

Tehnologija prijevoza kemikalija morem

Brnčić, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:096164>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-24**



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

Repository / Repozitorij:

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



uniri DIGITALNA
KNJIŽNICA



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

Luka Brnčić

Tehnologija prijevoza kemikalija morem

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2023.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET

Tehnologija prijevoza kemikalija morem
Technology of transportation of chemicals by sea
ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Rukovanje teretom 2

Mentor/komentor: prof. dr. sc. Renato Ivče

Student/studentica: Luka Brnčić

Studijski smjer: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112082923

Rijeka, srpanj 2023

Student: Luka Brnčić

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112082923

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom

Tehnologija prijevoza kemikalija morem

(naslov završnog rada)

izradio/la samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Renato Ivče

(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc Ime i Prezime)

te komentorstvom _____

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke _____

(naziv tvrtke).

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

Student/studentica



(potpis)

Ime i prezime studenta/studentice

Luka Brnčić

Student/studentica: Luka Brnčić

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112082923

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

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

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

Student/studentica – autor

Handwritten signature of L. Brnčić in blue ink on a light yellow background.

(potpis)

SAŽETAK

U ovom radu detaljno je obrađena tema o tehnologiji prijevoza kemikalija morem.

Može se reći da se kemikalije prevoze posebno konstruiranim brodovima koji su građeni po propisima da bi sigurno prevozili teret morem i da ne dođe do ugrožavanja ljudskih života i okoline. Definirane su kemikalije koje se prevoze i njihova kategorizacija. Definirani su i brodovi za prijevoz kemikalija i njihova konstrukcija. Rad istražuje različita tehnološka dostignuća implementirana u području kemijskog transporta, kao što su poboljšani sustavi za praćenje tereta, napredni sustavi za detekciju požara i plina, automatizirana oprema za rukovanje teretom i najsuvremeniji sustavi za isključivanje u slučaju nužde. Naglašava važnost uključivanja ovih tehnologija za povećanje sigurnosti, učinkovitosti i ekološke održivosti. u radu se naglašava značaj tehnološkog napretka u transportu kemikalija morem. Naglašava potrebu za kontinuiranim istraživanjem i razvojem, suradnjom između zainteresiranih strana u industriji i poštivanjem međunarodnih propisa kako bi se osigurao siguran i održiv prijevoz kemijskih tereta.

Ključne riječi: kemikalije, brodovi za prijevoz kemikalija, tankovi

SUMMARY

This thesis deals with the topic of the technology of transporting chemicals by sea.

It can be said that chemicals are transported by specially designed ships that are built according to regulations in order to safely transport cargo by sea and not endanger human lives and the environment. The chemicals being transported and their categorization are defined. Ships for the transport of chemicals and their construction as well as systems for the safe transport of chemicals by sea are also defined. The thesis explores various technological advancements implemented in the field of chemical transportation, such as improved cargo monitoring systems, advanced fire and gas detection systems, automated cargo handling equipment, and state-of-the-art emergency shutdown systems. It highlights the importance of incorporating these technologies to enhance safety, efficiency, and environmental

sustainability. The thesis underscores the significance of technological advancements in the transportation of chemicals by sea. It emphasizes the need for continuous research and development, collaboration between industry stakeholders, and adherence to international regulations to ensure the safe and sustainable transport of chemical cargoes. The findings and recommendations presented in this thesis serve as a valuable resource for professionals, researchers, and policymakers involved in the field of chemical transportation and maritime safety.

Keywords: chemicals, ships for the transport of chemicals, tanks

SADRŽAJ

SAŽETAK	II
SUMMARY	II
SADRŽAJ	IV
1. UVOD	1
2. OPĆENITO O KEMIKALIJAMA	2
2.1. POJAM OPASNIH ŠTETNIH TVARI.....	2
2.2. KATEGORIJE ŠTETNOSTI (X,Y,Z I OSTALE).....	3
2.3. KOMPATIBILNOST TERETA.....	4
3. OPĆE ZNAČAJKE I OBILJEŽJA BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA	7
3.1. DEFINICIJA I POJAM BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA	7
4. SUSTAVI ZA SIGURAN PRIJEVOZ KEMIKALIJA MOREM	19
4.1. SUSTAV ZADRŽAVANJA TERETA (CARGO CONTAINMENT SYSTEM)	19
4.2. SUSTAV SIGURNOSTI (SAFETY SYSTEM)	21
4.3. SUSTAVI ZA RUKOVANJE TERETOM	22
5. MEĐUNARODNE KONVENCIJE I PRAVILA KOJA SE ODOSE NA SIGURNOST BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA	26
5.1. MEĐUNARODNA KONVENCIJA O ZAŠTITI LJUDSKIH ŽIVOTA NA MORU (SOLAS).....	26
5.2. MEĐUNARODNA KONVENCIJA O SPRJEČAVANJU ONEČIŠĆENJA MORA S BRODOVA (MARPOL).....	28
5.3. MEĐUNARODNA KONVENCIJA O TERETNIM LINIJAMA (LOAD LINES)	30
5.4. MEĐUNARODNA KONVENCIJA O STANDARIMA ZA OBRAZOVANJE, OVLAŠTENJA I OBAVLJANJE STRAŽE POMORACA (STCW).....	31
5.5. MEĐUNARODNI PRIRUČNICI	32
LITERATURA	36
KAZALO KRATICA	37
POPIS TABLICA	38
POPIS SLIKA	38

1. UVOD

Prijevoz kemikalija morem ima presudnu ulogu u globalnom gospodarstvu, omogućujući sigurno i učinkovito kretanje širokog spektra opasnih i neopasnih kemijskih proizvoda po kontinentima. Tankeri za kemikalije, namjenski izgrađeni brodovi dizajnirani za prijevoz tekućih kemikalija u razlivenom stanju, koriste naprednu tehnologiju i stroge sigurnosne protokole kako bi osigurali sigurnu i ekološki prihvatljivu isporuku ovih vrijednih tereta. Tehnologija koja se koristi u tankerima za kemikalije obuhvaća širok raspon inovacija, od specijaliziranih sustava za rukovanje teretom do sofisticiranih sigurnosnih mjera. Ova plovila opremljena su najsuvremenijim pumpama, ventilima i spremnicima za teret izrađenima od materijala otpornih na kemijsku koroziju. Također su dizajnirani s odvojenim prostorima za teret i nepropusnim pregradama, što omogućuje prijevoz više tereta uz sprječavanje unakrsne kontaminacije. Jedan od kritičnih aspekata tehnologije tankera za kemikalije je usklađenost s međunarodnim propisima i kodeksima, kao što je Međunarodni kodeks za konstrukciju i opremu brodova koji prevoze opasne kemikalije u razlivenom stanju (IBC kodeks) Međunarodne pomorske organizacije (IMO) i Međunarodni sigurnosni vodič za Naftni tankeri i terminali (ISGOTT). Ove smjernice osiguravaju da se tankeri za kemikalije pridržavaju strogih sigurnosnih standarda i najboljih operativnih praksi, smanjujući rizik od nesreća i onečišćenja okoliša. Učinkovit rad tankera za kemikalije uvelike se oslanja na napredne sustave automatizacije, kompjuterizirano praćenje i napredne komunikacijske mreže. Ove tehnologije olakšavaju praćenje performansi plovila, stanja tereta i okolišnih čimbenika u stvarnom vremenu, povećavajući ukupnu sigurnost i produktivnost plovila. Kako potražnja za kemijskim proizvodima u cijelom svijetu raste, tako raste i potreba za sigurnim i pouzdanim prijevozom. Stoga se tehnologija prijevoza kemikalija morem neprestano razvija, uključujući vrhunske inovacije kako bi zadovoljila sve veće zahtjeve industrije za sigurnošću, učinkovitošću i ekološkom održivošću. Ovaj će rad istražiti različite aspekte tehnologije koja se koristi u tankerima za kemikalije i njezinu ključnu ulogu u osiguravanju sigurnog i besprijekornog kretanja kemikalija preko oceana.

2. OPĆENITO O KEMIKALIJAMA

U kontekstu brodova za prijevoz kemikalija pojam kemikalija se odnosi na tvari proizvedene tehnološko-kemijskim postupcima, uključujući razne proizvode iz kemijske industrije. Kemikalija ili drugim riječima kemijski tekući teret je zapravo tvar u kapljivom stanju. Najčešće vrste bi bile: Petro kemikalije, aditivi za maziva, anorganske kemikalije, organske kemikalije i itd. Fizička svojstva kemikalija koji se prevoze su temperatura tališta, temperatura vrenja, viskozitet, gustoća, tlak para. Razumijevanje i upravljanje kemijskim svojstvima tereta je od najveće važnosti. Kemijska svojstva tekućeg tereta igraju značajnu ulogu u osiguravanju sigurnosti broda, posade i okoliša. Dva ključna razmatranja povezana s kemijskim svojstvima su kompatibilnost i mogućnost opasnih kemijskih reakcija.

2.1. POJAM OPASNIH ŠTETNIH TVARI

Opasne štetne tvari ili na engleskom jeziku „Hazardous and Noxious Substances(HNS)” su tvari poput kemikalija koje ulaskom u morsku okolinu mogu izazvati i predstavljati opasnost za ljudsko zdravlje, naštetiti životnim resursima i životu u moru, pogodnostima ili ometati druge zakonita korištenja mora. Međutim, HNS konvencija iz 2010, osmišljena za naknadu, opisuje HNS kao tvar identificiranu na jednom ili više popisa u Konvencijama kodeksa i Međunarodne pomorske organizacije.

Primjeri “International Maritime Organization (IMO)” konvencija i kodeksa koji pružaju liste opasnih štetnih tvari:

Materijali	Konvencije i kodeksi
Tekućine u rasutom stanju	Poglavlje 17 IBC kodeksa
Plinovi	Poglavlje 19 IGC kodeksa
Kruti rasuti teret	Dodatak 9 BC kodeksa
Pakirani teret	IMDG kodeks

Tablica 1: Liste opasnih štetnih tvari

Izvor. Izradio student

Generalni vodič je da ako kemikalije sadrže ili nisku stopu biološke razgradnje ili visoku postojanost, visoku stopu bio akumulacije ili ako su svrstane kao otrovne/zapaljive/eksplozivne/nagrizajuće ili reaktivne, vjerojatnije je da će se smatrati opasnim štetnim tvarima (radioaktivne i zarazne tvari su izvan opsega procedura opasnih štetnih tvari). Prema IMO regulacijama, bilo koji pakirani teret prevezan morem koji predstavlja prijetnju ljudima, drugim živim organizmima, imovini ili okolišu treba biti naveden u manifestu kao „opasan teret“ i moraju imati odgovarajuće oznake opasnosti, na primjer prema Međunarodnom pravilniku za prijevoz opasnih tvari morem (IMDG). Bilo koji pakirani teret koji predstavlja prijetnju morskoj okolini treba imati oznaku na kojoj je prikazan opasnost za morski okoliš.

2.2. KATEGORIJE ŠTETNOSTI (X,Y,Z I OSTALE)

Kategorije štetnosti (X,Y,Z i Ostale) se često koriste za označavanje ozbiljnosti štete ili opasnosti uzrokovane incidentima ili nesrećama koje uključuju opasne tvari. Ove kategorije pružaju način za procjenu mogućih posljedica i utjecaja takvih incidenata. Specifične kategorije mogu varirati ovisno o kontekstu i regulatornom okviru koji se koristi. Ovdje je generalni pregled kategorija štete:

Kategorija X: obično predstavlja najvišu razinu oštećenja ili ozbiljnosti. Povezan je s incidentima koji rezultiraju značajnom štetom, velikim utjecajem na okoliš ili velikim gubitkom života, imovine ili infrastrukture. Ova kategorija označava najteže i katastrofalne incidente.

Kategorija Y: predstavlja umjerenu razinu oštećenja ili ozbiljnosti. Incidenti koji spadaju u ovu kategoriju mogu dovesti do značajne štete za ljudsko zdravlje, okoliš ili imovinu. Oni mogu zahtijevati značajne napore za čišćenje, sanaciju i oporavak, ali ukupni utjecaj je općenito manji u usporedbi s kategorijom X.

Kategorija Z: predstavlja nižu razinu oštećenja ili ozbiljnosti. Incidenti u ovoj kategoriji obično rezultiraju ograničenom štetom, minimalnim utjecajem na okoliš ili manjom štetom na imovini ili infrastrukturi. Njima je relativno lakše upravljati i zahtijevaju manje opsežne napore čišćenja ili oporavka.

Ostale tvari: tvari koje su procijenjene i za koje je utvrđeno da ne spadaju u kategoriju X,Y ili Z jer se smatra da ne predstavljaju nikakvu štetu morskim resursima, ljudskom zdravlju, pogodnostima ili drugim legitimnim upotrebama mora kada se ispaštaju u more iz operacija čišćenja tankova ili deballastiranja. Ispuštanje kaljužne ili balastne vode ili drugih

ostataka ili smjesa koje sadrže te tvari ne podliježu nikakvim zahtjevima Priloga II MARPOL-a „Marine pollution (Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s brodova)“.

Dodatak također uključuje brojne druge zahtjeve koji određuju razinu ispuštanja za proizvode koji su uključeni u Dodatak II. Za brodove izgrađene poslije 1. siječnja 2007., maksimalni dopušteni ostatak u teretnom prostoru i pripadajućem cjevovodu koji ostane nakon pražnjenja postavljen je na najviše 75 litara za proizvode iz kategorija X,Y i Z (u usporedbi s prethodnim ograničenjima koji je maksimum bio 100 ili 300 litara, ovisno o kategoriji produkta.

MARPOL Dodatak III posebno se bavi sprječavanjem onečišćenja štetnim tvarima koje se prevoze u pakiranom obliku. Dodatak III daje propise i smjernica za siguran prijevoz opasnih kemikalija u pakiranom obliku na brodovima.

Područje primjene: Dodatak III odnosi se na brodove koji obavljaju međunarodna putovanja i prevoze opasne kemikalije u pakiranom obliku kao teret. Cilj je spriječiti onečišćenje morskog okoliša reguliranjem pakiranja, označavanja, dokumentacije, skladištenja i rukovanja tim kemikalijama. Dodatak III definira opasne kemikalije na temelju njihovih svojstava i karakteristika. Pruža kriterije za klasifikaciju tvari kao štetnih za morski okoliš (HME-„Harmful to the marine environment“), zagađivača mora (MP-„Marine pollutants“) i drugih kategorija. Klasifikacija je u skladu s IMDG kodeksom.

2.3. KOMPATIBILNOST TERETA

Kompatibilnost kemijskog tekućeg tereta odnosi se na sposobnost različitih kemikalija da se zajedno sigurno prevoze i skladište bez izazivanja neželjenih reakcija ili opasnosti. Ključno je procijeniti kompatibilnost kako bi se spriječili incidenti poput kemijskih reakcija, požara eksplozija ili drugih sigurnosnih opasnosti. Evo nekoliko čimbenika koje treba uzeti u obzir pri određivanju kompatibilnosti kemijskog tekućeg tereta:

Kemijska svojstva: bitno je razumjeti kemijska svojstva svakog tekućeg tereta. S obzirom na čimbenike kao što su zapaljivost, reaktivnost, korozivnost i toksičnost.

Klasifikacija kemikalija: kemikalije se često klasificiraju u različite klase ili kategorije opasnosti na temelju njihovih svojstava. Sustavi klasifikacije mogu pomoći u prepoznavanju

nekompatibilnih kombinacija. Na primjer, IMDG kodeks pruža smjernice za klasifikaciju i odvajanje opasnih roba.

Reaktivne skupine: određene kemikalije mogu reagirati s određenim skupinama tvari. Važno je biti svjestan reaktivnih skupina i izbjegavati miješanje nekompatibilnih kemikalija. Uobičajene reaktivne skupine uključuju oksidatne s reduktorima i nekompatibilne metale.

Savjetodavni odbor Obalne Straže SAD-a izdao je pravila za prijevoz kemikalija u svrhu miješanja nekompatibilnih produkata u tankovima i cjevovodima. U nekim slučajevima može doći do slučajnog miješanja jednog kemijskog tereta s drugim za koje se očekuje da će rezultirati snažnom i opasnom kemijskom reakcijom. Stvaranje toksičnih plinova, moguće je zagrijavanje i pucanje tankova tereta te požar i eksplozija posljedice takvih reakcija. Neslaganje dva tereta može izazvati visoku temperaturu, proizvesti opasne plinove za ljude. Prema izrazu „opasna reakcija“ to predstavlja porast temperature na više od 25°C ili pojavu plina prilikom susreta i miješanja dvije tvari..

U tablici kompatibilnosti produkti su poredani u dvije grupe kao što je vidljivo iz Slike 1: rednim brojem od 1 do 22 poredane su grupe „Reaktivnih tereta“, a od 30 do 43 su „grupe ostalih običnih tereta“. Reaktivna grupa tvari sadrži kemikalije koji su kemijski najreaktivniji. Najopasnija kombinacija može se dogoditi između reaktivnih grupa tereta i između reaktivne grupe tereta i između grupe ostalih običnih tereta. Grupa ostalih običnih tereta u sebi sadrži manje tvari koje su puno manje reaktivne nego kod grupe reaktivnih tvari tereta. Kombinacije koje se trebaju izbjegavati su s kemikalijama i teretima reaktivne grupe. Grupe ostalih običnih tereta međusobno ne reagiraju opasno.

FIGURE 1 – COMPATIBILITY CHART
 [X indicates incompatible groups]

CARGO COMPATIBILITY		REACTIVE GROUPS																					
CARGO GROUPS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1. NON-OXIDIZING MINERAL ACIDS																							
2. SULFURIC ACID	X																						
3. NITRIC ACID	X																						
4. ORGANIC ACIDS		X																					
5. CAUSTICS		X	X																				
6. AMMONIA		X	X	X																			
7. ALIPHATIC AMINES		X	X	X	X																		
8. ALKANOLAMINES		X	X	X	X	X																	
9. AROMATIC AMINES		X	X	X	X	X	X																
10. AMIDES		X	X	X	X	X	X	X															
11. ORGANIC ANHYDRIDES		X	X	X	X	X	X	X	X														
12. ISOCYANATES		X	X	X	X	X	X	X	X	X													
13. VINYL ACETATE		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
14. ACRYLATES		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
15. SUBSTITUTED ALLYLS		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
16. ALKYLENE OXIDES		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
17. EPICHLOROHYDRIN		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
18. KETONES		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
19. ALDEHYDES		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
20. ALCOHOLS, GLYCOLS		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
21. PHENOLS, CRESOLS		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
22. CAPROLACTAM SOLUTION		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
30. OLEFINS																							
31. PARAFFINS																							
32. AROMATIC HYDROCARBONS																							
33. MISCELLANEOUS HYDROCARBON MIXTURES																							
34. ESTERS																							
35. VINYL HALIDES																							
36. HALOGENATED HYDROCARBONS																							
37. NITRILES																							
38. CARBON DISULFIDE																							
39. SULFOLANE																							
40. GLYCOL ETHERS																							
41. ETHERS																							
42. NITROCOMPOUNDS																							
43. MISCELLANEOUS WATER SOLUTIONS																							

Slika 1: Tablica kompatibilnosti

Izvor: http://www.suttercountyfire.org/YSHMRT/CHRIS%20MANUAL%20CIM_16

465_12C.pdf

3. OPĆE ZNAČAJKE I OBILJEŽJA BRODOVA ZA PRIJEVOZ

KEMIKALIJA

U ovom poglavlju prikazat će se i utvrditi pojam i definicije kemijskih tankera, različiti tipovi kemijskih tankera te glavne značajke kemijskih tankera.

3.1. DEFINICIJA I POJAM BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA

Brodovi za prijevoz kemikalija, poznati i kao tankeri za kemikalije ili tankeri, specijalizirana su plovila namijenjena prijevozu tekućih ili plinovitih kemijskih tereta. Konstrukcija ovih brodova prilagođena je specifičnim zahtjevima kemikalija koje će prevoziti. Teretni prostor na tankeru za kemikalije podijeljen je u pojedinačne tankove za sigurno skladištenje i prijevoz različitih vrsta kemikalija. Izraz "tanker" izveden je iz riječi "tank", koja se odnosi na prostor brodu koji se koristi za držanje ili skladištenje tekućina ili plinova. U kontekstu tankera za kemikalije, ti su tankovi dizajnirani s materijalima i premazima koji su prikladni za određeni kemijski teret koji se prevozi. Spremnici su često izrađeni od materijala otpornih na koroziju kako bi se osigurala cjelovitost i sigurnost tereta tijekom prijevoza.

Brodovi za prijevoz kemikalija ili kemijski tankeri su specijalizirani brodovi za siguran i učinkovit prijevoz tekućih kemikalija u njihovom rasutom stanju. Kao i kod drugih mnogih definicija u literaturi u pomorstvu postoje različite definicije jednih te istih pojmova. Najugledanija organizacija u pomorstvu čije tvrdnje i definicije vrijede je Međunarodna pomorska organizacija (IMO-International Maritime Organization). Ona je još 1973. godine donijela, a 1978. ažurirala Međunarodnu konvenciju o sprječavanju zagađenja s brodova (MARPOL) koja je u svom Dodatku II definira brodove za prijevoz kemikalija kao vrstu brodova koji su konstruirani i prilagođeni za prijevoz rasutog i tekućeg tereta. Rasuti teret je definiran u poglavlju 17. Međunarodnog pravilnika o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenom stanju (IBC- International Bulk Chemical Code).

Tankeri za kemikalije prevoze širok raspon tekućih tereta koji spadaju u široku kategoriju kemikalija. Ovi tereti mogu varirati u svom kemijskom sastavu, svojstvima i zahtjevima za rukovanje.. U praksi se najčešće nailazi na prijevoz pročišćenih naftnih derivata i srodnih naftnih proizvoda kao što su benzin, dizel, kerozin i maziva, industrijskih kemikalija kao što su kiseline, otapala, alkoholi i amonijak. Te se kemikalije koriste u raznim industrijama kao što su proizvodnja, poljoprivreda, farmaceutski proizvodi i obrada

vode, i drugih oblika osjetljivih tereta koji zahtijevaju visok stupanj čišćenja tankova. Neki primjeri osjetljivih tereta su različite varijacije biljnih ulja, maslinovo i palmino ulje, metanol. Kako se s prolaskom vremena i razvoja međunarodne trgovinske razmjene povećava se količina kemijskih tankera koji će prevoziti kemikalije koje povećavaju potencijalne opasnosti za okoliš i zdravlje ljudi. Zato je potrebno unaprjeđivati mjere sigurnosti kako bi se izbjegla oštećenja brodova, gubitak brodova i druge štete. To se može primijeniti iz kemijskih karakteristika koje posjeduju kemikalije, a koje su opasne na neki način: otrovnost, toksičnost, samo reaktivnost, mogućnost zapaljivosti i itd. Nabrojana kemijska svojstva tekućeg tereta utječu na tip i konstrukciju brodova za prijevoz kemikalija. Iz toga se može zaključiti kako se brod mora konstruirati kako njegov teret zahtijeva. Ova osobitost je izraženija kod brodova za prijevoz kemikalija nego kod drugih vrsta brodova. Ovi tipovi preookeanskih brodova za prijevoz kemikalija imaju nosivost između 5000 i 35000 (DWT). To je manja nosivost od ostalih tipova tankera zbog posebnosti konstrukcije i ograničenja kod prijevoza.

3.2. PODJELA BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA

Kako je iznad rečeno da konstrukcija brodova za prijevoz kemikalija ovisi o vrsti kemikalije koje prevozi postoje standardi za konstrukciju brodova za prijevoz kemikalija. Ti standardi su određeni IBC kodeksom. Prema tom kodeksu brodovi bi trebali pretrpjeti naplavlivanje uslijed oštećenja trupa koja je nastala nekom vanjskom silom. Za zaštite broda i okoline, teretni tankovi ovisno o vrsti broda moraju biti smješteni na specifične minimalne udaljenosti od oplata broda.

Prema IBC kodeksu brodovi za prijevoz kemikalija se mogu podijeliti na:

1. Tip 1
2. Tip 2
3. Tip 3

Tip 1 broda za prijevoz kemikalija dizajnirani su za prijevoz vrlo opasnih kemikalija koje zahtijevaju maksimalne preventivne mjere zadržavanja i sigurnosti. Ove kemikalije

uključuju tvari koje su otrovne, vrlo reaktivne ili predstavljaju značajan rizik za okoliš. Tankeri tipa 1 izgrađeni su s naprednim strukturnim i operativnim značajkama kako bi se osigurao siguran prijevoz takvih tereta. Ovi tankeri obično imaju visok stupanj segregacije i opremljeni su specijaliziranim sustavima za rukovanje teretom, nadzor i hitno reagiranje. Udaljenost između tanka i brodske oplata ne smije biti manji od omjera B/5, gdje je B širina broda, ili 760 mm. Volumen tankova na ovom tipu broda je 1250 m³. Maksimalna visina dvostrukog dna B/15.



Slika 2: Tip 1 broda

Izvor:

https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:386029/mmsi:319545000/imo:9168623/vessel:STOLT_SURF

Tip 2 broda za prijevoz kemikalija namijenjeni su za prijevoz umjereno opasnih kemikalija. Ove kemikalije imaju manju toksičnost i reaktivnost u usporedbi s onima koje prevoze brodovi za prijevoz kemikalija tipa 1, ali i dalje zahtijevaju posebne sigurnosne



Slika 3: Tip 2 broda

Izvor:

https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:301985/mmsi:256541000/imo:9428889/vessel:BOMAR_MERCURY

mjere. Tankeri tipa 2 konstruirani su sa značajkama koje pružaju umjerenu razinu zadržavanja i zaštite. Imaju odvojene teretne tankove i sustave kako bi smanjili rizik od kontaminacije i osigurali sigurno rukovanje i skladištenje tereta. Ako je brod manji od 150m po cijeloj dužini dvostruka oplata osim kod područja stroja, ako je veći od 150m kao i kod tipa 1 mora biti dvostruka oplata po cijeloj dužini samoga broda. Teret smije biti smješten najbliže oplati borda 760mm. Maksimalna visina dvostrukog dna B/15. Maksimalna količina tereta u jednome tanku 3000 m³

Tip 3 broda za prijevoz kemikalija dizajnirani su za prijevoz kemikalija niske opasnosti koje imaju minimalan utjecaj na ljudsko zdravlje i okoliš. Ovi tereti su obično netoksični i nezapaljivi. Tankeri tipa 3 imaju manje sigurnosnih zahtjeva u usporedbi s tankerima tipa 1 i tipa 2, ali se i dalje pridržavaju međunarodnih standarda kako bi osigurali siguran prijevoz.

Izgrađeni su s odgovarajućim mjerama zadržavanja radi sprječavanja curenja ili izlivanja i imaju odgovarajuće sustave za rukovanje teretom. Brod veći od 225 metara po cijeloj dužini dvostruka oplata. Od 125 do 225 m moraju izdržati oštećenja po cijeloj dužini osim stroja. Manji brodovi od 125 metara po cijeloj dužini osim iza strojarnice. Sposobnost izdržavanja naplavlivanja strojarnice treba odrediti odgovorni klasifikacijski zavod. Još se može reći da brodovi za prijevoz kemikalija nazivaju parcel tankeri ili višenamjenski tankeri. To su specijalizirani brodovi dizajnirani za prijevoz više vrsta tekućih kemijskih tereta istovremeno te ih karakterizira velik broj tankova



Slika 4: Tip 3 broda

Izvor: <https://www.balticshipping.com/vessel/imo/9416044>

3.3 KONSTRUKCIJA BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA

Kako bi brodovi za prijevoz kemikalija mogli prevoziti teret na siguran i učinkovit način postoje propisi koji reguliraju konstrukciju broda. Jedna od tih propisa postavlja IMO. Posebni zahtjevi IMO odnose se na:

- 1) Stabilitet broda u oštećenom stanju
- 2) Dvodna broda

Na temelju tih propisa omjer širine i dubine broda mora biti takav da se ukrcaj tereta može odvijati bez potrebe procesa balastiranja. Kod brodova kojima je dužina između okomica 150 do 170 metara s dvodnom koji se nalazi ispod srednjeg tanka, odnos širine i dužine bi trebao biti između 1,69 do 2,23 dok brod s dvostrukom oplatom po cijeloj svojoj dužini morao imat odnos širine i dubine ne manjeg od 1,8. Kako bi se brod mogao maksimalno iskoristiti mora se znati ukupan broj tankova na brodu. Tank se može napuniti do 98% volumena tanka. Može se reći da neki univerzalni tanker koji ima nosivost 25000 tona i oko 40 do 50 tankova za ukrcaj ima kapacitet nekih 35000 m³ dok neki manji brod ima oko 30 tankova pri istoj nosivosti. Što se tiče ograničenja veličine koje je postavila Međunarodna pomorska organizacija (IMO) za različite vrste spremnika, navodi se da tankovi tipa 1 imaju najveći kapacitet od 1.250 m³, dok tankovi tipa 2 imaju najveći kapacitet od 3.000 m³. Ova ograničenja osiguravaju sigurnost i usklađenost s međunarodnim propisima za prijevoz kemijskih tereta.

U teretnom prostoru brodova za prijevoz za kemikalija, struktura dna može varirati ovisno o dizajnu i zahtjevima plovila. Ovo su uobičajene konfiguracije strukture dna u teretnom prostoru:

- 1) Jednostruko dno

U ovoj konfiguraciji postoji jednostruko dno koja se proteže duž cijele duljine teretnog prostora. Pruža primarnu strukturnu potporu za tankove tereta. Struktura jednostrukog dna jednostavnija je u usporedbi s dvostrukim dnom jer se sastoji od jednog sloja oplata. Donje ploče obično su izrađene od čelika visoke čvrstoće kako bi izdržale pritisak i naprezanja tereta. Tankovi za teret smješteni su neposredno iznad strukture s jednostrukim dnom. Ovi tankovi su dizajnirani za sigurno i učinkovito skladištenje i transport raznih vrsta kemikalija.

Opremljeni su unutarnjim premazima, izolacijom i sustavima grijanja ili hlađenja prema zahtjevima tereta. Tankovi s jednostrukim dnom imaju određena ograničenja u usporedbi s dvostrukim dnom u smislu strukturalne čvrstoće i zaštite. Oni pružaju manju zaštitu od oštećenja trupa uslijed nasukanja ili sudara. Stoga su brodovi s jednostrukim dnom općenito prikladnija za rad u područjima s plitkim vodama ili manjim rizikom od oštećenja trupa. Ova konfiguracija se obično nalazi u manjim kemijskim tankerima gdje su jednostavnost i ekonomičnost prioritet.

2) Dvodno

Struktura dvostrukog dna sastoji se od dva sloja strukturne oplata s praznim prostorom između. Ova konfiguracija pruža dodatni sloj zaštite i pojačanja za teretne tankove. Primarna namjena dvostrukog dna je dodatna zaštita od oštećenja trupa te povećanje čvrstoće i stabilnosti broda. Djeluje kao sigurnosna mjera za sprječavanje istjecanja ili onečišćenja u slučaju proboja trupa zbog nasukanja, sudara ili drugih nesreća. Dvostruko dno se obično oblikuje zavarivanjem ili spajanjem dvaju slojeva čeličnih ploča. Gornji sloj čini dno teretnih tankova, dok donji sloj stvara prazninu koja se često koristi za skladištenje vodenog balasta ili kao sigurnosna zona u slučaju oštećenja gornjeg sloja. Dizajn dvostrukog dna poboljšava strukturnu čvrstoću tankera, omogućujući mu da izdrži veća opterećenja i naprezanja. Dodatni sloj čelika osigurava pojačanje i strukturni integritet. Prazan prostor između slojeva također pridonosi stabilnosti plovila ravnomjernom raspodjelom težine i uzgona. Prazan prostor u dvostrukom dnu omogućuje ugradnju sustava za otkrivanje curenja i opreme za nadzor. Ovi sustavi neprestano nadziru prostor između slojeva radi bilo kakvih znakova curenja, osiguravajući rano otkrivanje potencijalnih problema i omogućavajući pravovremeno održavanje ili popravak. Dizajn dvostrukog dna često se preferira u većim kemijskim tankerima gdje su povećana čvrstoća i zaštita od oštećenja trupa ključni.

3) Kombinacija dvostrukog i jednostrukog dna

Kombinirana struktura dvostrukog i jednostrukog dna konstrukcijska je konfiguracija koja se nalazi u nekim tankerima za kemikalije. Uključuje korištenje struktura dvostrukog dna i jednostrukog dna u različitim područjima teretnog prostora. Svrha kombinirane konfiguracije dvostrukog i jednostrukog dna je optimizirati strukturni integritet, raspodjelu težine i kapacitet tereta. Njegov cilj je osigurati odgovarajuću zaštitu tereta uz istovremeno osiguravanje učinkovite upotrebe prostora i održavanje ukupne stabilnosti broda

I. Središnji tank s dvostrukim dnom:

U ovoj konfiguraciji, središnji tank broda za prijevoz kemikalija opremljen je strukturom dvostrukog dna. Dvostruko dno pruža dodatni sloj zaštite za središnje tankove, koji često nose značajan dio tereta. Povećava strukturnu snagu i sigurnost ovih spremnika. Središnji tank s dvostrukim dnom služi za više namjena. Njegova primarna funkcija je povećati sigurnost i strukturni integritet tankera. Dvostruko dno pruža dodatni sloj zaštite za središnji spremnik, koji obično nosi značajan dio tereta. Pomaže u sprječavanju curenja ili onečišćenja u slučaju proboja trupa i doprinosi ukupnoj čvrstoći i stabilnosti plovila.

II. Bočni tankovi s jednostrukim dnom:

Bočni tankovi brodova za prijevoz kemikalija, smješteni na vanjskim rubovima teretnog prostora, opremljeni su jednom strukturom dna. Jedno dno je dovoljno za podupiranje i zaštitu ovih spremnika jer oni obično nose manji dio tereta u usporedbi sa središnjim tankovima.

Na ovim brodovima bitan dio konstrukcije su i vertikalne pregrade između tankova. Vertikalne pregrade u brodovima za prijevoz kemikalije služe za podjelu teretnog prostora u zasebne odjeljke ili tankove. Ove pregrade osiguravaju siguran i učinkovit transport različitih vrsta kemikalija sprječavajući miješanje ili kontaminaciju

I. Vertikalne valovite pregrade:

Vertikalne valovite pregrade se izvode bez vezivanja i mogu se postavljati u uzdužnom i poprečnom smjeru. Sastoje se od okomito valovitih čeličnih ploča koje daju strukturnu krutost. Valoviti dizajn ovih pregrada osigurava strukturnu krutost i povećava čvrstoću odjeljaka za teret. Nabori povećavaju otpornost na vanjske sile i pritiske, kao što su savijanje trupa, vibracije i efekti zapljuskivanja, koji se javljaju tijekom putovanja. Ove pregrade učinkovito odvajaju teretne tankove, omogućujući prijevoz više vrsta kemikalija u različitim odjeljcima. Mogu se postaviti uzdužno ili poprečno, ovisno o specifičnom dizajnu broda za prijevoz kemikalija i željenim zahtjevima odjeljenja. Smjer ugradnje određuje orijentaciju valova i raspored teretnih tankova

II. Horizontalne valovite pregrade

Horizontalne valovite pregrade ojačane su vertikalnim mjerama i obično su postavljene poprečno u teretno prostoru. Ove pregrade su sklone pucanju, tako da se dodatne mjere mogu postaviti na spoj između dva rebra kako bi se ojačala struktura. Ojačanje osigurava cjelovitost pregrada, čak i pod dinamičkim opterećenjima tijekom putovanja. Ojačane su vertikalnim mjerama, kao što su ukrućenja ili grede, kako bi se osigurala dodatna strukturalna čvrstoća i krutost. Ovo pojačanje pomaže pregradama da izdrže dinamička opterećenja do kojih dolazi tijekom putovanja, kao što su sile izazvane valovima i kretanje tereta, osiguravajući njihovu cjelovitost. Horizontalne valovite pregrade obično se postavljaju poprečno preko teretnog prostora. Ovaj raspored omogućuje učinkovito razdvajanje teretnog prostora, dijeleći ga u zasebne tankove ili odjeljke. Olakšava organizaciju i siguran prijevoz različitih vrsta kemikalija istovremeno

III. Glatke pregrade s horizontalnim pojačanjem

Glatke pregrade s horizontalnom pojačanjem obično se postavljaju uzdužno i pojačane horizontalnim gredama. Obično se koriste kao pregrade na pacel tankerima. Ove pregrade imaju ravnu ili glatku unutarnju površinu, što nudi nekoliko prednosti. Glatka površina smanjuje rizik od kontaminacije proizvoda i olakšava čišćenje i održavanje. Omogućuje učinkovito uklanjanje ostataka i smanjuje mogućnost da kemijski ostaci ostanu unutar pregrade, osiguravajući sigurno rukovanje sljedećim teretima. Ojačane su vodoravnim gredama za povećanje njihove konstrukcijske čvrstoće i stabilnosti. Horizontalno pojačanje dodaje krutost pregradama, omogućujući im da izdrže dinamička opterećenja do kojih dolazi tijekom putovanja, kao što su sile izazvane valovima i pomicanje tereta. Obično se postavljaju uzdužno unutar teretnog prostora. Ovaj raspored omogućuje učinkovito razdvajanje teretnih tankova. Dijeljenjem teretnog prostora u odvojene odjeljke, omogućuje istovremeni prijevoz različitih vrsta kemikalija, osiguravajući njihovu segregaciju i sprječavajući unakrsnu kontaminaciju.

IV. Strukturne pregrade

Strukturne pregrade dizajnirane su za stvaranje koferdama, koji su zatvoreni prostori između tankova tereta ili između tankova tereta i trupa broda. Dizajnirani su tako da budu nepropusni sprječavajući bilo kakvo curenje ili prijenos tereta između susjednih tankova. Ove su pregrade posebno konstruirane kako bi osigurala siguran prijevoz opasnih kemikalija

pružajući dodatni sloj razdvajanja između nekompatibilnih tankova tereta. Strukturalne pregrade pridonose održavanju sigurnosti i cjelovitosti odjeljaka za teret. Obično se izrađuju od krupnih materijala koji mogu izdržati sile i pritiske tijekom putovanja. Odabir materijala uzima u obzir čimbenike kao što su kemijska kompatibilnost, strukturni integritet i otpornost na koroziju kako bi se osiguralo da pregrade mogu učinkovito izdržati teret koji odvajaju.

Paluba na brodu odnosi se na najgornju strukturnu komponentu koja prekriva teretne tankove i pruža radnu platformu za posadu. Ovisno o vrsti tankera i njegovom dizajnu, postoje različite konfiguracije palube.

I. Jedna paluba s pojačanjem unutar tankova tereta

Specifična konfiguracija koja se nalazi na određenim vrstama brodova za prijevoz kemikalija. U ovom dizajnu, paluba tankera je jedna kontinuirana struktura koja se proteže preko tankova tereta, a iznutra je ojačana kako bi pružila strukturnu čvrstoću i potporu teretu. Kako bi se poboljšao strukturni integritet palube, ona je iznutra ojačana. Ojačanje može biti u obliku dodatnih greda, ukrućenja ili nosača koji su integrirani u strukturu palube. Ovo pojačanje pomaže u ravnomjernoj raspodjeli težine tereta i sprječava deformiranje palube pod opterećenjem. Ojačana paluba pruža stabilnu i sigurnu platformu za operacije utovara i istovara. Omogućuje postavljanje opreme, kao što su pumpe, cjevovodi i ruke za utovar, kako bi se olakšao prijenos kemikalija u i iz tankova tereta

II. Jedna paluba s pojačanjem izvan tankova tereta

Specifična konfiguracija koja se nalazi na određenim vrstama brodova za prijevoz kemikalija. U ovom dizajnu, paluba tankera je jedna ojačana struktura koja je postavljena iznad teretnih tankova. postavljena je iznad tankova tereta, osiguravajući čist prostor između palube i tankova. Ova konfiguracija omogućuje jednostavan pristup i održavanje teretnih tankova s vrha, kao i pružanje prostranog radnog prostora na palubi. Dizajn palube omogućuje lak pristup teretnim tankovima s vrha. To olakšava preglede, čišćenje i održavanje spremnika bez potrebe za ulaskom u spremnike iz unutrašnjosti plovila. Također pruža fleksibilnost u rukovanju različitim vrstama tereta i omogućuje učinkovito čišćenje spremnika i pripremu za sljedeće terete

III. Dvostruka paluba s pojačanjem unutar koferdama

Konfiguracija dvostruke palube sastoji se od dvije palube: vanjske palube i unutarnje palube. Vanjska paluba je najgornja paluba vidljiva izvana, dok se unutarnja paluba nalazi ispod nje, tvoreći vrh koferdama. Obje su palube ojačane kako bi se osigurao strukturalni integritet i čvrstoća. I vanjska i unutarnja paluba iznutra su ojačane kako bi izdržale različita opterećenja i sile s kojima se susreću tijekom putovanja. Ojačanje može uključivati dodatne grede, ukrućenja ili potpore integrirane u strukture palube. Pristup tankovima tereta za pregled, čišćenje i održavanje je olakšan kroz koferdam. Osoblje može ući u koferdam s pristupnih točaka na palubi i obaviti potrebne zadatke bez izravnog ulaska u tankove tereta. To poboljšava učinkovitost i sigurnost tijekom operacija održavanja

3.4 ZAŠTITA BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA

Teret koji prevoze brodovi mogu imati vrlo korozivni učinak na tankove, sustave cjevovoda, ventile i drugu opremu za rukovanje teretom s kojom dolaze u kontakt. Osobito se anorganske kiseline smatraju najopasnijim kemikalijama u smislu njihovih korozivnih svojstava. Korozivni proces koji se javlja rezultat je kemijskih reakcija, što dovodi do propadanja metalnih površina. Stoga je ključno zaštititi sve spremnike i sustave za rukovanje teretom od korozije. Postoji nekoliko uobičajenih oblika korozije koji se mogu pojaviti na tankeru:

Opća korozija: Ova vrsta korozije nastaje kada kemikalija uništi zaštitni sloj na površini metala, što dovodi do ukupne korozije metala. Šteta uzrokovana općom korozijom obično je manje značajna jer je korozija vidljiva, a smanjenje debljine metala je relativno beznačajno.

Lokalna korozija: Lokalna korozija javlja se u područjima gdje je zaštitni sloj oštećen. Postupno se stvaraju veća udubljenja ili šupljine, pri čemu šupljine djeluju kao anode, a okolni čelik djeluje kao velika katoda. Iako je korozija lokalizirana, može dovesti do probijanja tanka. Ako dubina korozije premašuje promjer šupljine, to se naziva pitting.

Galvanska korozija: Galvanska korozija nastaje kada su različiti materijali u kontaktu u prisutnosti elektrolita. Proces korozije je sporiji na nehrđajućem čeliku, ali brži na običnom čeliku. Stoga je potrebno premazati sve dijelove kako bi se spriječila korozija. Kada je premaz oštećen, čelik djeluje kao anoda, dok nehrđajući čelik djeluje kao katoda, što dovodi do ubrzane korozije.

Korozija pasivnih metala: otpornost na koroziju pasivnih metala oslanja se na zaštitni učinak sloja oksida na njihovoj površini. Međutim, morska voda može imati korozivni učinak na nehrđajući čelik s niskim sadržajem kroma i nikla. Ioni klora dovoljno su mali da prođu kroz pore oksidnog filma i adsorbiraju se na površini metala, što dovodi do ljuštenja zaštitnog sloja.

Za zaštitu tankova od korozije postoje dvije osnovne metode:

Konstrukcija spremnika od nehrđajućeg čelika: Jedan od najučinkovitijih načina za sprječavanje korozije je izrada spremnika za kemikalije u potpunosti od nehrđajućeg čelika. Nehrđajući čelik poznat je po svojim izvrsnim svojstvima otpornosti na koroziju, što ga čini prikladnim za siguran transport širokog spektra kemikalija. Ključ njegove otpornosti na koroziju leži u prisutnosti kroma, koji stvara pasivni oksidni sloj na površini kada je izložen kisiku. Ovaj oksidni sloj djeluje kao barijera, štiteći metal ispod njega od daljnje korozije.

Spremnici od nehrđajućeg čelika poželjni su za prijevoz agresivnih ili korozivnih kemikalija jer mogu izdržati kemijske reakcije bez kvarenja ili kontaminacije tereta. Međutim, bitno je napomenuti da nisu sve vrste nehrđajućeg čelika jednako otporne na sve kemikalije. Proizvođači i brodograditelji moraju osigurati popis podnošljivosti tereta koji navodi kompatibilnost čelika s različitim vrstama kemikalija kako bi se osigurao siguran transport.

Zaštitni premazi: Za spremnike izrađene od običnog čelika, učinkovit način zaštite od korozije je nanošenje zaštitnih premaza na unutarnje površine tanka. Ovi premazi djeluju kao barijera, sprječavajući izravan kontakt između korozivnog tereta i čelične površine. Odabir odgovarajućeg premaza ovisi o čimbenicima kao što su vrsta kemikalije koja se transportira, njena korozivna svojstva i temperaturni uvjeti. Dostupni su različiti premazi na bazi epoksida ili premazi otporni na kemikalije, a njihov se odabir temelji na njihovoj kompatibilnosti s određenim kemikalijama i težini korozivnog okruženja. Redovito održavanje i pregled premaza ključni su za prepoznavanje i rješavanje bilo kakvih oštećenja ili trošenja koji bi mogli ugroziti zaštitnu barijeru. Adekvatno održavanje osigurava stalnu učinkovitost premaza u sprječavanju korozije. Vrijedno je spomenuti da čak i uz ove zaštitne mjere, spremnici za kemikalije još uvijek mogu doživjeti određeni stupanj korozije tijekom vremena, osobito ako sadrže vrlo agresivne kemikalije. Redoviti pregledi, pravilni postupci čišćenja i pridržavanje smjernica o kompatibilnosti ključni su za osiguranje dugotrajnosti i sigurnosti spremnika za kemikalije tijekom transporta.

4. SUSTAVI ZA SIGURAN PRIJEVOZ KEMIKALIJA MOREM

Kako bi se osigurao siguran transport kemikalija morem, postoje različiti sustavi i mjere. Ovi sustavi pomažu minimizirati rizike povezane s rukovanjem, skladištenjem i prijevozom opasnih kemikalija

4.1. SUSTAV ZADRŽAVANJA TERETA (CARGO CONTAINMENT SYSTEM)

Sustav zadržavanja tereta na brodovima za prijevoz kemikalija odnosi se na strukturu i opremu dizajniranu za sigurno skladištenje i prijevoz kemikalija na brodu. Sustav za zadržavanje tereta igra ključnu ulogu u sprječavanju curenja, izlivanja i reakcija koje bi mogle predstavljati rizik za posadu, plovilo i okoliš.

Brodovi za prijevoz kemikalija opremljeni su posebnim tankovima za teret koji su dizajnirani za sigurno držanje raznih vrsta kemikalija. Ovi tankovi izrađeni su od materijala poput nehrđajućeg čelika ili presvučenog čelika koji su kompatibilni s predviđenim teretom. Spremnici su dizajnirani da izdrže korozivnu prirodu kemikalija i da zadrže svoj strukturni integritet u različitim uvjetima

Premazi za tankove: Kako bi se povećala otpornost na koroziju tankova tereta, na unutarnje površine tankova nanose se zaštitni premazi. Ovi premazi djeluju kao barijera između tereta i materijala tankova, sprječavajući izravan kontakt i potencijalnu koroziju. Odabir odgovarajućeg premaza ovisi o specifičnim kemijskim svojstvima i zahtjevima kompatibilnosti.

Struktura tanka uključuje kombinaciju pregrada, pregrada i drugih strukturnih elemenata kako bi se osigurala stabilnost i cjelovitost teretnih tankova. Pregrade odvajaju različite tankove tereta, dok pregrade pomažu u sprječavanju prskanja tekućeg tereta tijekom kretanja broda, smanjujući rizik od pomicanja tereta i mogućeg oštećenja stabilnosti broda

Teretni tankovi opremljeni su ventilacijskim sustavima za regulaciju tlaka i sprječavanje nakupljanja opasnih para. Primarna svrha ventilacijskog sustava je održavanje tankova tereta na sigurnoj razini tlaka i sprječavanje prekomjernog povećanja tlaka ili uvjeta vakuuma. Tijekom utovara, kako se tankovi pune tekućim teretom, zrak unutar tankova mora biti istisnut kako bi se izbjegao nadtlak. Slično, tijekom istovara, dok se teret ispušta iz tankova, sustav osigurava da tankovi nisu podvrgnuti pretjeranom vakuumu. Na tankovima

tereta postavljene su ventilacijske cijevi koje omogućuju prolaz plinova i zraka. Ove su cijevi dizajnirane tako da se protežu iznad najviše točke tanka tereta i opremljene su plamenikom ili drugim sigurnosnim uređajima koji sprječavaju ulazak vanjskog plamena ili iskri. Ventilacijske cijevi su neophodne za ispuštanje plinova i održavanje kontinuiranog protoka zraka kako bi se spriječila neravnoteža tlaka. Ventili za smanjenje tlaka, također poznati kao sigurnosni ventili, kritične su komponente ventilacijskog sustava. Ovi ventili su postavljeni da se otvaraju na unaprijed određenim razinama tlaka kako bi oslobodili višak tlaka iz teretnih tankova. Ventili za smanjenje tlaka osiguravaju da spremnici ne prekorače svoj siguran radni tlak i sprječavaju potencijalna puknuća ili eksplozije. Vakuum breaker su ventili ili uređaji dizajnirani za sprječavanje prekomjernog vakuuma ili negativnog tlaka unutar tankova tereta. Kada se spremnici prazne, vakuumski breaker dopuštaju zraku da uđe u spremnike, sprječavajući njihovo urušavanje uslijed vakuuma koji nastaje procesom pražnjenja. Sustav za odzračivanje može biti opremljen sensorima tlaka i temperature za kontinuirano praćenje uvjeta unutar tankova tereta. Alarmi i kontrolni sustavi koriste se za upozorenje posade ako se razine tlaka ili temperature približe kritičnim granicama, što omogućuje poduzimanje hitnih mjera.

Sustav manifolda kritičan je dio sustava za zadržavanje tereta, koji omogućuje siguran prijenos kemikalija između broda i obalnih objekata ili drugih plovila. Razvodni ventili, cijevi i priključci dizajnirani su za rješavanje specifičnih zahtjeva različitih kemikalija, osiguravajući sigurne i učinkovite operacije prijena dok je rizik od izlivanja ili curenja minimalan. Manifold se obično nalazi na palubi tankera i sastoji se od niza međusobno povezanih cijevi, ventila i priključaka. Dizajniran je za smještaj više linija tereta, od kojih je svaka namijenjena određenoj kemikaliji ili proizvodu. Ovo odvajanje osigurava sprječavanje unakrsne kontaminacije između različitih tereta i omogućuje plovilu prijevoz širokog spektra kemikalija u odvojenim odjeljcima. Uključuje razne ventile i breakere koji omogućuju kontrolu i regulaciju protoka kemikalija. Ovi ventili, kao što su kuglasti ventili, zasuni ili leptir ventili, omogućuju otvaranje i zatvaranje određenih linija tereta prema potrebi tijekom operacija ukrcaja i iskrcaja. Struktura manifolda omogućuje brodu istovremeno ili uzastopno rukovanje teretima. Simultano rukovanje odnosi se na mogućnost ukrcaja ili iskrcaja više linija tereta u isto vrijeme, što omogućuje učinkovite operacije. Sekvencijalno rukovanje uključuje korak po korak proces ukrcaja ili iskrcaja različitih tereta, osiguravajući pravilan redoslijed i kontrolu. Uključuje sigurnosne značajke za ublažavanje rizika povezanih s rukovanjem kemikalijama. To može uključivati ventile za zatvaranje u nuždi, ventile za

smanjenje tlaka i uređaje za zaštitu od prepune za sprječavanje prekomjernog tlaka ili izlivanja tijekom rada. Sustavi su opremljeni ventilima za zatvaranje u nuždi koji mogu brzo izolirati određene teretne vodove u slučaju nužde, kao što je curenje ili izlivanje. Ovim se ventilima obično upravlja daljinski iz kontrolne stanice ili ručno od strane posade. Svrha ventila za zatvaranje u nuždi je spriječiti ispuštanje opasnih materijala i spriječiti sve potencijalne incidente. Sustav može biti opremljen sustavima za nadzor i kontrolu kako bi se osigurao siguran i učinkovit prijenos kemikalija. To može uključivati senzore tlaka i temperature, mjerače protoka i indikatore razine koji pružaju podatke u stvarnom vremenu za praćenje statusa teretnih linija. Mjere kompatibilnosti ključne su za osiguranje sigurnog rukovanja i prijenosa kemikalija na tankerima za kemikalije. Sustavi manifolda dizajnirani su s posebnim značajkama i praksama za promicanje kompatibilnosti između različitih vrsta kemikalija.. To znači da su odvojeni cjevovodi i ventili namijenjeni za različite vrste kemikalija. Odvajanjem linija tereta rizik od unakrsne kontaminacije i kemijskih reakcija svodi se na najmanju moguću mjeru, čime se osigurava cjelovitost svakog tereta. Ventili, priključci i cjevovodi unutar sustava manifolda obično su označeni ili kodirani bojama kako bi se naznačilo određenim kemikalijama za koje su namijenjeni. Ovaj sustav označavanja pomaže operaterima da lako identificiraju ispravne ventile i priključke za svaki teret, smanjujući mogućnost pogrešaka ili zabune.

4.2. SUSTAV SIGURNOSTI (SAFETY SYSTEM)

Brodovi su opremljeni naprednim nadzornim i sigurnosnim sustavima kako bi se osigurao siguran prijevoz tereta. Ovi sustavi dizajnirani su za otkrivanje i reagiranje na potencijalne opasnosti, čime se smanjuju rizici povezani s prijevozom opasnih materijala. Opremljeni su raznim sensorima koji kontinuirano nadziru kritične parametre kao što su razine spremnika, tlak i temperatura. Ovi senzori daju podatke u stvarnom vremenu posadi i nadzornim sustavima na brodu. Alarmi su integrirani u sustave nadzora kako bi upozorili posadu u slučaju bilo kakvih nenormalnih uvjeta ili potencijalnih opasnosti. Kontrolne ploče omogućuju posadi da nadzire i kontrolira različite aspekte rada tankera, uključujući sigurnosne sustave. Specijalizirani senzori i nadzorni sustavi koriste se za otkrivanje potencijalnih curenja u teretnim tankovima. Ovi sustavi mogu identificirati curenja u ranoj fazi i pokrenuti odgovarajuće postupke za ublažavanje rizika. Također su opremljeni i sa

sustavima za detekciju požara koji koriste senzore za prepoznavanje prisutnosti vatre ili dima. Sustavi za detekciju požara uključuju detektore dima i topline strateški postavljene po cijelom tankeru, posebno u prostorima za teret, strojarnicama i drugim kritičnim područjima. Ovi detektori mogu brzo identificirati prisutnost dima ili abnormalne razine topline, aktivirajući alarme. Detektori plamena koriste se za otkrivanje prisutnosti otvorenog plamena ili izvora topline visokog intenziteta. Posebno su korisni u otkrivanju požara u područjima gdje mogu biti prisutne zapaljive pare ili plinovi. Detektori plina koriste se za praćenje atmosfere na prisutnost zapaljivih ili otrovnih plinova. Pružaju rano upozorenje o potencijalnim rizicima od požara ili eksplozije. Brodovi su opremljeni fiksnim sustavima za gašenje požara koji mogu brzo i učinkovito suzbiti požar. Ovi sustavi mogu uključivati automatske sustave prskalica, sustave raspršivanja vode, sustave pjene ili sustave za suzbijanje na bazi plina kao što su CO₂ ili halon. Osim fiksnih sustava, mogu biti opremljeni i s prijenosnom opremom za gašenje požara poput aparata za gašenje požara, vatrogasnih cijevi i vatrogasnih odijela. To omogućuje članovima posade da brzo reagiraju na male požare i pruže trenutnu intervenciju prije nego što eskaliraju.

Učinkoviti ventilacijski sustavi ključni su za uklanjanje zapaljivih ili otrovnih plinova, dima i topline iz pogođenih područja. Ventilacijski sustavi također igraju ulogu u sprječavanju širenja požara i održavanju sigurnog okruženja za članove posade. Sustavi za odvođenje dima dizajnirani su za uklanjanje dima i topline iz odjeljaka i održavanje jasne vidljivosti za operacije gašenja požara.

4.3. SUSTAVI ZA RUKOVANJE TERETOM

Sustav za rukovanje teretom na brodovima za prijevoz kemikalija ključna je komponenta koja osigurava siguran i učinkovit ukrcaj, iskrcaj i prijenos kemikalija. Sastoji se od različite opreme, cjevovoda, ventila i kontrola posebno dizajniranih za rukovanje opasnim teretima. Pumpe za teret specijalizirani su sustavi dizajnirani za sigurno i učinkovito rukovanje raznim vrstama kemikalija. Teretne pumpe mogu biti različitih tipova, a neke od uobičajenih tipova su centrifugalne vodoravne i okomite i pumpe s pozitivnim deplasmanom vijčane ili klipne.

Centrifugalne pumpe naširoko se koriste na brodovima za prijevoz kemikalija zbog svoje sposobnosti da učinkovito rukuju velikim količinama tekućina. Horizontalne centrifugalne pumpe postavljaju se vodoravno, obično na palubu tankera ili u crpnoj sobi. Prikladni su za prijenos tekućina na relativno kratke udaljenosti. Vertikalne centrifugalne pumpe, kao što ime predlaže, postavljaju se okomito i često se koriste za proširenije vertikalne prijenose, kao što je iz tankova za teret u skladišta na palubi ili u objekte na obali.

Pumpe s pozitivnim deplasmanom dizajnirane su za rukovanje viskoznom ili osjetljivim teretima sa stalnim protokom. Vijčane pumpe su tip pumpi s pozitivnim deplasmanom koje se obično koriste na ovim brodovima. Rade okretanjem dva ili više međusobno zahvaćenih vijaka, koji hvataju i pomiču tekućinu od ulaza do izlaza. Klipne pumpe još su jedna vrsta pumpi s pozitivnim deplasmanom koja se koristi na nekim brodovima za prijevoz kemikalija. Ove pumpe koriste klipove za istiskivanje tekućine, osiguravajući kontinuirani protok bez pulsiranja. Operacije ukrcanja i iskrcanja tereta može se izvršiti ovim sustavima:

- a) Sustav ukrcanja ili iskrcanja s pumpnom stanicom
- b) Sustav ukrcanja ili iskrcanja s uronjenim pumpama

Sustav ukrcanja i iskrcanja s pumpnom stanicom:

Kod ove metode, tanker je opremljen namjenskom pumpnom stanicom koja se nalazi na palubi ili u pumpnoj prostoriji. pumpna stanica se sastoji od teretnih pumpi (kao što su centrifugalne ili pumpe s pozitivnim deplasmanom), pripadajućih cjevovoda, ventila i upravljačkih sustava. Tijekom operacije ukrcanja, tekući teret se prebacuje s obalnih objekata ili drugog plovila u teretne tankove tankera pomoću pumpi za teret u pumpnoj stanici. Slično, tijekom iskrcanja, crpke tereta se koriste za prijenos tekućeg tereta iz tankera tereta tankera do objekata na obali ili drugog plovila. Pumpe za teret u pumpnoj stanici osiguravaju potreban tlak i protok za učinkovito premještanje tekućeg tereta

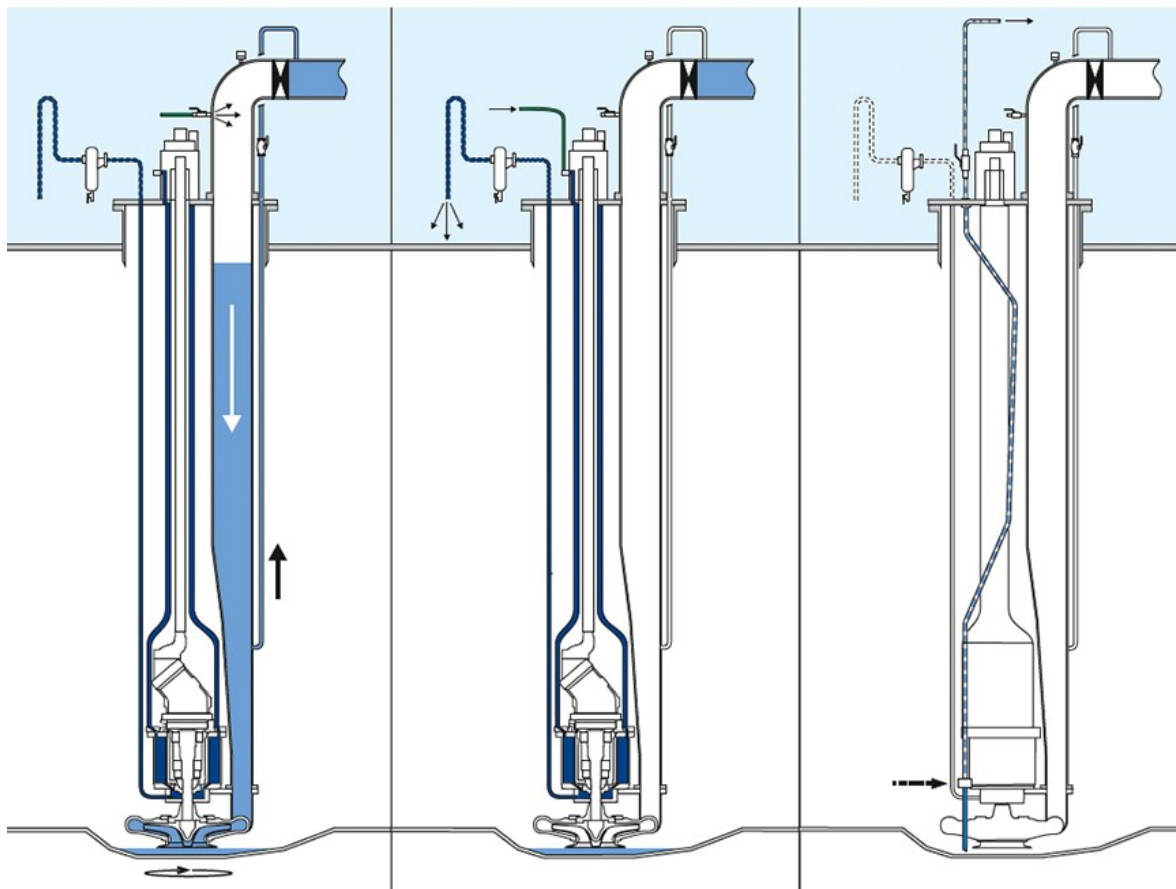
Sustav ukrcanja i iskrcanja potopnim pumpama (Framo pumpe):

Ova metoda koristi potopne pumpe, kao što su Framo pumpe, koje se uranjaju izravno u tekući teret unutar tankova tereta. Tijekom operacije urkcaja, potopne pumpe se aktiviraju kako bi pumpale tekući teret iz obalnih objekata ili drugog plovila izravno u tankove tereta. Za iskrcaj se koriste potopne pumpe za prijenos tekućeg tereta iz tankova tereta do obalnih

objekata ili drugog plovila. Prednost ove metode je u tome što potopne pumpe eliminiraju potrebu za dugim usisnim vodovima, smanjujući rizik od curenja i poboljšavajući učinkovitost.

Framo pumpe ili uronjene hidraulične pumpe koriste se kada postoji potreba za odvajanjem tereta pomoću nepropusnih pregrada. Ovaj zahtjev za odvajanje postoji u oko 90% tankera za kemikalije. Posjedovanje jedne pumpe po spremniku omogućuje potpuno odvajanje različitih tereta. To olakšava operacije ukrcaja, iskrcaja i čišćenja. Uklanjanjem potrebe za crpnom prostorijom, usisnim cjevovodom, ventilima i opremom za stvaranje tlaka te ugradnjom potopnih pumpi, postiže se ekonomično rješenje u usporedbi s tradicionalnim sustavima. Hidraulički motor je spojen na rotor preko kratke osovine. Rotor se nalazi na dnu spremnika kako bi se osigurala pozitivna visina usisavanja. Potopne pumpe omogućuju usisavanje bez potrebe za usisnim cijevima. To omogućuje pumpanje i viskoznih i hlapljivih tekućina. Sustav hidrauličkog prijenosa eliminira rizik od eksplozije i osigurava dosljednu kontrolu protoka. Kapacitet crpke može se podesiti na bilo koju vrijednost bez upotrebe teretnih ventila za prigušivanje. Brzina svake pumpe može se regulirati na palubi ili daljinski iz prostorija za upravljanje teretom. Potopna pumpa za teret sastoji se od tri glavna dijela: palubne prirubnice, sklopa cijevi i sklopa pumpe s ugrađenim visokotlačnim hidrauličkim motorom. Za spojeve se koriste posebne teflonske brtve koje su otporne na kemikalije. Hidraulički tlačni i povratni vodovi integrirani su u prirubnice palube, uključujući različite upravljačke uređaje za lokalno i daljinsko upravljanje. Za odvajanje dijela pumpe od dijela tereta, treća cijev je postavljena oko hidrauličkih cijevi i pumpe. Ova cijev djeluje kao gumena brana, povećavajući učinkovitost isušivanja tanka tereta postavljanjem rotora blizu dna tanka. Teflonske brtve koriste se za osiguranje učinkovitog brtvljenja u različitim uvjetima tijekom transporta kemikalija. Mogu se nositi s različitim vrstama tekućina, uključujući hlapljive i viskozne. Brtvljenje se postiže s dva para brtvi smještenih sa svake strane odvodne komore koja je spojena na koferdam. Odvodna cijev i kontrolni ventil na palubi osiguravaju izlaz u atmosferu. Framo pumpe dolaze s integriranim sustavom upravljanja koji omogućuje preciznu kontrolu nad radom crpke. Kontrolni sustav uključuje značajke kao što su kontrola brzine pumpe, nadzor tlaka i razne sigurnosne blokade kako bi se osigurao siguran i učinkovit prijenos tereta. Framo crpke često dolaze s redundantnim konfiguracijama, gdje je instalirano više crpki kako bi se osigurala podrška i osigurao kontinuirani prijenos tereta čak i ako jedna pumpa otkáže. Ova redundancija povećava pouzdanost crpnog sustava. Važno je napomenuti da dok je Framo istaknuti proizvođač

teretnih pumpi, drugi se proizvođači također mogu koristiti na kemijskim tankerima, ovisno o specifikacijama broda i preferencijama vlasnika.



Slika 5: Uronjena hidraulična pumpa

Izvor: <https://www.framo.com/cargo-pumping-systems/cargo-pumping/safe-operation/>

5. MEĐUNARODNE KONVENCIJE I PRAVILA KOJA SE ODOSE NA SIGURNOST BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA

Kemikalije koje se prevoze brodovima u razlivenom stanju predstavljaju veliku opasnost u odnosu na ostale terete, pa je Međunarodna pomorska organizacija posvetila pozornost na propise i način rukovanja kemikalijama. To su:

- Međunarodna konvencija o teretnim vodenim linijama (LOAD LINES) 1966. s dopunama
- Međunarodna konvencija za zaštitu ljudskih života na moru (SOLAS) 1974. s dopunama
- Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja mora s brodova (MARPOL)
- Međunarodna konvencija o standardima za obrazovanje, ovlaštenja i obavljanje straže pomoraca (STCW) 1978. s dopunama

Također su doneseni i međunarodni pravilnici koji sadrže mjere, upute za siguran prijevoz kemikalija: Najznačajniji međunarodni pravilnik bi bio Međunarodni pravilnik o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenom stanju (IBC Code)

5.1. MEĐUNARODNA KONVENCIJA O ZAŠTITI LJUDSKIH ŽIVOTA NA MORU (SOLAS)

SOLAS, što je kratica za Međunarodnu konvenciju o sigurnosti života na moru, jedna je od najvažnijih međunarodnih konvencija koje se bave sigurnošću brodova, uključujući i tankere za prijevoz kemikalija. Povod za donošenje ovakve Konvencije bila je pomorska havarija „Titanika“ 1912. godine. Odmah nakon katastrofe sazvana je 1913. godine Međunarodna konferencija na kojoj je donešena prva Konvencija o zaštiti ljudskih života na moru, poznata kao „Titanik konvencija“. Zbog izbijanja I. svjetskog rata ona nije stupila na snagu. Tako je SOLAS konvencija, po prvi put, kao međunarodni dokument, donešena u Londonu 1929. godine. SOLAS ima za cilj osigurati sigurnost ljudskog života na moru, sigurnost brodova i sprječavanje onečišćenja mora. Postavlja različite propise i zahtjeve za postizanje ovih ciljeva. SOLAS daje detaljne propise za konstrukciju, stabilnost i opremu

brodova, uključujući i tankere za kemikalije. Danas je na snazi SOLAS konvencija iz 1974. godine s protokolima iz 1978. 1988. godine s brojnim amandmanima i aneksima. SOLAS konvencija se stalno mijenja i dopunjuje, pa je tako IMO-ov Odbor za sigurnost plovidbe 1986. god donio Međunarodni pravilnik o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenom stanju. Pokriva aspekte kao što su strukturni integritet plovila, mjere zaštite od požara, oprema za spašavanje, navigacijska oprema, komunikacijski sustavi i još mnogo toga. SOLAS zahtijeva da brodovi imaju sustav upravljanja sigurnošću (SMS). Ovaj sustav uključuje postupke, pravila i upute za osiguranje sigurnog rada plovila. Od tankera za kemikalije se očekuje da budu u skladu s Međunarodnim kodeksom upravljanja sigurnošću (ISM), koji je dio SOLAS-a. SOLAS sadrži posebne zahtjeve za sigurnost od požara na brodovima, uključujući i tankere za kemikalije. Obuhvaća sustave za otkrivanje požara i alarmne sustave, opremu za gašenje požara, materijale otporne na vatru i planove zaštite od požara. Tankeri za kemikalije mogu imati dodatne mjere zaštite od požara prilagođene prirodi tereta koji prevoze. SOLAS pruža propise za sigurno rukovanje, slaganje i osiguranje tereta na brodovima. Za tankere za kemikalije uključuje zahtjeve za pravilno skladištenje i prijevoz opasnih tvari. SOLAS se također bavi označavanjem, dokumentacijom i postupcima rukovanja opasnom robom. SOLAS zahtijeva da brodovi, uključujući i tankere za kemikalije, imaju učinkovite planove i postupke za hitne situacije. Ovo uključuje mjere za hitne slučajeve na brodu, kao što su požar, poplava i sudar, kao i postupke za sprječavanje i odgovor na onečišćenje. Sukladno Prilogu II/2 SOLAS konvencije koja se prvenstveno odnosi na odredbe o svojstvima glavnog protupožarnog voda, protupožarnu zaštitu, otkrivanje i gašenje požara na tankerima za prijevoz kemikalija mora se također nalaziti oprema za vatrogasce i osobna zaštitna oprema koja mora zadovoljavati najvišim kriterijima glede cjelovitosti i kvalitete. Glava VII SOLAS konvencije koja se odnosi na prijevoz opasnih tereta u dijelu B regulira konstrukciju i opremu brodova za prijevoz opasnih tekućih kemikalija u razlivenom stanju. Od 1986. godine sadržaj VII Glave je upotpunjen posebnim Pravilnikom o brodovima za prijevoz kemikalija u razlivenom stanju (International Bulk Chemicals Code-IBC) koji se primjenjuje kao sastavni dio Konvencije SOLAS na sve brodove građene poslije 15. lipnja 1986. godine.

5.2. MEĐUNARODNA KONVENCIJA O SPRJEČAVANJU ONEČIŠĆENJA MORA S BRODOVA (MARPOL)

Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s brodova, poznata po kratlici MARPOL je međunarodni ugovor kojem je cilj potpuno eliminiranje namjernog ili slučajnog onečišćenja morskog okoliša s brodova, svim štetnim tvarima za ljude, ostala živa bića, i korištenje mora.

Osim osnovnoga teksta ova konvencija sadržava šest priloga.

Prilog I. –Pravila o sprječavanju onečišćenja naftom

Prilog II. –Pravila za kontrolu onečišćenja tekućim tvarima koje se prevoze tankerima

Prilog III. –Pravila o sprječavanju onečišćenja štetnim tvarima u pakiranom obliku

Prilog IV. –Pravila o sprječavanju onečišćenja fekalijama s brodova

Prilog V. –Pravila o sprječavanju onečišćenja otpacima s brodova

Prilog VI. –Pravila o sprječavanju onečišćenja s brodova posredno zrakom, emisijom sumporova i dušikova oksida

Prilog I usredotočen je na sprječavanje onečišćenja uljem s brodova. Uključuje propise za sprječavanje izlivanja nafte tijekom operacija kao što su utovar, istovar i prijenos naftnih tereta. Tankeri za kemikalije koji prevoze naftu kao teret podliježu ovim propisima.

Prilog II. posebno govori o sprječavanju onečišćenja štetnim tekućim tvarima koje se prevoze u rasutom stanju. On pruža propise za razvrstavanje, rukovanje i ispuštanje takvih tvari. Tankeri za prijevoz kemikalija koji prevoze štetne tekuće tvari moraju biti u skladu sa zahtjevima Priloga II., uključujući odgovarajuću dokumentaciju, postupke čišćenja spremnika i ograničenja ispuštanja.

Prilog IV pokriva sprječavanje onečišćenja otpadnim vodama s brodova. Postavlja standarde za obradu i ispuštanje otpadnih voda radi zaštite morskih ekosustava. Tankeri za kemikalije moraju imati odgovarajuće sustave za pročišćavanje otpadnih voda na brodu i pridržavati se propisa navedenih u Prilogu IV.

Prilog V. bavi se sprječavanjem onečišćenja otpadom s brodova. Zabranjuje odlaganje određenih vrsta smeća u more i zahtijeva odgovarajuće postupke gospodarenja otpadom. Tankeri za kemikalije moraju biti u skladu s propisima za odlaganje smeća, uključujući postupke odvajanja, skladištenja i odlaganja.

Prilog VI usredotočen je na sprječavanje onečišćenja zraka s brodova. Postavlja ograničenja na emisije sumpornih oksida (SO) i dušikovih oksida (NO) iz brodskih ispušnih plinova i ograničava upotrebu tvari koje oštećuju ozonski omotač. Tankeri za kemikalije moraju ispunjavati zahtjeve za kontrolu emisija, kao što je korištenje goriva s niskim sadržajem sumpora ili usvajanje alternativnih metoda usklađenosti poput sustava za čišćenje ispušnih plinova (skruberi).

MARPOL konvencija određuje i posebna područja za koja je potrebna posebna zaštita s obzirom na njihovu ekološku osjetljivost. U posebna područja ubrajaju se:

Sredozemlje, Baltičko more, Crno i Crveno more, Arapski zaljev, Sjeverno more i šire područje Kariba. Od ovako stroge zabrane Konvencija ipak odstupa i dopušta brodovima manja ispuštanja. Kemikalije nije dozvoljeno ispuštati u more izuzev ako su zadovoljeni sljedeći uvjeti:

- Brod se mora kretati brzinom od najmanje 7 čv ako se kreće vlastitim strojem ili 2 čv ako je tegljen
- Brod mora biti van posebnih područja, ne blizu obale i dubina mora treba biti min 25 m
- Ispust mora biti ispod vodene linije
- Ovisno o kategoriji tvari je potrebno razrijediti određenom otopinom prije ispuštanja u more

Stripping and Discharge requirements Summarised

Category	BCH Ships Constructed before 31/7/1986	Existing IBC Constructed from 31/7/1986 but before 1/1/2007	New Buildings Constructed from 1/1/2007	Ships Other than Chemical Tankers constructed before 1/1/2007
X	Pre Wash Strip to 350 Litres 12 mile 25m water depth 7 knots, en-route	Pre Wash Strip to 150 Litres 12 mile 25m water depth 7 knots, en-route	Pre Wash Strip to 75 Litres 12 mile 25m water depth 7 knots, en-route	Carriage Prohibited
Y	Pre Wash for solidifying for high viscosity substances Strip to 350 Litres 12 mile 25m water depth 7 knots, en-route	Pre Wash for solidifying for high viscosity substances Strip to 150 Litres 12 mile 25m water depth 7 knots, en-route	Pre Wash for solidifying for high viscosity substances Strip to 75 Litres 12 mile 25m water depth 7 knots, en-route	Carriage Prohibited
Z	Strip to 950 Litres 12 mile 25m water depth 7 knots, en-route	Strip to 350 Litres 12 mile 25m water depth 7 knots, en-route	Strip to 75 Litres 12 mile 25m water depth 7 knots, en-route	Strip to Maximum Extent 12 mile 25m water depth 7 knots, en-route
OS	No carriage Requirements	No Carriage Requirements	No Carriage Requirements	
Underwater Discharge Required	Only X and Y cargoes	Only X and Y cargoes	X,Y and Z cargoes	

Tablica 2:Pravila o ispuštanju opasnog tereta u more

Izvor: https://www.slideserve.com/Pat_Xavi/marpol-annex-ii

5.3.MEĐUNARODNA KONVENCIJA O TERETNIM LINIJAMA (LOAD LINES)

Konvencija se odnosi na označavanje najviše točke na trupu broda koja se može sigurno susresti s površinom vode, ovisno o dobu godine, području plovidbe i gustoći vode u kojemu brod plovi. Teretne linije za kemijske tankere slijede ista načela i propise kao i druge vrste teretnih brodova. Posebni zahtjevi za liniju tereta za tankere za kemikalije ovise o čimbenicima kao što su veličina broda, tip, konstrukcija i predviđeno operativno područje. Tankerima za kemikalije obično se dodjeljuju zone teretnih linija na temelju njihovih trgovačkih ruta i planiranih operativnih područja. Zone određuju dopuštene razine teretne linije i zahtjeve nadvodnog boka. Specifične zone teretne linije mogu varirati ovisno o važećim propisima države zastave i međunarodnim konvencijama. Tankeri za kemikalije mogu imati dodatna razmatranja za zahtjeve teretne linije zbog prirode tereta koji prevoze. Ta razmatranja mogu uključivati klasifikaciju kemikalija, njihove opasnosti i potrebne

sigurnosne mjere koje se moraju provesti na brodu. Zahtjevi za liniju tereta za tankere za kemikalije često su usklađeni s propisima navedenim u Međunarodnom kodeksu o konstrukciji i opremi brodova koji prevoze opasne kemikalije u rasutom stanju (IBC Kodeks) i Međunarodnom kodeksu za konstrukciju i opremu brodova koji prevoze ukapljene plinove u rasutom stanju (IGC kod). Tankeri za kemikalije, kao i drugi teretni brodovi, moraju imati važeću Svjedodžbu o nosivoj crti koju izdaje država zastave ili priznato klasifikacijsko društvo. Certifikat potvrđuje da plovilo zadovoljava zahtjeve nosivosti i da je sigurno za rad unutar navedenih ograničenja opterećenja.

5.4.MEĐUNARODNA KONVENCIJA O STANDARIMA ZA OBRAZOVANJE, OVLAŠTENJA I OBAVLJANJE STRAŽE POMORACA (STCW)

Osnovna je svrha bila osigurati da se u svim državama pomorci obrazuju u skladu s jedinstvenim minimalnim standardima kako bi se na taj način spriječile posljedice propusta i pogrešaka od strane „ljudskog faktora“. Polazeći od činjenice da ljudi uzrokuju oko 3/4 pomorskih nezgoda, time se trebala povećati sigurnost života i imovine na moru, a morski okoliš bolje zaštititi od onečišćenja. Prema STCW Konvenciji i njenim priložima, utvrđeni su standardi za izobrazbu i stjecanje kvalifikacija zapovjednika, upravitelja stroja, časnika u službi palube, stroja i veze kao i nekih drugih članova posade. Posebni uvjeti utvrđeni su za stjecanje ovlaštenja zapovjednika, časnika i još nekih članova posade na tankerima za prijevoz opasnih kemikalija što je navedeno u Pravilu V/2. Prema pravilu V/2, časnici i oni članovi posade na tankeru za prijevoz kemikalija koji imaju neke posebne dužnosti ili odgovornosti u vezi s teretom i s uređajima za rukovanje teretom, a koji prethodno nisu plovili na kemijskom tankeru, moraju prije preuzimanja svojih dužnosti proći odgovarajući tečaj o gašenju požara. Moraju proći odgovarajući tečaj radi upoznavanja tankera za prijevoz kemikalija kojim se moraju obuhvatiti osnovne mjere i postupci glede sigurnosti i sprečavanja onečišćenja mora, vrsta tereta, različite vrste kemijskih tankera, njihovi uređaji za rukovanje teretom i terminologija koja se rabi na kemijskim tankerima. Također moraju određeno vrijeme na brodu biti pod stručnim nadzorom i primati instrukcije od iskusnijih kako bi stekli potrebno znanje i pouzdane radne navike (manja kvalifikacija). Zapovjednici, upravitelji stroja, prvi časnici palube i stroja, odnosno sve osobe koje preuzimaju izravnu

odgovornost za operacije s teretom na brodu uz naprijed navedene uvjete moraju završiti poseban program obuke koji odgovara takvim dužnostima i koji obuhvaća opću sigurnost na kemijskom tankeru, sustave i mjere protupožarne zaštite, sprječavanje i kontrolu onečišćenja mora, radne postupke i obveze prema odnosnim propisima te posjedovati potrebno iskustvo na tankerima za prijevoz opasnih kemikalija koje odgovara njihovim dužnostima (viša kvalifikacija). STCW zahtijeva od pomoraca na kemijskim tankerima da prođu periodičnu obuku za osvježanje znanja kako bi održali i obnovili svoje znanje i vještine. To pomaže osigurati da ostanu u tijeku s najnovijom industrijskom praksom, regulatornim promjenama i napretkom u tehnologiji koja se odnosi na operacije tankera za kemikalije.

5.5 MEĐUNARODNI PRIRUČNICI

Najznačajniji Međunarodni pravilnik za brodove za prijevoz kemikalija je Međunarodni pravilnik o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenom stanju

Međunarodni pravilnik o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenom stanju (IBC kodeks) međunarodna je norma koja daje smjernice za siguran prijevoz opasnih kemikalija u rasutom stanju na brodovima. Kodeks je razvila Međunarodna pomorska organizacija (IMO) kako bi se osigurala zaštita ljudskih života, imovine i morskog okoliša. Kodeks specificira zahtjeve za konstrukciju i dizajn tankera za kemikalije, uključujući upotrijebljene materijale, strukturni integritet, stabilnost i sigurnosne značajke. Definira različite vrste brodova na temelju njihove sposobnosti prijevoza određenih vrsta i količina opasnih kemikalija. Kodeks IBC daje smjernice za kompatibilnost i odvajanje različitih vrsta opasnih kemikalija koje se prevoze u brodu. Uspostavlja pravila za sprječavanje kemijskih reakcija, kontaminacije i opasnosti koje mogu nastati miješanjem nekompatibilnih tereta. Kodeks postavlja standarde za konstrukciju, materijale i održavanje teretnih tankova na tankerima za kemikalije. Uključuje zahtjeve za premaze tankova, izolaciju, ventilacijske sustave i sustave za otkrivanje curenja kako bi se osiguralo sigurno zadržavanje kemikalija tijekom prijevoza. Kodeks IBC opisuje operativne postupke za utovar, istovar i rukovanje opasnim kemikalijama na tankerima za kemikalije. Pokriva aspekte kao što su čišćenje spremnika, balastiranje, prijenos tereta i postupci hitnog reagiranja u slučaju izlivanja, curenja ili nesreća. Kodeks specificira vrste i standarde sigurnosne opreme i protupožarnih sustava koji su potrebni na tankerima za kemikalije. To uključuje opremu za gašenje požara, osobnu zaštitnu opremu, sustave detekcije i sustave za

isključivanje u hitnim slučajevima kako bi se smanjili rizici i učinkovito odgovorilo na incidente. Kodeks IBC uključuje zahtjeve za obuku i certifikaciju članova posade koji rade na tankerima za kemikalije. Osigurava da pomorci imaju potrebno znanje i vještine za sigurno rukovanje opasnim kemikalijama, reagiranje u hitnim slučajevima i pridržavanje relevantnih propisa. IBC Code u svojim četrnaest poglavlja navodi zahtjeve koje mora ispuniti brod prije nego što je certificiran kao tanker za kemikalije bez obzira na konkretni teret koji želi prevoziti.

Glava 1. Opće odredbe

Primjenjuje se na sve tankere za prijevoz kemikalija bez obzira na veličinu.

Određivanje opasnosti kemikalija:

- opasnost od požara
- opasnost za ljudsko zdravlje
- opasnost onečišćenja vode , zraka i morskog okoliša
- opasnost od reakcije s drugim kemikalijama i vodom

Glava 2. Otpornost broda i razmještaj tankova tereta

Glava 3. Raspored broskog prostora – odnosi se na odjeljivanje tankova za teret od strojarnice i prostora za posadu.

Glava 4. Prostor za smještaj tereta

Vrste tankova za teret:

- Samostalni tank
- Ugrađeni tank
- Gravitacijski tank – tlak do 70 kPa (samostalan ili ugrađeni)
- Tank pod tlakom – tlak preko 70 kPa (samostalan)

Glava 5. Rukovanje teretom -određuje izvedbu svih uređaja za manipulaciju teretom

Glava 6. Materijali za gradnju tankova i s njima vezanih cijevi, crpki i ventila- uglavnom nehrđajući čelik

Glava 7. Nadzor nad temperaturom- sustav za grijanje ili hlađenje

Glava 8. Uređaji za ventilaciju i degazaciju

Glava 9. Nadzor atmosfere u tankovima -inertiranje, oblaganje, ventilacija, sušenje

Glava 10. Električni uređaji - izvedba, uzemljenje, položaj, zaštitne sklopke

Glava 11. Zaštita od požara i gašenje -voditi računa o kompatibilnosti sredstva za gašenje s teretom

Glava 12. Mehanička ventilacija teretnih prostora

Glava 13. Instrumenti -instrumenti za mjerenje razine tereta: otvoreni, zatvoreni,

djelomično zatvoreni, indirektni

Glava 14. Zaštita osoblja - zaštitna oprema za posadu broda

Glava 15. Posebni uvjeti - ovo poglavlje bavi se teretima na koje se imaju primjenjivati posebni uvjeti

Glava 16. Radni postupci - postupci pri rukovanju teretom: cargo plan, specifikacije tereta, mjere u slučaju opasnosti

Glava 17. Minimalni uvjeti

Glava 18. Popis kemikalija na koje se pravilnik ne odnosi

Glava 19. Propisi za spaljivanje tekućeg kemijskog otpada

Glava 20. Prijevoz tekućeg kemijskog otpada

Ostali međunarodni pravilnici

- ISGOTT- International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals, Međunarodni priručnik o sigurnosti uljnih tankera i terminala
- Konvencija o radu u pomorstvu (MLC): MLC utvrđuje prava i uvjete rada pomoraca, osiguravajući pravednu i sigurnu praksu zapošljavanja na kemijskim tankerima i drugim brodovima.
- Međunarodna udruga klasifikacijskih društava (IACS): Društva članice IACS-a pružaju usluge klasifikacije i provjere kako bi osigurale da su tankeri za kemikalije u skladu s međunarodnim propisima i industrijskim standardima.
- ITOPF (International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF) pruža tehničku ekspertizu i savjete o izlivanju nafte i kemikalija, pomažući u učinkovitom odgovoru i čišćenju incidenata onečišćenja koji uključuju tankere s kemikalijama.
- Razne zemlje i regije imaju vlastite propise i zahtjeve za tankere za kemikalije, često temeljene na međunarodnim konvencijama i kodeksima. Ti propisi mogu uključivati dodatne sigurnosne, ekološke i operativne standarde

Za brodare, operatere i članove posade tankera za kemikalije važno je da budu u tijeku s najnovijim međunarodnim i nacionalnim propisima i osiguraju usklađenost radi promicanja sigurnosti, zaštite okoliša i sprječavanja onečišćenja tijekom prijevoza opasnih kemikalija.

6. ZAKLJUČAK

Možemo zaključiti da tehnologija prijevoza kemikalija morem predstavlja izvanrednu kombinaciju inovativnosti, sigurnosti i ekološke svijesti. Brodovi za prijevoz kemikalija, sa svojim specijaliziranim dizajnom i konstrukcijom, opremljeni su za rješavanje jedinstvenih izazova koje nosi prijevoz opasnih materijala na goleme udaljenosti diljem svjetskih oceana. Kroz naprednu konstrukciju tankova, odvajanje tereta i sigurnosne sustave, ova plovila osiguravaju cjelovitost tereta i sprječavaju interakcije između različitih kemikalija, štiteći i posadu i morski okoliš od potencijalnih opasnosti. Ugradnja dvostrukog dizajna trupa dodaje dodatni sloj zaštite, smanjujući rizik od izlivanja i povećavajući sigurnost okoliša. Nadalje, implementacija sveobuhvatnih sustava nadzora i kontrole omogućuje kontinuirano praćenje kritičnih parametara, osiguravajući da teret ostane u sigurnim radnim uvjetima tijekom cijelog putovanja. Paralelno, striktno pridržavanje međunarodnih propisa i standarda koje su postavile organizacije kao što su IMO, SOLAS i IBC Code dodatno jača predanost sigurnosti, potičući globalnu kulturu odgovornog transporta kemikalija na moru. Neprekidni napredak tehnologije, zajedno s neprekidnim istraživanjem i inovacijama, nastavlja poboljšavati prijevoz kemikalija morem, čineći ga učinkovitijim, sigurnijim i ekološki prihvatljivijim. Budući da zainteresirane strane u industriji, broderske tvrtke i regulatorna tijela rade u tandemu, doprinose sigurnijem i održivijem pristupu prijevozu kemikalija, štiteći ne samo pomorsku industriju već i osjetljive ekosustave naših oceana. Dok gledamo prema budućnosti, odgovorna uporaba tehnologije i kontinuirani oprez ostat će ključni u održavanju najviših standarda sigurnosti, očuvanja okoliša i održivosti u prijevozu kemikalija morem. Zajedničkim naporima industrija može dodatno poboljšati svoje postupke i nastaviti igrati ključnu ulogu u olakšavanju globalne trgovine, istovremeno čuvajući osjetljivu ravnotežu našeg morskog okoliša.

LITERATURA

1. Prijevoz Kemijskim tankerima sigurnost i zaštita okoliša, Pomorski fakultet Rijeka (1997)
2. Damir Zec, Vlado Frančič, “Zaštita mora i morskog okoliša”, Pomorski fakultet Rijeka
3. Damir Zec, Sigurnost na moru, Pomorski fakultet Rijeka 2001
4. Komadina, P “Prijevoz kemikalija more” Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2013.
5. International Code for the Construction and Equipment of Ships carrying Dangerous
6. Galović, P., Kovačević, M., Podobnik, M., Pomorsko tržište tankera – brodovi za prijevoz sirove nafte i naftnih derivata, ukapljenog plina i kemikalija 2008
7. Chemicals in Bulk (IBC Code)
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/IBCCode.aspx>
8. International Maritime Organization (IMO), Carriage of chemicals by ship,
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/ChemicalPollution/Pages/Default.aspx>
9. RULES FOR THE CLASSIFICATION AND CONSTRUCTION OF CHEMICAL TANKERS PART VI SYSTEMS AND PIPING
<https://lk.rs-class.org/regbook/getDocument2?type=rules3&d=58524EC3-B0A6-4E40-9F26-D580BFF97C17&f=2-020101-164-6>
10. MARTIDE
<https://www.martide.com/en/blog/all-about-chemical-tankers>
11. WARTSILA, chemical tankers,
<https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/chemical-tankers>

KAZALO KRATICA

Kratika	Puni naziv na engleskom jeziku	Tumačenje na hrvatskom jeziku
IMO	International Maritime Organization	Međunarodna Pomorska Organizacija
SOLAS	Safety Of Life at Sea	Međunarodna konvencija o zaštiti života na moru
STCW	The International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers	Međunarodna konvencija o standardima obuke, izdavanja svjedodžbi i stražarenja pomoraca
MARPOL	Maritime Pollution	Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s brodova
IBC Code	International Bulk Chemical Code	Međunarodni pravilnik o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenom stanju
LOAD LINES	Internation Convention on Load Lines	Međunarodna konvencija o teretnim linijama
HNS	Hazardous and Noxious Substances	Opasne štetne tvari
IMDG	International Maritime Dangerous Goods code	Međunarodni pomorski kodeks opasnih roba

POPIS TABLICA

Tablica 1: Liste opasnih štetnih tvari.....	2
Tablica 2:Pravila o ispuštanju opasnog tereta u more	30

POPIS SLIKA

Slika 1:Tablica kompatibilnosti.....	6
Slika 2:Tip 1 broda	9
Slika 3:Tip 2 broda	10
Slika 4: Tip 3 broda	11
Slika 5: Uronjena hidraulična pumpa	25

