakšava jednostavno čišćenje tanka kada je to potrebno. Teška loživa ulja općenito se moraju držati na temperaturi u rasponu između 120 F. i 135 F. Unutar ovog temperaturnog raspona njima je lako rukovati. Ulja za podmazivanje, od kojih teže vrste zahtijevaju zagrijavanje, uvijek su predmet posebnih uputa jer se jako razlikuju u kvaliteti, težini i viskoznosti. Neki tipovi teškog goriva ili goriva za opskrbu katalitičkih postupaka imaju vrlo visoke točke tečenja i potrebno je



držati teret dobro zagrijanim kako bi se izbjeglo stvrdnjavanje. Ako temperatura ovog tipa ulja bude dvadeset do trideset stupnjeva iznad njegove točke tečenja, neće biti poteškoća prilikom utovara ili istovara, iako će se na bočnim stranama i dnu broda formirati voskasti sloj.

Neka sirova ulja, koja sadrže parafinski vosak ili imaju visoke točke tečenja, također se zagrijavaju kada se transportiraju morem. Glavni razlog za to je spriječiti prekomjerno stvaranje naslaga voska na rashladnim površinama. Zahtjevi za grijanje za takve terete znatno variraju. Voskaste sirove nafte s temperaturom zgušnjavanja iznad 100 °F mogu zahtijevati zagrijavanje na 120 - 135 °F. Bitumen se inače ne može prevoziti običnim brodovima, budući da zahtijeva puno više topline nego što to može normalan teretni sustav. Zbog toga su bitumenski brodovi uglavnom projektirani tako da su tankovi tereta izolirani krilnim tankovima koji su rezervirani za balast te dvostrukim dnom ispod tankova tereta. Ovo, zajedno s dodatnim zavojnicama raspoređenim na platformama na različitim razinama, pomaže grijanju bitumena. Na brodovima, koji prevoze teška maziva ulja koja zahtijevaju grijanje, su zavojnice uglavnom obične čelične cijevi, ali brodovi koji prevoze sirova ulja koja se moraju grijati su opremljeni zavojnicama od nehrđajućeg željeza ili legure. Razlog tome je što su grijaće površine izložene prekomjernoj koroziji od lakših frakcija u sirovoj nafti, a obične čelične cijevi ne podnose korozivno djelovanje tako dobro kao drugi spomenuti materijali. [1]

### 3.18 Izmjenjivači topline (*eng. Heat Exchangers*)

Dok su parne zavojnice i dalje u općoj upotrebi, neki brodovi su opremljeni izmjenjivačima topline. Termo ulje se zagrijava i zatim pumpa kroz sustav spirale. U slučaju kemijskih brodova, pojedinačni tankovi ponekad su opremljeni zavojnicama od nehrđajućeg čelika radi zaštite od curenja, ali izmjenjivači topline, smješteni u pojedinačnim tankovima kroz koje se pumpa zagrijano termo ulje, sve su popularniji. U nekim slučajevima, posebno na brodovima opremljenim pojedinačnim uronjenim pumpama, sustav cjevovoda je postavljen tako da, kada je potrebno, pojedinačna pumpa za teret može cirkulirati teret kroz grijač u svakom tanku. "U.L.C.C. i V.L.C.C. rijetko imaju zavojnice postavljene u svojim tankovima tereta, ali često imaju zavojnice postavljene u svojim tankovima za potapanje kako bi pomogle u zagrijavanju mješavine ulja i vode i tako olakšale odvajanje nafte od vode jer, kada se zagrije, ulje ima tendenciju da pluta na površini vode." [1]

### 3.19 Sustavi za hlađenje tereta (*eng. Cargo Cooling Systems*)

Sve vrste nafte podliježu širenju i skupljanju s porastom i padom temperature. Koeficijent širenja teškog ulja pri 60 °F kreće se u rasponu od 0,0035, dok lakša ulja, poput motornog benzina i sl., imaju koeficijent širenja od otprilike 0,0070 pri istoj temperaturi. U pravilu nema većih problema pri ukrcanju broda s težim vrstama ulja. Općenito, postoji dovoljno prostora za širenje, a često su neki tankovi čak i prazni. Međutim, kada se radi o lakšim proizvodima, to je važna stavka. Uobičajena praksa je da se tankovi teretnih tankera napune do 98 posto njihove kapacitete, a 2 posto se ostavlja za normalno širenje i skupljanje koje može nastati uslijed promjene geografske širine ili, jednostavno, dnevnih fluktuacija temperature. Brodovi koji ukrcavaju vrlo lagane proizvode moraju biti vrlo precizni u određivanju nivelacija. Često je vrlo teško, a na kratkim putovanjima često nemoguće, postići krcanje tereta u tankove do zadane mjere. Stoga je vrlo važno moći ispravno procijeniti što plovilo može iskusiti u smislu visoke temperature i dodatno uzeti u obzir širenje tereta gdje je to potrebno. Kako bi se temperatura tereta održala u razumnim granicama i kako bi se izbjegao prekomjerni gubitak isparavanjem, neka su plovila opremljena sustavima prskalica. Sustav prskalica samo je niz fiksnih mlaznica ili vodenih ruža, koje su postavljene u intervalima po cijeloj dužini plovila u neposrednoj blizini njegovih teretnih tankova. Sprinkleri su povezani s palubnom servisnom linijom kroz koju se pumpa hladna morska voda kako bi se neutralizirao utjecaj sunca na čeličnu palubnu oplatu broda. [1]

### 3.20 Ventilacijski sustav naftnih tankera (*eng. Oil Tanker Ventilation System*)

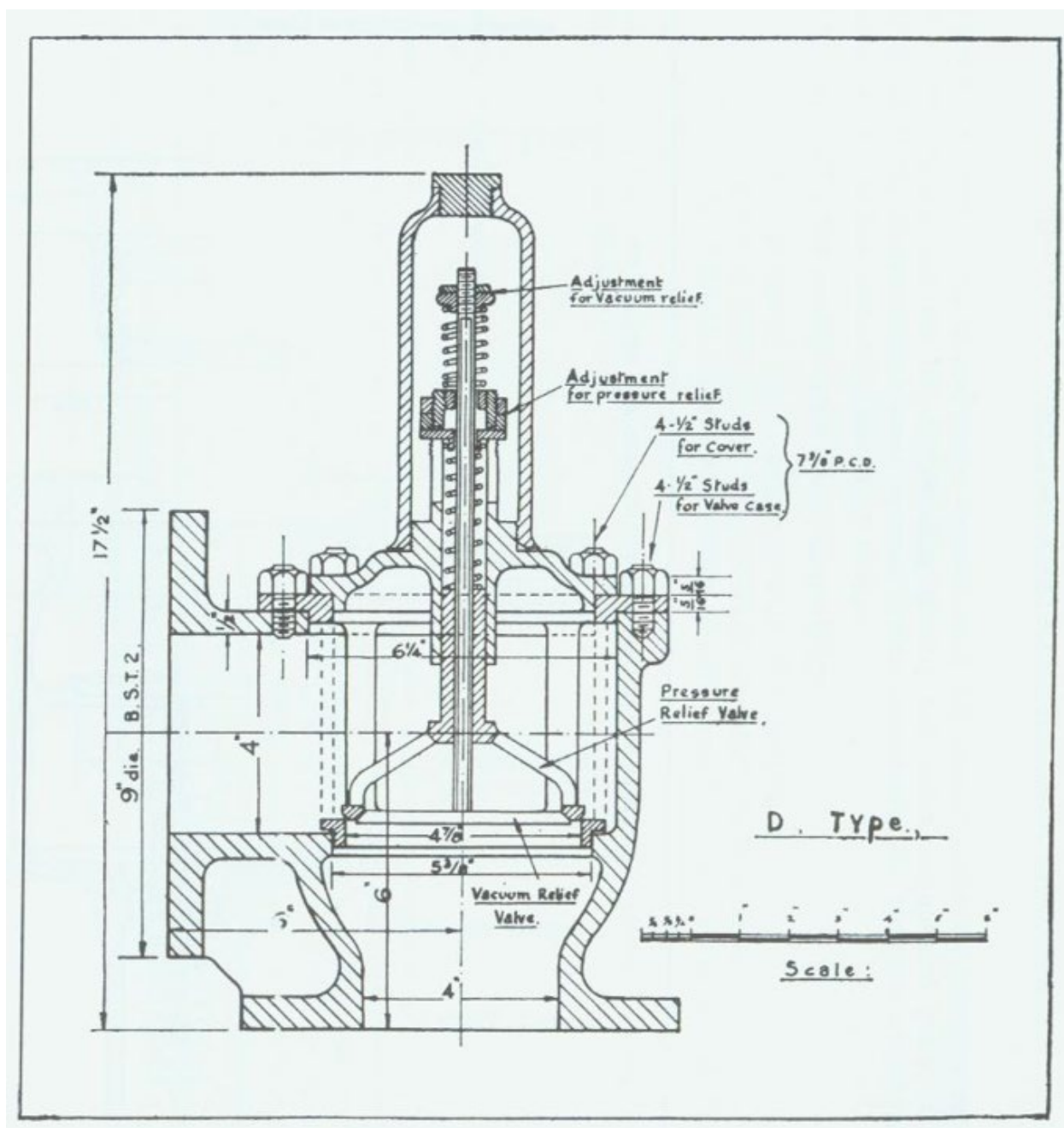
Kada je izloženo toplini, nafta ne samo da se širi, već isparava, a gubitak zbog isparavanja s teretima na bazi alkohola bio bi značajan ako bi se dopustila prirodna ventilacija. S druge strane, ako bi teretni tankovi broda bili potpuno zatvoreni, a zatim izloženi porastu temperature, teret bi postupno isparavao sve više i više, sve dok isparavanje ne stvori pritisak na tekuću površinu tereta, okolnu oplatu i druge komponentne dijelove teretnog prostora.

Ako bi se temperatura dodatno povećala, tlak bi se na kraju sam oslobodio lomljenjem najslabijeg dijela tanka tereta.

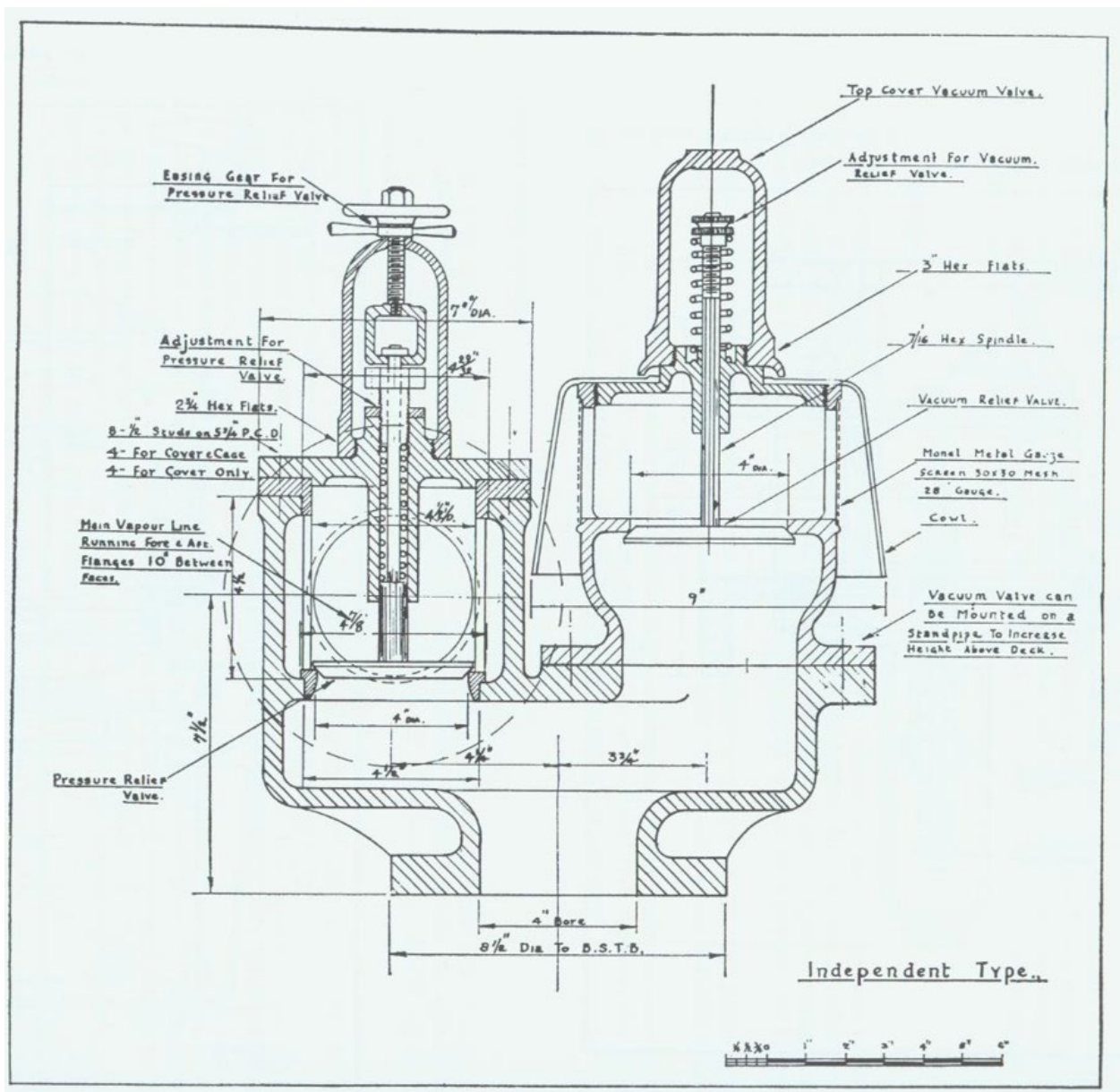
Sustavi ventilacije naftnih tankera moraju imati za cilj tri stvari:

1. kontrolirano ispuštanje bilo kakvog prekomjernog tlaka isparene nafte

2. sigurno odlaganje ovih opasnih para u vanjsku atmosferu
  3. omogućavanje zraka za zamjenu bilo kakvog djelomičnog vakuuma uzrokovanog skupljanjem tekućeg ulja na obali.
- Rani tankeri imali su dvije različite vrste ventilacijskih sustava, neovisni ventilacijski sustav i zajednički ventilacijski sustav.



Slika 3.8. Tlačni vakumski ventilacijski ventil [1]



Slika 3.9. Tlačni vakumski ventilacijski ventil [1]

### 3.21 Neovisni ventilacijski sustav (eng. Independent Venting System)

Neovisni sustav ventilacije, koji je ugrađen u neke vrste brodova, sastoji se od cijevi promjera 3 inča postavljene na svaki tank, obično smješten na vrhu ograde tanka. Ova cijev se proteže otprilike 3 stope do poklopca ili plamenika prekrivenog žičanom mrežicom. Na pola puta do ventilacijske cijevi podiže se ventil s oprugom ako tlak u tanku premaši 2 lb. i odmah se ponovno zatvori tlak u tanku ako padne ispod te brojke. Tlačni ventil u svom dizajnu uključuje još jedan ventil, čija je funkcija dopustiti protok zraka u tank, ako dođe do vakuuma zbog bilo kakvog skupljanja u teretu. Prednost ovog sustava je uglavnom u troškovima jer nisu potrebne dugačke plinovodne cijevi.

Glavna mu je mana što s nestabilnim teretima ne oslobađa pare dovoljno visoko da se brzo rasprše. Druga mana je da se bilo koji od ventila može blokirati naslagama kamenca ili voska, uz malo ili nimalo naznake da nešto nije u redu. [1]

### 3.22 Zajednički ventilacijski sustav (eng. *Common Venting System*)

Ova vrsta ventilacijskog sustava ima plinski vod ili cijev koja služi svakom odjeljku za teret. Ove plinovodne linije služe većoj liniji koja se proteže duž glavnog teretnog palube i koristi prolaz iznad pilotske kabine za potporu. Na kraju se uzdiže prema obama jarbolima do dvaju zaustavljači plamena koji se nalaze iznad palube. Na dnu svakog jarbola, u sustav je ugrađen ventil za pritisak i vakuum koji kontrolira izlazak plina i ulazak zraka. Svaki od tankova ima obični zaporni ventil koji se mora ručno zatvoriti kako bi se izolirao od ostatka tanka. Prednosti ovog tipa sustava su da se, u usporedbi s neovisnim sustavom, svi plinovi ispuštaju znatno iznad razine palube. Njegove mane su, prvo, onečišćenje putem sustava, što je mogućnost kada se prevozi više različitih tereta. Drugo, ako se ventil za pritisak na dnu bilo kojeg jarbola pokvari ili zaglavi otvoren, isparavanje ne bi utjecalo samo na jedan tank, već na cijeli teret, a gubitak zbog toga može biti vrlo značajan.

[1]

### 3.23 Grupirani ventilacijski sustav (eng. *Grouped Type Venting System*)

Većina modernih naftnih tankera ima ventilacijski sustav podijeljen na isti način kao i crpni sustav. Na ovaj način za svaki dio tanka dostupan je zasebni plinski vod zajedno sa zasebnim zaustavljačem plamena. Svaki od tankova opslužuje tlačni i vakuumski ventil na sličnim vodovima kao jedan ili drugi od dvaju prikazanih tipova. [1]

### 3.24 Tlačni i sigurnosni ventil tipa "D" (eng. The „D“ Type Pressure and Relief Valve)

Tlačni i sigurnosni ventil tipa "D" Tiros, prikazan na slici 3.8. tako je konstruiran da ventil obavlja obje operacije, dopuštajući da višak tlaka izađe uz plinovod, a u slučaju skupljanja tereta, dopušta ulazak zraka tanku preko plinovoda. Kada se ventili otvore radi inspekcije, testiranja ili čišćenja,

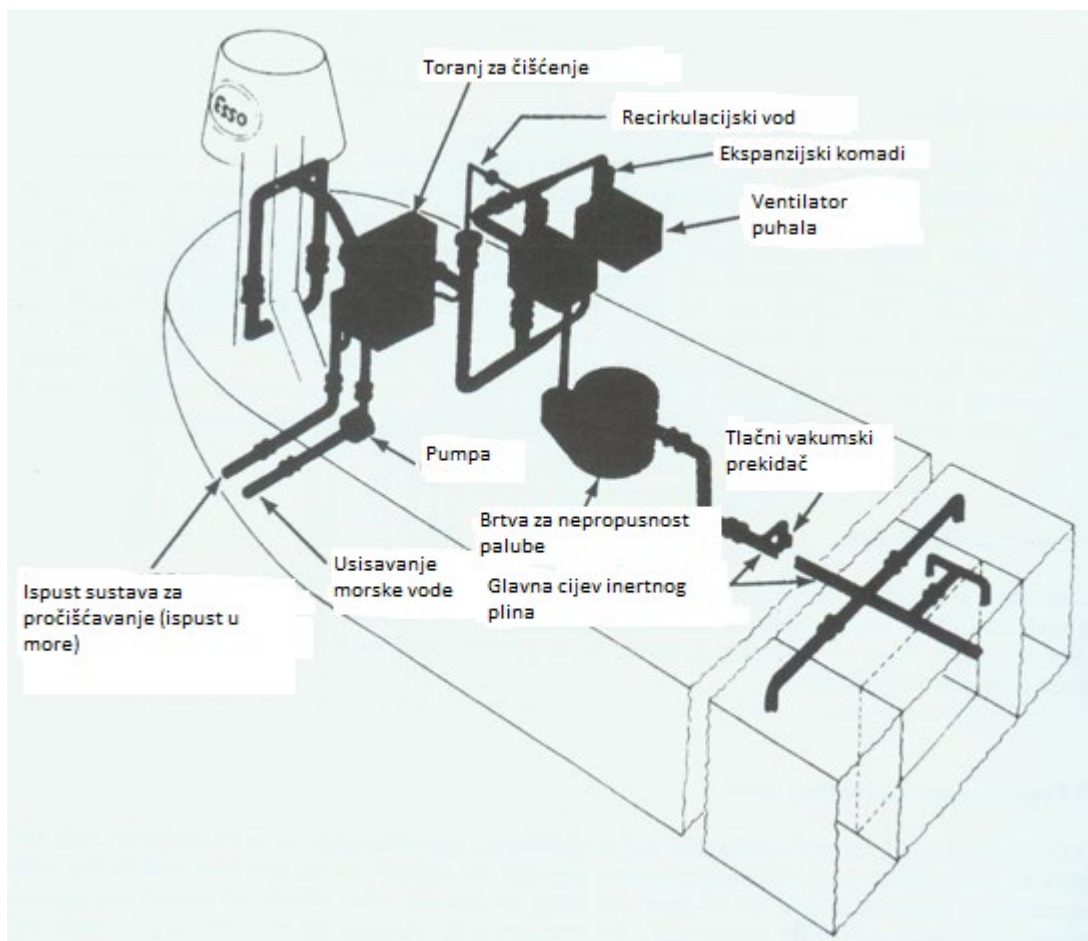
prilagodbe tlaka i vakuumskog stanja mogu se izvršiti pomoću priloženih matica predviđenih za tu svrhu. [1]

### 3.25 Neovisni otpuštajući i tlačni ventil tipa ulaza i izlaza (eng. The Independent Inlet and Outlet Type Relief and Pressure Valve)

Glavna razlika između ovog ventila i tipa "D" je u tome što se zapravo radi o dvama odvojenim ventilima. Jedan ventil omogućuje izlazak prekomjernog tlaka pare kroz plinovod, a drugi omogućuje ulazak zraka izravno iz atmosfere bez korištenja plinovoda, čime se izbjegava svaka mogućnost kontaminacije iz ventilacijskog sustava. [1]

### 3.26 Ventilacija tijekom utovara i pražnjenja (eng. Ventilation while Loading and Discharging )

Pitanje ventilacije tijekom utovara i pražnjenja iznimno je važno sa stajališta sigurnosti. Dio nesreća koje se dogode na naftnim tankerima gdje se zapali ulje ili opasne pare može se pripisati pogrešnoj uporabi ili kvaru ventilacijskog sustava. Prema sigurnosnim propisima, plovila koja se utovaraju i istovaruju na većini naftnih terminala moraju osigurati poklopce za mjerenje slobodnog prostora (*ullage*) i inspekcijske otvore na svim tankovima u koje se ne utovara ili iz kojih se ne istovara teret. [1]



Slika 3.10. Sustav distribucije inertnog plina [1]

Oni teretni prostori koji se trenutno koriste trebaju biti opremljeni odgovarajućim mrežicama ili iskrohvatačima koji se postavljaju preko svih poklopaca za mjerenje slobodnog prostora i inspeksijskih otvora, dok se teret stvarno utovara ili istovara iz bilo kojeg tanka. Ponekad lučki propisi zahtijevaju da se ventilacijski sustav tereta koristi tijekom utovara ili istovara, a otvori za prazan teret moraju biti osigurani cijelo vrijeme dok se teret prenosi. Kada je plovilo opremljeno automatskim sustavom pražnjenja, lako se uskladiti s ovim propisima. Zaista, osim kada se mjeri slobodni prostor (*ullage*) i uzimaju uzorci te kada se tankovi potpuno isušuju nakon završetka istovara, poklopci za mjerenje slobodnog prostora ne moraju se otvarati. Međutim, kada plovila nisu opremljena na taj način, a neka plovila u službi danas to nisu, to nije uvijek tako jednostavno. Poklopci za mjerenje slobodnog prostora moraju se s vremena na vrijeme otvarati kako bi se utvrdila razina nafte u tanku i izbjeglo moguće prelijevanje itd. Osim toga, ako plinovodne linije nisu dovoljno velike, brzine utovara su ograničene. Iz tih razloga većina naftnih terminala dopušta uporabu iskrohvatača radi pokrivanja poklopaca za mjerenje slobodnog prostora i inspeksijskih otvora na tankovima koji se stvarno koriste, ali uvijek pod uvjetima koji su sada uobičajena praksa

za tankerima. Uobičajena je praksa da se zatvore sva vrata i otvori koji gledaju na teretne tankove broda. Osim toga, plovila osim onih posebno opremljenih dizelskim motorima i plovila poput nepomičnih barži, zabranjeno je pristajanje uz tanker dok se on utovara, istovara ili prima balast. Plovila koja se utovaraju opasnim tekućinama ponekad su obavezna ugasiti svoje kotlove i koristiti obalnu paru za pokretanje strojeva na palubi i potrebne pomoćne strojeve u strojarnici. Štednjaci koji koriste ugljen i ulje moraju se isključiti, a ako plovilo nije opremljeno potrebnim električnim sigurnosnim štednjacima, kuhanje se mora obaviti na kopnu. Na taj način je opasnost od naftnih para svedena na apsolutni minimum. [1]

### 3.27 Sustavi inertnog plina (*eng. Inert Gas Systems*)

Sve veći broj plovila se gradi sa sustavima inertnog plina i mnogi veći brodovi, koji su izgrađeni bez sustava inertnog plina, su ga naknadno ugradili.

Korištenje inertnog plina za ispunjavanje prostora između površine ulja i vrha tanka veliki je korak naprijed sa sigurnosnog stajališta jer je eksplozivna atmosfera, koja se inače nalazi u ovom prostoru, eliminirana. Rizik od požara i eksplozije znatno je smanjen ako plovilo sudjeluje u sudaru ili nekoj drugoj vrsti nesreće. Većina sustava inertnog plina koristi otpadni plin koji bi normalno prošao kroz dimnjak i ispustio se u atmosferu. Umjesto toga, takav plin prolazi kroz niz uređaja za čišćenje ili skrabera, pomoću kojih se uklanjaju korozivniji elementi, a zatim posebnim sustavom cjevovoda do teretnih tankova. Sustav inertnog plina opremljen je nizom ventila i kontrola. Kada je brod natovaren, potražnja za inertnim plinom je mala i plin se uvodi u tankove samo kada se oslobodi prostor zbog smanjenja tekućeg tereta ili gubitka pare uzrokovanog ventilacijom tijekom naginjanja broda itd. Sustav inertnog plina je složeni dio opreme. Cilj sve te opreme je smanjiti količinu kisika u svim tankovima tereta na 5 % ili manje. U dimnim plinovima prati se sadržaj kisika. Ako razina kisika dosegne 8 %, automatski izolacijski ventili stupaju na snagu i ispušni plin se recirkulira kroz uređaje za pročišćavanje.

Inertni plin sastoji se od različitih plinova i drugih tvari, ovisno o kvaliteti i vrsti goriva koje se koristi u kotlovima. Dušik je glavna komponenta, dok je ugljični dioksid prisutan u značajnim količinama. Također su prisutni sumporni dioksid i pepeo u malim količinama. Ako oprema ispravno radi, količina prisutnog kisika bit će u području od 4 % ukupnog volumena proizvedenog plina. Kada je brod u proceduri oslobađanja plina (*gas freeing*) može se očekivati da će u tankovima tereta biti zraka koji sadrži najmanje 20% kisika. Prije utovara, tankove tereta treba



napuniti inertnim plinom kako bi se istisnuo i/ili razrijedio sadržaj kisika. Svaki tank mora biti ispitan mjeračem kisika kako bi se provjerio sadržaj kisika i kako bi se osiguralo da je unutar dopuštenih granica prije utovara. Izvorni sadržaj zraka iz tanka istiskuje se u atmosferu pomoću inertnog plina i kada se to postigne, tankove treba zatvoriti isključivanjem ventilacijskog sustava. Ako su tankovi dovoljno nepropusni za zrak i plin, to bi trebalo osigurati da se inertni plin zadrži bez ikakvog povećanja razine kisika dok brod ne bude spreman za utovar. Tijekom utovara, ventili na ventilacijskom sustavu moraju biti otvoreni kako bi ulje koje dolazi istisnulo inertni plin. Sada bi se dovodnici trebali zatvoriti prema atmosferi, a P.V. ventili, koji se obično postavljaju da se otvaraju ili zatvaraju, se trebaju staviti u funkciju i prilagoditi prema potrebi. Kada se tankovi napune i operacija utovara prestane, potrebno je provjeriti razinu kisika i granice eksplozivnosti u praznom prostoru. Neka plovila imaju tu mogućnost ugrađenu. Svaki tank sada treba biti pod tlakom putem sustava inertnog plina. Ovo će riješiti svaki gubitak inertnog plina tijekom putovanja uzrokovan kotrljanjem ili temperaturnim promjenama. Istovar istog tereta postavlja velik zahtjev na inertni plinski sustav jer se smanjenjem razine tekućine zahtijeva više inertnog plina kako bi se ispunio prostor pare.

Čišćenje tanka visokotlačnim strojevima ugrađenim u pojedinačne tankove provodi se samo kada su tankovi puni inertnog plina, a kisik i eksplozivni raspon sadržaja tanka zadovoljavaju zahtjeve. Kao što je već navedeno, inertni plinski sustav je složena oprema i zahtijeva redovito održavanje kako bi se osigurala sigurna operacija. Cijevi koje vode iz uređaja za pročišćavanje opremljene su s nekoliko sigurnosnih uređaja kako bi se spriječilo da hidrokarbonska tekućina ili para dođu do strojnica. Ove palubne brtve i nepovratne ventile potrebno je provjeravati u redovitim intervalima. [1]

### 3.28 U.L.C.C.s i L.L.C.C. ventilacijski sustav (*eng. U.L.C.C.s and L.L.C.C.s Venting Systems*)

Ova vrsta plovila ima tendenciju utovara i istovara tereta brzinama daleko većim od mogućnosti manjih plovila. Pri brzom utovaru, ulazna tekućina istiskuje mješavinu zraka i plina (u slučaju brodova s inertnim plinom) u znatnoj količini. To može stvoriti opasnosti i prouzročiti probleme osoblju na palubi i u blizini broda, u mirnoj atmosferi, osim ako se ne pronađu načini da se pomogne raspršivanje plina.

Trenutno se problem rješava na dva načina:

1. konvencionalnom metodom s velikim ventilacijskim linijama i ventilacijom na vrhu jarbola, u kojoj je princip ispuštanje plina na razini znatno iznad palube.

2. korištenjem posebnih odzračnih ventila učvršćenih na pojedinačne potporne cijevi nekoliko stopa iznad razine palube. Proizveden je niz različitih ventila koji ispunjavaju ovaj zahtjev, kao što su Lotta ventil, Milne i drugi. Ideja je iskoristiti brzinu plina kako bi ga doveli na sigurnu visinu iznad palube. Da bi se to postiglo, takvi ventili imaju varijabilnu veličinu otvora u skladu s tlakom plina koji izlazi. Kako se tlak povećava, otvor se povećava, dopuštajući plinu da izlazi istom brzinom. Gubitak tlaka znači smanjenje veličine izlaza, tako da plin izlazi istom brzinom.

Međunarodni sigurnosni vodič za naftne tankere i terminale rezultat je bliske suradnje Međunarodne brodarske komore, Pomorskog foruma naftnih tvrtki i Međunarodnog udruženja luka i luka. Prvi put je objavljen 1978., a četvrto izdanje objavljeno je 1996. Utovar i ispuštanje određenih vrsta nafte, posebno onih koje sadrže visoke razine H<sub>2</sub>S ili sumporovodika ili s visokim Reedsovim tlakom pare, zabrinjava ne samo one koji su na takvom tankeru, nego i lučke vlasti u kojima se operacija odvija. Mora se koristiti posebna oprema i moraju se poduzeti potrebne mjere opreza. Jedna od tema ovog broja je i nekontrolirana emisija plinova pri utovaru i iskrcaju balasta, kao i naftnih tereta. Tema je postala složenija kao rezultat promjena i razvoja na tankerima tijekom godina. Međunarodni sigurnosni vodič pokušava pružiti smjernice o ovim pitanjima kako bi zapovjednik i posada tankera bili svjesni problema i mogli koristiti preporučene sigurne prakse u bilo kojoj situaciji. [1]



*Slika 3.10. Odušivanje tanka na brodu Meridian Lion [1]*

## 4. OPREMA TANKOVA TERETA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA

### 4.1 Pumpe i pumpna oprema

Postoji nekoliko tipova teretnih pumpi koje se koriste na modernim tankerima: klipne pumpe, centrifugalne pumpe, rotacijske potisne pumpe i vijčane potisne pumpe. Posljednjih godina velike klipne pumpe zamijenjene su drugim tipovima, poput centrifugalne pumpe i, u novije vrijeme, uronjene pumpe, a manje klipne pumpe još uvijek koriste ulje iz tankova tereta. [1]

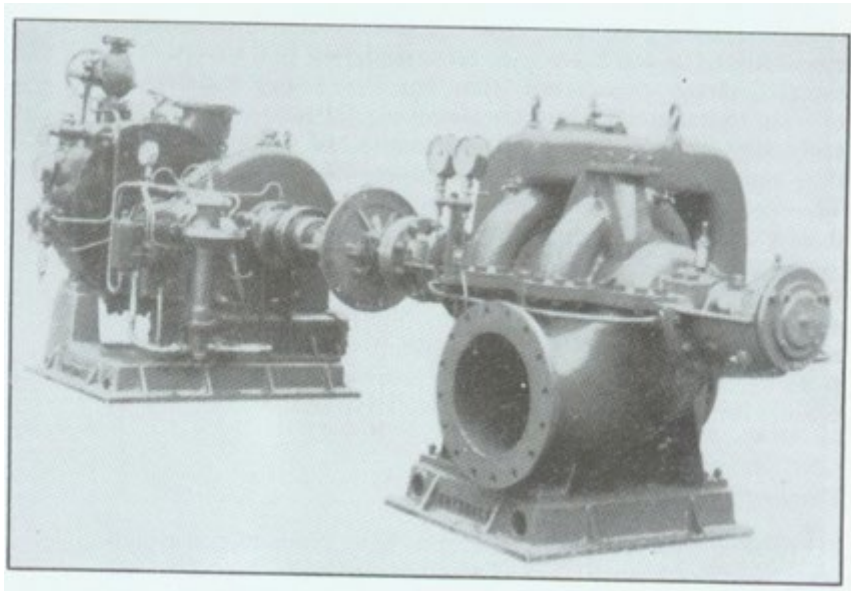
### 4.2 Stapna pumpa (*eng. Reciprocating Pumps*)

Stapne pumpe pokreće para pri radnim tlakovima od 100 do 250 lbs po kvadratnom inču. Mogu biti *simplex* (jednostruko djelovanje) ili *duplex* (dvostruko djelovanje), pri čemu je ovo posljednje u općenitijoj upotrebi. Proizvođači proizvode i vodoravne i okomite verzije kroz prilično širok raspon. Svaka pumpa opremljena je s trima manometrima. Jedan pokazuje parni tlak koji pokreće pumpu, drugi pokazuje isporučeni tlak ili protutlak, dok treći pokazuje uvjete vakuma ili tlaka na usisnoj strani pumpe. Velike klipne parne pumpe često su spojene, što znači da para prolazi kroz visokotlačni (H.P.) i niskotlačni (L.P.) cilindar tijekom ciklusa, čime se postiže povećana ekonomičnost u radu. Opća načela rada su poznata većini ljudi i ne namjerava se detaljno opisivati njihov rad u ovom trenutku. Klipne pumpe su bile uobičajene u svim vrstama naftnih tankera do 1950. Od tada su uglavnom premještene na sekundarnu ulogu kao pumpe za uklanjanje ostatka tereta itd. [1]

### 4.3 Centrifugalna pumpa (*eng. Centrifugal Pumps*)

Ove pumpe mogu pokretati parne turbine ili dizelski i električni motori. Za razliku od parne klipne pumpe, centrifugalna pumpa nije pumpa s pozitivnom dobavom i koristi centrifugalnu silu za prijenos ulja iz pumpe u ispusnu cijev. U teoriji, crpka može raditi sa zatvorenim ispusnim ventilom, dok impeler zamućuje tekućinu, ali zazori su općenito tako mali da bi se crpka brzo zagrijala i moglo bi doći do oštećenja. U spoju s teretnim sustavima, ova pumpa rijetko ima više od dvaju stupnjeva, a da bi se pokrenula, ulje mora biti prisutno u prvom stupnju. Crpka može biti

konstruirana s okomitom ili vodoravnom pogonskom osovnom prema zahtjevima. Kad je pokreće parna turbina, crpka se općenito može pokvariti pri različitim brzinama kako bi odgovarala ispusnim postrojenjima određene luke. Brzina se regulira izravno proporcionalno količini pare koja ulazi u turbinu. Smanjenje visine pražnjenja znači automatsko povećanje izlaza. Pumpe s turbinskim pogonom općenito su opremljene regulatorima koji sprječavaju prekomjernu brzinu, čime njihov rad postaje lakši i sigurniji. Centrifugalne crpke s električnim pogonom ponekad su dizajnirane za rad pri konstantnoj brzini, pri čemu električni motor automatski kompenzira ili se prilagođava opterećenju. Općenito je osiguran okidač za zaštitu motora od oštećenja nastalog od prevelikog ili premalog opterećenja. Centrifugalne pumpe općenito imaju sve mjerače koji su povezani s klipnim pumpama. Osim toga, turbinski pokretana pumpa općenito ima tahometar tako da se može pratiti broj okretaja pumpe i turbine, dok će pumpa na električni pogon imati volt i amper. mjerač za označavanje snage, odnosno opterećenja. [1]



*Slika 4.1. Parna turbina koja pokreće dvostupanjsku centrifugalnu pumpu za naftu [1]*

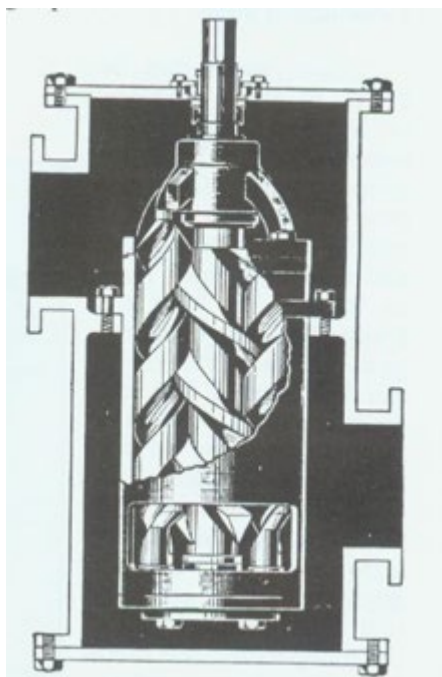
#### 4.4 Rotacijske pumpe (eng. *Rotary Pumps*)

Rotacijska pumpa je pumpa s pozitivnom dobavom, koja se pokreće na isti način kao centrifugalna pumpa. U upotrebi je nekoliko različitih tipova, ali opće načelo je u svima isto. Jedan jednostavan tip ima pogonsku osovnu koja je malo izvan središnje linije pumpe. Komora pumpe opremljena je jednim bubnjem, na koji je pričvršćen niz lopatica. Ove lopatice nisu fiksne, ali se mogu pomicati i izlaziti iz utora u koje su postavljene. Kada je pumpa u pokretu, centrifugalna sila izbacuje lopatice van i dalje od središta osovine. Kako se osovina okreće, odljevak tjera lopatice

natrag u svoje utore kad god su na strani osovine koja je najbliža kućištu, centrifugalna sila ih ponovno izbacuje kako se udaljenost do poklopca povećava. Ulje ulazi u pumpu i biva zarobljeno između lopatica dok se okreću te se pod pritiskom izbacuje van kroz izlaz za isporuku. Ustvari, lopatice istiskuju ulje iz pumpe. Druge vrste koriste jedan, dva, a ponekad i tri međusobno povezana zupčanika za postizanje istog učinka. Rotacijska pumpa nije baš popularna, a tamo gdje se nalazi, uglavnom je svedena na status rezervne ili dodatne crpke za čišćenje. Razlozi zašto se ova vrsta crpke ne koristi općenito u sustavima crpljenja tankera su dvojaki. Pokretni dijelovi podvrgnuti su velikom trošenju, a pumpa ima tendenciju gubitka usisne moći ako se koristi dulje vrijeme. [1]

#### 4.5 Vijčana pumpa (*eng. Screw Pumps*)

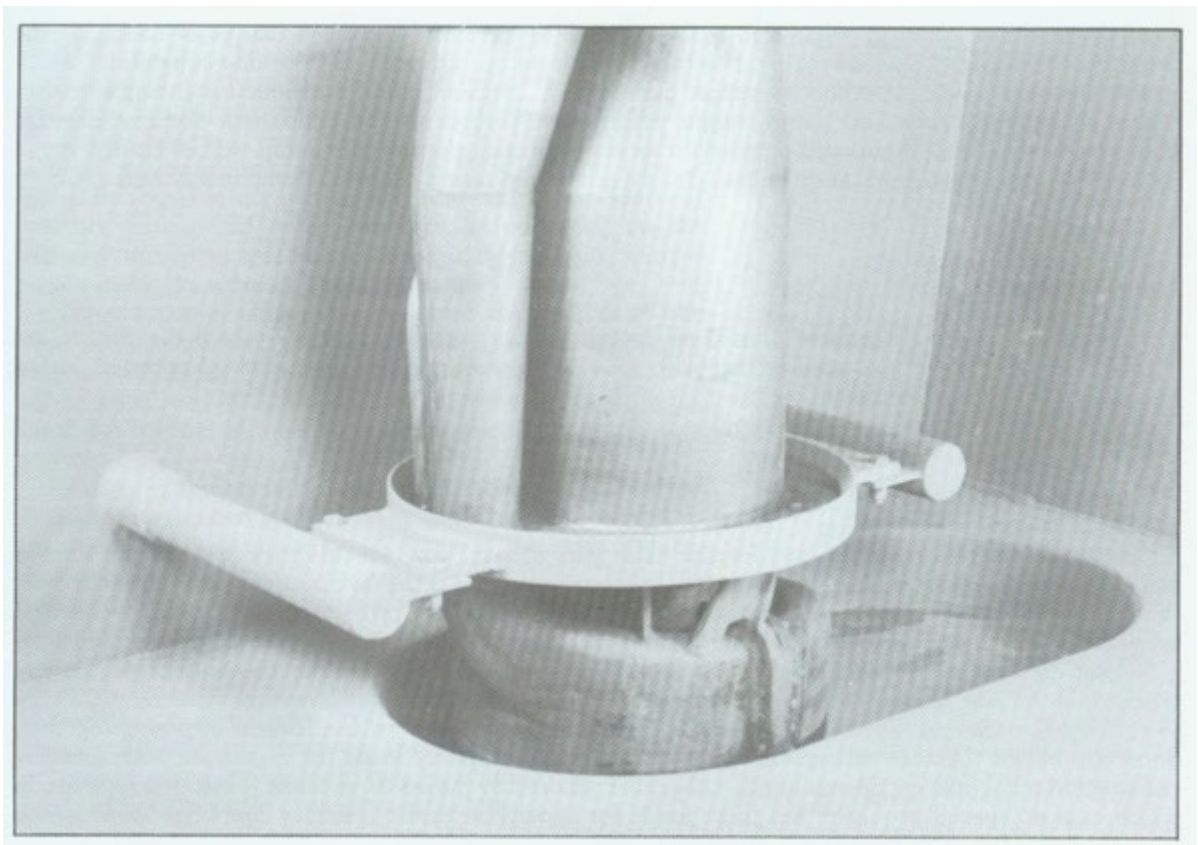
Kao što se vidi na slici 4.1., osnovni elementi dizajna na ovoj stranici u ovom konkretnom tipu crpke su tri vijka koji se sastoje od središnjeg pogonskog rotora i dvaju rotora u praznom hodu. Površine navoja su tako oblikovane da tvore čvrsto brtvljenje, kako u odnosu na sebe tako i na rukavac. Kako se vijci okreću, brtva koju čine navoji pomiče se aksijalno i prilično ravnomjerno, djelujući tako kao klip koji se neprekidno kreće u jednom smjeru. Prednosti ove vrste pumpe su samousisavanje te ne stvara vibracije i pulsacije, čak ni pri velikim brzinama. Dosad je vrlo malo tankera, osim brodova za prijevoz maziva ili plovila koja prevoze biljna ulja, koristilo ovu ili bilo koju drugu vrstu vijčane pumpe u svojim sustavima za teret. Razlog tome je što proizvođači takvih pumpi projektiraju pumpe za rukovanje tekućinama koje su lišene abrazivnih čestica i imaju određene podmazujuće karakteristike, što je vrsta radnje za koju je ova pumpa posebno pogodna. [1]



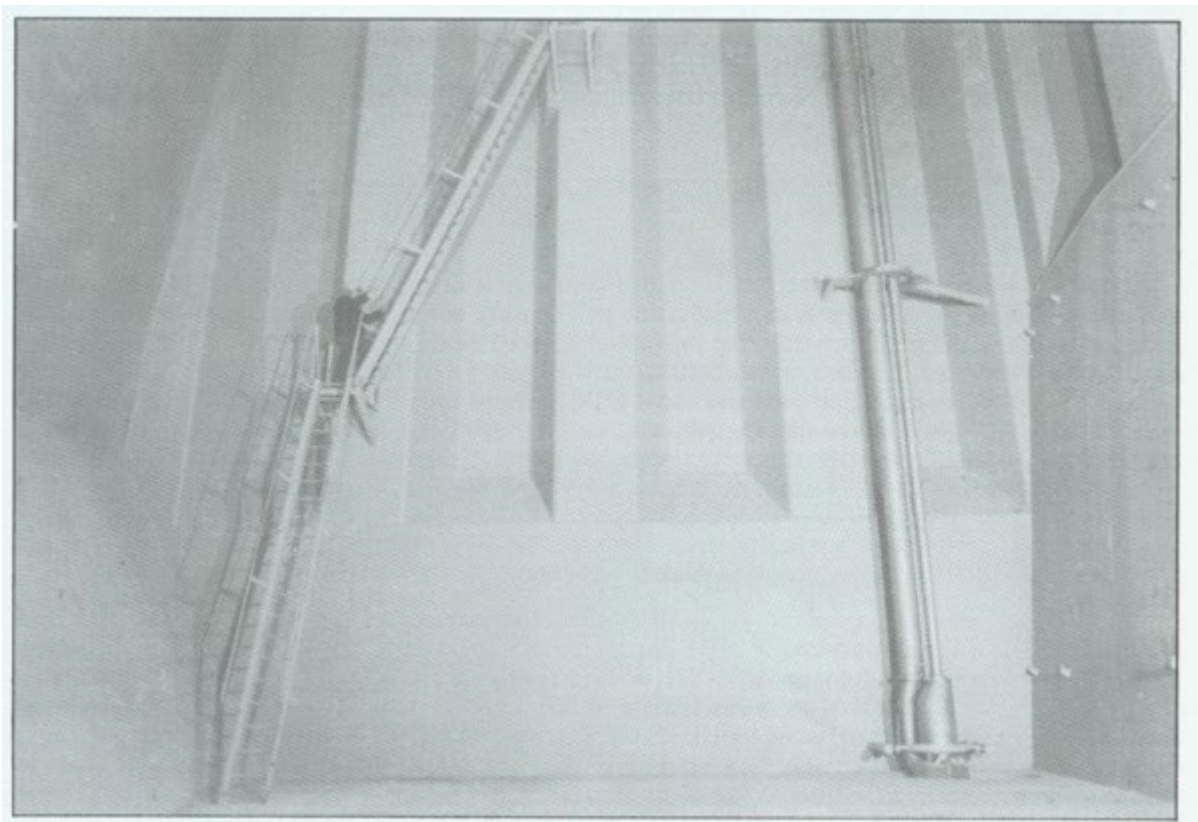
*Slika 4.2. Vijčana pumpa [1]*

#### 4.6 Duboko uronjene pumpe (*eng. Deep-well Pumps*)

Posljednjih godina duboko uronjene pumpe postale su sve popularnije u tankerima za proizvode i brodovima za sirovu naftu srednje veličine. Ovisno o vrsti broda i namjeni za koju su dizajnirane, ove crpke mogu biti smještene u crpnoj sobi ili stvarnom teretnom tanku. Crpka radi u zdencu ili kućištu i samousisna je, dok je zdenac pun tekućine. Obično ih može pokretati parna turbina ili električni motor smješten na palubi i spojen na pumpu dugačkom okomitom pogonskom osovinom. Hidrauličke uronjene pumpe za usisne zdence sada su vrlo popularne kod tankera za više proizvoda i pumpe u svakom tanku. Važno je da zdenac pumpe uvijek bude pun jer postoji opasnost od oštećenja pumpe zbog pregrijavanja. Glavna prednost takvih crpki je njihova sposobnost samousisavanja koja im omogućuje upotrebu u relativno jednostavnim crpnim sustavima i u sustavima s više proizvoda ili kemijskim sustavima, gdje sustavi za uklanjanje i crpke mogu biti dodatni izvor kontaminacije. Neki su brodovi opremljeni malom pumpom i cijevi koja služi za punjenje ili pražnjenje zdenca ili kućišta pumpe. Također se može koristiti za prekrcavanje tereta iz jednog tanka u drugi u slučaju kvara uronjene pumpe u bilo kojem tanku.



*Slika 4.3. Zdenac duboko uronjene pumpe [1]*



*Slika 4.4. Uronjena pumpa u tanku. Prikazuje cjevovod za ispuštanje i kućište za hidraulički pogon. [1]*



#### 4.7 Potopljene pumpe (*eng. Immersed Pumps*)

Potopljene pumpe obično se koriste u posebnim sustavima kao što je LNG, gdje su pumpe bile zapravo potopljene u tankovima zajedno s elektromotorima koji ih pokreću. Potopljena pumpa također može raditi hidraulički. [1]

#### 4.8 Sustavi cjevovoda teretnih vodova (*eng. Cargo Line Piping Systems*)

Pumpni sustavi sastoje se od glavnog dijela čelične cijevi čija veličina varira od četiri do trideset šest inča, ovisno o zahtjevima. Ovaj tip cjevovoda je najjeftiniji i intenzivno se koristi, usprkos činjenici da ima daleko kraći životni vijek od cijevi od lijevanog željeza. Korozija općenito najviše napreduje u donjem dijelu cijevi pa je zbog toga bila praksa da se cjevovod u redovitim razmacima okreće za četvrtinu kruga kako bi se produžio vijek trajanja cijevi. Današnja cijena rada i sve veći broj i veličina cjevovoda u modernim tankerima praktički su zaustavili ovu praksu. Za spajanje različitih duljina cjevovoda koristi se nekoliko različitih metoda. Neki su spojeni vijcima cijelom svojom duljinom, a omogućeno je širenje s posebno konstruiranim teleskopskim dilatacijskim spojevima. Drugi su osigurani pomoću Victaulic zglobova ili spojnice, u kojem slučaju ne treba posebno predvidjeti proširenje jer su obične spojnice dizajnirane da kompenziraju skupljanje i širenje. Neke veliki brodovi i V.L.C.C.-i opremljeni su središnjim usisnim kanalom koji se proteže cijelom duljinom broda. Sve pumpe usisavaju iz ovog kanala umjesto iz pojedinačnih cjevovoda. Takav sustav ima prednost pružanja boljih uvjeta za usisni protok tijekom istovara, ali je donekle ograničen za prijevoz i istovar više razreda, budući da cijev predstavlja značajnu količinu tekućine u smislu kontaminacije, čak i ako se jedna vrsta tereta utovara i istovara istovremeno. [1]

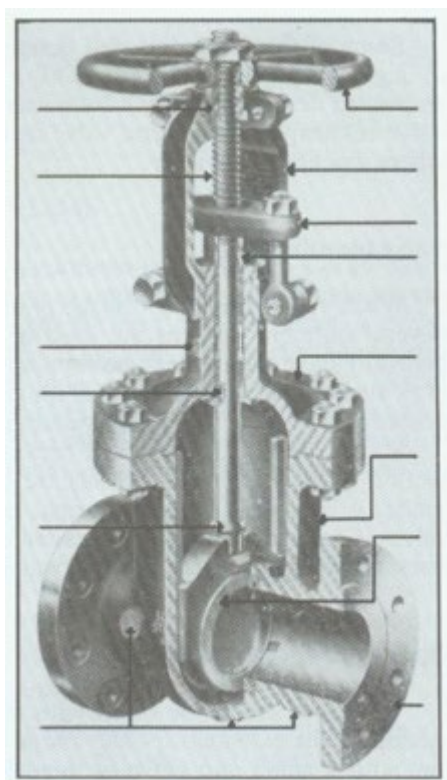
#### 4.9 Usisno stopalo (*eng. Strums*)

Usisno stopalo je naziv koji se koristi za napravu u obliku lijevka koja se postavlja na kraj usisnih cijevi i kroz koje se tekućina crpi prema pumpi. Postoji nekoliko različitih vrsta u upotrebi, ali sve su dizajnirane tako da omoguće pumpi da izvuče maksimalnu količinu nafte iz tanka bez ulaska zraka u sustav. Iz tog razloga, donji rub usisnog stopala proteže se do otprilike jednog inča od lima kada se postavlja na glavne usisne linije, a nešto niže kada se postavlja na usisne vodove za

uklanjanje ostataka tereta. Oblik je uglavnom određen činjenicom da je prostor ili površina dna tanka ograničena malim podnim uzdužnicama koje se protežu duž tanka. [1]

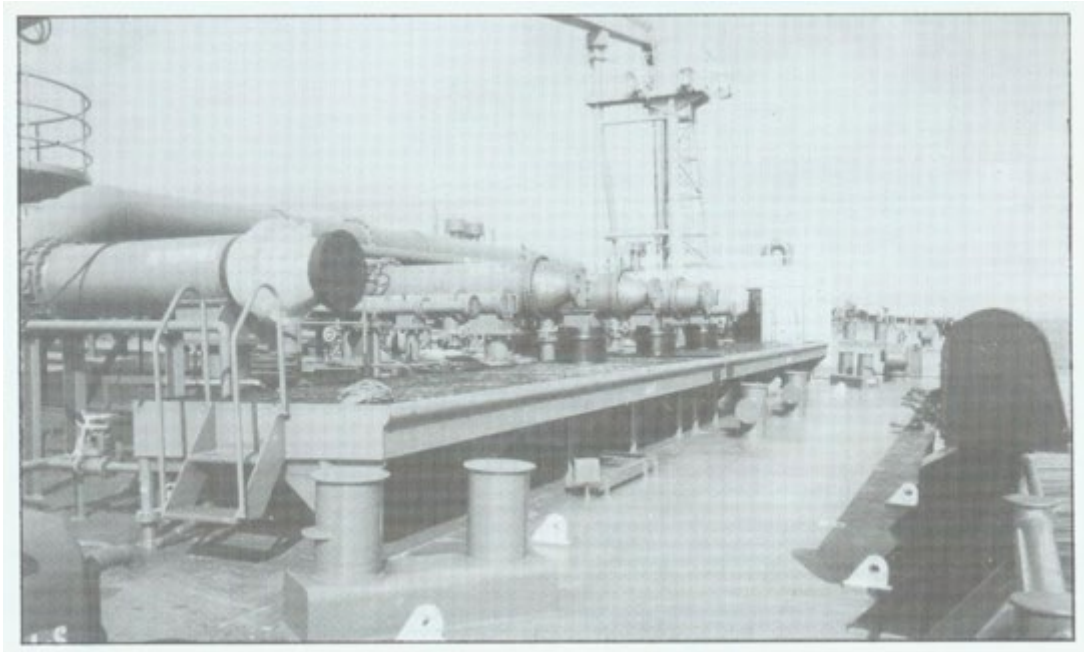
#### 4.10 Ventili (*eng. Valves*)

Sustav tereta na modernom naftnom tankeru sadrži veliki broj ventila koji kontroliraju protok tekućine. Najčešći ventil u upotrebi je ventil sa zakretnom pladnjom ili kliznim vratilom i proizvodi se u dvjema različitim formama. Prvi tip ima zakretni pladanj ili klizno vratilo čvrsto pričvršćeno na vratilo, dok je ručno kolo ventila postavljen na vrh vratila, ali nije čvrsto pričvršćen. Kada se ručno kolo ventila okreće u suprotnom smjeru kazaljke na satu, vratilo polako podiže pladanj prema gore u kućištu, a vratilo počinje izlaziti iznad kolka ventila. Kada je ventil potpuno otvoren, pladanj je udaljena od cijevi i skrivena u kućištu ventila, ostavljajući cijev potpuno slobodnom za prolaz tekućine. Kada je ventil zatvoren, brončani prsten ili površina s obiju strane moraju čvrsto pristajati uz odgovarajuće površine u tijelu ventila, inače će ventil procuriti. U drugoj verziji ovog ventila, vratilo je izravno pričvršćeno za ručno kolo ventila, dok je vratilo uključeno u navoj četvrtaste matice na vrhu pladnja. Pladanj je šuplja i kada se ručno kolo ventila okreće u smjeru kazaljke na satu, pladanj se podiže na navojnom vratilu dok se potpuno ne sakrije u kućištu. Prvi tip se obično nalazi u strojarnici i sličnim mjestima gdje neće biti izložen vremenskim uvjetima, budući da bi korozija na izloženom navojnom vratilu ili ostala oštećenja otežali upravljanje ventilom.



*Slika 4.5. Ventil na preklop [1]*

Drugi tipovi ventila, uglavnom nepovratni ventili različitih vrsta, imaju široku primjenu. Kutni nepovratni ventil često se ugrađuje u sustave za uklanjanje ostataka tereta jer, kada je otvoren samo nekoliko okretaja, omogućuje crpljenje ulja iz tanka, ali ne dopušta povrat ulja ako pumpa izgubi usis. Ventili na usisnim linijama za teretne tankove imaju produžena vratila. Najniži dio šipke ili produženog vratila ili je izravno spojen na vratilo ventila ključem ili se koristi jaram koji pruža dodatno polugu, a donji dio dosega šipke je viljuškast i uklapa se u dva utora na obama krajevima jarma. Sljedeći dio je spojen na šipku ispod pomoću univerzalnog spoja, a koristeći ove spojeve i pod kutem postavljanjem gornjih dijelova šipke, moguće je probušiti palubu na najpovoljnijem položaju. Gdje produženo vratilo probija palubu, postavljen je vodonepropusni zaptivač ili nepropusno kućište koje sprječava ulazak vode u teretni prostor ispod. Leptirasti ventil ima široku primjenu u modernim tankerima. Brzi radni ventil, pogodan je za pogon s energijom i daljinsko upravljanje. Bitno je da su vrata ili disk postavljeni na fiksno vratilo i da se otvaraju ili zatvaraju okretanjem vratila četvrtinu okreta. Brtvljenje se postiže kontaktom ventila s brtvilima s obje strane tijela ventila kada je u zatvorenom položaju. Brtva i odgovarajuća površina ventila često su obložene otpornim materijalom poput teflona, što štiti radne površine metala i osigurava poboljšanu brtvu.



*Slika 4.6. Priključak za iskrcaj na brodu Meridian Lion [1]*

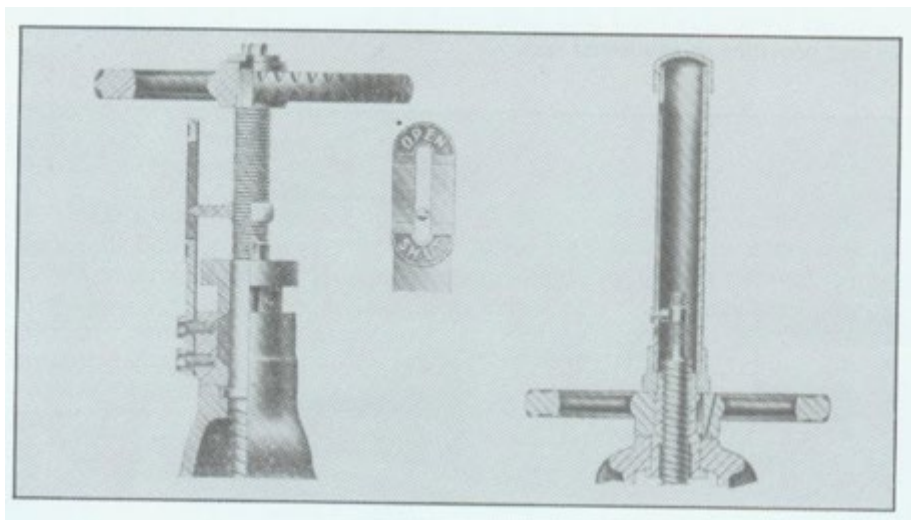
Neki stariji, lošije dizajnirani, leptirasti ventili predstavljaju izvor problema prilikom brzog punjenja tereta. Također, postoji značajan dokaz da su neki tipovi skloni propuštanju. Unaprijeđeni dizajn znatno je doprinio uklanjanju ovih nedostataka, ali budući da je leptirasti ventil jeftiniji od zasuna ili većine drugih tipova iste veličine, često se koristi, posebno na velikim brodovima gdje su cjevovodi veći. [1]

#### 4.11 Identifikacija ventila (*Valve Identification*)

Kada su ventili dio sustava cjevovoda, njihova ručna kola se bojaju radi identifikacije. Različiti sustavi se koriste u različitim tvrtkama, ali kao pravilo, usisne cijevi u lijevim tankovima obično imaju ručna kola crvene boje, dok su ručna kola u desnim tankovima zelena. Usisne cijevi u središnjim tankovima mogu imati pola ručnih kola zeleno, a pola ručnih kola crveno ili biti obojena drugom bojom, ovisno o sustavu identifikacije koji se koristi na tom određenom brodu. Glavni ventili nazivaju se "master ventili" jer zatvaraju ili odvajaju različite tankove na jednom dijelu cjevovoda. Ručna kola ventila obično imaju prepoznatljivu boju jer je važno da se pravilno zatvore odgovarajući glavni ventili i da se ne zamijene drugim ventilima. Ventili za prijelaz nazivaju se "crossover ventili" jer se nalaze na spoju između različitih cjevovoda i ovdje je opet važna jednostavna identifikacija, jednako kao i kod glavnih ventila. [1]

#### 4.12 Indikatori za otvaranje i zatvaranje (Telltals) (eng. Open and Shut Indicators (Teltales))

Svi ventili trebaju biti opremljeni indikatorima. Indikator je mali navojni prsten koji se postavlja na produženi vretenasti dio iznad razine palube. Metalna traka s dvjema malim šipkama postavljena u vertikalnu liniju s malim razmakom između njih drži pokazivač na navojnom prstenu uvijek usmjerenim u jednom smjeru, a prsten se može samo slobodno kretati vertikalno prema gore i prema dolje po vretenu. Kada je ventil potpuno otvoren, indikator se nalazi na vrhu navoja, a pokazivač pokazuje riječ "otvoreno". Kada je na dnu, pokazivač pokazuje riječ "zatvoreno". Iskusno osoblje nauči prepoznati prema položaju indikatora na navoju je li ventil otvoren ili ne. U poglavlju se raspravlja o automatiziranim sustavima za crpljenje, uključujući daljinski upravljane ventile. [1]



*Slika 4.7. Pokazatelji otvorenosti i zatvorenosti [1]*

## 5. BOJENJE TANKOVA NA TANKERIMA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA

### 5.1. Uvod (opseg i svrha)

Međunarodne smjernice za nanošenje premaza za teretne tankove izrađene su i revidirane u skladu s paletom proizvoda Worldwide Marine. Svrha smjernica je osigurati da sustav premaza, kako se primjenjuje, pruža odgovarajuću zaštitu od korozije i otpornost na teret kako bi se osiguralo da su tankovi prikladni za prijevoz proizvoda u skladu s trenutnom revizijom Vodilje međunarodne otpornosti boje na teret. Uspješan rad sustava za premazivanje tankova ovisi o pravilnom odabiru premaza i usvajanju ispravnih postupaka za pripremu površine i nanošenje boje. Ovaj dokument pruža smjernice za specijalizirano područje primjene premaza za tankove tereta. To je rezultat iskustva stečenog od International Painta tijekom primjene sofisticiranih premaza teretnih tankova na 7600 plovila od 1960. Odgovornosti za postizanje specifičnih navedenih standarda i za izvođenje pripreme površine i nanošenja boje su na ugovornoj tvrtki i brodogradilištu. Ni pod kojim okolnostima se ove odgovornosti ne odnose na International Paint. Treba osigurati prisutnost predstavnika tehničke službe u ključnim fazama tijekom izvršenja ugovora. Uloga međunarodnog predstavnika tehničke službe za boje je samo savjetodavna, osim ako nije drugačije navedeno u odredbama i uvjetima ugovora. [3]

### 5.2 Primarni zahtjevi za opremu brodogradilišta

1. Opskrba plinom od dobavljača LPG-a, prvo treba isporučiti 80 boca.

- vrsta plina: propan
- kapacitet boce: 50kg

2. Keramička vlakna koja se isporučuju.

- tip (dužina×širina×debljina): 800×600×20mm
- količina: 10 kom

3. Isporučuju se tri produžne cijevi i visokotemperaturni ventilator:

- vrsta isporuke (duljina×promjer×debljina): 3m×230mm× (3~5mm)
- vrsta isporuke (duljina×promjer×debljina): 3m×230mm× (3~5mm)
- vrsta ispuha (debljina promjera): 300 mm × (3~5 mm)

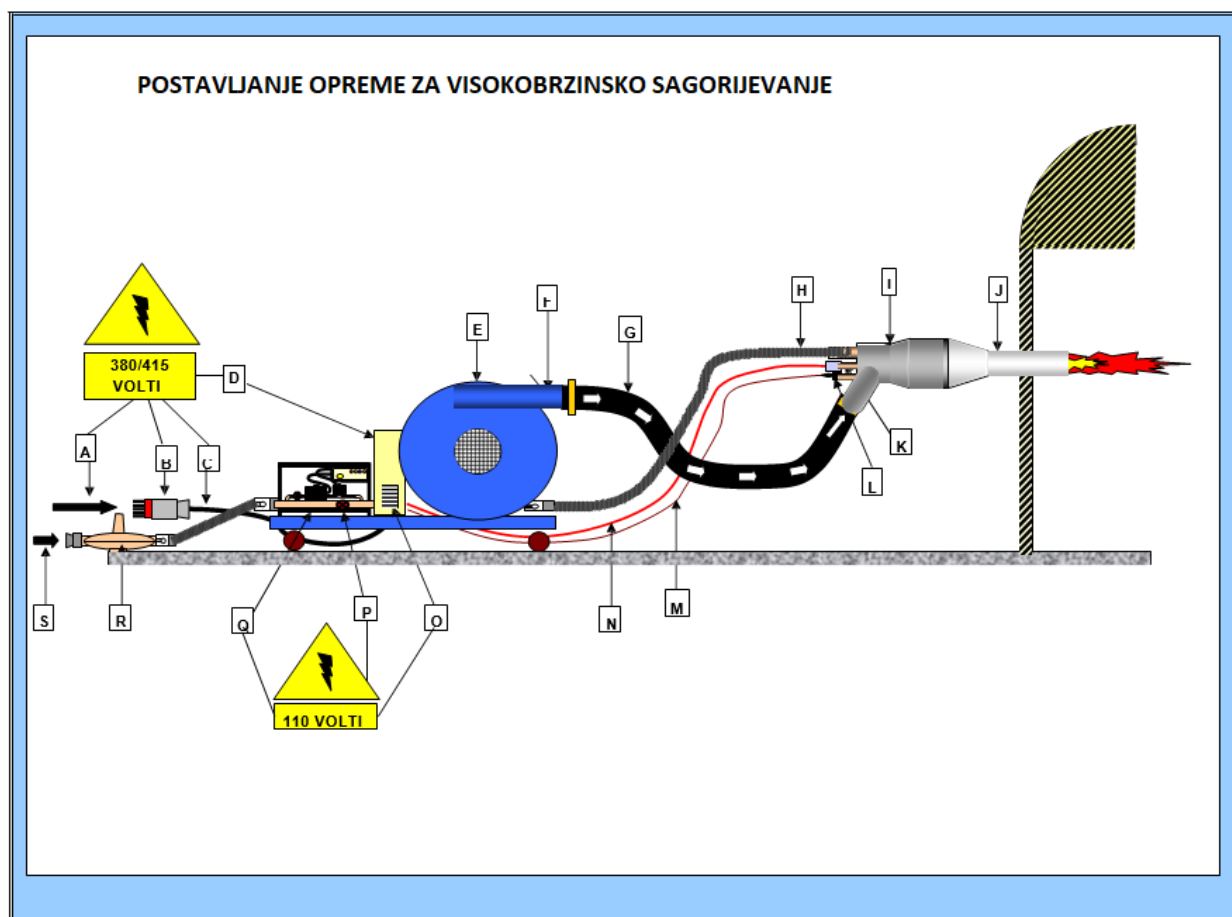
Zahtjevi za duljinu cijev ispušnog ventilatora treba biti instalirana na otvor pumpe i proširena do dna tanka na udaljenosti između 100 i 200 mm od vrha tanka. I neke cijevi od željeznog

lima koje se spajaju na cijev ispušnog ventilatora na dnu moraju biti produžene do sredine.

4. Balastni tankovi moraju biti prazni

5. Ne smiju se obavljati radovi gdje je potrebna veća temperatura ili otvoreni plamen u području tankova koji se toplinski odvršćuju ili blizu crijeva za plin.

6. Ne smije se bojati paluba u blizini tankova koji se utvrđuju toplinom ili blizu plinskog crijeva.



Slika 5.1. Postavljanje opreme za visokobrzinsko sagorijevanje [2]

A – električno napajanje 380/415 Volti

K – jedinica UV senzora za plamen (UVS1)

B – 380/415, 63 AMP 5 PIN utikač

L – svjećica za paljenje

C – električni kabel za napajanje

M – kabel svjećice za transformator

D – „Star Delta“ startna jedinica

E – prienosni ventilator zraka za izgaranje

O – transformator za zračni ventilator

F – kontrola zaklopke zraka za izgaranje

G – 8" silikonsko crijevo za zrak

H – 2" crijevo za visokotlačni plin

Q – kabel od FFU jedinice prema transformatoru na zračnom ventilatoru

I – gorač za gorivo velike brzine

J – mlaznica od nehrđajućeg čelika („konus“)

R – jedinica za regulaciju tlaka plina

S – ulaz za dovod plina

P – jedinica za otkrivanje grešaka plamena (FFU) (radi na 110 V dobivenih od transformatora zračnog ventilatora)

N – kabel za povezivanje senzorske jedinice plamena i jedinice za otkrivanje grešaka plamena

7. Napajanje mora biti 380 volti, 250 ampera s električnim kabelom 4×63 sekcije. Svjetla na svim palubama moraju biti uključena noću, a tank u kojem se radi očvršćivanje toplinom treba biti opskrbljen prijenosnim projektorskim svjetlom. Električna energija mora biti dostavljena bez prekida.
8. Mora se uspostaviti sigurnosna zona oko plinskih boca, tanka tereta i potrebnog radnog prostora na palubi. Aparati za gašenje požara moraju se postaviti oko plinskih boca, upravljačke kutije i drugih kritičnih točaka. Tijekom procesa stvrdnjavanja toplinom (24 sata), potrebno je angažirati vatrogasnu ophodnju. Zatim, sav zapaljivi materijal koji se nalazi na palubi mora se ukloniti. Zabranjen je svaki rad koji podrazumijeva veću toplinu ili otvoreni plamen na palubi ili oko plinskih boca.
9. Dizalica mora biti u pripravnosti 24 sata tijekom rada za kretanje opreme (obavijest će biti poslana 4 sata prije). Ista također treba uzeti opremu na palubu i vratiti je.
10. Odgovarajuća zaštita mora biti postavljena iznad otvora grotla svih tankova koji se oblažu. Osim toga, oko ulaznih otvora tankova koji se premazuju potrebno je postaviti štitnike za vodu kako bi se spriječilo otjecanje kišnice u tank. Zaklone od kiše i štitnike za vodu potrebno je podići i održavati cijelo vrijeme kako bi se osigurala zaštita u slučaju iznenadne kišne oluje. [2]

### 5.3. Tehnički pregled i kontrola projekta

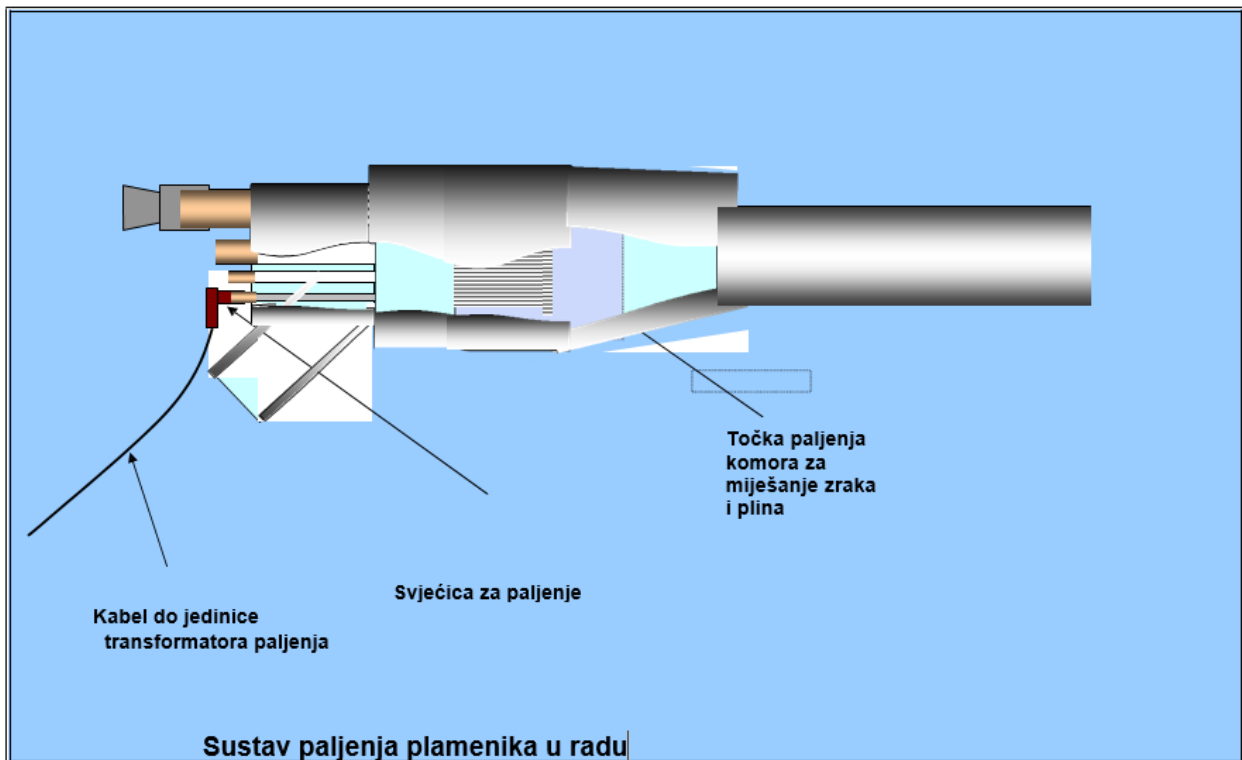
Kontrola projekta redovitim pregledom i dogovorom o budućim akcijama ključna je za uspješne projekte premazivanja tankova i za maksimiziranje potencijala sustava premazivanja. Sve strane uključene u rad na presvlačenju tankova tereta moraju se dogovoriti o proceduri inspekcije prije početka radova, u kojoj bi trebalo biti naznačeno kako i kada će se poduzeti i rad i inspekcija. Prije početka projekta izvođač(i) moraju dobiti kopije relevantnih listova s podacima o proizvodu. Treba



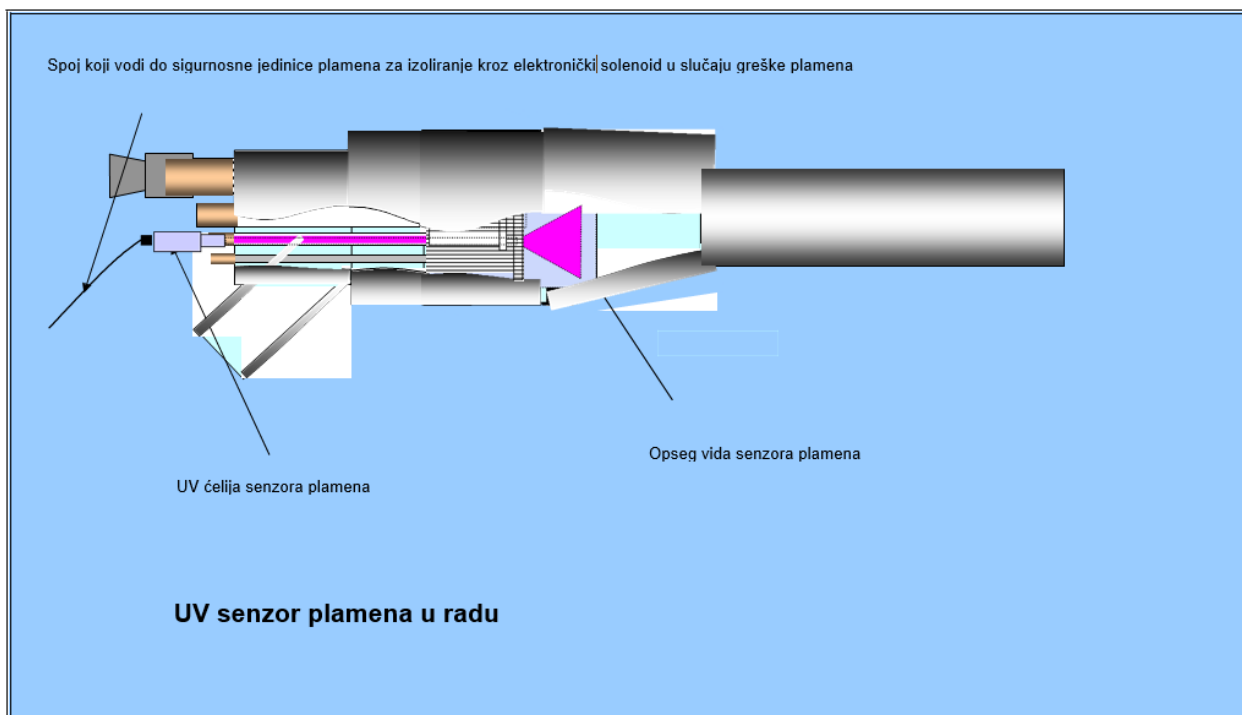
obratiti pozornost na veličinu pakiranja, omjere miješanja, ograničenja razrjeđivanja itd. Predstavnik tehničke službe International Painta mora biti prisutan tijekom početnog miješanja prvih bačvi proizvoda koji se nanosi kako bi se osiguralo da su sve strane upoznate s karakteristikama miješanja i nanošenja. Treba organizirati dnevne sastanke kako bi se potvrdilo izvršenje rada i rasporedi inspekcija, a zapisnici tih sastanaka moraju se voditi i moraju se podijeliti svim sudionicima. Ovim sastancima obično bi prisustvovali predstavnici izvođača radova, brodogradilišta i vlasnika broda. U slučaju nastavka radova u bilo kojoj fazi, bez odobrenja International Painta, tvrtka se ne može smatrati odgovornom za bilo kakav naknadni nedostatak sustava premaza tanka na dotičnim područjima. Ta područja MORAJU biti posebno isključena iz jamstva izvedbe. Takav slučaj naziva se IZNIMKA. Sve strane MORAJU biti službeno obaviještene u pisanom obliku korištenjem standardnog Međunarodnog obrasca za izvješće o izuzeću premaza boje. International Paint i bilo koje drugo ovlašteno osoblje može pregledati bilo koju fazu u procesu. Ako se dodatni pregledi smatraju potrebnim zbog uvjeta na gradilištu ili dogovora prije početka ugovora, tada izvođač mora dobiti pismeno odobrenje za tu fazu od International Painta prije nastavka. Izvođači moraju osigurati tumače ako je potrebno.

Po završetku ugovora, svu relevantnu dokumentaciju mora zadržati i prikladno arhivirati (na minimalno razdoblje od 12 godina ili dulje ako to zahtijeva jamstveni rok ili je definirano lokalnim procedurama) lokalni upravitelj tehničke službe. Inspekcijska oprema za mjerenje profilne dubine pjeskarenja, relativne vlažnosti, debljine mokrog i suhog premaza itd. treba biti odobrenih tipova i biti ispravno kalibrirana.

Napomena: prilikom mjerenja debljine suhog sloja premaza, DFT mjerač mora biti kalibriran prije upotrebe i mjerenja moraju biti obavljena u skladu s ISO 2808:2007, osim ako propisi nalažu da se treba koristiti alternativni standard. [2]



*Slika 5.2. Sustav paljenja plamenika u radu [2]*



*Slika 5.3. UV senzor plamena u radu [2]*

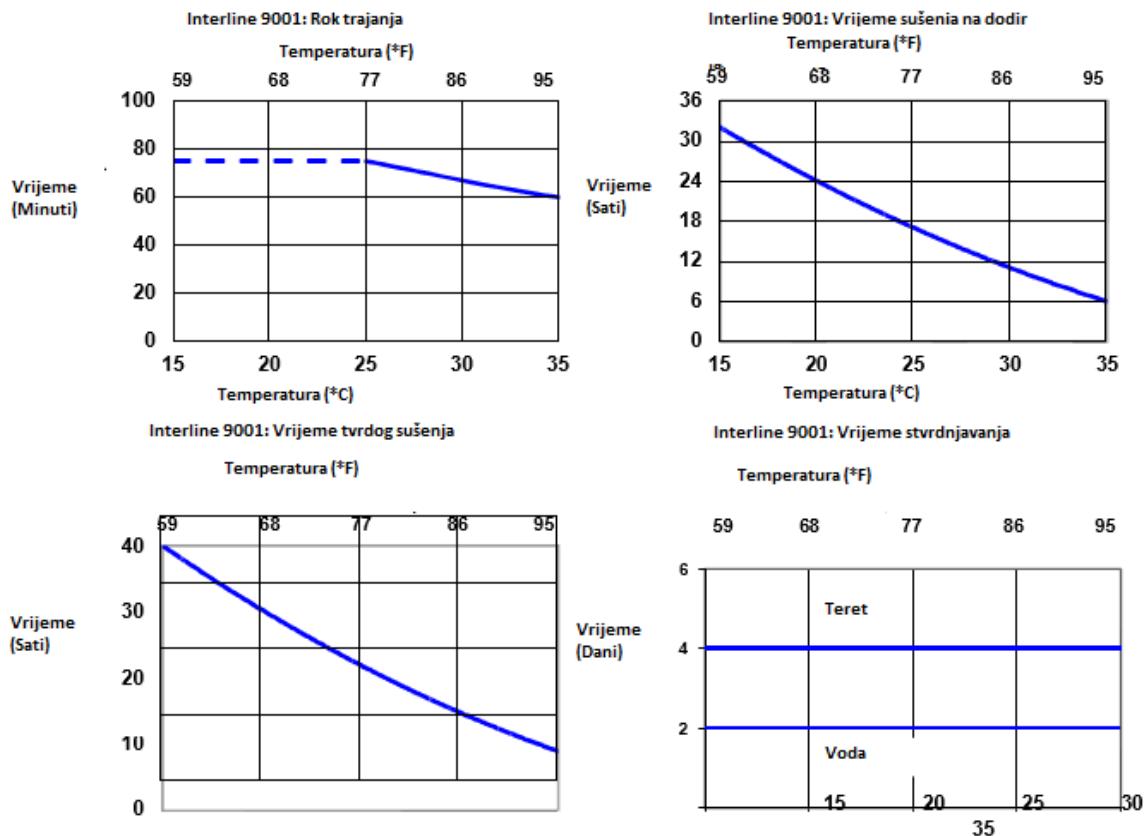
#### 5.4. Priprema za pjeskarenje

Prije početka pjeskarenja, važno je da tankovi budu čisti, suhi i u stanju pogodnom za pripremu površine i nanošenje premaza za tankove. Sljedeće ukratko opisuje minimalne zahtjeve:

Tankovi moraju biti očišćeni i bez plina. Svi prisutni mjehurići moraju se rasprsnuti, a kapljice mjehurića ukloniti s površine. Teški kamenac mora se ukloniti sa svih površina. Kamenac, krhotine i ostaci tereta moraju se ukloniti iz tankova. Sva masnoća i ulje moraju biti uklonjeni sa svih površina. Svi radovi koji podrazumijevaju otvoreni plamen ili prekomjernu toplinu u tankovima moraju biti završeni. Teretne usisne košare (ako su ugrađene) treba ukloniti kako bi se omogućio potpuni pristup. Svi tankovi moraju biti oprani slatkom vodom. Zrak koji se koristi za pjeskarenje mora biti čist, bez ulja i suh. Pritisak bi trebao biti najmanje 7 kg/cm<sup>2</sup> (100 lb/sq inča) na mlaznici. Dva glavna univerzalna standarda pripreme površine obično su specificirana za premaze tankova tereta - ISO standard ISO 8501-1 (2007) – Sa2½ i Sa3. [3]

#### 5.5. Pjeskarenje i nanošenje premaza

Pjeskarenje cijelog tanka prema ISO standardu 8501-1 (2007) - Sa2½. Potrebno je 50 i 100 mikrona (2 i 4 mila). Slojevi na manje pristupačnim mjestima se nanose između svakog punog sloja. Kako bi izbjegli probleme s loše izmješanom bojom u lošem omjeru i rizik od egzotermne topline, moraju se koristiti samo puna, svježe izmješana pakiranja Interlinea od 4 ili 5 litara 9001. Slika 5.4. na sljedećoj stranici pokazuje nam grafove za preporučene intervale nanošenja drugog premaza, vrijeme upotrebe i zahtjeve za stvrdnjavanje. Posebnu pozornost treba obratiti na potencijalne padove temperature tijekom stvrdnjavanja (npr. preko noći), pri čemu se konzultiraju preporučeni intervale prevlačenja/zahtjevi za stvrdnjavanje. Popravak oštećenja nastalih tijekom uklanjanja konstrukcije mora se obaviti s Interline 9001 četkom do minimalne suhe debljine premaza od 240 mikrona (9,45 mil). Sve debljine mora provjeriti Međunarodna tehnička služba za boje Predstavnik na licu mjesta. Sva područja ispod standarda moraju se ispraviti. Potrebno je razdoblje indukcije od 15 minuta nakon miješanja, prije nanošenja Interline 9001. Vrijeme indukcije omogućuje kemijskoj reakciji da dosegne potrebnu fazu. U boji, to je vrijeme koje mora proći nakon miješanja svježeg materijala boje prije nego što se započne zadovoljavajuća aplikacija. Temperatura boje mora biti najmanje 20°C u svim fazama tijekom indukcije i nanošenja. Tijekom nanošenja i do prvih 48 sati nakon nanošenja završnog sloja, temperatura čelika mora biti najmanje 15°C (59°F) i ne smije prelaziti 40°C (104°F). Tijekom nanošenja i do prvih 48 sati nakon nanošenja završnog sloja, relativna vlažnost zraka ne smije prelaziti 50 % RH. Područja prekomjernog prskanja moraju se izbrusiti prije nanošenja sljedećeg premaza. [3]



Slika 5.4. Grafovi "Roka trajanja", "Vremena sušenja na dodir", "Vremena tvrdog sušenja", "Vremena stvrdnjavanja". [3]

## 5.6. Metoda stvrdnjavanja

Žica električnog termometra pričvršćena je na površinu premaza pomoću magneta kako bi se očitale i zabilježile temperature čelika tijekom procesa stvrdnjavanja toplinom. Termometri trebaju biti izolirani kako bi se osiguralo ispravno bilježenje temperature čelika. Veličina tanka će odrediti broj termometara potrebnih za osiguranje ravnomjernog stvrdnjavanja premaza. Za većinu tankova bilo bi potrebno oko 9 termometara unutar tanka tereta, ali veći tankovi mogu zahtijevati više i o tome bi trebao odlučiti stručnjak za toplinsko očvršćavanje na licu mjesta. Postavljanje termometara također je važno i treba ga ispravno zacrtati prije početka stvrdnjavanja toplinom.

Idealno je koristiti žicu termoelementa tipa J sa zapisivačem dijagrama 0-250°C. To osigurava točnost očitavanja i omogućuje nam da znamo da je premaz očvrstnuo. Ako žica tipa J nije dostupna, tada je moguće koristiti žicu tipa K za izvođenje stvrdnjavanja, iako se to ne preporučuje. Što se tiče snimača grafikona, ne preporuča se ići na snimače viših temperatura jer njihova točnost na nižim temperaturama nije baš dobra i mogu biti odmaknuti za čak 10% u svakom slučaju. S našom

novom računalnom upravljanim opremom to nije problem, no ako za izvođenje radova koristimo izvođača treće strane, bit će važno dokumentirati sve te informacije.

Razvodne cijevi, koje inače isporučuje brodogradilište, postavljaju se kroz odgovarajuće otvore na palubi (*butterworth*, pumpa, radar ili neki drugi otvor) kako bi se zrak doveo do nižih dijelova tanka. Izolirati razvodne cijevi od izvora kroz točku prodora na palubu do najmanje 1 metar ispod ruba palube. Duljina ovih cijevi ne smije biti manja od 1 metra od ruba palube i ne više od 2 metra od vrha tanka. Na većim tankovima može biti potrebno postaviti dodatne cijevi kako bi se vrući zrak usmjerio u najudaljenije kutove i potencijalna hladna mjesta u donjim dijelovima tanka. Veličina tanka će odrediti broj razvodnih cijevi (plamenika) potrebnih za postizanje pravilnog stvrđavanja i treba je u skladu s tim zacrtati. U slučaju vrlo malih tankova, distribucijska cijev možda neće biti potrebna, ali to je odluka koju relevantni ured i specijalist za toplinsko očvršćavanje moraju donijeti zajedno. Veličine razvodnih cijevi su od DN 150 – DN 230. Standardni snabdjevač vrućeg zraka jače snage opremljen konusom promjera 600 mm × 180 mm umetnut je u razvodnu cijev. Električni termometar od nehrđajućeg čelika od 1500 mm postavljen je izravno u protok zraka za izgaranje kako bi se omogućilo praćenje i podešavanje izlazne temperature. Mora se izbjegavati dodir plamena s površinom premaza.

Vrući zrak se tjera u razvodnu cijev pomoću ventilatora jače snage. Ovi ventilatori su dizajnirani posebno za ovu svrhu i mogu postići ovaj proces na malim brodovima (1500 dwt), ali i većim brodovima (45 000 dwt). Ventilatori moraju ispravno raditi kako bi bili učinkoviti i trebaju se držati podalje od zatvorenih prostora (kapacitet našeg ventilatora je 3500 m<sup>3</sup>/h i tlak od 1000 mm/s).

Prolaz se obično odabire kao ispušni otvor jer poklopac možemo koristiti kao ploču za podešavanje. Sve druge prodore na palubi treba pomno nadzirati kako bi se izbjeglo "dimnjačenje". Dimnjačenje je učinak gdje zračni prostor neposredno iznad glave može postati izolator zbog zagrijanog zraka koji se diže iz jednog otvora i zamjenjuje ga hladni zrak koji ulazi u drugi. To narušava ujednačenost temperature unutar tanka i smanjuje učinkovitost goriva. To se lako može izbjeći održavanjem laganog pozitivnog tlaka u tanku cijelo vrijeme.

Prilikom "gašenja" plamenika, omjer zraka i plina postavlja se na razinu paljenja. Odmah nakon što se plamen uspostavi i registrira uređajem za kontrolu plamena, postavke se podešavaju kako bi se dobio stabilan plamen na minimalnom plinu i maksimalnom zraku. Pusti se da se temperatura

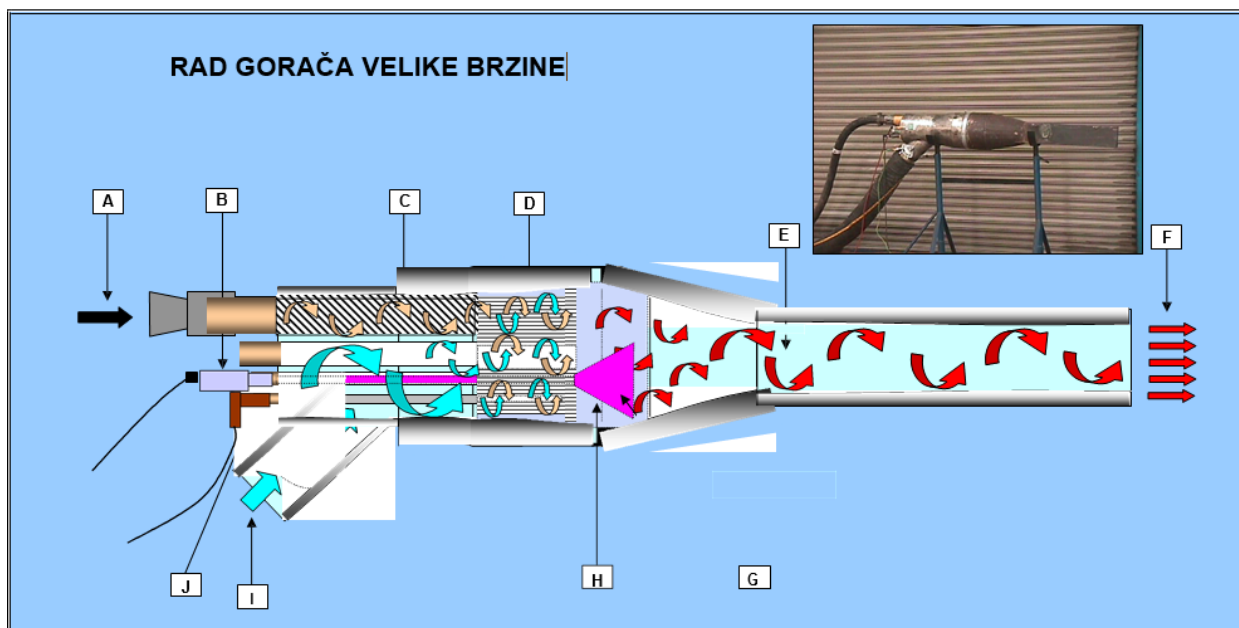
zraka u tanku stabilizira, nakon čega počinje rampa unaprijed određenom brzinom. Prate se sljedeći podaci:

1. temperatura premaza/površine (konstantno)
2. temperatura zraka za izgaranje (konstantno)
3. mješavina zraka (prema potrebi)
4. susjedna pregrada (prema potrebi).

Kontrola se postiže podešavanjem temperature zraka za izgaranje kako bi se postigli naznačeni rasponi temperature čelika (90-110°C). Vrijeme namakanja počinje kada svi termometri registriraju minimalnu temperaturu.

Primjenjujemo ograničenja površinske temperature između 90 Celzija i 130 Celzija. Povećavamo temperaturu minimalno 10 stupnjeva Celzijevih, a maksimalno 20 stupnjeva Celzijevih na sat. A onda kada dostignemo minimalnih 90 stupnjeva, počinje vrijeme stvrdnjavanja. Primjenjujemo između 90 i 130 Celzija minimalno 8 sati do 15.000 dwt i između 90 do 130 Celzija minimalno 10 sati od 15.000 dwts do 25.000 dwts, a 12 sati za 25.000 dwts ili više. Zatim, hladimo tankove jedan sat.

Koristimo dva plamenika i dva ventilatora tijekom standardne operacije stvrdnjavanja toplinom. Nakon 15.000 dwt prema veličini tanka koristimo minimalno 3 plamenika i 3 ventilatora, do 4 plamenika i 4 ventilatora, ovisno o tlaku i opskrbi plinom, veličini broda i konfiguraciji tanka. Konačnu odluku donosi APC-ova korporativna tehnička služba. [2]



Slika 5.5. Rad gorača velike brzine [2]

A - opskrba plinom

F – vrela zrak

B – jedinica UV senzora

G – opseg vidnog polja jedinice UV  
senzora

C – 2" dovod plina u komoru za izgaranje

H – iskra paljenja

D – komora za izgaranje

I – ulaz zraka za izgaranje

E – konus od nehrđajućeg čelika (plamen i velike količine zraka za izgaranje)

J – upaljač svjećice

## 5.7. Postupci popravaka

Ovi se postupci popravka preporučuju za oštećenja, bilo u početnoj fazi premaza ili tamo gdje je došlo do oštećenja premaza tijekom radnog vijeka broda.

Preporučeni postupak popravka ovisit će o opsegu oštećenja, ali se može podijeliti na:

- i) popravci većih područja
- ii) popravci manjih područja.

S velikim popravkom bi se u biti trebalo pozabaviti kao da projekt počinje. Prethodno dane preporuke za pripremu čelika, nanošenje premaza itd. MORAJU se poštivati.

Pod manjim popravcima podrazumijevaju se popravci područja oštećenih bilo u početnoj fazi premazivanja, tj. uzrokovani uklanjanjem skele i sl. ili uzrokovani tijekom rada, tj. oštećenja opreme za čišćenje tanka, točkasta korozija itd. Glavni zahtjevi su:

1. Područje koje se popravlja mora biti oprano slatkom vodom i osušeno. Uklonite svu koroziju na jedan od sljedećih načina:
  - vakuumsko pjeskarenje
  - ručnim alatom, npr. namjenskim brusilicama.
2. Neravnine, tj. udubljenja koja, prema mišljenju Klasifikacijskog društva, ne trebaju ponovno zavarivanje, treba pripremiti igličastim pištoljem i/ili stožastom brusilicom kako bi se uklonile naslage korozije.
3. Ne preporuča se koristiti punilo u udubljenjima jer je malo vjerojatno da će pružiti otpornost na teret i cikličku otpornost Interline 9001.
4. Izbrusite područje neposredno oko popravka kako biste osigurali temelj za naknadno nanošenje boje.
5. Nanesite sustav boje u skladu s našim preporukama. Ako se radi o malim površinama i nanosi se četkom, može biti potrebno nekoliko slojeva kako bi se postigla ispravna debljina suhog sloja.
6. Nakon nanošenja prvog sloja, sljedeća područja mogu se ponovno izbrusiti
  - područja gdje je premaz ostao „visjeti“
  - područja gdje se boja više razlila
  - područja gdje je došlo do prskanja boje
  - područja prekomjerne primjene.
7. Kako biste izbjegli oštećenje premaza, strugalice (raškete) se ne smiju koristiti za manje popravke premaza. Tamo gdje je nakon dotjerivanja potrebno nanošenje punih slojeva, potrebno je pridržavati se minimalnih intervala međupremaza. Vrijeme stvrdnjavanja - kada su obavljene manji popravci, vrijeme stvrdnjavanja može se smanjiti na 75 % preporučenog za primjene s punim tankom. [3]

## 5.8. Ventilacija

Ventilacija je neophodna tijekom operacija abrazivnog pjeskarenja kako bi se osigurala odgovarajuća vidljivost. Fleksibilne cijevi treba koristiti kako bi se omogućilo da točka usisa bude blizu osoblja koje izvodi pjeskarenje. Tijekom i nakon nanošenja premaza bitno je ukloniti pare



otapala kako bi se osiguralo da razina prisutna u atmosferi ne dosegne ili premaši 1 % volumena u zraku (ovo je donja granica eksplozivnosti ili LEL). To znači da ventilacijski sustav mora biti postavljen tako da ne postoje "mrtvi prostori" i da se ventilacija mora nastaviti, kako tijekom vremena nanošenja, tako i dok se otapalo oslobađa iz sloja boje tijekom procesa sušenja. Posebno se mora paziti da se pare otapala, koje su teže od zraka, ne nakupljaju u donjim dijelovima tanka. Količina zraka po minuti za ventilaciju do 10% LEL (preporučeno) može se smatrati potrebnom količinom zraka pomnoženom s brzinom primjene po minuti. Potrebna količina zraka je količina zraka potrebna za svaku litru boje da se ventilira do potrebne razine.

RAQ = Potrebna količina zraka

LEL = Niska granica eksplozivnosti

Za RAQ i LEL vrijednosti treba kontaktirati International Paint.

Potrebna ventilacija (m<sup>3</sup>/minuta) = RAQ x količina primjene (litra/minuta). Vjerojatna približna količina nanošenja može se izračunati iz brojki dostupnih od dobavljača opreme za nanošenje i ovisit će o tlaku pumpe za raspršivanje bez zraka i veličini otvora korištenog vrha.

Geometrija i veličina tanka čini svaki od njih zasebnim problemom, a bitno je da se provjeri prikladnost ventilacijskog rasporeda i tip ventilatora prije početka bojanja. U slučaju kvara sustava ekstrakcije/ventilacije, nanošenje boje mora se prekinuti, a osoblje odmah evakuirati iz tanka.

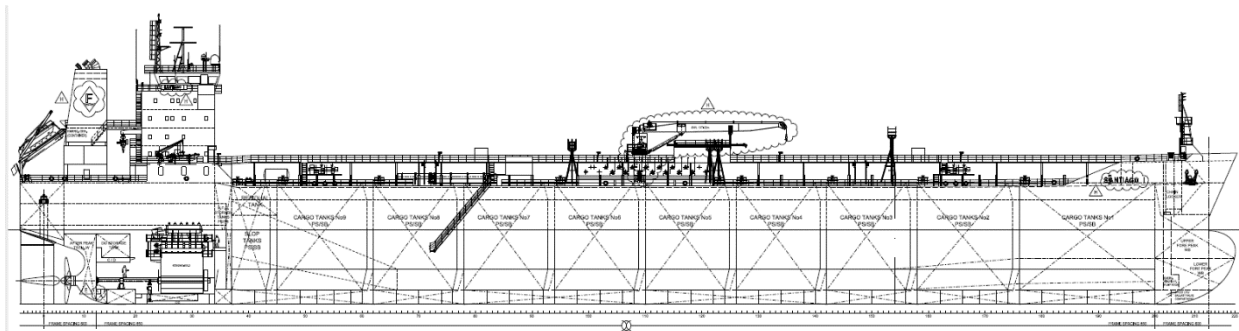
Nijedan ventilacijski sustav ne može smanjiti razine para otapala ispod granice profesionalne izloženosti za otapala dok je premaz tanka u tijeku. Osoblje koje to izvodi stoga mora nositi kapuljače s dovodom zraka ili maske s dovodom zraka i dodatnom zaštitom za oči. (Napomena: dostupne su kapuljače s dovodom zraka koje stvaraju zračnu zavjesu preko vizira. One pomažu u sprječavanju taloženja maglice na viziru). Mora se nositi zaštitna odjeća, npr. kombinezon, rukavice i odgovarajuća obuća koja ne iskri. [3]

## 5.9. Uklanjanje izvora paljenja

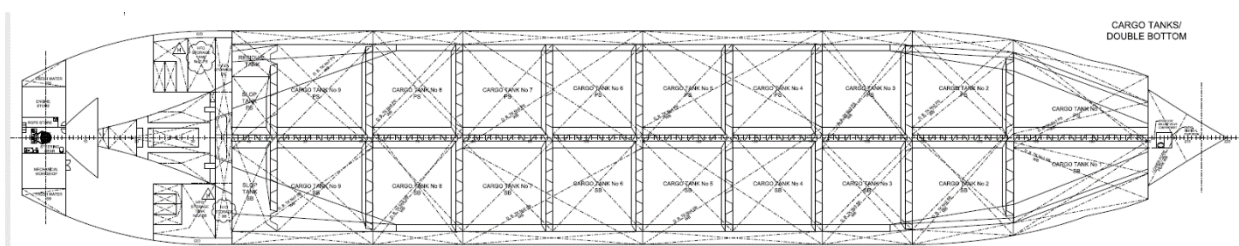
Sigurnost je najvažnija stvar kod ove vrste premazivanja tankova, a izvođač i posada moraju biti u potpunosti upoznati sa svim aspektima operacije. Varenje, rezanje ili brušenje u tanku mora biti zabranjeno sve dok se pare boje potpuno ne odzrače. Ovo se također odnosi na sva područja unutar radijusa od 20 m (60 stopa) od izlaza tanka i kanala. Zavoji i otvori grotla moraju biti pokriveni kako bi se učinkovito spriječio ulazak iskre tamo gdje se izvodi zavarivanje na nadgrađu. Svjetla, uključujući ručne svjetiljke, moraju biti certificirana od proizvođača kao otporna na bljesak i prikladna za upotrebu u atmosferama punim otapala.

Pušenje mora biti zabranjeno u ili blizu tanka ili sustava za ekstrakciju. U tankovima ne smiju postojati električne razvodne kutije. Oprema za raspršivanje bez zraka mora biti uzemljena (zbog opasnosti od nakupljanja statičkog elektriciteta). Mobilni telefoni, električne kamere i bilo koja oprema koja nije sama po sebi sigurna, ne smije se koristiti u ili blizu tanka ili sustava za ekstrakciju dok pare boje potpuno ne ishlape. [3]

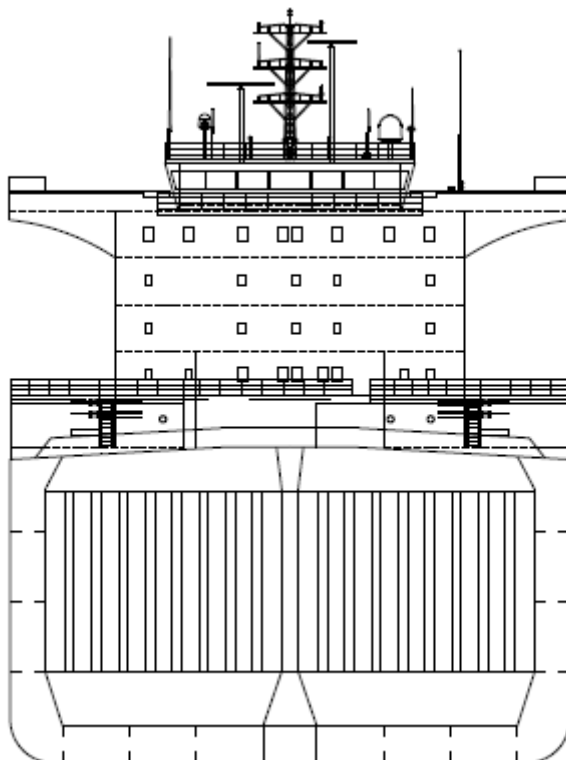
## 6. AKTIVNOSTI OPREMANJA TANKA TERETA NA TANKERU ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA



Slika 6.1. Nacrt tankera za prijevoz kemikalija



Slika 6.2. Tlocrt tankera za prijevoz kemikalija



Slika 6.3. Bokocrt tankera za prijevoz kemikalija

Opremanje tanka tereta na tankeru za prijevoz kemikalija sastoji od sljedećih radova:

1. Cjevarski radovi

- a. Montaža cjevovoda grijanja tankova tereta
  - b. Montaža spusne cijevi tereta
  - c. Montaža priključaka tankova tereta
  - d. Montaža cjevovoda za sondiranje tankova tereta
  - e. Montaža odušnika tankova tereta ( P/V ventili)
2. Bravarski radovi
- a. Montaža ljestvi tankova tereta
  - b. Montaža platformi tankova tereta
  - c. Montaža ograda i rukohvata tankova tereta
  - d. Montaža grotlašca tankova tereta
3. Mehaničarski radovi
- a. Montaža uronjene pumpe
  - b. Montaža mašina za pranje tankova tereta
  - c. Montaža tank radara
  - d. Montaža alarma nivoa
  - e. Montaža uređaja za uzimanje uzoraka
  - f. Montaža uređaja za mjerenje temperature tereta
4. Bojenje tankova tereta
- a. Priprema površine (steel work)
  - b. Brušenje zavarenih djelova
  - c. Pjeskarenje površine tankova tereta
  - d. Bojenje tankova tereta
  - e. Stvrđnjavanje (hot curing)

Nakon toga vrši se ispitivanje svih prethodno navedenih radova. Struke koje vrše opremanje tankova tereta su: cjevvari, bravari, mehaničari, pituri i ispitivači. U ovom projektu susrešćemo se sa pojmom mrežni dijagram što predstavlja alat upravljanja kvalitetom, kojim se predstavlja tijek aktivnosti pri realizaciji određenog zadatka. Za realizaciju projekta potrebno je vidljiv odnos između grupa, koraka i zadataka. Moguće je vidjeti ukupno vrijeme potrebno za zaključenje projekta, redoslijed po kojemu se aktivnosti moraju odvijati, koje se aktivnosti mogu odvijati istovremeno, te koje su kritične aktivnosti iz mrežnog dijagrama aktivnosti. U mrežnom dijagramu se ucrtavaju grane koje predstavljaju aktivnosti, dok čvorovi u mreži predstavljaju trenutak početka ili završetka aktivnosti. Aktivnost koja slijedi iz pojedinog čvora može započeti tek kada su završene sve aktivnosti koje ulaze u pojedini čvor. Kod primjene metode mrežnog planiranja koristi se mrežni dijagram za prikaz međuovisnosti aktivnosti

projekta, pri čemu postoje razrađena pravila za crtanje dijagrama. Također, mrežni dijagram predstavlja dobru podlogu za analizu vremena i troškova potrebnih za izvršenje projekta.

Imamo dvije glavne vrste mrežnih dijagrama u kontroliranju projekta:

1. Metoda dijagrama sa strelicama (Arrow Diagram method, ADM)
2. Metoda dijagrama prednosti (Precedence Diagram Method, PDM)

Metoda dijagrama sa strelicama (Arrow Diagram Method - ADM) je tehnika planiranja i prikaza međuovisnosti aktivnosti u projektu. Ova metoda se također naziva i metoda aktivnosti na mreži (Activity-on-Arrow method) zbog načina prikaza aktivnosti putem strelica na dijagramu. ADM koristi usmjereni graf s aktivnostima kao strelicama i čvorovima koji predstavljaju trenutak početka ili završetka aktivnosti. Strelice predstavljaju aktivnosti, a veze između njih prikazuju međuovisnosti između aktivnosti. Najčešće korištena međuovisnost je FS (Finish-to-Start), što znači da se naredna aktivnost može započeti tek nakon završetka prethodne aktivnosti. Prednost ADM metode je u jednostavnom i brzom prikazu koji ne zahtijeva previše vremena u izradi dijagrama. ADM dijagram pruža vizualni pregled redoslijeda aktivnosti, vremenskih ograničenja i međuovisnosti između njih. Nedostatak ADM metode je u tome što ne pruža mogućnost direktnog prikaza ubrzanja i kašnjenja aktivnosti. Da bi se to prikazalo, potrebno je unijeti nove elemente u dijagram. Također, ADM dijagram ne daje detaljne informacije o resursima i troškovima projekta. ADM metoda se često koristi u kombinaciji s drugim tehnikama kao dio šireg planiranja projekta, kao što su kritična put metoda (Critical Path Method - CPM) ili Program Evaluation and Review Technique (PERT).

Metoda dijagrama prednosti (Precedence Diagram Method - PDM) je tehnika planiranja i prikaza međuovisnosti aktivnosti u projektu. Ova metoda se također naziva i metoda aktivnosti na čvorovima (Activity-on-Node method) zbog načina prikaza aktivnosti putem čvorova na dijagramu. PDM koristi usmjereni graf s čvorovima koji predstavljaju aktivnosti i veze između čvorova koje prikazuju međuovisnosti između aktivnosti. Veze između čvorova predstavljaju redoslijed izvođenja aktivnosti, odnosno međuovisnosti između njih. Najčešće korištene međuovisnosti su FS (Finish-to-Start), SS (Start-to-Start), SF (Start-to-Finish) i FF (Finish-to-Finish). PDM dijagram omogućava detaljniji prikaz međuovisnosti aktivnosti nego ADM dijagram. Osim redoslijeda izvođenja, PDM dijagram također može prikazati i druge informacije kao što su trajanje aktivnosti, resursi, ograničenja vremena i prioriteta. Prednost PDM metode je u tome što omogućava precizniji prikaz međuovisnosti i detaljniju analizu

resursa i vremena. Ovaj dijagram pruža bolji uvid u kritične aktivnosti i njihov utjecaj na ukupno trajanje projekta. Nedostatak PDM metode je u tome što zahtijeva više vremena i truda pri izradi dijagrama u usporedbi s ADM metodom. Također, PDM dijagram može postati kompleksan i teže čitljiv ako projekt sadrži veliki broj aktivnosti i međuovisnosti. PDM metoda se često koristi u kombinaciji s drugim tehnikama kao dio šireg planiranja projekta, kao što su kritična put metoda (Critical Path Method - CPM) ili Program Evaluation and Review Technique (PERT).

#### 6.1. Gantogram opremanja tanka tereta u realnom brodogradilištu (opisujemo samo prvi slučaj)

Kod prvog slučaja imamo da ukupno vrijeme trajanja opreme tankova tereta iznosi 319,2 dana odnosno 5.267,2 sati. Početak radova je 1.6. 2023. a završetak je 21.8.2024. Trajanje svake aktivnosti je procjenjeno od strane moga komentora profesora Rajka Rubeše, koji ima dugogodišnje iskustvo u renomiranim brodogradilištima kao što su brodogradilišta u Singapuru. Jedan od početnih koraka izrade Ms Projecta je definiranje broja radnika i satnica radnicima svih profesija. Satnice su prikazane na slici ispod

Resource Name	Type	Material	Initials	Group	Max.	Std. Rate	Ovt. Rate	Cost/Use	Accrue At	Base
Mehaničari (3)	Work		M	emp	100%	€36,00/hr	€36,00/hr	€105,00	Prorated	Standard
Bravari (3)	Work		B	emp	100%	€30,00/hr	€30,00/hr	€90,00	Prorated	Standard
Pituri (6)	Work		P	emp	100%	€60,00/hr	€60,00/hr	€180,00	Prorated	Standard
Cjevavi (3)	Work		C	emp	100%	€30,00/hr	€30,00/hr	€90,00	Prorated	Standard
Ispitivači/Mehan (1)	Work		I	emp	100%	€10,00/hr	€10,00/hr	€30,00	Prorated	Standard
Ispitivači/Bravari (1)	Work		I	emp	100%	€10,00/hr	€10,00/hr	€30,00	Prorated	Standard
Ispitivači/Cjevavi (1)	Work		I	emp	100%	€10,00/hr	€10,00/hr	€30,00	Prorated	Standard
Ispitivači/Pituri (1)	Work		I	emp	100%	€10,00/hr	€10,00/hr	€30,00	Prorated	Standard

Slika 6.4. Lista resursa za prvi slučaj

Kao što vidimo u prvoj koloni imamo vrste profesija i njihov broj, u sljedećoj koloni vidimo njihov status koji smo označili skraćenicom „emp“ što predstavlja employee ( hr. zaposlenik). Pored toga su definirane neto satnice koje iznose 12,00 eura za mehaničare i 10,00 eura za ostale radnike, također i satnice za prekovremeni sate iznose 12,00 eura za mehaničare i 10,00 eura za ostale profesije. Pored toga bruto satnica za 1 mehaničara iznosi 35,00 eura dok je za ostale profesije bruto satnica za jednog radnika iznosi 30,00 eura. U prvom slučaju uzećemo u obzir da je jedno zanimanje, jedan tim ljudi i koristit će se metoda effort driven gdje cijeli tim radi aktivnost. Ova metoda usmjerava sve resurse, odnosno radnike na jednu aktivnost s ciljem da bi bila što ranije završena. U svakoj brigadi ima određeni broj radnika i radni dan traje 8 sati. Sljedeće što ćemo napraviti je da ćemo definirati potreban broj radnika za prvi slučaj:

- Cjevarski radovi – brigada od 3 cjevvara

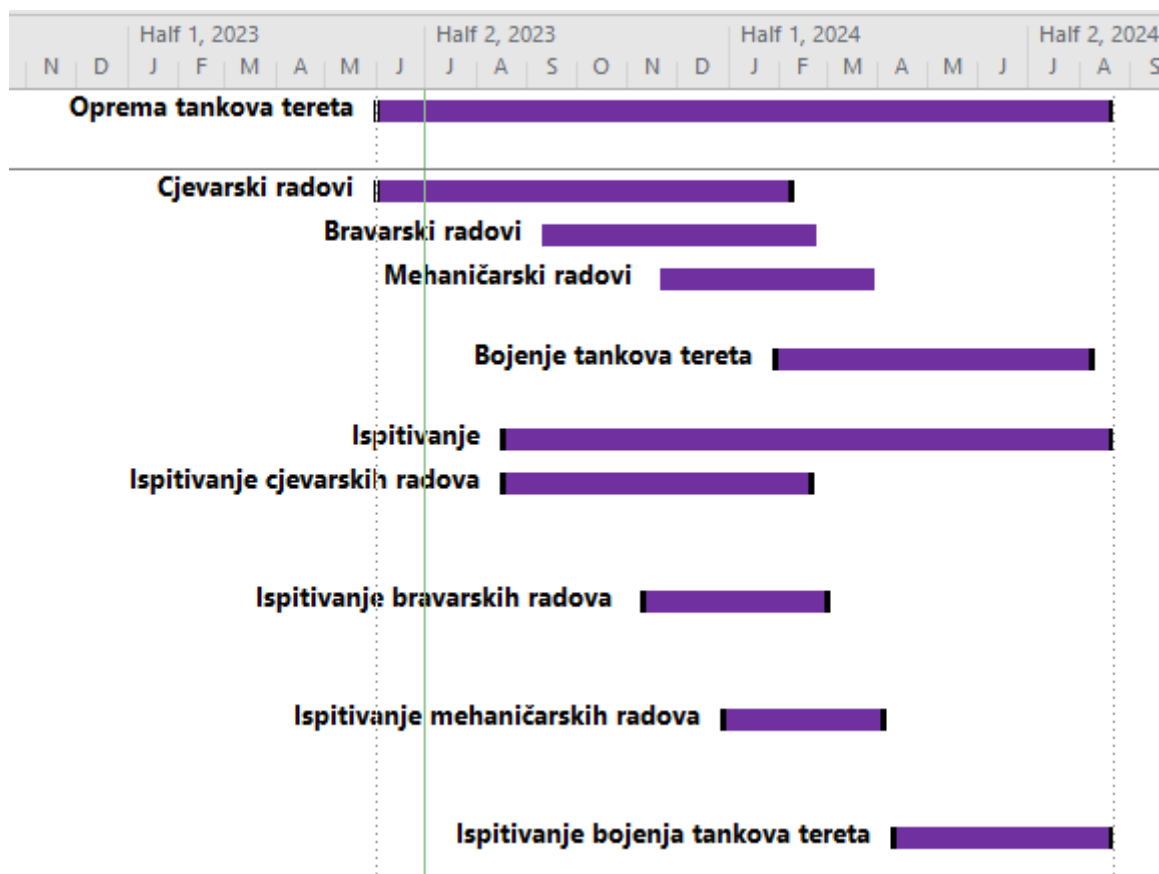
- Bravarski radovi – brigada od 3 bravara
- Mehaničarski radovi – brigada od 3 mehaničara
- Bojenje tankova tereta – brigada od 6 pitura
- Ispitivanje cjevarskih radova – brigada od 1 ispitivača
- Ispitivanje bravarskih radova – brigada od 1 ispitivača
- Ispitivanje mehaničarskih radova – brigada od 1 ispitivača
- Ispitivanje bojenja tankova tereta – brigada od 1 ispitivača

Popis aktivnosti prvog slučaja za opremanje tankova tereta tankera za prijevoz kemikalija prikazan je sljedećoj slici te ćemo na osnovu njega napraviti više varijacija opremanja, kako bi se ubrzao isti proces.

	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names	Cost	Work
1		◀ Oprema tankova tereta	319,2 days?	Thu 1.6.23	Wed 21.8.24			€177.109,60	5.267,2 hrs
2		▷ Cjevarski radovi	180 days	Thu 1.6.23	Wed 7.2.24			€43.650,00	1.440 hrs
8		▷ Bravarski radovi	116,8 days	Tue 12.9.23	Wed 21.2.24			€28.392,00	934,4 hrs
13		▷ Mehaničarski radovi	91,2 days	Wed 22.11.23	Thu 28.3.24			€26.895,60	729,6 hrs
20		▷ Bojenje tankova tereta	137,6 days	Tue 30.1.24	Thu 8.8.24			€66.948,00	1.100,8 hrs
26		◀ Ispitivanje	264,2 days?	Thu 17.8.23	Wed 21.8.24			€11.224,00	1.062,4 hrs
27		▷ Ispitivanje cjevarskih radova	133,6 days	Thu 17.8.23	Tue 20.2.24			€3.222,00	307,2 hrs
33		▷ Ispitivanje bravarskih radova	80,8 days	Fri 10.11.23	Fri 1.3.24			€1.976,00	185,6 hrs
38		▷ Ispitivanje mehaničarskih radova	69,6 days?	Fri 29.12.23	Thu 4.4.24			€1.844,00	166,4 hrs
45		▷ Ispitivanje bojenja tankova tereta	95,2 days	Wed 10.4.24	Wed 21.8.24			€4.182,00	403,2 hrs

Slika 6.5. Popis aktivnosti za prvi slučaj

U Ms Projectu, program sam program izrađuje potrebni gantogram na osnovu upisanih aktivnosti koje su definirane određenim datumom početka. Gantogram služi za lakšu vizualizaciju tijeka projekta. Na slici ispod prikazan je gantogram za prvi slučaj. Na osnovu slike vidimo da opremanje tankova tereta tankera za prijevoz kemikalija započinje s cjevarskim radovima, nakon toga započinju bravarski i mehaničarski radovi i nakon toga sljede bojenje tankova tereta. Ispitivanje podaktivnosti svake glavne aktivnosti započinje 3 dana nakon završetka odgovarajuće aktivnosti.



Slika 6.6. Gantogram za prvi slučaj

Kritični put je povezivanje aktivnosti svih aktivnosti od početne do završne, pritome je suma svih aktivnosti najveća. Kritični put se izražava i mjeri pomoću jedinice vremena, stoga aktivnost koja se nalazi na kritičnom putu se zove kritična aktivnost. U Ms Projectu, kritični put se definira kao skup aktivnosti koje moraju biti izvršene u određenom vremenskom roku kako bi se projekt uspješno završio na vrijeme. U Ms Projectu kada uđemo na „Ghantt Chart Format“ i stavimo kvačicu na „Critical Tasks“ ili kada pod izbornikom „View“ izaberemo „Critical“ na padajućim izbornicima koji se nalaze pod od segment „Data“ automatski se indentificira kritični put.

## 6.2. Prijedlog poboljšanja (pišemo sve slučajeve sem početnog)

Osim prvog slučaja napravio sam još 4 nova slučaja koja ću detaljnije obraditi u ovom podpoglavlju.

U drugom slučaju broj zaposlenih sam povećao za 100 posto, stoga je bruto i neto satnica povećana za 100 posto u odnosu na prvi slučaj. Primjerice, vidimo da sada neto satnica za mehaničare iznosi 72 eura po satu, a da bruto satnica također za mehaničare iznosi 210 eura za 6 radnika. Satnica za prekovremene sate ostaju iste kao i za normalne sate za svaku navedenu struku. Pored toga Max



Units je u prvom slučaju bio na 100% dok je sada na 200%. Detaljnije možemo iščitati na slici ispod

	Resource Name	Type	Material	Initials	Group	Max.	Std. Rate	Ovt. Rate	Cost/Use	Accrue At	Base
1	Mehaničari (6)	Work		M	emp	200%	€72,00/hr	€72,00/hr	€210,00	Prorated	Standard
2	Bravari (6)	Work		B	emp	200%	€60,00/hr	€60,00/hr	€180,00	Prorated	Standard
3	Pituri (12)	Work		P	emp	200%	€120,00/hr	€120,00/hr	€360,00	Prorated	Standard
4	Cjevari (6)	Work		C	emp	200%	€60,00/hr	€60,00/hr	€180,00	Prorated	Standard
5	Ispitivači/Mehan (2)	Work		I/M	emp	200%	€20,00/hr	€20,00/hr	€60,00	Prorated	Standard
6	Ispitivači/Bravari (2)	Work		I/B	emp	200%	€20,00/hr	€20,00/hr	€60,00	Prorated	Standard
7	Ispitivači/Cjevari (2)	Work		I/C	emp	200%	€20,00/hr	€20,00/hr	€60,00	Prorated	Standard
8	Ispitivači/Pituri (2)	Work		I/P	emp	200%	€20,00/hr	€20,00/hr	€60,00	Prorated	Standard

Slika 6.7. Lista resursa za drugi slučaj

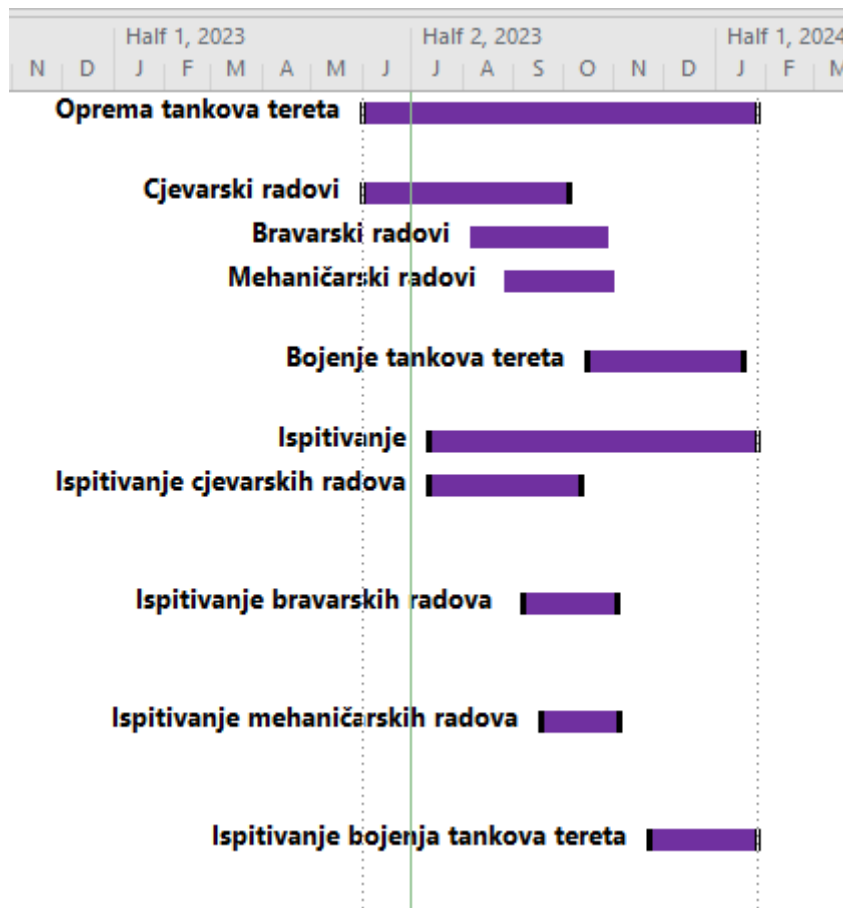
Također, u drugom slučaju vidimo da se ukupno vrijeme trajanja značajno skratilo i iznosi 171,6 dana dok su se ukupni troškovi udvostručili i sada iznose 360.099,2 eura. Statistički imamo:

- Povećanje ukupnog broja radnika sa 19 na 38 što iznosi 100% povećanja
- Povećanje ukupnog troška sa 177.109,6 na 360.099,2 što iznosi 103,32% povećanja
- Smanjenje ukupnog trajanja opremanja tankova tereta sa 319,2 dana na 171,6 što iznosi 46,24% smanjenja.

	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names	Cost	Work
1		▲ Oprema tankova tereta	171,6 days?	Thu 1.6.23	Fri 26.1.24			€360.099,20	5.267,2 hrs
2		▸ Cjevarski radovi	90 days	Thu 1.6.23	Wed 4.10.23			€88.200,00	1.440 hrs
8		▸ Bravarski radovi	58,4 days	Mon 7.8.23	Thu 26.10.23			€57.504,00	934,4 hrs
13		▸ Mehaničarski radovi	45,6 days	Mon 28.8.23	Mon 30.10.23			€55.051,20	729,6 hrs
20		▸ Bojenje tankova tereta	68,8 days	Mon 16.10.23	Thu 18.1.24			€135.696,00	1.100,8 hrs
26		▲ Ispitivanje	142,6 days?	Wed 12.7.23	Fri 26.1.24			€23.648,00	1.062,4 hrs
27		▸ Ispitivanje cjevarskih radova	66,8 days	Wed 12.7.23	Thu 12.10.23			€6.744,00	307,2 hrs
33		▸ Ispitivanje bravarskih radova	40,4 days	Thu 7.9.23	Thu 2.11.23			€4.192,00	185,6 hrs
38		▸ Ispitivanje mehaničarskih radova	34,8 days?	Mon 18.9.23	Fri 3.11.23			€4.048,00	166,4 hrs
45		▸ Ispitivanje bojenja tankova tereta	47,6 days	Wed 22.11.23	Fri 26.1.24			€8.664,00	403,2 hrs

Slika 6.8. Popis aktivnosti za drugi slučaj

Povećanjem broja radnika vrijeme se proporcionalno smanjivalo, te samim time ne dolazi do promjene u kritičnom putu, tako da je kritični put ostao nepromjenjiv što se može i vidjeti iz priloga 2.



Slika 6.9. Gantogram za drugi slučaj

U trećem slučaju imamo povećanje broja radnika samo za konkretne radove. Broj mehaničara, bravara i cjevvara smo povisili za 33% što znači da Max Units za navedena zanimanja iznosi 133%. Analogno tome raste i neto satnica, satnica za prekovremene sate i bruto satnica. U ovom slučaju imamo ukupno 22 zaposlenika.

	Resource Name	Type	Material	Initials	Group	Max.	Std. Rate	Ovt. Rate	Cost/Use	Accrue At	Base
1	Mehaničari (4)	Work		M	emp	133%	€48,00/hr	€48,00/hr	€140,00	Prorated	Standard
2	Bravari (4)	Work		B	emp	133%	€40,00/hr	€40,00/hr	€120,00	Prorated	Standard
3	Pituri (6)	Work		P	emp	100%	€60,00/hr	€60,00/hr	€180,00	Prorated	Standard
4	Cjevvari (4)	Work		C	emp	133%	€40,00/hr	€40,00/hr	€120,00	Prorated	Standard
5	Ispitivači/Mehan (1)	Work		I	emp	100%	€10,00/hr	€10,00/hr	€30,00	Prorated	Standard
6	Ispitivači/Bravari (1)	Work		I	emp	100%	€10,00/hr	€10,00/hr	€30,00	Prorated	Standard
7	Ispitivači/Cjevvari (1)	Work		I	emp	100%	€10,00/hr	€10,00/hr	€30,00	Prorated	Standard
8	Ispitivači/Pituri (1)	Work		I	emp	100%	€10,00/hr	€10,00/hr	€30,00	Prorated	Standard

Slika 6.10. Lista resursa za treći slučaj

Izrada ovog slučaja će nam prikazati što se događa s trajanjem vremenske aktivnosti i sa njezinom cjenom kada se samo na određenoj aktivnosti poveća broj radnika. Pitanje je hoće li nam dati bolje ili lošije rezultate. Na sljedećoj strani vidimo popis aktivnosti i konačni rezultati trećeg slučaja.

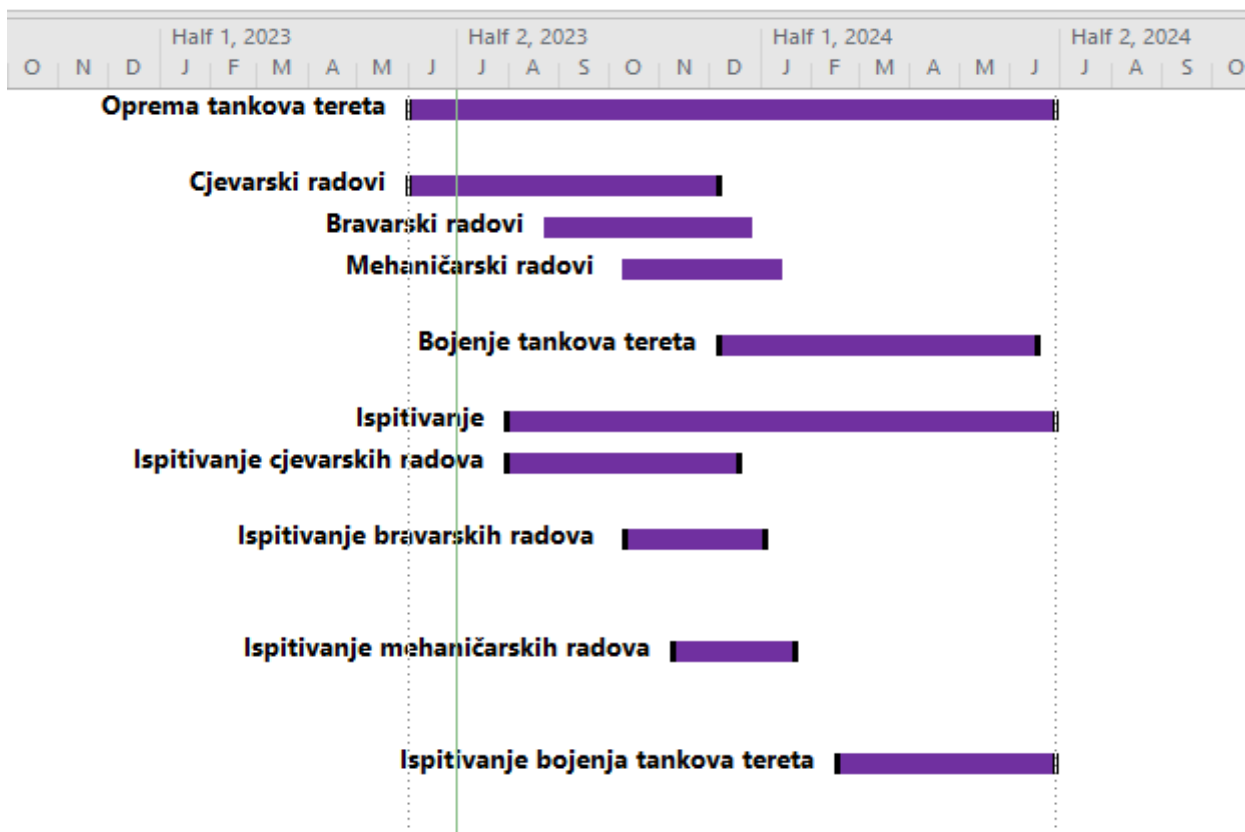
	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names	Cost	Work
1		◀ Oprema tankova tereta	281,49 days?	Thu 1.6.23	Fri 28.6.24			€210.722,40	5.267,2 hrs
2		▷ Cjevarski radovi	135,34 days	Thu 1.6.23	Thu 7.12.23			€58.398,00	1.440 hrs
8		▷ Bravarski radovi	87,82 days	Thu 24.8.23	Mon 25.12.2			€38.014,40	934,4 hrs
13		▷ Mehaničarski radovi	68,57 days	Tue 10.10.23	Fri 12.1.24			€36.138,00	729,6 hrs
20		▷ Bojenje tankova tereta	137,6 days	Thu 7.12.23	Mon 17.6.24			€66.948,00	1.100,8 hrs
26		◀ Ispitivanje	239,39 days?	Mon 31.7.23	Fri 28.6.24			€11.224,00	1.062,4 hrs
27		▷ Ispitivanje cjevarskih radova	101,84 days	Mon 31.7.23	Tue 19.12.23			€3.222,00	307,2 hrs
33		▷ Ispitivanje bravarskih radova	61,74 days	Tue 10.10.23	Wed 3.1.24			€1.976,00	185,6 hrs
38		▷ Ispitivanje mehaničarskih radova	52,93 days?	Wed 8.11.23	Mon 22.1.24			€1.844,00	166,4 hrs
45		▷ Ispitivanje bojenja tankova tereta	95,2 days	Fri 16.2.24	Fri 28.6.24			€4.182,00	403,2 hrs

*Slika 6.11. Popis aktivnosti za treći slučaj*

Vidimo da je vrijeme trajanja projekta kraće u odnosu na prvi slučaj i duže u odnosu na drugi slučaj a ukupni troškovi su veći u odnosu na 1 slučaj a manji u odnosu na drugi slučaj. Usporedbu radimo u odnosu na prvi slučaj:

- Povećanje ukupnog broja radnika sa 19 na 22 što iznosi 15,78%
- Povećanje ukupnih troškova sa 177.109,6 na 210,722,4 što iznosi 18,97 %
- Smanjenje trajanja projekta sa 319,2 dana na 281, 49 dana, što iznosi 11,81%

Iz priloga 3 se može vidjeti kako se kritični put ni u ovom slučaju nije promjenio te je ostao isti kao i u prethodnim slučajevima. To znači da nema dodatnih kritičnih aktivnosti što ide u korist samom projektu. Što se tiče cjenovne i vremenske razlike i nema nekog pomaka prema boljoj varijanti.

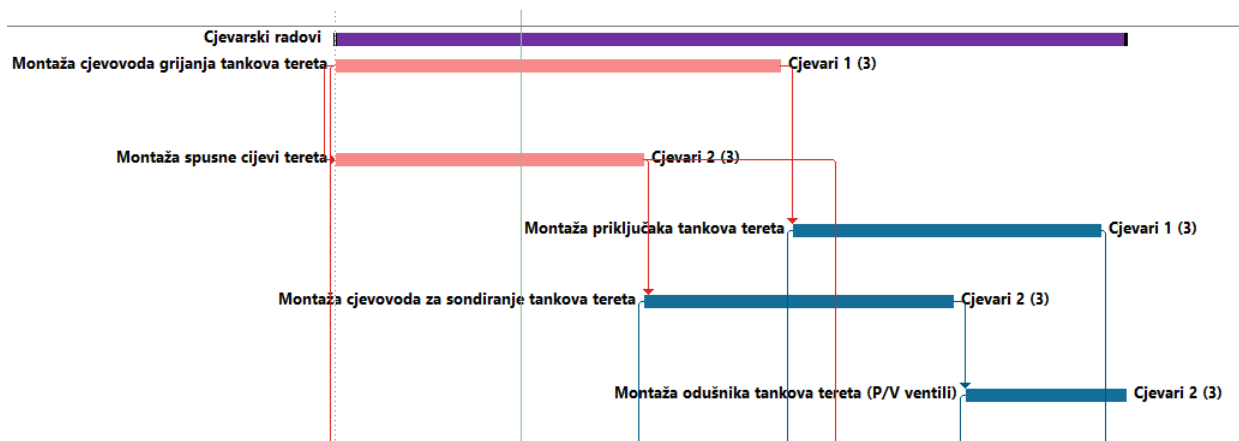


Slika 6.12. Gantogram za treći slučaj

Četvrti i peti slučaj se razlikuju od prethodnih zato što uvodimo još jednu brigadu, odnosno umjesto jednog tima koristimo dva što nije bio slučaj u prethodnim slučajevima. S obzirom da u ovom slučaju imamo više različitih timova, koristili su se inicijali za lakši pregled i kontrolu. Na primjer, cjevvari su podijeljeni u tim C1 i C2.

	Resource Name	Type	Material	Initials	Group	Max.	Std. Rate	Ovt. Rate	Cost/Use	Accrue At	Base
1	Mehaničari 1 (3)	Work		M 1	emp	100%	€36,00/hr	€36,00/hr	€105,00	Prorated	Standard
2	Mehaničari 2 (3)	Work		M 2	emp	100%	€36,00/hr	€36,00/hr	€105,00	Prorated	Standard
3	Bravari 1 (3)	Work		B 1	emp	100%	€30,00/hr	€30,00/hr	€90,00	Prorated	Standard
4	Bravari 2 (3)	Work		B 2	emp	100%	€30,00/hr	€30,00/hr	€90,00	Prorated	Standard
5	Pituri 1 (6)	Work		P 1	emp	100%	€60,00/hr	€60,00/hr	€180,00	Prorated	Standard
6	Pituri 2 (6)	Work		P 2	emp	100%	€60,00/hr	€60,00/hr	€180,00	Prorated	Standard
7	Cjevvari 1 (3)	Work		C 1	emp	100%	€30,00/hr	€30,00/hr	€90,00	Prorated	Standard
8	Cjevvari 2 (3)	Work		C 2	emp	100%	€30,00/hr	€30,00/hr	€90,00	Prorated	Standard
9	Ispitivači/Mehan 1 (1)	Work		I/M 1	emp	100%	€10,00/hr	€10,00/hr	€30,00	Prorated	Standard
10	Ispitivači/Mehan 2 (1)	Work		I/M 2	emp	100%	€10,00/hr	€10,00/hr	€30,00	Prorated	Standard
11	Ispitivači/Bravari 1 (1)	Work		I/B 1	emp	100%	€10,00/hr	€10,00/hr	€30,00	Prorated	Standard
12	Ispitivači/Bravari 2 (1)	Work		I/B 2	emp	100%	€10,00/hr	€10,00/hr	€30,00	Prorated	Standard
13	Ispitivači/Cjevvari 1 (1)	Work		I/C 1	emp	100%	€10,00/hr	€10,00/hr	€30,00	Prorated	Standard
14	Ispitivači/Cjevvari 2 (1)	Work		I/C 2	emp	100%	€10,00/hr	€10,00/hr	€30,00	Prorated	Standard
15	Ispitivači/Pituri 1 (1)	Work		I/P 1	emp	100%	€10,00/hr	€10,00/hr	€30,00	Prorated	Standard
16	Ispitivači/Pituri 2 (1)	Work		I/P 2	emp	100%	€10,00/hr	€10,00/hr	€30,00	Prorated	Standard

Slika 6.13. Lista resursa za četvrti slučaj



Slika 6.14. Raspodijela poslova za cjevvarske radove u četvrtom slučaju

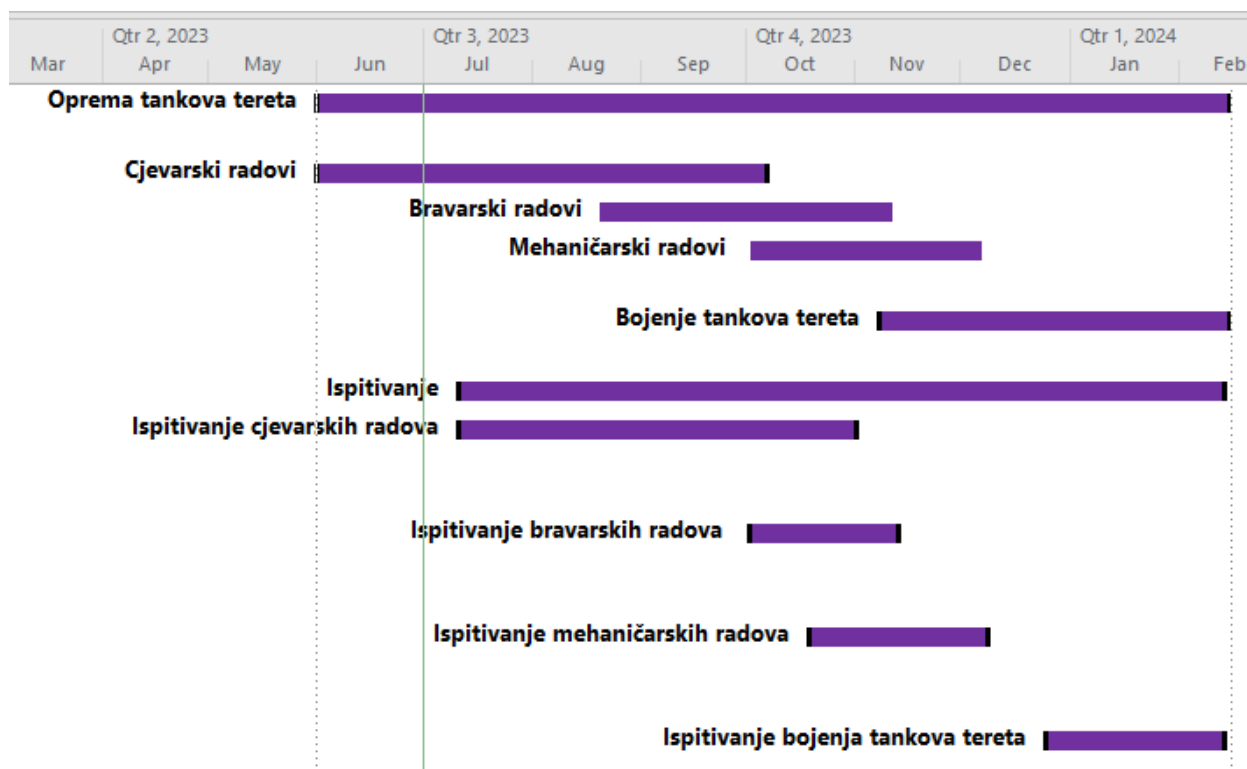
Na slici iznad kako smo aktivnosti cjevarskih radova rasporedili u dva tima. Ovakvom raspodjelom poslova štedi se vrijeme opremanja. S lijeve strane pravokutnika napisana su imena aktivnosti dok sa desne imamo izvršioce tih aktivnosti koji imaju inicijale 1 i 2. Na slici također vidimo da montaža cjevovoda grijanja tankova tereta i montaža spusne cijevi tereta započinju u isto vrijeme.

Task ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names	Cost	Work
1	Oprema tankova tereta	185,8 days?	Thu 1.6.23	Thu 15.2.24			€177.109,60	5.267,2 hrs
2	▸ Cjevovski radovi	92 days	Thu 1.6.23	Fri 6.10.23			€43.650,00	1.440 hrs
8	▸ Bravarski radovi	60 days	Mon 21.8.23	Fri 10.11.23			€28.392,00	934,4 hrs
13	▸ Mehaničarski radovi	46,4 days	Tue 3.10.23	Wed 6.12.23			€26.895,60	729,6 hrs
20	▸ Bojenje tankova tereta	72 days	Tue 7.11.23	Thu 15.2.24			€66.948,00	1.100,8 hrs
26	▸ Ispitivanje	156 days?	Tue 11.7.23	Tue 13.2.24			€11.224,00	1.062,4 hrs
27	▸ Ispitivanje cjevarskih radova	81,6 days	Tue 11.7.23	Wed 1.11.23			€3.222,00	307,2 hrs
33	▸ Ispitivanje bravarskih radova	30,6 days	Mon 2.10.23	Mon 13.11.23			€1.976,00	185,6 hrs
38	▸ Ispitivanje mehaničarskih radova	36,6 days?	Thu 19.10.23	Fri 8.12.23			€1.844,00	166,4 hrs
45	▸ Ispitivanje bojenja tankova tereta	37 days	Mon 25.12.23	Tue 13.2.24			€4.182,00	403,2 hrs

Slika 6.15. Popis aktivnosti za četvrti slučaj

Uvođenjem više timova, te njihova raspodjela poslova donijela je prilično dobre rezultate u samom projektu. Razlog tome što dva tima imaju mogućnost raditi dvije različite aktivnosti u isto vrijeme. Ovakvom raspodjelom poslova po timovima, promjenio se i kritični put u odnosu na prijašnje slučajeve. Smanjio se broj kritičnih podaktivnosti u odnosu na 3 prethodna slučaja sa 10 na 6. Usporedbom četvrtom slučaju sa prvim primjetili smo sljedeće promjene:

- Povećanje broja zaposlenih zbog uvođenja nove brigade sa 19 na 38, odnosno povećanje za 100%.
- Smanjenje ukupnog trajanja projekta sa 319,2 dana na 185,8 dana, odnosno smanjeno je za 41,79%.
- Cijena je ostala nepromijenjena, odnosno ista je za oba slučaja, odnosno 177.109,6 eura.



Slika 6.16. Gantogram za četvrti slučaj

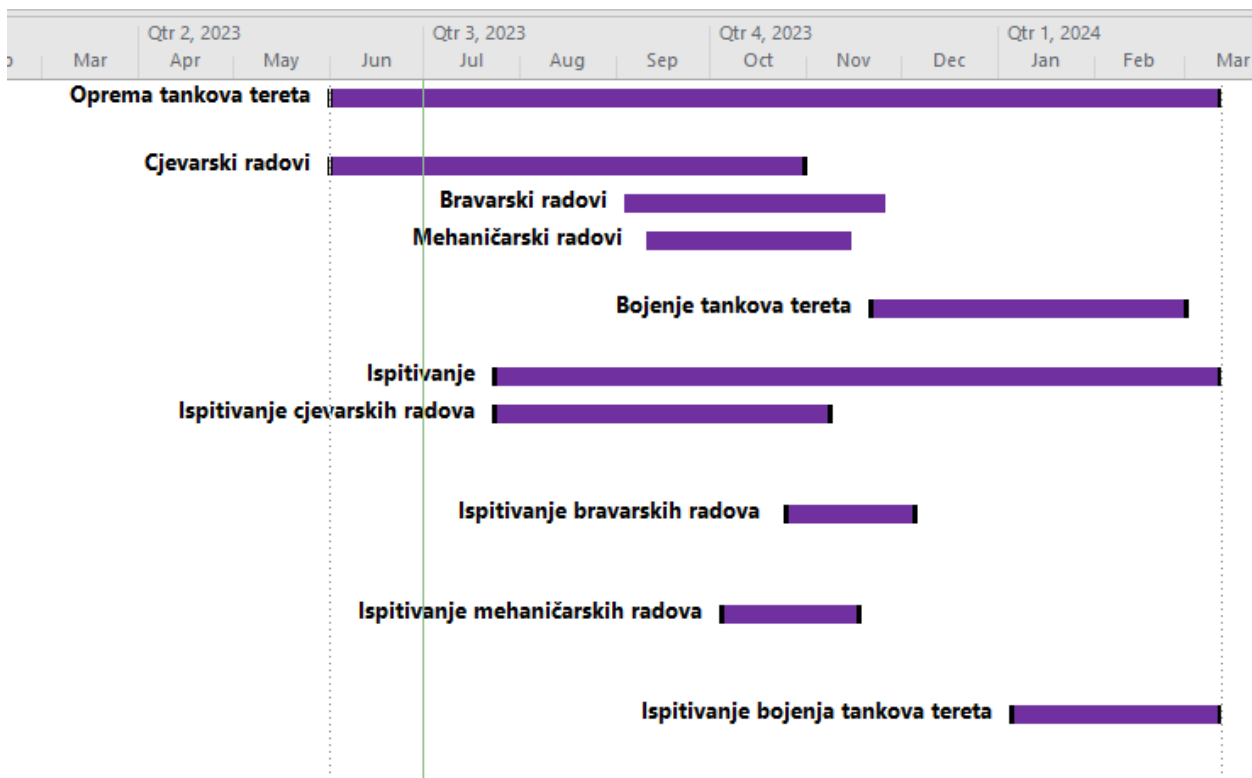
U petom slučaju također imamo dvije brigade kao u petom slučaju, jedina promjena je u koloni „Predecessors“. Usporedbom petog slučaja sa prvim došli smo sljedećih zaključaka:

- Troškovi projekta su ostali nepromijenjeni, odnosno iznose 177.109,6 eura
- Smanjenje trajanja projekta sa 319,2 dana na 203,2 dana, odnosno smanjeno je za 36,34%
- Broj ljudi je se povećao sa 19 na 38, odnosno povećanje je 100%

	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names	Cost	Work
1		◀ Oprema tankova tereta	203,2 days?	Thu 1.6.23	Tue 12.3.24			€177.109,60	5.267,2 hrs
2		▷ Cjevarski radovi	108 days	Thu 1.6.23	Mon 30.10.23			€43.650,00	1.440 hrs
8		▷ Bravarski radovi	60 days	Mon 4.9.23	Fri 24.11.23			€28.392,00	934,4 hrs
13		▷ Mehaničarski radovi	46,4 days	Mon 11.9.23	Tue 14.11.23			€26.895,60	729,6 hrs
20		▷ Bojenje tankova tereta	72,8 days	Tue 21.11.23	Fri 1.3.24			€66.948,00	1.100,8 hrs
26		◀ Ispitivanje	166,2 days?	Mon 24.7.23	Tue 12.3.24			€11.224,00	1.062,4 hrs
27		▷ Ispitivanje cjevarskih radova	77,6 days	Mon 24.7.23	Wed 8.11.23			€3.222,00	307,2 hrs
33		▷ Ispitivanje bravarskih radova	29,6 days	Wed 25.10.23	Tue 5.12.23			€1.976,00	185,6 hrs
38		▷ Ispitivanje mehaničarskih radova	32 days?	Wed 4.10.23	Fri 17.11.23			€1.844,00	166,4 hrs
45		▷ Ispitivanje bojenja tankova tereta	46,4 days	Fri 5.1.24	Tue 12.3.24			€4.182,00	403,2 hrs

Slika 6.17. Popis aktivnosti za peti slučaj

Za razliku od četvrtog slučaja broj kritičnih podaktivnosti se povećao za dva, stoga u petom slučaju broj kritičnih aktivnosti iznosi osam. Za razliku od prva 3 slučaja gdje imamo 10 kritičnih podaktivnosti uvođenjem druge brigade imamo bolju učinkovitost i organizaciju.



Slika 6.18. Gantogram za peti slučaj

### 6.3. Gantogram poboljšanog opremanja tanka tereta (Odabir najbolje varijante)

Prethodno poglavlje nam služi za analizu rezultata dobivenih iz svake od pet varijanti kao i odabir optimalnog rješenja. Glavni parametri pri izradi novih slučajeva je skraćivanje vremena a da pri tome ukupni iznos troškova ne raste previše. Također je važno obratiti pozornost na kritične aktivnosti i podaktivnosti, odnosno na kritične puteve u samom projektu. Opremanje tankova tereta tankera za prijevoz kemikalija je definirano s četiri varijable:

- Radni sati
- Ukupni iznos troškova pri izradi projekta
- Resursi
- Vrijeme trajanja projekta

U svih pet slučajeva radni sati su ostali konstatni, a mijenjali su se resursi, vrijeme trajanja projekta i ukupni iznos troškova pri izradi projekta. Vrijeme potrebno za opremanje tankova tereta je iskazano u danima dok se radni sati predstavljaju satima.

Tablica 6.1. Usporedba rezultata svih 5 varijanti

Slučajevi	Vrijeme trajanja opremanja (izraženo u danima)	Postotak skraćivanja/produženja vremena (izraženo u %)	Ukupan broj radnika	Postotak rasta/pada (izraženo u %)	Cijena samog opremanja (izraženo u eurima)	Postotak rasta cijene (izražen u %)
Prvi slučaj	319,2	-	19	-	177.109,6	-
Drugi slučaj	171,6	-46,24%	38	+100%	360.099,2	+103,32%
Treći slučaj	281,5	-11,81%	22	+15,78%	210.722,4	+18,97%
Četvrti slučaj	185,8	-41,79%	38	+100%	177.109,6	-
Peti slučaj	203,2	-36,34%	38	+100%	177.109,6	-

Promatrajući tablicu 6.1. može se zaključiti da četvrti slučaj daje najbolje rezultate, što znači da je četvrti slučaj izabran za rješenje ovog problema.



## 7. ZAKLJUČAK

Tankeri za prijevoz kemikalija su ključna karika u globalnom lancu opskrbe kemikalijama. Oni omogućuju siguran i učinkovit transport raznih kemikalija širom svijeta, igrajući važnu ulogu u industriji i gospodarstvu. Opremanje tankova tereta kod tih tankera ima ključnu ulogu u osiguravanju sigurnosti tereta, zaštiti okoliša i učinkovitim obavljanju transporta. Ovaj diplomski rad temelji se na istraživanju i analizi opremanja tankova tereta kod tankera za prijevoz kemikalija. Cilj je pružiti detaljan uvid u različite aspekte i zahtjeve ovog složenog procesa. Opremanje tankova tereta obuhvaća brojne aspekte, uključujući konstrukciju tankova, sigurnosne mjere, sustave pumpanja i ispuštanja, kontrolne sobe tereta, ventilacijske sustave, sustave grijanja i hlađenja te bojenje tankova. Kroz ovaj rad, nadamo se pružiti čitateljima dublje razumijevanje opremanja tankova tereta kod tankera za prijevoz kemikalija i njegovu važnost za siguran i učinkovit transport kemikalija. Osim toga, razmotrili smo i izazove s kojima se susreću u industriji, kao što su regulatorni zahtjevi, tehnološka inovacija i održivost.

## LITERATURA

- [1] Captain C. Baptist: „Tanker Handbook for Deck Officers“, published by Brown, Son and Ferguson Ltd, Glasgow and London 1956
- [2] Interline 9001 – International Marine Coatings: „Heatcuring“, issue date 22. january 2020
- [3] Interline 9001 – International Marine Coatings: „Application Guidelines Cargo Tanks“ , issue date: 22. January 2020
- [4] Čosić Matej: „Opremanje krova dvodna strojarnice broda za prijevoz kemikalija“ Rijeka, ožujak 2023.

## POPIS SLIKA

SLIKA 2.1. BRILLIANT - IZGRAĐEN JE 1901. GODINE SA SLJEDEĆIM KARAKTERISTIKAMA: 3,675 BRUTO TONA; 352,5 M DULJINE; 49,1 M ŠIRINE, 28,2 M DUBINE. STRAŽNJA PALUBA MU JE 14 M, DOK JE PRAMAC 11,3 M. PLOVIO JE IZ NEW YORKA PREMA INDIJI S BAČVAMA NAFTE. FOTOGRAFIRAN JE U INDIJSKOM OCEANU SJEVERNO OD DURBANA. TIJEKOM LOŠEG VREMENA, SPASILAČKI ČAMAC NA KRMI BRODA ODNIJELA JE OLUJA. [1].....	7
SLIKA 2.2. S.S. GLUCKAUF - GLUCKAUF SE OPĆENITO SMATRA PROTOTIPOM MODERNOG NAFTNOG TANKERA. BIO JE PRVI BROD POSEBNO DIZAJNIRAN ZA PRIJEVOZ NAFTE U RASUTOM STANJU, U OPLATI BRODA TE JE IZGRAĐEN 1886. U BRITANSKOM BRODOGRADILIŠTU PO NARUDŽBI WILHELMA RIEDERMANNNA. [1].....	8
SLIKA 2.3. TLOCRT I NACRT BRODA [1].....	9
SLIKA 2.4. PRESJEK KOJI POKAZUJE, TZV. SUMMER TANKOVE [1].....	9
SLIKA 2.5. PLAN I SILUETA NAFTNOG TANKERA[1].....	9
SLIKA 3.1. TANKER S PREGRADAMA NA SREDIŠNJOJ LINIJI [1].....	16
SLIKA 3.2. TANKER S DVOSTRUKIM PREGRADAMA I SUSTAVOM KRUŽNE LINIJE - DVA CRPNA POSTROJENJA [1].....	17
SLIKA 3.3. ISKRCAJNA RAMPA NA SUVREMENOM BRODU ZA PRIJEVOZ ČISTE NAFTE [1].....	18
SLIKA 3.4. V.L.C.C. JULIAN [1].....	19
SLIKA 3.5. T2 ESSO CARDIFF - 6,321 TONA NETO; 10,684 TONA BRUTO. IZGRAĐEN 1945. GODINE. [1].....	21
SLIKA 3.6. DIO SUSTAVA KONTROLNE PROSTORIJE TERETA MERIDIAN LION [1].....	22
SLIKA 3.7. SAAB SUSTAV RADARA ZA TANKOVE [1].....	30
SLIKA 3.8. TLAČNI VAKUMSKI VENTILACIJSKI VENTIL [1].....	34
SLIKA 3.9. TLAČNI VAKUMSKI VENTILACIJSKI VENTIL [1].....	35
SLIKA 3.10. SUSTAV DISTRIBUCIJE INERTNOG PLINA [1].....	38
SLIKA 3.10. ODUŠIVANJE TANKA NA BRODU MERIDIAN LION [1].....	42
SLIKA 4.1. PARNA TURBINA KOJA POKREĆE DVOSTUPANJSKU CENTRIFUGALNU PUMPU ZA NAFTU [1].....	44
SLIKA 4.2. VIJČANA PUMPA [1].....	46
SLIKA 4.3. ZDENAC DUBOKO URONJENE PUMPE [1].....	47
SLIKA 4.4. URONJENA PUMPA U TANKU. PRIKAZUJE CJEVOVOD ZA ISPUŠTANJE I KUĆIŠTE ZA HIDRAULIČKI POGON. [1].....	47
SLIKA 4.5. VENTIL NA PREKLOP [1].....	50
SLIKA 4.6. PRIKLJUČAK ZA ISKRCAJ NA BRODU MERIDIAN LION [1].....	51
SLIKA 4.7. POKAZATELJI OTVORENOSTI I ZATVORENOSTI [1].....	52
SLIKA 5.1. POSTAVLJANJE OPREME ZA VISOKOBRZINSKO SAGORIJEVANJE [2].....	54
SLIKA 5.2. SUSTAV PALJENJA PLAMENIKA U RADU [2].....	57
SLIKA 5.3. UV SENZOR PLAMENA U RADU [2].....	57

SLIKA 5.4. GRAFOVI "ROKA TRAJANJA", "VREMENA SUŠENJA NA DODIR", "VREMENA TVRDOG SUŠENJA", "VREMENA STVRDNJAVANJA". [3].....	59
SLIKA 5.5. RAD GORAČA VELIKE BRZINE [2] .....	62
SLIKA 6.1. NACRT TANKERA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA.....	66
SLIKA 6.2. TLOCRT TANKERA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA.....	66
SLIKA 6.3. BOKOCRT TANKERA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA .....	66
SLIKA 6.4. LISTA RESURSA ZA PRVI SLUČAJ.....	69
SLIKA 6.5. POPIS AKTIVNOSTI ZA PRVI SLUČAJ.....	70
SLIKA 6.6. GANTOGRAM ZA PRVI SLUČAJ .....	71
SLIKA 6.7. LISTA RESURSA ZA DRUGI SLUČAJ .....	72
SLIKA 6.8. POPIS AKTIVNOSTI ZA DRUGI SLUČAJ.....	72
SLIKA 6.9. GANTOGRAM ZA DRUGI SLUČAJ.....	73
SLIKA 6.10. LISTA RESURSA ZA TREĆI SLUČAJ .....	73
SLIKA 6.11. POPIS AKTIVNOSTI ZA TREĆI SLUČAJ.....	74
SLIKA 6.12. GANTOGRAM ZA TREĆI SLUČAJ.....	75
SLIKA 6.13. LISTA RESURSA ZA ČETVRTI SLUČAJ .....	75
SLIKA 6.14. RASPODIJELA POSLOVA ZA CJEVARSKÉ RADOVE U ČETVRTOM SLUČAJU.....	76
SLIKA 6.15. POPIS AKTIVNOSTI ZA ČETVRTI SLUČAJ .....	76
SLIKA 6.16. GANTOGRAM ZA ČETVRTI SLUČAJ .....	77
SLIKA 6.17. POPIS AKTIVNOSTI ZA PETI SLUČAJ.....	78
SLIKA 6.18. GANTOGRAM ZA PETI SLUČAJ.....	78

## POPIS TABLICA

TABLICA 6.1. USPOREDBA REZULTATA SVIH 5 VARIJANTI .....	79
---------------------------------------------------------	----

## PRILOZI

Prilog 1 – prvi slučaj

Prilog 2 – drugi slučaj

Prilog 3 – treći slučaj

Prilog 4 – četvrti slučaj

Prilog 5 – peti slučaj