

SKRIPTA

OSNOVE BRODOGRADNJE

zanimanje: brodomehaničar / I razred



Pripremio: **Zoran Perić**, diplomirani inženjer strojarstva
Split, prosinac 2014. g.

SADRŽAJ:

Predgovor

1. Brod

- 1.1. *Povijesni razvoj brodogradnje*
- 1.2. *Pojam broda*
- 1.3. *Vrste brodova*
- 1.4. *Svojstva broda*
- 1.5. *Podjela brodskog trupa, osnovni dijelovi neovisno o tipu broda*
- 1.6. *Dijelovi čeličnog broda*

2. Brodogradilišta

- 2.1. *Uvod u brodograđevnu industriju*
- 2.2. *Pogoni brodogradilišta*
- 2.3. *Izbori lokacije brodogradilišta*
- 2.4. *Podjela brodogradilišta*
- 2.5. *Transport unutar brodogradilišta*

3. Brodska forma

- 3.1. *Glavni parametri trupa broda, osnovni pojmovi*
- 3.2. *Glavne dimenzije trupa broda i njihovi omjeri*
- 3.3. *Koeficijenti brodske forme:*
 - *Koeficijent istisnine*
 - *Koeficijent punoće glavnog rebra*
 - *Koeficijent uzdužne finoće broda*
- 3.4. *Istisnina ili deplasman broda*
- 3.5. *Vlastita težina broda*
- 3.6. *Nosivost i stupanj nosivosti*
- 3.7. *Nadvođe*
- 3.8. *Zapremnina broda*
- 3.9. *Zagaznice i trim broda*
- 3.10. *Brodske linije:*
 - *uzdužnice*
 - *rebra*
 - *širnice*
- 3.11. *Palubni uzvoji (skok)*
- 3.12. *Preluk palube*
- 3.13. *Vrste formi prema režimu plovidbe*

4. Elementi broda

- 4.1. *Standardi i propisi klasifikacijskih društava*
- 4.2. *Sustavi gradnje trupa*
- 4.3. *Uzdužni sustav gradnje*
- 4.4. *Poprečni sustav gradnje trupa*
- 4.5. *Mješoviti sustav gradnje trupa*
- 4.6. *Vanjska oplata*
- 4.7. *Načini izvedbe vanjske oplata*
- 4.8. *Kobilica broda*

- 4.9. *Završni voj*
- 4.10. *Ljuljna kobilica*
- 4.11. *Dvodno, uzdužnjaci, rebrenice, pokrov dvodna, rubna ploča dvodna*
- 4.12. *Orebrenje u poprečnom, uzdužnom i kombiniranom sustavu gradnje broda*
- 4.13. *Poveze (Pregrade i upore, minimalni broj pregrada)*
- 4.14. *Konstrukcija nepropusnih pregrada, ravne pregrade, korigirane pregrade i upore*
- 4.15. *Palube i otvori na palubama, spajanje i podveze, grotla, prežnice i linice*
- 4.16. *Konstrukcija strojarnice, dvodno strojarnice*
- 4.17. *Strukturni i nestrukturni tankovi, platforme*
- 4.18. *Konstrukcija krmenog i pramčanog pika*
- 4.19. *Nadgrade, palubne kućice, kaštel i kostur.*

5. Oprema broda

- 5.1. *Oprema za sidrenje i vez (opći pojmovi, vrste, konstrukcija, princip rada, rukovanje)*
- 5.2. *Oprema za spašavanje*
- 5.3. *Oprema za ukrcavanje i iskrcavanje tereta, načini ukrcavanja i iskrcavanja tereta*
- 5.4. *Protupožarna oprema*
- 5.5. *Navigacijska oprema*
- 5.6. *Oprema nastambi i prostorije za stan.*
- 5.7. *Rashladni prostori na brodu*
- 5.8. *Ventilacija, grijanje i klimatizacija*

Predgovor

Ova skripta je namjenjena učenicima srednje strukovne škole za zanimanje **brodomehaničar** u sklopu industrijskih i ostalih tehničkih zanimanja, a u skladu je s aktualnim nastavnim planom i programom za zanimanje brodomehaničar.

1. Brod

1.1. Povijesni razvoj brodogradnje

Brod je plovno sredstvo koje služi za prijevoz robe i putnika (trgovački i putnički) za ribolov (ribarski), za vojne operacije na vodama (ratni brodovi), za vršenje specijalnih poslova na moru i rijekama (polaganje kabela, istraživanje) i za obavljanje raznih zadataka u vezi s plovidbom (remorkeri, ledolomci).

Vjerojatno najstariji nalaz brodske olupine datira oko 3000 god. prije nove ere. Radi se o više brodova nađenih u pustinjskom pijesku u blizini Nila.

Dužina ovih brodova procijenjena je između 60 i 80 stopa. Brodovi su bili dugi i uski, sa malom uzdužnom čvrstoćom, dovoljnom za plovidbu mirnim Nilom. Na morskim brodovima, napinjali su konop od pramca do krme i tako dobivali potreban „element“ uzdužne čvrstoće.

Mnogi povjesničari smatraju da su Feničani, kao civilizacija iznimno orijentirana na Mediteran, bili prvi pravi brodograditelji. Naime, dotadašnji egipatski brodovi, koji su uglavnom plovili Nilom, nisu bili takve konstrukcije kao fenički brodovi koji su bili građeni za more. Oko 2000 godina pr. n. e. grčka civilizacija počinje intenzivnije ploviti istočnim Mediteranom te razvija brodogradnju.

U Grčkoj se po prvi puta pojavljuje kobilica i brodska konstrukcija koja je slična današnjoj drvenoj konstrukciji. Za trgovinu, Grci su gradili široke i oble brodove na pogon jedrima, omjera dužine i širine oko 1:3. Česti ratovi između grčke i država u okruženju, dovele su do razvoja ratnih brodova. Ratni su brodovi bili znatno duži od trgovačkih, omjera dužine i širine od 1/5 do 1/6. Za pogon su koristili jedra i vesla, pa im je bila potrebna veća dužina kako bi se moglo koristiti veći broj vesala.

Grčki ratni brodovi bile su poznate trijere. Tokom vremena trijera je usavršavana postavši jedan od najboljih ratnih brodova na vesla. Imale su dužinu oko 42 m, širinu 5.8 m i gaz oko 1.8 m.

Liburni su antička civilizacija s područja Kvarnera, velebitskog primorja i sjeverne Dalmacije. Mnogi antički tekstovi Liburne navode kao vješte pomorce i brodograditelje koji su gradili najbolje brodove svog vremena. Zbog orkanske bure na sj. Jadranu, koju spominju i Rimljani, ali i piratstva po kojemu su također bili poznati, Liburni su gradili brze, čvrste i okretno brodove. Liburni su u to vrijeme imali najraznovrsniju flotu brodova, od kojih potječu i neki današnji nazivi na Jadranu, Sredozemlju i šire, primjerice:

-Drakofori; desantni ratni brodovi sa zmajskom glavom na pramcu i krmi (kasnije vikinški Drakkari)

-Liburnea; bojni brodovi, dvoveslarke, koje su potom kopirali i razvili Rimljani

-Galaia; veći transportno-trgovački brod, imenjaka kasnijih srednjovjekovnih galija

-Lembul; manji i brzi ribarski brod kao prototip i naših dalmatinskih leuta

-Paros; manja brodice za prijevoz i lokalni ribolov tj. prethodnik i imenjак današnje pasare.

Vikinzi su bili poznati i vrsni pomorci. Vikinzi već početkom srednjeg vijeka grade brodove za plovidbu Atlantskim oceanom. Njihovi su brodovi bili manji od mediteranskih, ali vitkiji, brži i okretniji. Trgovački brodovi bili su dugi do 25 m, a plovili su samo na jedra te su postizali brzinu i preko 12 čvorova. U srednjem vijeku na Atlantiku i Sredozemlju grade se trgovački brodovi **Nave** sa pogonom na jedra. Atlantske **nave** su nešto vitkije, a sredozemne manje, zdepastije sa gotovo kružnom formom pramca i krme. Ratnim verzijama **nave** dograđivala su se čvrsta nadgrađa na stupovima, kaštel na pramcu i kasar na krmi, a na dijelu vanjske oplata iznad vodne linije, ugrađivala su se uzdužna i poprečna ukrepljenja.

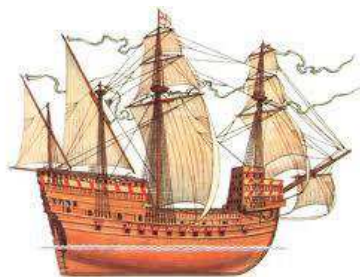


Slika : Dubrovačka nava



Slika : Karavela Santa Maria

Krajem srednjeg vijeka, u XIV i XV st., grade se veći brodovi **karavele**. Columbo je njima krenuo u otkrivanje novih zemalja. (St. Maria, Nina i Pinta). Karavele su brodovi sa dva do četiri jarbola, visokih bokova i u pravilu bez naglašenih kaštela. Potkraj XIV i početkom XV st. dubrovačka trgovačka mornarica se naglo razvija i zauzima jedno od vodećih mjesta u Sredozemlju.. Poznata je dubrovačka **karaka**. To je bio veliki brod s kaštelom i naglašenim kasarom. Veće su karake mogle krcati i do 1300 t tereta.



Slika: Karaka

Ratovi u Europi i masovna emigracija žitelja iz Europe u Ameriku u prvoj polovici XIX st., razvoj trgovine između Amerike i dalekog istoka na Pacifiku, sredinom XIX st., te velika potraga za zlatom u Kaliforniji koja je zahtjevala redovitu i brzu opskrbu sa istočne obale, sve je to doprinjelo tome da Amerika razvija i gradi vrlo brze brodove s naročito vitkim trupom i mnogo jedara raznih vrsta (brikova, škuma i križnjaka). Tako je postepeno nastao najsavršeniji tip jedrenjaka poznat pod imenom **kliper**. Kliperi su bili brodovi građeni za brzinu, a da bi se brod mogao nazvati **kliperom** morao je preći udaljenost između New Yorka i San Franciska za manje od 110 dana. Nosivost takvih kalifornijskih klipera kretala se između 1000 i 2000 t. Najbrži kliper je bio „Flying Cloud“ izgrađen u Bostonu od projektanta Donald McKaya. „Flying Cloud“ je u jednom danu prevalio 374 milje, prosječnom brzinom od 15.5 čvorova, a put od New Yorka do San Franciska je prešao u 89 dana i 21h.



Slika : Kliper

Zlatno doba klipera, bilo je između 1840. godine i 1859. godine. Kliperi potom bivaju pomalo istiskivani od brodova na parni pogon, iako su se još gradili, do kraja XIX st. Jedrenjaci naime nisu mogli konkurirati brzinom, ali su mogli cijenom prijevoza koja je ipak bila niža. Stoga su se još neko vrijeme gradili veliki čelični jedrenjaci nosivosti i preko 4000 t sa 4 i 5 jarbola.

Godine 1807. u Americi Robert Fulton sagradio je prvi **parobrod**. Prvi su parobrodi imali pogon na bočne kotače što je bilo glomazno, te su imali malu brzinu, ali su za plovidbu rijekama bili prikladniji od jedrenjaka. Prvi parobrod koji je prešao Atlantik samo sa parnim strojevima je „Great Western“ 1838. godine. Vrlo je značajno za razvoj parobroda da je u to vrijeme izumljen i **brodski vijak**, koji je pojednostavio konstrukciju pogonskog uređaja, a za morske brodove bio puno prikladniji od bočnog kotača.

Brzi razvoj započeo u XIX st. nastavlja se još intenzivnije u XX st. Pronalaze se novi sustavi pogona, a pogonski uređaji postaju snažniji, ekonomičniji i pouzdaniji. Primjenjuju se nova konstrukcijska i tehnološka rješenja, novi materijali, novi uređaji i dr. Glavne inovacije bile su:

- Željezo, a kasnije čelik, zamjenjuju drvo kao glavni konstrukcijski materijal;
- Jedrenjake zamjenjuju parobrodi, a kasnije i brodovi na diesel motorni pogon, plinske

turbine, nuklearni pogon;

- Uvođenje zavarivanja;
- Razvoj novih, specijaliziranih tipova brodova (tankeri, brodovi za prijevoz rasutog tereta, kontejnerski brodovi, brodovi za ukapljeni naftni plin,...).



Slika : Kontejnerski brod
(eng.container ship ili box boats)



Slika : Brod za rasuti teret
(eng.bulk carrier)



Slika : Brod za ukapljeni plin (LNG)



Slika : Tanker

1.2. Pojam broda

Definicija pojma broda i plovnih objekata vezanih uz brod

Brod je plovno sredstvo kojemu svojstva, oblik i veličina omogućavaju da sigurno plovi u željenom smjeru radi prijevoza tereta ili ljudi ili za neke druge plovne pothvate.

Pomorski objekt jest objekt namijenjen za plovidbu morem (plovni objekt), ili objekt stalno privezan ili usidren na moru (plutajući objekt), odnosno objekt u potpunosti ili djelomično ukopan u morsko dno ili položen na morsko dno (nepomični odobalni objekt).

Plovni objekt jest pomorski objekt namijenjen za plovidbu morem. Plovni objekt može biti brod, ratni brod, jahta ili brodica:

a) **brod**, osim ratnog broda, jest plovni objekt namijenjen za plovidbu morem, čija je duljina veća od 12 metara, a bruto tonaža veća od 15, ili je ovlašten prevoziti više od 12 putnika.

Brod može biti putnički, teretni, tehnički plovni objekt, ribarski, javni ili znanstvenoistraživački .

b) **hrvatski ratni brod** jest plovni objekt, uključujući podmornicu, koji je pod zapovjedništvom pripadnika Oružanih snaga Republike Hrvatske, a čija je posada vojna, odnosno podvrgnuta vojnoj disciplini i koji je dužan isticati vanjske znakove raspoznavanja ratnih brodova hrvatske državne pripadnosti kad god je potrebno da svoje svojstvo učini poznatim

c) **putnički brod** jest brod na mehanički pogon koji je ovlašten prevoziti više od 12 putnika

d) **tehnički plovni objekt** jest brod, sa ili bez mehaničkog poriva koji je namijenjen za obavljanje tehničkih radova (bager, dizalica, jaružalo, pokretni odobalni objekt za istraživanje i eksploataciju podmorja i sl.)

e) **plutajući objekt** jest pomorski objekt stalno privezan ili usidren na moru, koji nije namijenjen za plovidbu (npr. plutajući dok, plutajuće skladište, plutajući restoran, plutajuća elektrana, pontonski most, pontonska marina i sl.)

f) **brodica** jest plovni objekt namijenjen za plovidbu morem koji nije brod ili jahta, čija je duljina veća od 2,5 metara, ili ukupne snage porivnih strojeva veća od 5 kW.

Pojam brodica ne obuhvaća:

– plovila koja pripadaju drugom pomorskom objektu u svrhu prikupljanja, spašavanja ili obavljanja radova,

– plovila namijenjena isključivo za natjecanja,

– kanue, kajake, gondole i pedaline,

– daske za jedrenje i daske za jahanje na valovima

g) **jahta** jest plovni objekt za sport i razonodu, neovisno koristi li se za osobne potrebe ili za gospodarsku djelatnost, a čija je duljina veća od 12 metara i koji je namijenjen za dulji boravak na moru, te koji je pored posade ovlašten prevoziti ne više od 12 putnika

h) **javni brod** jest brod, osim ratnog broda, namijenjen i opremljen za obavljanje djelatnosti od općeg interesa države, a čiji je vlasnik, odnosno brodar država ili neko drugo tijelo ovlašteno od države (npr. policijski brod, brod lučke kapetanije, brod Obalne straže, i sl.) i koji služi isključivo u negospodarske svrhe.

1.3. Vrste brodova

Prema veličini, brodovi se dijele na:

Mali brodovi	$L \leq 50 \text{ m (75 m)}$
Srednji brodovi	$L = 75\text{-}100 \text{ m}$
Veliki brodovi	$L = 100 \text{ m} - 250 \text{ m}$
Vrlo veliki brodovi (mamut brodovi)	$L > 250 \text{ m}$

Prema namjeni brodovi se dijele na:

- trgovačke brodove - namijenjeni za prijevoz putnika i robe
- teretni brodovi - namijenjeni prijevozu isključivo raznih vrsta tereta

- putnički brodovi - namijenjeni prijevozu putnika (mogu biti izletnički ili linijski brodovi)
- putničko-teretne brodove
- ratne brodove - namijenjeni su za pomorsko ratovanje i pomorske operacije
- krstarice, razarači, podmornice, minopolagači, minolovci, torpedni čamci, patrolni brodovi, desantni brodovi, nosači zrakoplova...
- specijalni brodovi - namijenjeni za posebne poslove i zadatke - ribarski brodovi, tegljači, ledolomci, trajekti, jahte, jedrilice, brodovi-svjetionici, brodovi za polaganje kabela, brodovi-dizalice (vidi "Veli Jože")

Prema području plovidbe brodove možemo podijeliti na:

- brodove za plovidbu morem
- brodove male obalne plovidbe
- brodove velike obalne plovidbe
- brodove duge plovidbe
- brodovi za plovidbu unutarnjim vodama
- riječne brodovi
- jezerske brodovi
- kanalske brodove

Prema materijalu od kojeg su izgrađeni brodove možemo podijeliti na:

- drvene brodove
- čelične brodove
- kompozitne brodove
- betonske brodove
- brodove od aluminijske i njegovih legura
- brodove od plastičnih masa.

Prema vrsti pogona brodove možemo podijeliti na:

- jedrenjake - za pogon koriste vjetar koji djeluje na jedra
- parobrode - za pogon koriste parni stapni stroj
- motorne brodove - brodovi sa Diesel motorom i brodovi sa parnim ili plinskim turbinama
- brodove na električni pogon - za pogon koriste elektromotore koji se napajaju iz akumulatora, (npr. podmornice)
- brodove na Diesel električni pogon - sami pogon je elektromotor koji dobiva električnu energiju od generatora pogonjenog Diesel motorom

Podjela brodova prema načinu stvaranja uzgona:

hidrostatski – sila uzgona jest rezultat hidrostatskih sila na trup broda

- klasična deplasmanska plovila
- katamarani
- SWATH (Small Waterplane Area Twin Hull) plovila

hidrodinamički

- gliseri
- hidrogliiseri

aerostatski („zračni jastuk“)

- ACV (Air Cushion Vehicles) plovila

- SES (Surface Effect Ship) plovila

Glavna podjela pomorskih brodova je na **ratne brodove** i na **brodove trgovačke mornarice**. Daljnja podjela odnosi se na namjenu brodova, tj. na poslove koje obavljaju na moru, ili na terete koje prevoze.

U nastavku će se obraditi samo brodovi trgovačke mornarice.

Brodovi za prijevoz generalnog tereta

U smislu prijevoza tereta morem, ovi brodovi spadaju u najstariju vrstu trgovačkih brodova. **Generalni teret** predstavlja bilo koji teret koji se prevozi morem, a danas se takav teret uglavnom prevozi kontejnerima.

Takav teret čine:

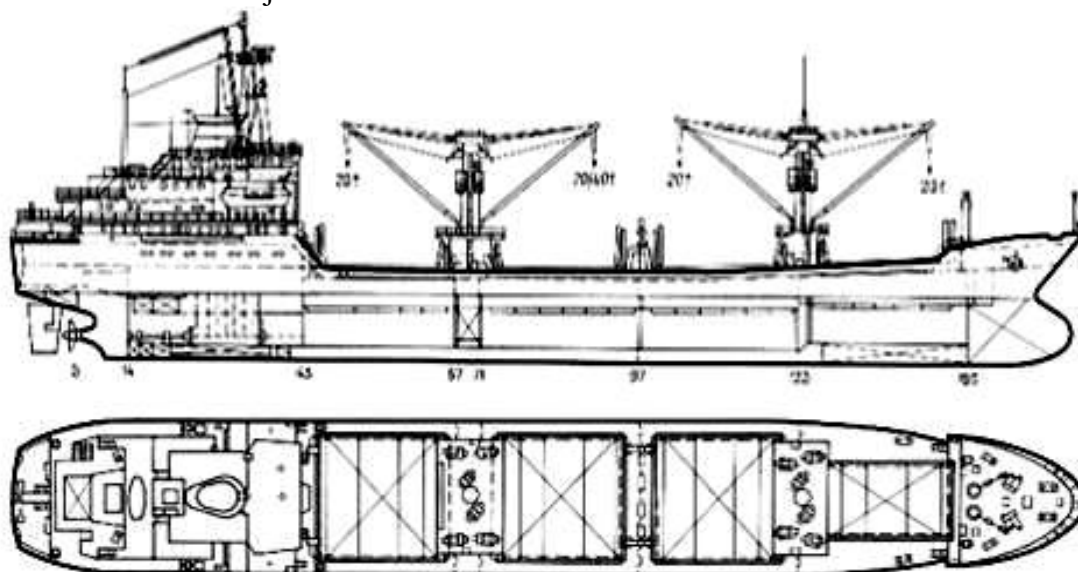
- razne vreće rasutog tereta;
- kutije, kašete, predmeti u drvenim okvirima;
- bale, role i slični predmeti;
- pojedini predmeti poput limenki, bačava i sl.

Nekadašnji brodovi za prijevoz generalnog tereta su imali karakterističan izgled: trup s nadgrađem na sredini broda (kasnije po krmi), ispred i iza nadgrađa nekoliko skladišta s međupalubljem, razne samarice ili dizalice za ukrcaj i iskrcaj tereta i stroj na sredini trupa broda.

Tipičan primjer su bili brodovi klasa *Victory* i *Liberty* koji su izgrađeni u SAD za vrijeme 2. svjetskog rata i plovili su još dugo nakon toga.

Generalni teret nikada ne može idealno popuniti skladišni prostor te ga treba vrlo pažljivo rukovati i pričvršćivati kako ne bi došlo do pomicanja tereta prilikom prijevoza.

Danas se brodovi za generalni teret vrlo malo koriste, eventualno na nekim priobalnim područjima i na kraćim relacijama.



Brodovi za prijevoz kombiniranog tereta









Brodovi za prijevoz kombiniranog tereta su oni koji mogu istovremeno prevoziti generalni teret i teret koji je npr. paletiziran ili spremljen u kontejnerima. Prvi brodovi koji su prevozili kontejnere su zapravo bili kombinirani brodovi koji su u određenim skladištima imali prostor pripremljen za ukrcaj kontejnera. Takvi brodovi često imaju i rampe, tj. mogućnost ukrcaja tereta i pomoću prikolica ili kamiona. Tako razlikujemo:

- Djelomični ili polukontejnerski brodovi (*partial container ships* ili *semi-container ships*) koji se upotrebljavaju djelomično za prijevoz kontejnera i djelomično za klasični generalni teret.
- RO-RO brodovi s horizontalnim ukrcajem kontejnera s kamionske prikolice ili željezničkog vagona na brod ili s broda na prikolicu odnosno vagon.
- Sistemi *LASH*, s podvrstama *Seabee* i *BACAT*, koji u svojim teglenicama prevoze i kontejnere.
- Konvertibilni kontejnerski brodovi (*convertible container ships*), u kojima se dio broda ili čitav brod može upotrijebiti za smještaj bilo kontejneriziranog ili konvencionalnog tereta, s uređajima koji omogućuju preuređenje broda od putovanja do putovanja

Izraz **kombinirani prijevoz** se u pomorstvu koristi i za teret koji se istovremeno prevozi s dva različita sredstva:

- prijevoz kamiona brodovima ili vlakovima;
- prijevoz vlakova brodovima i sl.

Isti izraz se koristi i za primjenu više različitih prometnih sredstava za jedan teret u sustavu *door-to-door*, tj. *od vrata do vrata* pri čemu se jedan teret složi na paletu ili u kontejner te se npr. kamionom preveze do željezničke postaje, dalje vlakom do luke i u nastavku brodom itd. Teret se može prevesti i na jednom djelu puta zrakoplovom.

		Length	Draft	TEU
First (1956-1970)	 Converted Cargo Vessel	135 m	< 9 m	500
	 Converted Tanker	200 m	< 30 ft	800
Second (1970-1980)	 Cellular Containership	215 m	10 m 33 ft	1,000 – 2,500
Third (1980-1988)	 Panamax Class	250 m	11-12 m 36-40 ft	3,000
	 Post Panamax	290 m		4,000
Fourth (1988-2000)	 Post Panamax	275 – 305 m	11-13 m 36-43 ft	4,000 – 5,000
Fifth (2000-2005)	 Post Panamax Plus	335 m	13-14 m 43-46 ft	5,000 – 8,000
Sixth (2006-)	 New Panamax	397 m	15.5 m 50 ft	11,000 – 14,500

Brodovi za prijevoz kontejnera

Kontejnerski brod (*Brod za prijevoz spremnika*) je vrsta teretnog broda koji sav svoj teret prevozi u kontejnerima u skopu tehnike nazvane kontejnerizacija, što je uobičajeno sredstvo intermodalnog prijevoza tereta. Na engleskom neformalno poznati i kao *box boats* (brodovi za kutije), kontejnerski brodovi prevoze većinu svjetskog suhog tereta, tj. tvorničkih proizvoda. Po vrsti ukrcaja dijele se na kontejnerski brod s vertikalnim vodilicama, i

kontejnerski brod za horizontalno ukrcavanje, dok se prema namjeni dijele na velike oceanske, i manje *feedere* koji opskrbljuju veće brodove u središnjim kontejnerskim lukama.

Postepeno se razvilo nekoliko tipova brodova za prijevoz kontejnera, od kojih su najznačajniji:

- Potpuni kontejnerski brodovi (*full container ships*) s ćelijama za smještaj kontejnera u unutrašnjosti broda (*cellular type*) i u više redova na palubi.
- Obalni kontejnerski brodovi (*feeder service*), manji brodovi s ravnom palubom uređenom za smještaj kontejnera, koji dovoze kontejnere iz manjih luka u glavnu kontejnersku luku radi ukrcavanja na prekomorski brod ili ih iz te luke razvoze u druge, manje luke.

Najveći kontejnerski brodovi na svijetu (izvor: Wikipedia)							
Izgrađen	Ime	Dužina o.a.	Širina	Kapacitet TEU	BRT	Vlasništvo	Zastava
2006.	Emma Mærsk	397,7 m	56,4 m	15 200	151 687	Maersk Line	Danska
2009.	MSC Danit	365,50 m	51,20 m	14 000	153 092	MSC S.A.	Panama
2009.	MSC Beatrice	366 m	51 m	14 000	151 559	MSC S.A.	Panama
2008.	CMA CGM Thalassa	346,5 m	45,6 m	10 960	128 600	CMA CGM	Cipar
2005.	Gudrun Mærsk	367,3 m	42,8 m	10 150	97 933	Maersk Line	Danska
2002.	Clementine Mærsk	348,7	42,6 m	6600	96 000	Maersk Line	Danska
2006.	COSCO Guangzhou	350 m	42,8 m	9450	99 833	COSCO	Grčka
2006.	CMA CGM Medea	350 m	42,8 m	9415	99 500	CMA CGM	Francuska
2003.	Axel Mærsk	352,6 m	42,8 m	9310	93 496	Maersk Line	Danska
2006.	NYK Vega	338,2 m	45,6 m	9200	97 825	Nippon Yusen Kaisha	Panama
2005.	MSC Pamela	336,7 m	45,6 m	9178	90 500	MSC S.A.	Liberija
2006.	MSC Madeleine	348,5 m	42,8 m	9100	107 551	MSC S.A.	Liberija
2006.	Hannover Bridge	336 m	45,8 m	9040	89 000	K Line	Japan

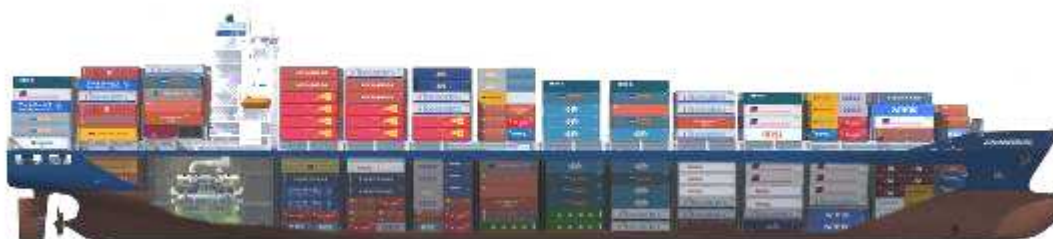
Osnovna karakteristika po kojoj se kontejnerski brodovi razlikuju od brodova za generalni teret, skladišta su s posebnim ćelijama za svaki kontejner i automatskim slaganjem. Kontejnerski brod je, isto kao i sam kontejner, vrlo jednostavne strukture. Nema međupalublja, nema posebnih otvora na palubi ni dizalica, osim u izuzetnim slučajevima, a nema ni druge opreme za prekrcaj jer se uređaji za ukrcavanje i iskrcavanje nalaze na lučkim obalama.

Najprometnije kontejnerske luke u svijetu (izvor: Wikipedia)					
Poredak	Luka	Država	TEU (u 1000)	+/- od 2004.	% promjene od 2004.
1	Singapur	Singapur	23 192	1863	8,73
2	Hong Kong	Kina	22 427	443	2,02
3	Shanghai	Kina	18 084	3527	24,23
4	Shenzhen	Kina	16 197	2582	18,96
5	Busan	Južna Koreja	11 843	413	3,61
6	Kaohsiung	Tajvan	9471	0	0,00
7	Rotterdam	Nizozemska	9287	1006	12,15
8	Hamburg	Njemačka	8088	1085	15,49
9	Dubai	Ujedinjeni Arapski Emirati	7619	1190	18,51
10	Los Angeles	SAD	7485	164	2,24

Konvencionalni brodovi imaju prostranu i jaku palubu koja pridonosi čvrstoći broda, dok je kod kontejnerskih brodova ćelijskog tipa palubna površina ograničena samo na uske dijelove između ćelijskih skladišta i bokova broda, tako da ćelijska struktura služi ujedno i za

osiguranje stabiliteta broda. Kontejnerski brodovi dizajnirani su sa svrhom što veće optimizacije tereta.

Kapacitet se mjeri u kapacitetu ukrcanja TEU (*Twenty-foot equivalent unit*), standardnog kontejnera $6.1 \times 2.4 \times 2.6$ metara, premda je većina kontejnera danas u upotrebi dugačka 12 metara. Za razliku od većih brodova, manji, s kapacitetom do 2900 TEU, često su opremljeni vlastitim dizalicama. Ovisno o veličini broda, broj posade varira od 20 do 40 ljudi.



Slika : Kontejnerski brod

RO-RO brodovi

RO-RO brodovi su namijenjeni za prijevoz tereta na kotačima, a izraz proizlazi iz engleskog *Roll on – Roll off* što znači *dokotrljaj – otkotrljaj*. U ovu kategoriju spadaju brodovi za prijevoz različitih vrsta brodova, pa su se danas isprofilirali:

- brodovi za prijevoz automobila (novih vozila); *True Car Carrier* (PCC) ili na *Pure Car Truck Carrier* (PCTC).
- brodovi za prijevoz kamiona, prikolica i poluprikolica;
- brodovi za prijevoz vozila i putnika – trajekti – *RO-RO passenger ship*.



Slika : RO-RO brod

Za ukrcaj i za iskrcaj tereta, kao i premještanje tereta unutar broda na RO-RO brodovima se upotrebljavaju **rampe**. Rampe se dijele na više načina:

Podjela rampi po smještaju na brodu:

- Vanjske rampe – rampe koje služe za ukrcaj i iskrcaj,
 - o pramčane rampe u simetrali broda,
 - o krmene rampe u simetrali broda,
 - o krmene rampe van simetrane, smještene pod kutom u odnosu na simetralu (kut se obično kreće od 30° do 45°),

- zakretne rampe, postavljene u simetrali broda, s mogućnošću zakretanja bočno, do 40° na obje strane broda. Ove rampe se najčešće koriste kao krmene rampe, iako ima slučajeva ugradnje ovog tipa i za pramčane rampe.
- Unutarnje rampe – rampe koje služe za manipulaciju tereta unutar broda.
 - nepomične rampe,
 - pomične rampe, mogu spajati više paluba, zatvarati palubne otvore, a mogu se koristiti i za dodatno slaganje tereta.

Dok se svugdje u svijetu teret mjeri u **tonama**, **RoRo teret** se mjeri u mnogo prikladnijoj jedinici - **Lanes in Meters** (LIM-s). Izračunava se tako da se pomnoži dužina tereta u metrima sa dužinom tereta u redovima (ta dužina varira od plovila do plovila i postoje industrijski standardi). Na palubi PCC kapacitet se obično mjeri u RT ili RT43 koje se baziraju na 1996. Toyotinim ekvivalentnim jedinicama (CEU).

Najveći RoRo na svijetu plovi između SAD-a i Puerto Rica, prevozi kontejnere sa novim i rabljenim automobilima i prekomjernim teretom koji seže do preko tri palube.

Brodovi za prijevoz tekućeg tereta

Danas u svijetu postoji mnogo vrsta tekućina koje treba prevoziti morem, a ako se prevoze u velikim količinama, nije praktično primijeniti ikakav način pakiranja. U slučaju da se prevoze manje količine vrijednijih ili opasnijih tekućina, mogu se zapakirati u boce, bačve, limenke pa i posebne kontejnere.

Tanker

Brodovi za prijevoz tekućeg tereta su oni koji prevoze taj teret u razlivenom stanju, te su za to posebno konstruirani. Neki problemi koji se javljaju kod tih brodova su:

- održavanje stabilnosti broda radi slobodnih površina u tankovima za tekućinu;
- moguće ishlapljivanje otrovnih i štetnih plinova;
- korozija na stijenkama tankova.

Tanker, po pravilu, imaju manje nadvođe od ostalih teretnih brodova, ali pregrade i stabilitet u slučaju prodora vode moraju udovoljavati posebnim zahtjevima, propisanim u *Međunarodnoj konvenciji o teretnim linijama, Loadline 66*, i u SOLAS-u..

Tanker se grade za prijevoz određene vrste tereta, najčešće sirove nafte ili njezinih derivata. Postoje i tanker za druge vrste tekućih tereta, koji ponekad iziskuju posebnu konstrukciju i opremu. Međutim, tipičnim tankerom smatra se onaj što prevozi sirovu naftu, koji i po tonaži i po broju brodova nadmašuje sve ostale vrste tankera.

Karakteristike svih tankera su:

- čitav prostor za teret podijeljen uzdužnim i poprečnim pregradama na nepropusna odjeljenja, koja se nazivaju tankovima;
- poseban sustav cjevovoda i pumpa za ukrcavanje i iskrcavanje tekućeg tereta.

Prvi tanker počeli su ploviti krajem 19. stoljeća i prevozili su naftu iz Meksičkog zaljeva za Englesku. Osnovna podjela tankera je prema vrsti tereta koju prevoze. To mogu biti tanker za prijevoz:

- sirove nafte
- naftnih derivata

- ukapljenog prirodnog plina
- raznih kemikalija
- pitke vode
- posebnih tekućih tereta (vino, sok).

Karakteristike tankera za naftu

Tankeri za prijevoz nafte i naftnih derivata dijele se prema veličini teretnog prostora, odnosno prema tonama nosivosti:

- 10,000 - 60,000 dwt - Manji tanker (najčešće za prijevoz derivata)
- 60,000 - 80,000 dwt - Panamax
- 120,000 - 200,000 dwt - Suezmax do 350 m
- 200,000 - 315,000 dwt - VLCC do 350 m
- 320,000 - 550,000 dwt - ULCC do 450 m

Izraz AFRAMAX proizlazi iz *Average Freight Rate Assessment*. To predstavlja najidealniju veličinu broda u toj kategoriji za trenutno stanje na tržištu (najisplativiji brod). Npr. za vrijeme rata između Egipta i Izraela *Knock Nevis* je bio AFRAMAX za ULCC brodove.

AFRA Scale		Flexible market scale	
Class	Size in DWT	Class	Size in DWT
General Purpose tanker	10,000–24,999	Product tanker	10,000–60,000
Medium Range tanker	25,000–44,999	Panamax	60,000–80,000
LR1 (Large Range 1)	45,000–79,999	Aframax	80,000–120,000
LR2 (Large Range 2)	80,000–159,999	Suezmax	120,000–200,000
VLCC (Very Large Crude Carrier)	160,000–319,999	VLCC	200,000–320,000
ULCC (Ultra Large Crude Carrier)	320,000–549,999	ULCC	320,000–550,000

Neke od specifičnosti tankera za naftu su:

- gradnja prema propisima SOLAS-a i MARPOL-a
- prostor ispod palube podijeljen je jednom ili s dvije uzdužne i nekoliko poprečnih pregrada u više tankova,
- u poprečnom smjeru postoje lijevi i desni bočni i po jedan središnji tank; broje se od pramca prema krmi
- između tankova postoje uski prazni prostori ili tzv. **koferdami** za odvajanje tankova tekućeg tereta od pramčanog i strojarskog prostora; služi i za prolaz cjevovoda za krcanje i iskrcavanje tereta
- središnji koferdam služi kao prostor za pumpe
- u većini supertankera i mamut-tankera u poprečnom smjeru postoje dva bočna i dva središnja tankova;

Svaki tanker za prijevoz sirove nafte od 20,000 tona nosivosti i više mora biti opremljen za pranje tankova tereta sirovom naftom (*COW – Crude Oil Washing*). Za sve tankove tereta te slop tankove potreban je sistem inertnog plina (*IGS – Inert Gas System*).

Slop tankovi su sabirni tankovi za ostatke pranja sirovom naftom u kojima se sakuplja i pohranjuje “prljavština” do dolaska u luku gdje se može isprazniti.

Dvostruka oplata

Svi današnji tankeri za prijevoz nafte i naftnih derivata moraju imati tzv. **dvostruko dno** koje se sastoji od dvije oplata između tereta i mora, u svrhu sprječavanja istjecanja tereta u more prilikom proboja vanjske oplata broda. Taj prostor između oplata broda u trenucima kada se ne prevozi nafta služi za ukrcaj balastnih voda koje daju stabilnost praznom brodu.

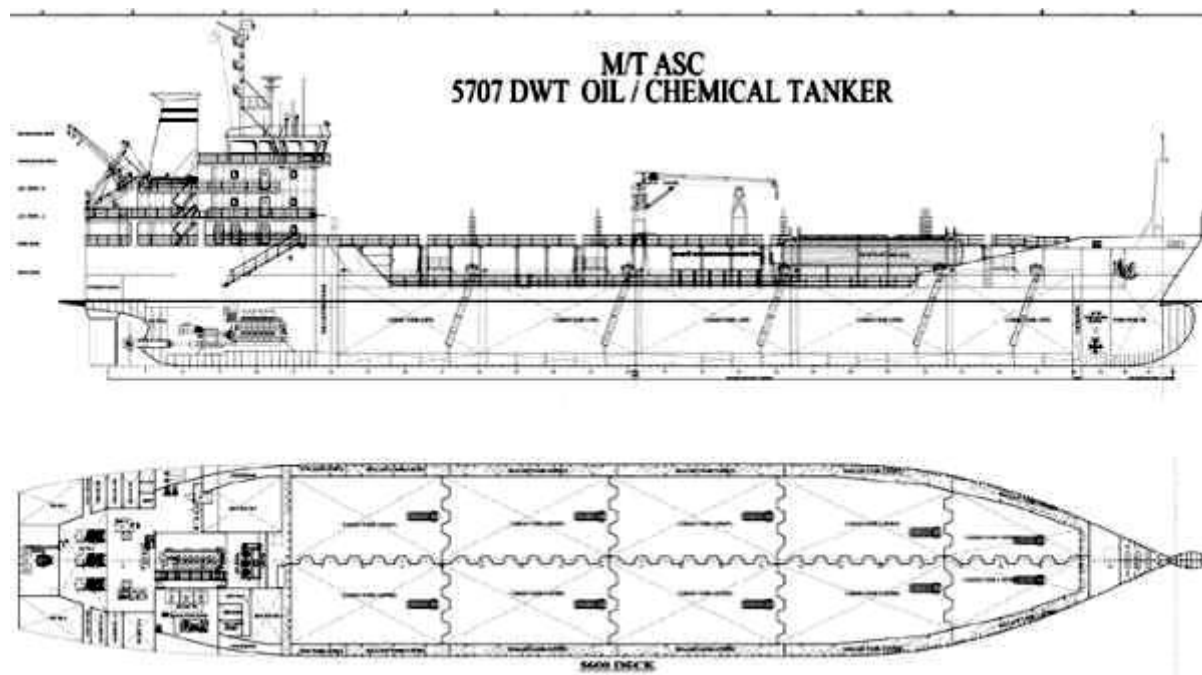
Dvostruku oplatu moraju imati svi brodovi izgrađeni poslije 1990., a do 2015. godine sve brodarske kompanije moraju zamijeniti postojeće brodove sa jednostrukom oplatom brodovima sa dvostrukom oplatom. Prostor dvostrukog dna nigdje ne smije biti vertikalno manji od B/15 ili 2 metra, gdje je B širina broda.

Mnogi stari tankeri koji nisu izgrađeni s dvostrukom oplatom, a koji su bili još sposobni za plovidbu, preuređeni su u „plutajuće tankove“, uglavnom kao sabirni tankovi za naftu koja dolazi sa nekoliko platforma na naftnim poljima. Takvu sudbinu je imao i najveći tanker koji je ikada sagrađen, *Knock Nevis*.

Tankeri za prijevoz kemikalija

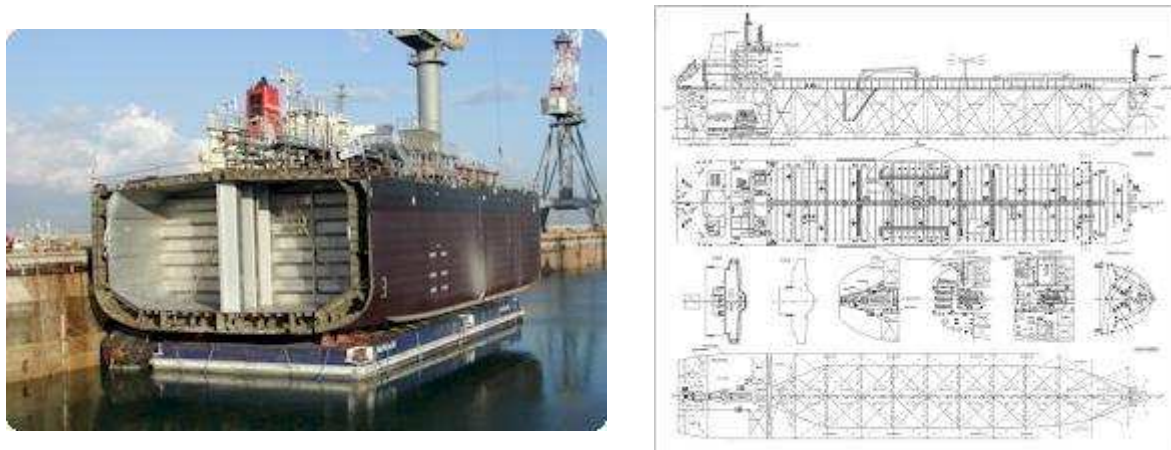
Kemikalije koje se mogu prevoziti morem u razlivenom stanju su uglavnom tekućine koje imaju posebna svojstva te mogu nepovoljno utjecati na okolinu. Gradnja brodova za prijevoz takvih kemikalija detaljno je razrađen u IMO-vim pravilnicima:

- IBC Code – International Code for Construction and Equipment of ship carrying dangerous chemical in bulk, 1971. od IMO
- IGC Code – international code for construction and equipment of ships carrying liquefied gases in bulk



Slika : Chemical tanker

U lipnju 1983.g. odlukom odbora za sigurnost plovidbe prihvaćeno je da se oba pravilnika usklade i zajednički da se uvrste kao dopuna SOLAS-u, glave VII koja se odnosi na prijevoz opasnih tvari. Na osnovi toga IBC Code odnosi se na sve kemikalce koji su se počeli graditi poslije 01. 07. 1986. godine. Za takve brodove predviđena je «Svjedodžba o sposobnosti za prijevoz opasnih kemikalija u rasutom stanju».



Slike: Tanker za prijevoz kemikalija u izgradnji i sheme

Ovisno o vrsti i svojstvima kemikalija, brodovi se dijele na tri tipa:

Tip 1

- maksimalne preventivne mjere u slučaju sudara i nasukanja
- u stanju izdržati znatna oštećenja na bilo kojem mjestu uzduž njegove dužine
- udaljenost od tereta do oplata na vodenoj liniji mora biti najmanje B/5 (B-širina broda)
- tankovi ne smiju nigdje biti bliži oplati od 760 mm
- maksimalna veličina tanka može biti 1250 m³

Tip 2

- stroge preventivne mjere
- manji od 150 m - po cijeloj dužini dvostruka oplata osim kod područja stroja

Tip 3

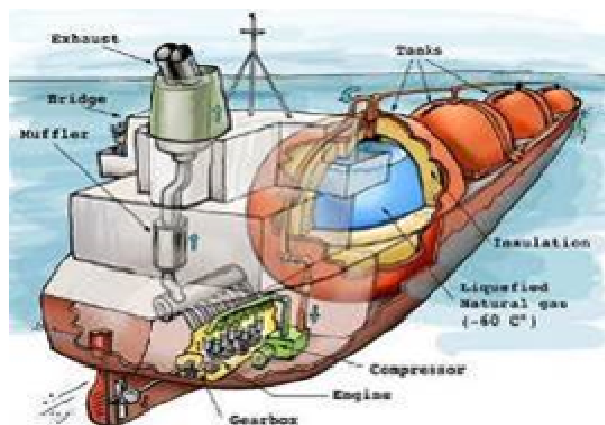
- srednje mjere predostrožnosti
- veći od 225 metara po cijeloj dužini dvostruka oplata
- 125 – 225 po cijeloj dužini osim stroja
- manji od 125 metara po cijeloj dužini osim iza strojarnice
- građeni sa većim brojem pregrada
- veći od 150 m kao i kod tipa 1
- Maksimalni kapacitet tankova 3000 m³

Prilikom krcanja takvog tereta treba voditi računa o propisima *IMDG kodeksa* u kojem su opisane sve poznate kemikalije i način kojim se one smiju prevoziti, pakirati, separirati, koje su kompatibilnosti ili nekompatibilnosti među njima, na koliko metara moraju biti međusobno udaljeni, koje su posljedice izlijevanja i kontakta sa zrakom itd.

Tankeri za prijevoz plina

U prirodnom stanju plinovi zauzimaju veliki volumen pa se za njihovo transportiranje moraju ukapljiti. Brodovima – tankerima za prijevoz plina se prevoze:

- LPG – liquefied petroleum gas – butan, propan, propilen
- LNG – liquefied natural gas – metan



Slika: Tankeri za prijevoz plinova LPG odnosno LNG

Tzv. plinaši su brodovi koji se mogu izvesti sa sfernim tankovima ili su to membranski brodovi, ovisno o tehnologiji ukapljivanja plina. Prvi takav brod je izgrađen 1964. godine i zvao se *Methane Princess*. Do danas su ovi brodovi imali vrlo malo havarija te su ljudske žrtve utvrđene samo u jednoj havariji, kada je došlo do eksplozije na brodu. Zanimljivo je da se brod *Norman Lady* sudario s podmornicom, bez veće štete.

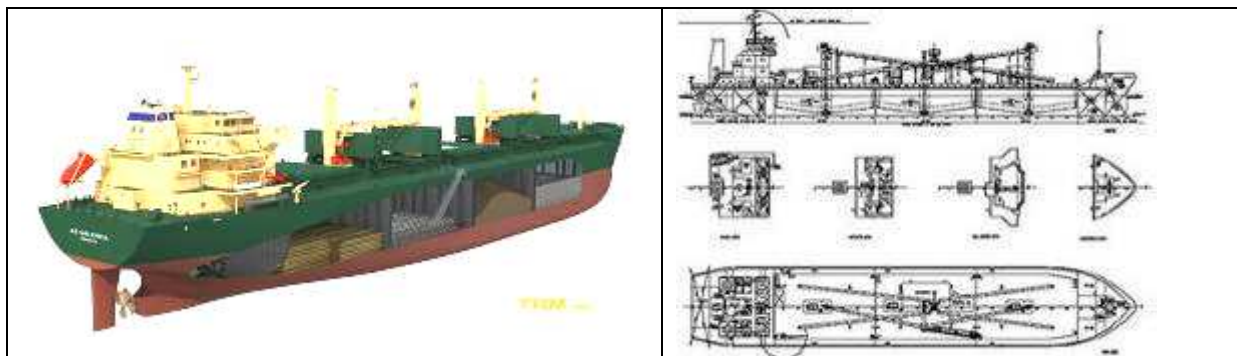
Ukapljivanje plina se postiže na sljedeće načine:

- smanjivanje volumena 600 x
- ohlađivanje na -162°
- kombinacija tlaka i niske temperature

te su za to potrebni posebni kompresori, kondenzatori, tekućinski spremnik, ekspanzivni ventili i ostala oprema. Ovi brodovi često kao pogon imaju plinske turbine, a kao gorivo koriste plin koji prevoze, iako se danas polako napušta ovaj princip.

Brodovi za prijevoz rasutog tereta

Bulk carriers su brodovi u kojima se prevoze sipki tereti u rasutom stanju. Oni su obično s jednostrukom ili dvostrukom oplatom namijenjeni prvenstveno za prijevoz suhog rasutog tereta. Obično su s jednom palubom, dvodnom, uzvojnim i potpalubnim bočnim tankovima u skladištima tereta.



Slika: Brod za prijevoz rasutog tereta

Brod za prijevoz rudače

To je brod za rasuti teret namijenjen za prijevoz rudače u rasutom stanju u centralnim skladištima tereta, građen s jednom palubom, dvodnom i dvije uzdužne pregrade u skladištima tereta. Rudača je specifičan teret kod kojeg treba voditi računa o postotku vlage, jer se može dogoditi da se višak vlage kondenzira na dnu pri čemu se teret pri valjanju broda počinje pomicati i poremećuje stabilnost broda. Osim toga, rudače stružu i korodiraju stjenke skladišta pa tome treba pridati posebnu pažnju.

Brod za prijevoz sipkog tereta

To je brod koji udovoljava zahtjevima iz SOLAS 74 za prijevoz sipkog tereta. Sipki teret se u nekim situacijama ponaša kao tekućina što također može nepovoljno djelovati na stabilnost broda pa treba o tome voditi računa, npr. separiranjem, postavljanjem ne/pomičnih pregrada i sl. U sipke terete se ubrajaju i žitarice.

Brod za cement

Zbog svojih specifičnosti grade se i brodovi za prijevoz rasutog cementa. Cement je specifičan jer ne smije nikako doći u dodir s tekućinom, tj. potrebno je stalno prikladno ventilirati kako se ne bi ovlažio, a s druge strane je sipak poput tekućina.

Brod za mješoviti teret

To je poseban brod koji može prevoziti naftu i suhe rasute terete, s tim da se oni ne prevoze istovremeno (iznimka je ulje u taložnim tankovima). Dvije uobičajene kombinacije su:

- *Ore-oil* – za rudaču-ulje (brod s jednom palubom, dvodnom, i dvije uzdužne pregrade u skladištima tereta, namijenjen za prijevoz rudače u centralnim skladištima tereta i za prijevoz ulja u centralnim i bočnim skladištima tereta),
- *Ore-bulk-oil* – za rudaču/rasuti teret/ulje (brod s jednostrukom ili dvostrukom oplatom, jednom palubom, dvodnom, uzvojnim i potpalubnim bočnim tankovima u skladištima tereta, namijenjen za prijevoz ulja i suhog rasutog tereta, uključujući i rudaču u rasutom stanju).

Ovakvi brodovi su rijetki te se primjenjuju na područjima u kojima se u jednom smjeru prevozi npr. nafta, a u suprotnom smjeru npr. nekakva rudača, dakle potrebno je da obje luke budu u područjima koja izvoze nekakve sirovine. Vanjskim izgledom su najsličniji brodovima za rasuti teret.

Putnički brodovi

Putnički brodovi su brodovi trgovačke mornarice namijenjeni za prijevoz više od 12 putnika. Ponekad se grade i u kombinaciji s brodovima za generalni teret pa tako nastaju putničko-teretni ili teretno-putnički brodovi. Podliježu strožim pravilima SOLAS konvencije, posebno u smislu opreme za spašavanje i uvježbanosti posade za posebne slučajeve.

Putnički brodovi se mogu podijeliti na linijske i na izletničke brodove. **Linijski brodovi** uglavnom povezuju otoke međusobno i s kopnom, a vrsta i karakteristike ovise o području plovidbe. Među njima su danas najčešći **trajekti** koji su zapravo **RO-RO putnički** brodovi jer istovremeno prevoze osobe i vozila. Njihova je karakteristika (i problem gradnje) da je glavna paluba (najduža neprekinuta paluba koja zatvara trup broda od pramca do krme i od boka do boka) vrlo nisko iznad vodene linije. Drugu poteškoću za gradnju broda stvara velika garaža u kojoj može doći do pomaka tereta, tj. vozila pri čemu može doći do ozbiljnog poremećaja stabilnosti.

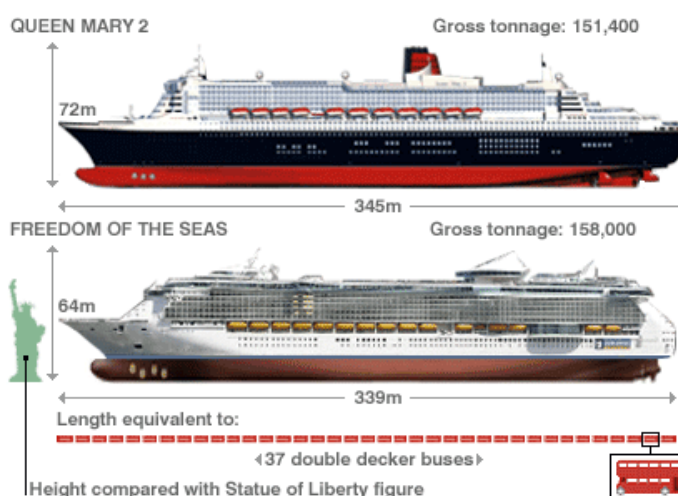
Danas se među linijskim putničkim brodovima sve češće susreću vrlo brzi brodovi tj. **HSC – High Speed Craft** brodovi koji mogu biti izgrađeni samo za prijevoz putnika il/i za prijevoz vozila. To su brodovi koji u odnosu na površinu vodene linije postižu veću brzinu u odnosu na deplasmanske i mogu biti izvedeni:

- s jednim trupom
- s više trupova, tj.
 - katamarani (*catamaran = izrađen od dva spojena djela*),
 - trimarani
 - SWATH *Small Water Area Twin Hull*
- hovercrafti – plovila na zračnom jastuku
- hidroliseri
- brodovi WIG tehnologije (*Wing In Ground*) koji nakon polaska izlaze iz mora i lete na vrlo niskim visinama postižući vrlo velike brzine

Problem svih HSC brodova je da pri višim valovima gube svoju sposobnost brze vožnje, a obično se planiraju i grade za geografsko područje na kojem trebaju ploviti, uzimajući u obzir karakteristike najčešćih valova.

Linijski preookeanski brodovi (*liners*) su do 70-ih godina 20. stoljeća bili gotovo jedino sredstvo za prijevoz putnika među kontinentima dok su danas sve rjeđi. To su vrlo veliki putnički brodovi koji postižu brzinu i do 30-ak čvorova te mogu u manje od tjedan dana prijeći Atlantski ocean. Među njima su danas poznati brodovi kompanije Cunard – Queen Mary 2 i ostali. (slika desno)

Za kružna putovanja se koriste tzv. *cruiseri* koji mogu biti raznih veličina. Njih karakterizira komfor i mnoge mogućnosti za bavljenje raznim aktivnostima za putnike. Neki od njih spadaju među najveće brodove svijeta (*Oasis of the Seas*)



Brodovi posebne namjene

Brodovi posebne namjene su plovila kojima je funkcija obavljanje nekog pomorsko-plovidbenog posla, ali najčešće ne i prijevoz tereta ili putnika. U tu kategoriju su uključeni:

- tegljači
- jaružala
- brodovi za prijevoz teških tereta
- brodovi za rad na područjima gdje se traži ili crpi nafta
- brodovi za polaganje kablova i cjevovoda
- *Jack-up* brodovi
- *Semisubmersible*
- ledolomci – icebreakers
- istraživački brodovi
- ribarski brodovi.

Tegljači (Tugs)

Osnovna namjena tegljača (remorkera) je pomaganje u lukama prilikom pristajanja i odlaska brodova iz luke. Karakteriziraju ih jaki motori i male brzine, budući da se snaga motora iskorištava za povlačenje ili potiskivanje plovnih objekata. Dijele se na lučke i na oceanske tegljače. Osim temeljne namjene povlačenja i potiskivanja, često su opremljeni i uređajima za gašenje požara i opremom za sprječavanje zagađivanja mora.

(sl. desno)

**Jaružala (dredgers)**

Jaružala su brodovi koji se najčešće koriste za produbljivanje luka i kanala, ali se posljednjih desetljeća sve češće koriste i za izgradnju novih obala, otoka i obalnih konstrukcija, a najbolji primjer je izgradnja *Otoka palmi* u Dubaju. Danas postoji više vrsta jaružala.

Jaružala koja rade na principu usisavanja

Ovi brodovi (engleski: *Trailer Suction Hopper Dredger*) obično na bokovima imaju dugačke „usisavače“ koje tijekom plovidbe povlače po dnu pa se pomoću jakih crpki kroz cjevovode brodska skladišta-tankovi pune mješavinom mora i materijala sa morskog dna. Kada se skladište napuni, brodovi izlaze na pučinu gdje izbacuju materijal u dublje vode. (slika desno)



Jaružala koja drobe dno

Ovi brodovi (engleski: *Cutter Dredger*) imaju na jednom kraju konstrukciju na kojoj se nalazi cjevovod koji na kraju ima rotirajuću glodalicu koja drobi dno. Materijal se obično ne skladišti u brodski tank već se prebacuje u posebne **brodove – barže**. *Cutteri* se mogu pomoću posebnog stupa koji se zabije u morsko dno pozicionirati na jednom mjestu, a pomoću posebnih sidrenih uređaja se pokreću lijevo-desno na području jaružanja. (slika desno)



Jaružala – bageri

To je najstarija vrsta jaružala koja danas može raditi s vrlo velikim grabalicama. Često takva jaružala nemaju vlastiti pogon, a pogodna su za radove uz samu obalu na mjestima gdje bi *Hopperi* i *Cutteri* oštećivali izgrađenu obalu.

Brodovi barže

To su pomoćni brodovi koji se koriste u sustavu jaružanja na moru, a njihova je namjena prikupljanje materijala kojeg drugi brodovi vade sa dna. Za vrijeme kada rade ti brodovi imaju posebnu oznaku nadvođa, jer se tada može ukrcati više tereta nego prilikom uobičajene plovidbe. Odlaganje materijala može se vršiti na tri načina:

- pomoću posebnih poklopaca na dnu skladišta koja se otvaraju kada brod dođe na mjesto pražnjenja;
- pomoću jakih crpka koje izbacuju materijal u velikom luku (*rainbowing*);
- pomoću cjevovoda kojim se materijal odlaže na željeno mjesto koje može biti udaljeno i do 10-ak km.

Brod za betoniranje cjevovoda

Tvrtka Jan de Nul iz Belgije trenutno posjeduje jedini brod kojemu je namjena prekrivanje cjevovoda koji su postavljeni na dnu mora. Brod je poput velike „mješalice“ koja sa svoje platforme pomoću posebne cijevi usmjerava beton na dno mora.

Brodovi za prijevoz teških tereta

Iako im je namjena prijevoz tereta, često se svrstavaju u brodove posebne namjene. Tzv. *Heavy lifters* su brodovi koji su konstruirani za prijevoz drugih brodova, platforma, velikih postrojenja i sličnih izrazito velikih ili teških tereta koje se ne može smjestiti u brodska skladišta. Karakterizira ih vrlo osjetljiv stabilitet broda, posebno kod ukrcaja/iskrcaja takvih tereta, pa se te operacije mogu vršiti samo u sasvim mirnim lukama. Postoje različite izvedbe takvih brodova.



Neki od njih prilikom ukrcavanja/iskrcavanja tereta urone poput dokova za popravak brodova. Neki imaju jednu ili više vrlo velikih dizalica, a često se radi balansiranja na boku broda koji je suprotan strani manipuliranja tereta nalaze posebni tankovi koji se pune morem.



Brodovi za rad na područjima gdje se traži ili crpi nafta

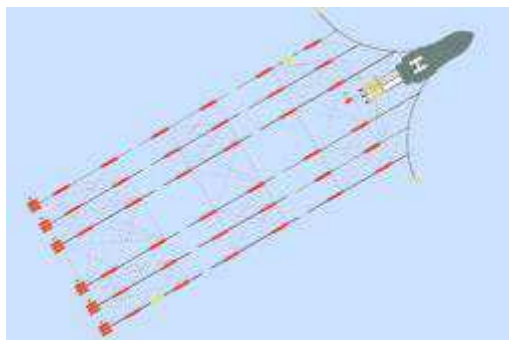
Danas se nafta traži na sve većim dubinama i na područjima koja su sve dalje od obale, pa se koriste mnoge vrste brodova koje imaju posebne zadaće. U ovu kategoriju su uključeni tzv. *suplajeri* što proizlazi iz engleskog *Supply ship*. Takvi brodovi imaju nadgrađe na pramcu dok je stražnji dio broda u obliku velike platforme za različite namjene, a često nemaju na krmi nikakvu ogradu kako bi se lakše manipuliralo sidrima, teretima itd. To su:

- *AHTS* – *anchor handle tug ship* – brodovi koji pomoću posebnog vitla pozicioniraju sidra za platforme
- *PSV* – *platform support vessel* – brodovi koji donose zalihe, materijale, posadu, ...
- *MPSV* – *multi purpose support vessel* – brodovi koji obično po krmi imaju velike dizalice, a služe za različite funkcije, zaštita od zagađivanja, spašavanje, podvodni radovi, manipuliranje sidrima...
- *FSIV* – *fast support intervention vessel* – to su brzi brodovi za prijevoz posada, a često se radi o katamaranskoj izvedbi.



Seizmički brodovi

Za otkrivanje područja u kojem se u podzemlju nalazi nafta koriste se tzv. *seizmički brodovi* – *seismic ships*. Ti brodovi su opremljeni posebnim ultrazvučnim primopredajnicima koje vrlo malim brzinama povlače za sobom. Temeljem povratnih signala geolozi i ostali stručnjaci koji su ukrcani na brodovima mogu utvrditi na kojem području se vjerojatno nalazi naftno nalazište.

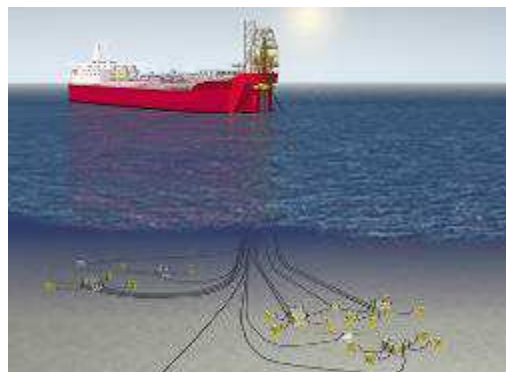


Drill ship, FPSO, FSO

Na naftnim nalazištima se nafta traži pomoću posebnih platforma, ali sve češće i pomoću brodova, tzv. *Drill ship* kojima je prednost što imaju vlastiti pogon te se nakon pronalaska nafte mogu premjestiti u drugo područje.

Nakon što se na nekom nalazištu pronađe nafta, može se vaditi i prerađivati pomoću platforma ili pomoću posebnih brodova – *FPSO* – *Floating, Production, Storage and Offloading ship*. Ti brodovi vade, odvajaju naftu od zemnog plina te ih pohranjuju, a povremeno uz njih pristaju brodovi tankeri koji preuzimaju teret.

FSO – *Floating Storage and Offloading ship* su posebni brodovi – plutajući tankovi, kojima je namjena prikupljanje nafte sa bliskih platforma ili *FPSO* brodova a povremeno uz njih pristaju brodovi tankeri koji preuzimaju teret. Često su to stariji tankeri koji nemoju dvostruku oplatu te ne mogu više ploviti. Razlikuju se *FSO* brodovi za naftu i za plin.



Brod za vadenje dijamanata

Trenutno jedini brod koji je namijenjen za vadenje dijamanata zove se *Peace in Africa* i u vlasništvu je Nizozemske tvrtke *De Beers*. Pozicioniran je pred obalama južne Afrike gdje poput jaružala vadi sa morskog dna materijal kojeg su kroz tisućljeća nanijele rijeke. Postupak selekcije dijamanata je potpuno automatiziran, a postrojenje se sastoji od niza različitih sita. Dijamanti se na kraju „pakiraju“ u posebne limenke koje se pod nadzorom prevoze do kopna. Brod je strogo nadziran s više od 100 kamera. Brod *Peace in Africa* je prije preinake bio brod za prijevoz teških tereta - *Heavy lifter*.



Brodovi za postavljanje kablova i cjevovoda

Kabelopolagači i cjevopolagači (*Cable layers, pipelayers*) su brodovi posebne namjene koji na krmenom djelu imaju posebna postrojenja koja ispuštaju razne kablove i cijevi do dna mora. Osim postrojenja za spuštanje, na njima moraju biti i posebne radionice u kojima se cijevi i kablovi međusobno spajaju, jer se obično na brodu nalazi više kratkih dijelova koji se moraju povezati u vodonepropusnu cjelinu.



Jack-up brodovi

Ovi brodovi spadaju u tzv. vrstu *Jack-up* brodova jer imaju posebne „noge“ pomoću kojih se mogu izdići iz mora i obavljati razne precizne radove. Na taj način se izbjegava ljuljanje i valjanje broda.

Problem kod radova s ovim brodom je da „noge“ ne mogu biti predugo na istom mjestu, jer s vremenom mogu „propasti“ u morsko dno, a postupak izrona/urona se može obavljati samo pri mirnom moru.

Takav je npr. brod *Resolution* kojemu je namjena postavljanje elemenata za vjetroelektrane.



Semisubmersible

Ledolomci – icebreakers

Ledolomci se mogu graditi kao brodovi za prijevoz tereta ili kao brodovi koji lome led pred drugim teretnim brodovima u područjima gdje se more kroz duže vrijeme godine zaleđuje.

Karakterizira ih izrazito debela i čvrsta oplata, posebno na pramčanom djelu.

Mogu se graditi i kao istraživački brodovi ili kao razni pomoćni i radni brodovi.



Istraživački brodovi

Istraživački brodovi se grade prema potrebama istraživanja, tako da mogu imati različite oblike, tehnologije i opremu. Karakterizira ih specifična tehnička oprema, a uglavnom su izgrađeni s prostorijama za boravak većeg broja ljudi, a ne samo za posade. Na njima mogu biti smješteni laboratoriji, radionice itd.

Često se na brodovima koji se bave podvodnim istraživanjima nalaze i mali podvodni roboti za rad na većim dubinama, tzv. ROV-ovi.

Ribarski brodovi

Razlikuju se brodovi koji su namijenjeni isključivo izlovu ribe i oni koji su namijenjeni ulovu i preradi ribe koji tada imaju i velike hladnjače za uskladištavanje obrađene ribe.

1.4. Svojstva broda

(navigacijska, eksploatacijska i tehničko-ekonomska, uvjeti plovnosti i stabilnost broda)

NAVIGACIJSKA SVOJSTVA

Plovnost broda: Sposobnost broda da plovi (pluta) na određenoj VL kod zadanog opterećenja

Stabilitet broda: Sposobnost broda da se odupire djelovanju vanjskih sila koje ga nastoje izbaciti iz položaja ravnoteže

Nepotonivost broda: Sposobnost broda da ostane na površini (sačuva plovnost i stabilitet) pri naplavljivanju jednog ili više nepropusnih prostora

Usmjerenost njihanja: Sposobnost broda da se suprotstavi velikim i naglim amplitudama na valovima.

Upravlјivost broda: Sposobnost broda da održava ili mijenja pravac kretanja djelovanjem kormila ili drugih uređaja za upravljanje

Gibanje broda: Sposobnost broda da plovi zadanom brzinom pod djelovanjem sile poriva

EKSPLOATACIJSKA SVOJSTVA

Nosivost: Sposobnost broda da primi određenu masu tereta pri određenom gazu (T)

Zapremina: Obujam broskog prostora koji je namjenjen za smještaj tereta. Mjeri se u m³ ili u RT. (1 RT = 2,83 m³)

Brzina: Sposobnost broda da za određeno vrijeme prevali neki put. Mjeri se u čv ili km/h (brodovi unutrašnje plovidbe) 1 čv = 1 n.m./h = 1852 m/h

Autonomnost plovidbe: Vrijeme u kojem brod može sigurno ploviti, a da na dopunjava zalihe goriva, maziva, vode i ostalu opskrbu

Čvrstoća trupa: Sposobnost konstrukcije broda da se pod djelovanjem vanjskih sila ne deformira više od dozvoljene granice

Eksploatacijske značajke suvremenih malih brodova :

- relativno velika brzina plovidbe u otplovu i doplovu,
- relativno velike sile tegljenja u režimu radnih operacija,
- povećana autonomija plovidbe,
- fleksibilnost porivnog i energetskog sustava,
- dobra upravljivost kod malih brzina plovidbe,
- povećana sigurnost i pouzdanost,
- smanjeni operativni troškovi, troškovi održavanja i amortizacije,
- energetska učinkovitost i ekološka prihvatljivost.

TEHNIČKO- EKONOMSKA SVOJSTVA

- Cijena gradnje
- Cijena eksploatacije
- Cijena prijevoza tereta i putnika

UVJETI PLOVNOSTI I STABILNOST BRODA-općenito

UVJETI PLOVNOSTI

Brod plovi ako ispunjava tri uvjeta plovnosti.

1. UVJET PLOVNOSTI

Na svako tijelo uronjeno u tekućinu djeluje sila uzgona, koja odgovara težini istisnute tekućine, tj. umnožak volumena podvodnog dijela broda sa svim privjescima (kormilo, propeler) i gustoće vode u kojoj brod pliva, mora biti jednak ukupnoj težini broda.

$$D = U = V \cdot \rho \cdot g$$

gdje je U uzgon broda, V volumen podvodnog dijela broda, ρ gustoća vode, g sila teža (gravitacija).

gdje je:

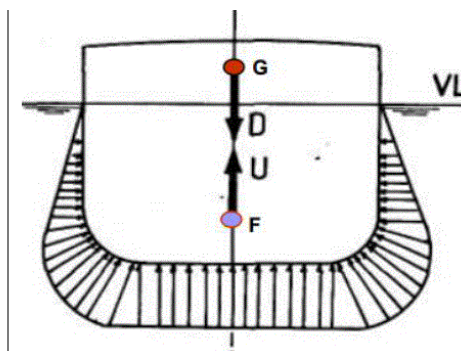
D = težina broda, N

U = uzgon broda, N

V = volumen uronjenog dijela trupa, m³

ρ = gustoća vode, kg/m³

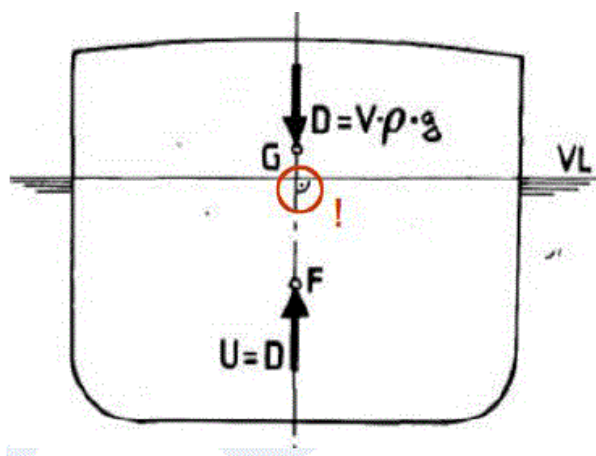
g = težno ubrzanje, m/s²



Slika: 1-vi uvjet plovnosti

2. UVJET PLOVNOSTI

Sila uzgona kao rezultanta svih tlakova koji djeluju na podvodni dio trupa, prolazi težištem istisnute tekućine (F). Analogno tome ukupna masa broda djeluje iz jednog zajedničkog težišta (težište sistema G). Položaj tog težišta definiran je udaljenošću od kobilice broda. Težište istisnine F i težište sistema G nalaze se na istoj okomici na plovnu vodenu liniju. Ako je brod simetrično nakrcan plovit će u uspravnom položaju, a ako nije onda će ploviti u nagnutom položaju. U oba slučaja zadovoljen je drugi uvjet plovnosti.



Slika: 2-gi uvjet plovnosti

3. TREĆI UVJET PLOVNOSTI (STABILNOST)

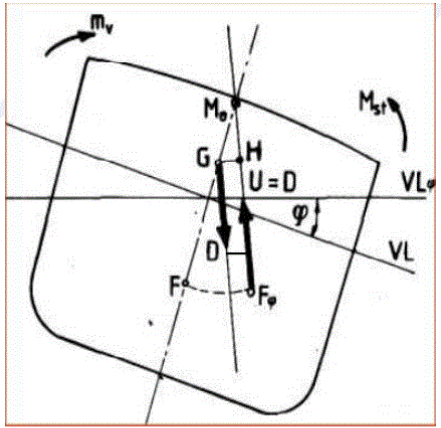
Brod mora ploviti u stabilnom položaju, tj ako se zbog djelovanja neke vanjske sile (vjetar, valovi) brod nagne za neki kut, sam se mora vratiti u prvobitni položaj nakon prestanka djelovanja sile koja je izazvala nagib. Kad se brod nagne za neki kut mijenja se oblik njegova podvodna djela pa težište uzgona F prelazi u točku F_f pa sila uzgona djeluje iz te točke okomito na vodenu liniju. Ako se težine na brodu nisu pomicala sila težine djeluje iz iste točke G .

Iz slike je vidljivo da se stvara tzv. uspravlajući moment koji nastoji vratiti brod u uspravni položaj. Kako je svaki moment zapravo umnožak sile i kraka to je naš moment jednak umnošku sile uzgona D i kraka GH . Krak GH je udaljenost smjera sile uzgona od sistemnog težišta G i zove se krak ili poluga stabilnosti. Dakle moment stabilnosti:

$$M_{st} = D * GH ; GH = MG * \sin f ; \underline{M_{st} = D * MG * \sin f}$$

Točka u kojoj smjer sile uzgona siječe uzdužnu simetralnu ravninu broda, naziva se točka metacentra i označava sa M .

Udaljenost MG naziva se metacentarska visina. Vrijednost metacentarske visine najmjerodavniji je pokazatelj stabilnosti broda.



$$M_{st} = D \cdot \overline{GH} = D \cdot \overline{MG} \cdot \sin \varphi$$

Tip broda :	M_oG , [m]
1. putnički brodovi	0,5-0,8
2. veći teretni brodovi	0,6-1,4
3. tankeri	0,8-1,5
4. super-tankeri	1,5-4,0
5. riječni putnički brodovi	3,0-5,0
6. remorkeri (tegljači)	0,5-0,8
7. ledolomci	1,0-4,0
brodovi za prijevoz drva	0,1-0,3

Slika: stabilna ravnoteža

Kada se brod nagne težište istisnine "F" pomakne se na stranu nagiba jer se promjeni oblik uronjenog dijela broda .

Sile težine broda D s težištem u točki "G" i sile uzgona U s pomaknutim težištem u točki "F" (zbog nagiba broda) sastavljaju uspravljeni par sila koje nastoje vratiti brod u uspravan položaj.

Metacentar "Mo" je točka oko koje se brod okreće u poprečnom smislu .

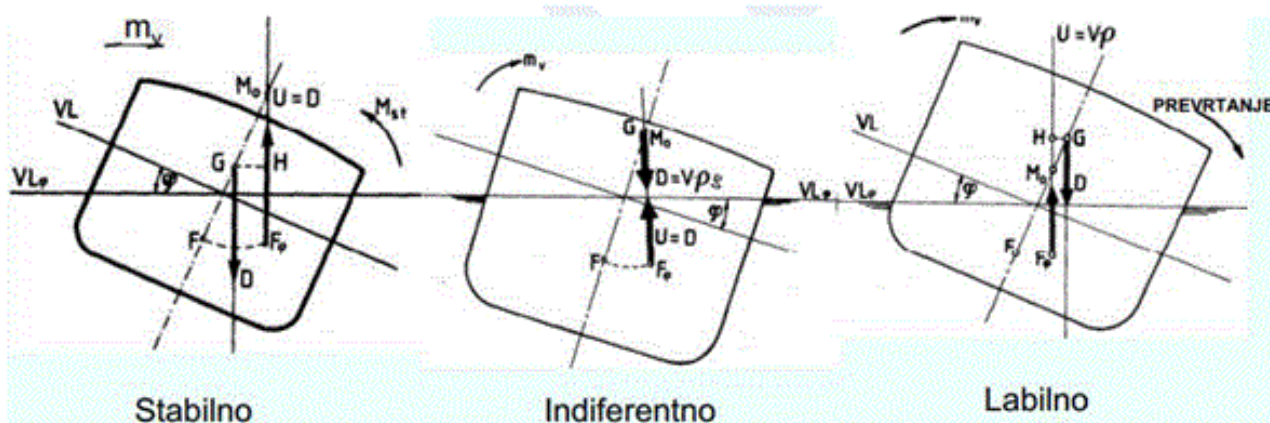
Početna metacentarska visina MoG je mjerilo za veličinu početnog stabiliteta, te o njoj ovisi ljuljanje broda. Brod treba ispunjavati dva "suprotna" uvjeta:

- početna metacentarska visina (MoG) mora biti dovoljno velika kako bi brod bio sposoban da se odupre vanjskim momentima.
- početna metacentarska visina (MoG) mora biti umjerena kako bi vožnja brodom na nemirnom moru bila ugodnija.

Relativno velika početna metacentarska visina uvjetuje pri valjanju broda vrlo neugodna njihanja. (primjerice uvjetovana velikom širinom broda i niskim položajem težišta sistema) Takav će se brod jače i brže ljuljati od broda s manjom početnom metacentarskom visinom.

Brod s relativno malom MoG može međutim, doći u stanje da mu MoG postane negativna, primjerice ako voda naplavi palubu, (težište sistema se podiže), pa takav brod može doći u opasnost od prevrtanja.

Položaji ravnoteže broda



Stabilnost broda može biti **poprečna i uzdužna**. Poprečna stabilnost javlja se kako smo rekli, kad se brod nagnje u poprečnom smjeru (oko uzdužne osi broda) a o uzdužnoj stabilnosti govorimo kad se brod nagnje u uzdužnom smjeru (oko poprečne osi broda).

Za stabilitet i sigurnost broda općenito, poprečna stabilnost od većeg je značaja u odnosu na uzdužnu stabilnost kojom se rješavaju pitanja trimovanja broda.

Razlikujemo i **statički i dinamički** stabilitet. Statički stabilitet podrazumjeva utjecaj statičkog djelovanja sila gdje je gibanje veoma polako a momenti djelovanja su u ravnoteži s momentom stabilnosti. **Dinamički stabilitet** podrazumjeva dinamičko djelovanje sila odnosno momenata koji djeluju na brod naglo poput udara vjetra.

Početna stabilnost broda je ona stabilnost koju brod ima kad plovi u ravnotežnom položaju ili kad je vrlo malo nagnut tj do $10-12^\circ$. U području kuteva nagiba od $0-12^\circ$ težište uzgona kreće se ravnomjerno u stranu nagnjanja broda po dijelu luka kružnice čije središte je točka metacentra (M). Za vrijeme trajanja početne stabilnosti točke G i M zadržavaju nepromjenjen položaj (svi smjerovi sile B sijeku se u M) pa tako i MG zadržava istu vrijednost te govorimo o **početnoj metacentarskoj visini**. Početna metacentarska visina je značajna vrijednost jer ako brod ima dobru početnu stabilnost imat će vrlo vjerovatno povoljnu stabilnost i pri velikim kutevima nagiba. Postupak određivanja MG naziva se **račun centracije**.

Indiferentna i labilna ravnoteža broda

1. Kad brod krca teret težište sustava mjenja položaj po visini. Dokle god je ono niže od metacentra, pri nagnjanju broda uvijek će se javljati uspravljujući moment.

2. Kad se prilikom krcanja tereta na brod težište sustava toliko uzdigne da dođe do metacentra ne može se formirati uspravljujući par sila pa se u tom slučaju brod nalazi u indiferentnoj ravnoteži i ostaje nagnut.

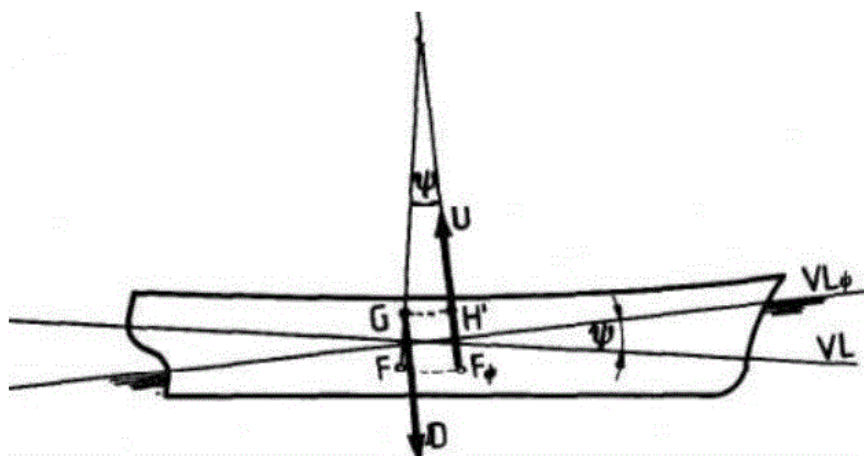
3. Kad se zbog nestručnog krcanja i slaganja tereta težište sustava pomakne iznad metacentra brod će se naći u položaju labilne ravnoteže jer uspravljujući par sila postaje negativan i utječe da se brod još više nagnje umjesto da se ispravlja.

Krivulja stabilnosti (krivulja statičke stabilnosti GH) crta se na temelju formule za moment stabilnosti $M_{st}=D*GH$. što znači da svaka krivulja stabilnosti odgovara jednom deplasmanu. Na ordinati se nanose vrijednosti poluge GH a na apscisi kutovi nagnjanja broda. Kut kod kojeg krivulja GH doseže maksimalnu vrijednost, predstavlja kut do kojeg se brod može nagnuti bez opasnosti za prevrtanje. Kod teretnih brodova taj kut ne bi smio biti manji od 35° . To je i situacija kad gornja paluba počinje zahvaćati vodu (more). **Knjiga trima i stabiliteta** ima obično pet šest primjera krivulja stabilnosti za karakteristične slučajeve krcanja tereta ili plovidbe u balastu, kako za početak putovanja, međuputovanje i situaciju na dolasku s putovanja.

Prema smjeru nagnjanja broda razlikujemo:

- **poprečni stabilitet broda**
- **uzdužni stabilitet broda :**

Sve što vrijedi za poprečni stabilitet broda vrijedi i za uzdužni stabilitet, ali postoje dvije bitne razlike:
 -Brod je simetričan s obzirom na uzdužnu simetralnu ravninu broda, dok je s obzirom na glavno rebro vrlo rijetko simetričan. Momenti stabiliteta u slučaju nagnjanja pramcem ili krmom neće biti jednaki. Nagnjanja broda u uzdužnom smjeru su manja, a uzdužna metacentarska visina puno veća, nego u poprečnom, pa se može zaključiti da je uzdužni stabilitet mnogo veći od poprečnog



Slika: Uzdužni stabilitet broda

Stabilitet ovisi o formi trupa broda i rasporedu mase (tereta) na brodu, pa se može podijeliti na:

- **stabilitet forme** - Stabilitet povećava: -veća širina broda prema gazu smanjenje duljine broda - povećanje gaza broda
 veće nadvođe koje omogućava veći nagib broda, pa time i veći stabilitet

- **stabilitet težina** -

Razmatrajući probleme stabiliteta forme i stabiliteta težina, može se komentirati:

Brod je stabilniji, što je težište sistema G niže, a početni metacentar M_0 viši, odnosno početna metacentarska visina M_0G veća.

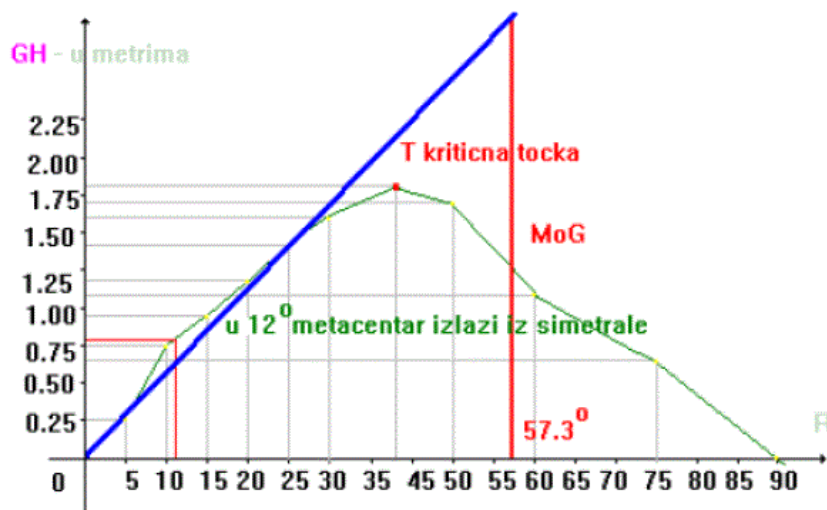
-Težište G bit će niže ako su glavne težine i tereti smješteni niže u brodu;

-Točka M_0 leži to više, što je veća širina, nadvođe i gaz broda (otuda i potječe utjecaj širine i nadvođa na stabilitet broda), itd.

Sile, odnosno momenti sila koji djeluju na brod, a potječu od vjetrova, valova, prodrle mase vode ili tereta, mogu djelovati statički ili dinamički, pa razlikujemo: **statički stabilitet** i **dinamički stabilitet** :

Ako se veličine prekretnih sila ili momenata koji djeluju na brod naglo mijenjaju, dolazi do ubrzanja masa, pa govorimo o dinamičkom djelovanju sila i o dinamičkom stabilitetu broda.

Točka nagiba broda ili kut nagiba u kojoj brod više nema rezervnu stabilnost zove se KRITIČNA TOČKA. Ako se vanjski moment imalo poveća, uspravljaajući moment broda bit će prevladan i brod će se prevrnuti. Kritična točka T je ujedno i točka prevrtanja.



Slika: Kritična točka u kojoj brod više nema rezervnu stabilnost

GLAVNE MJERE BRODA

Ukupno su četiri glavne mjere broda (Ship tonnages)

- deplasman ili istisnina,
- nosivost,
- zapremnina (tonaža) i
- kapacitet.

DEPLASMAN ili ISTISNINA

Deplasman (D) ili istisnina jednaki su težini vode koju brod istiskuje svojim trupom, odnosno to je cjelokupna težina broda. To je jednako umnošku volumena uronjenog djela broda i specifične težine medija u kojem se nalazi ($D = V \cdot \delta$)

- Specifična težina morske vode iznosi približno ($\delta = 1,025 \text{ t/m}^3$)
- Specifična težina slatke vode iznosi približno ($\delta = 1,000 \text{ t/m}^3$)

Istisnina broda (V) je ona količina vode koju je neki brod istisnuo svojim volumenom.

Istisnina se može promatrati u tri oblika kao: volumen, masa ili težina

Volumen istisnine $\nabla = \text{m}^3$

Masa istisnine $D = \rho \cdot V \text{ kg ili t}$

Težina istisnine $W = g \cdot \rho \cdot \nabla \text{ N ili kN ili MN}$

Kod čeličnih brodova istisnina se proračunava unutar vanjskog ruba rebara (bez debljine oplate) dok se kod drvenih brodica uzima u obzir i debljina oplate.

Volumen podvodnog dijela broda V često se naziva **volumen deplasmana**. Deplasman se na europskom kontinentu mjeri u metričkim tonama ($t = 1\ 000\ \text{kg}$). U Velikoj Britaniji i na Zapadu često se upotrebljava i tzv. engleska tona ili duga tona (Long ton) koja iznosi 1016 kg. Amerikanci upotrebljavaju tzv. kratku tonu (Short ton), koja iznosi 907 kg.

Prema zakonu plovnosti, kao mjera plovnosti služi **uzgon**, koji se kao sila izražava u tonama i jednak je deplasmanu D. Da bi ostvario uvjete plovnosti, brod uroni u vodu sve dok se njegov deplasman ne izjednači s težinom ($D = P = V \cdot \gamma$). Budući da ukrcavajući teret brod postaje teži, deplasman se automatski regulira i nadoknađuje iz veličine nadvodnog dijela broda. Na taj način nadvodni dio broda služi kao zaliha plovnosti ili **rezervni (pričuvni) deplasman** odnosno uzgon.

Rezervni je deplasman važan i zbog toga što omogućuje da brod do neke granice podnosi oštećenja podvodnog dijela i da primi dodatni teret vode prilikom poplave unutrašnjih prostorija broda. Brodovi s malom nadvodnom visinom i malim volumenom nadvodnog dijela uvijek su u opasnosti da potonu, pa čak i kad manje količine vode poplave njihove prostorije.

Ako je V_1 čitav vodonepropusni volumen broda do gornje palube, a V volumen podvodnog dijela broda, onda je $V_1 - V$ volumen nadvodnog dijela. $V_1 - V / V_1$ omjer označuje tzv. zalihu plovnosti koja se obično izražava u postocima cjelokupnog volumena V_1 . Zaliha plovnosti kod teretnih brodova iznosi do 36%, a kod putničkih je mnogo veća.

Deplasman trgovačkih brodova je važan zbog toga što se s pomoću njega vrše razni proračuni, izrađuju nacrti, tablice, dijagrami i sl. Međutim, deplasman nije prikladna mjera za označivanje veličine trgovačkih brodova jer im se, zbog ukrcavanja ili iskrcavanja tereta težina neprestano mijenja.

Razlikuju se dva deplasmana trgovačkih brodova:

- laki deplasman (Light Displacement).
- deplasman potpuno nakrcanog broda, (Loaded Displacement)

Laki deplasman je deplasman potpuno praznog broda, bez goriva, kotlovene i pitke vode, hrane, posade, tereta itd., kojom prilikom brod uroni do lake vodene linije.

Kad se kod trgovačkog broda govori o **deplasmanu potpuno nakrcanog broda**, misli na brod koji pod teretom uroni sve do oznake nadvođa odnosno do konstrukcijske vodene linije (KVL).

Tablica deplasmana - Uz krivulju deplasmana obično se konstruira još i tablica ili skala deplasmana. Tablica deplasmana služi pomorcima u praktične svrhe, prvenstveno za proračunavanje količine ukrcanog i iskrcanog tereta i za proračunavanje promjene gaza broda u svezi s krcanjem tereta. Tablica deplasmana obično se konstruira zajedno s tablicom nosivosti ili točnije, ona je sastavni dio tablice nosivosti.

Deplasman za promjenu gaza 1 cm odnosno 1 palac - jest težina tereta koja uzrokuje promjenu srednjeg gaza broda 1 cm odnosno 1 palac. Ta je težina zapravo volumen 1 cm odnosno 1 palac visokog sloja vode kome je osnovica površina vodene linije, s tim da se taj volumen pomnoži specifičnom težinom vode (deplasman sloja visokog 1 cm jest $d = v \cdot \gamma = FVL \cdot 0,01 \cdot \gamma$). Na ovome se zapravo i temelji konstrukcija krivulje i tablice tone/cm i tone/palac gaza.

U praksi se najviše upotrebljava tablica tone/cm i tone/palac koja je redovito sastavni dio tablice nosivosti. S pomoću te tablice može se zgodno i brzo odrediti promjena gaza pri ukrcavanju ili iskrcavanju tereta poznate težine.

NOSIVOST

Nosivost je težina tereta pod kojom brod uroni od lake ili neke druge vodene linije, a mjeri se u težinskim tonama (metrička, duga ili kratka tona).

Deplasman sadržava težinu praznog broda i nosivost (Deadweight), gdje je nosivost jednaka ukrcajnom kapacitetu broda, uključujući bunker i druge neophodne potrepštine za pogon broda. Nosivost ili deadweight u svakom trenutku predstavlja razliku između stvarnog deplasmana i težine praznoga broda, sve izraženo u tonama:

$$\text{deadweight} = \text{displacement} - \text{light weight}$$

Izraz "ton" ne predstavlja uvijek istu količinu težine, pa tako imamo izraze:

- "Metric ton" = 1,000 kg,
- "English ton" ili "Long ton" = 1,016 kg,
- "Short ton" = 907 kg (koji se koristi u U.S.A.)

Težina praznog broda normalno se ne koristi za označavanje veličine broda, budući da se "Deadweight tonnage" - DWT, temelji na ukrcajnom kapacitetu broda, uključujući gorivo, mazivo, itd, za normalno operiranje broda, mjereno u tonama kada je brod uronjen na nekoj vodenoj liniji. Katkada, "deadweight tonnage" može također predstavljati projektirani gaz broda, ali u tom slučaju to mora biti posebno navedeno.

Ukupna nosivost (Nu) ili deadweight tonnage, jest masa tereta pod kojom brod uroni do odgovarajuće teretne crte na oznaci nadvođa.

Ukupna nosivost trgovačkog broda sastoji se od korisne nosivosti (N_k) koju čini masa komercijalnog tereta i posredne nosivosti (N_p) koju čini masa brodskih zaliha, posade i ostalih masa na brodu.

Korisna je nosivost težina komercijalnog tereta, tj. onog tereta za koji brod naplaćuje vozarinu. Korisna nosivost bit će veća ako je masa brodskih zaliha, dakle posredna nosivost manja. Pri proračunavanju korisne nosivosti za neko putovanje broda polazi se od jednodnevnog potroška brodskih zaliha, tj. potroška za 24 sata plovidbe.

U kapacitetnom planu broda redovito nalazi podatak o tome kolika je dnevna potrošnja goriva pri određenoj brzini broda (Consumption per 24hours).

Posredna je nosivost težina tereta brodskih zaliha. U posrednu nosivost ubraja se, prije svega, masa goriva, slatke vode, hrane, zalihe rezervnih djelova, masa posade, kao i ostale nepoznate težine (Mrtve težine – Constant) na brodu koje proračunavamo "Draft Survey-om". Posredna nosivost u trgovačkih brodova zavisi od duljine predviđenog putovanja i odmjerava se tako da korisna nosivost bude što veća.

Proračun zaliha za određeno putovanje - uobičajeno je da se proračunatom broju dana plovidbe, u ljetnim mjesecima, za svakih pet dana plovidbe dodaje još jedan dan, a u zimskim mjesecima za svaka tri dana plovidbe dodaje jedan dan. Pri tome se za proračunati broj dana plovidbe zaokružuje na broj djeljiv brojem 3 ili 5, prema tome da li brod plovi zimskim ili ljetnim zonama.

Mrtve težine (konstanta) na brodu

Mrtvih težina kao sastavnog dijela posredne nosivosti ima u višoj ili manjoj mjeri, na svakom trgovačkom brodu. U mrtve težine ubrajaju se u prvom redu voda i ostale otpadne tekućine koje se skupljaju u kaljužama (slivnicama) broda, neiskorišteni zaštitni materijal za teret i dr. Pomorci

redovito nastoje da količina mrtvih težina na brodu bude što manja jer njihova težina ide na štetu korisne nosivosti broda. Stoga je potrebno na svakom brodu što češće ispražnjavati i čistiti brodske kaljuže, čistiti tankove balasta, itd.

Zadatak- Primjer

Brod krca u luci La Plata (Argentina) ljeti pšenicu za Trst. Putovanje od La Plate do Trsta, prema karti, traje 24 dana. Ukupna nosivost broda je 25 200 t. Potrošak goriva (teško gorivo) iznosi 32 t za 24 sata, a potrošak slatke vode za 24 sata iznosi približno 7 t. U tankovima se nalazi ukupno 172 tone plinskog ulja i 56 tona maziva. Masa posade i ostalih zaliha je 79 tona. Koliko tereta (Nk) pšenice može brod ukrcati?

Rješenje

Broj rezervnih dana plovidbe iznosi 5 dana (25/5), prema tome potrošak brodskih zaliha treba proračunati za ukupno 29 dana (24 + 5). Potrebne zalihe goriva za glavne strojeve iznose $32 \cdot 29 = 928$ t, a slatke vode $7 \cdot 29 = 203$ t. Ukupna masa brodskih zaliha (posredna nosivost) iznosi:

- teško gorivo 928 t
- lako gorivo..... 172 t
- mazivo ulje 56 t
- slatka voda 203 t
- posada i ostale zalihe..... 79 t
- Konstanta 200 t

Ukupno $N_p = 1638$ t

Korisna nosivost broda bit će:

$$N_k = N_u - N_p = 25200 - 1638 = 23562 \text{ t}$$

Prema tome, brod u luci La Plata može ukrcati 23562 t tereta pšenice u rasutom stanju.

ZAPREMNINA ili Tonaža

Tonaža broda (Tonnage) je ukupan prostor broda izračunan nakon mjerenja, tj. baždarenja, a prema odredbama IMO konvencije o baždarenju brodova (1969.) kao bruto i neto tonaža (Gross Tonnage - GT, Nett Tonnage - NT). Zapremina ili tonaža, eng. Registered Tonnage, jest volumen svih zatvorenih prostorija broda izražen u tzv. registarskim tonama.

Definicija i značenje zapremine

Zapremina ili tonaža, eng. Registered Tonnage, jest volumen svih zatvorenih prostorija broda.

Registarska zapremina predstavlja obujam broskog prostora iskazanog u registarskim tonama. Registarska tona kao jedinica zapremine iznosi 100 kubičnih stopa ili 2,832 m³. Ta mjera izražava prosječan volumen koji zaprema jedna tona tereta.

Podjela zapremine

1. Bruto Registarska Tonaža (BRT) (eng. Gross Registered Tonnage (GRT))
2. Neto Registarska Tonaža (NRT) (eng. Net Register Tons (NRT))

Baždarenjem dobivena zapremina broda izražena u registarskim tonama zove se ukupna ili bruto registarska zapremina.

Bruto Registarska Tonaža (BRT) ili zapremina obuhvaća ukupni zatvoreni brodski prostor bez nekih prostorija kao što su kormilarnica, prostor pomoćnih brodskih strojeva, kuhinja i WC-a.

BRT predstavlja veličinu unutarnjeg volumena broda u skladu sa zadanim pravilima za ovu vrstu mjerenja, i široko se koristi u praksi. Po bruto registarskoj zapremini brodovi se upisuju u **Registar**. Registar vode lučke kapetanije i sjedište lučke kapetanije automatski postaje luka pripadnosti broda. Po bruto registarskoj zapremini obično se računa veličina trgovačke mornarice jedne države. **Dokovanje** trgovačkih brodova naplaćuje se prema jednoj BRT.

Bruto registarska zapremina broda važna je i zbog toga što se iz nje proračunava neto registarska tonaža.

Netto registarska zapremina se odnosi na zatvoreni brodski prostor koji je namijenjen prijevozu robe ili putnika. Neto registarska zapremina služi za određivanje izračuna lučkih taksa i taksa za plovidbu kanalima, za plaćanje peljarskih usluga, poreza, carine i sl. Upravo zbog toga što je neto registarska zapremina povezana s novčanim davanjima brodaru, a katkada i naručioca, propisi o određivanju neto tonaže vrlo su precizni i strogi. Podaci o bruto i neto registarskoj zapremini nekog broda nalaze se u njegovoj svjedodžbi o baždarenju.

KAPACITET

Kapacitet za teret, (engl. capacity tonnage) jest raspoloživi prostor za teret izražen u kubičnim metrima(m³) ili kubičnim stopama (ft³). Kapacitet je vrlo važna mjera trgovačkog broda jer služi za pravilan raspored tereta po pojedinim skladištima i za sastavljanje plana tereta. Kapacitet za teret ujedno obuhvaća kapacitet spremišta za brodske zalihe, kapacitet tankova, za gorivo, pitku i kotlovnu vodu, balast i sl.

Razlikuju se dva kapaciteta:

- kapacitet za žito (eng. grain capacity),
- kapacitet za bale (engl. bale capacity).

Kapacitet za žito, odnosi se na rasuti teret. On je uvijek veći od kapaciteta za bale jer rasuti teret, npr. žito, ispunjava sav prostor skladišta uključujući i prostor između rebara i između sponja.

Kapacitet za bale, odnosi se uglavnom na komadnu i pakovanu robu, dakle na generalni teret. U kapacitet za bale nije uračunat prostor koji komadni i pakovani tereti ne mogu zauzeti, npr. prostor između zaštitnih trenica (priboja) na bočnim stijenama skladišta i prostor između sponja.

Prilikom proračunavanja kapaciteta za žito i kapaciteta za bale nekog brodske skladišta odbija se prostor koji zauzimaju upore, sponje, zaštitne trenice, cjevovodi i druge slične konstrukcije. Ako je prostor za teret razdijeljen u posebne odjele (ćelije), kapacitet se svakog odjela računa posebno.

Prostor po toni nosivosti je omjer ukupnog kapaciteta za bale nekog broda i njegove ukupne nosivosti. To je zapravo onaj prostor koji mora zauzimati jedna tona tereta da bi se istodobno potpuno iskoristila nosivost i kapacitet broda. Tada bi kapacitet za teret bio potpuno iskorišten i brod bi uronio do oznake nadvođa. U pomorskoj se praksi za takav slučaj kaže da je brod nakrcan »full and down«.

U praksi se, međutim, to rijetko događa. Kad je brod nakrcan nekim teškim i kompaktnim teretom, npr. rudačom ili žitaricama, on će redovito iskoristiti nosivost, ali ne i kapacitet.

Kod generalnog je tereta obratno: brod redovito iskoristi kapacitet, ali ne i nosivost. To je osobito karakteristično za suvremeni generalni teret, koji je tako pakovan da zauzima relativno mnogo prostora. Samo vrlo rijetko, ako se prikladno kombinira lagani i teški teret, brod može potpuno iskoristiti nosivost i kapacitet.

Kapacitetni plan broda je nacrt broda (uzdužni i poprečni presjek) na kojem su označeni prostori za teret, spremišta brodske zaliha i brodske tankovi, a u posebnim tablicama dat je njihov kapacitet i često položaj težišta. Uz plan se obično ucrtava i tablica nosivosti. Na nacrtu je označeno koji se

tankovi protežu preko cijele širine broda, a koji su nepropusnom pregradom pregrađeni u lijevi i desni tank. Kod pregrađenih tankova u tablici je dat posebno kapacitet za desni, a posebno za lijevi tank.

Kapacitet tankova

U brodske tankove može se smjestiti tekuće gorivo, ulje za podmazivanje, razna biljna ulja, pitka voda, kotlova voda i morska voda kao vodeni balast. Tankovi se nikada ne pune do vrha jer treba da ostane slobodnog prostora za širenje tekućine kad joj se temp. poveća. Prazan prostor koji se ostavlja iznosi 2 do 5% volumena tanka.

Brodskih tankova uvijek ima veći broj da bi im se tako pojedinačni kapacitet smanjio i na taj način donekle otklonio štetan utjecaj slobodnih površina tekućina na stabilitet broda.

Svaki brodski tank ima:

- otvor za punjenje
- odušnu cijev
- cijev za sondu.

Kod tekućina koje na dnu tanka ne ostavljaju talog mjeri se visina tekućine u tanku od dna tanka do gornjeg ruba tekućine, a kod tekućina koje ostavljaju talog (npr. loživo ulje) mjeri se visina praznog prostora ili tzv. Ullage, od površine tekućine u tanku do vrha tanka. Svi su brodski tankovi kalibrirani, pa se na temelju visine tekućine ili visine praznog prostora s pomoću posebnih tablica određuje količina tekućine u tanku.

Faktor slaganja tereta i izgubljeni prostor

Za sastavljanje plana tereta potrebno je poznavati još i faktor slaganja tereta, (engl. stowage factor). **Faktor slaganja** jest broj koji pokazuje koliko prostora zauzima jedna tona dobro složenog tereta, izraženo u kubičnim metrima ili kubičnim stopama. Pri određivanju faktora slaganja tereta uzima se u obzir i tzv. **izgubljeni prostor** (Broken Stowage). Izgubljeni prostor uzrokuju omoti (ambalaža) i zaštitni materijal upotrijebljen prilikom slaganja tereta na brodu, zatim krivine i stršeci dijelovi broskog skladišta (rebra, sponje, upore i dr.), pa se nijedan teret ne može idealno složiti.

Ako se faktor slaganja pomnoži količinom tereta u tonama, dobije se volumen prostora (u kubičnim metrima ili kubičnim stopama) koji će teret zauzeti u brodu. Nakon toga se na temelju kapacitetnog plana planira smještaj tereta u pojedina skladišta i druge teretne prostore na brodu.

$$C_t = p \cdot f \quad (\text{m}^3)$$

C_t - prostor koji zauzima teret

p - težina tereta

f - faktor slaganja tereta

Faktor kapaciteta i proračun težina za uzdužni raspored tereta

Pri krcanju tereta mora se posebna pozornost obratiti na uzdužni raspored tereta kako bi brod po završetku ukrcaja tereta plivao na ravnoj kobilici ili imao trim kakav mu je potreban.

Faktor kapaciteta f_c jest broj koji se dobije kada se kapacitet za bale ili kapacitet za žito svakoga pojedinog broskog skladišta ili teretnog odsjeka broda (skladište zajedno s međupalubnim prostorom iznad njega) podijeli ukupnim kapacitetom za bale odnosno za žito, prema tome da li brod krca opći ili

rasuti teret. Kad se korisna nosivost broda pomnoži faktorom kapaciteta skladišta, odnosno teretnog odsjeka, dobije se masa tereta koja otpada na to skladište ili teretni odsjek.

ZAGAZNICE

Metrički sustav označavanja gaza: U SI sustavu jedinica (metričkom) obično se gaz označava arapskim brojkama. Brojke su visoke 1 decimetar, a isto toliki je i razmak između njih. Donji rub brojke označava onaj gaz koji ta brojka pokazuje.

Engleski način označavanja gaza: U engleskom sustavu jedinica gaz se označava u stopama. Stope se bilježe rimskim ili arapskim brojkama.

Svaka brojka visoka je " stope, a toliki je i razmak između njih:

1 stopa (foot) (1') = 12 palaca (inch)

1 stopa = 0,3048 m = 30,5 cm

1 palac (inch) (1'')=0,0254m=2,5 cm

NADVOĐE

Nadvođe, u širem smislu, je razmak između palube i razine mora. Visina nadvođa za pojedine veličine i vrste brodova određuje se temeljem odredbi Međunarodne konvencije o teretnim vodenim linijama – London 1966.

Smještaj oznake nadvođa

Temeljem pravila, nadvođe se mjeri na polovici duljine broda. Mjeri se od crte u kojoj produženje gornje površine oplata palube siječe vanjsku površinu oplata broda. Ova je crta označena gornjim rubom linije, koja se zove "oznaka palube" (deck line). Oznaka je dugačka 300 mm i široka 25 mm.

Dopušteno nadvođe

Udaljenost gornjeg ruba te linije od gornjeg ruba oznake palube je najmanje dopušteno nadvođe za dotični brod kada poduzima putovanja po otvorenom moru u ljetno doba. Zbog toga se ta crta povučena kroz središte kruga naziva ljetna oznaka (Summer mark).

Ljetna oznaka (Summer Mark - S)

Od gornjeg ruba ljetne oznake mjere se sva ostala nadvođa. Slova urezana iznad krajeva ljetne oznake, inicijali su zavoda koji je po ovlaštenju vlade odredio nadvođe za dotični brod. To je u pravilu kod kojeg je brod klasificiran (npr. LR-Lloyd Register)

Nadvođe za putovanje po tropskim vodama (Tropical –T)

Nalazi se iznad ljetne oznake nadvođa i ima dimenzije 250mm dugačka i 25mm široka.

Udaljenost između S i T je također 1/48 gaza na ljetnoj oznaci nadvođa.

Oznaka nadvođa u slatkoj vodi (Fresh –F)

Kada brod prijeđe iz slane u slatku vodu mora više uroniti radi toga jer je slatka voda rjeđa. Ovo uronuće računa se kao (razlika gaza) = (deplasman) / (40 x TPC) . Oznaka se smješta po krmi od vertikalne linije.

T oznaka nadvođa u tropskim predjelima u slatkoj vodi (Tropical Fresh TF) .

Nalazi se iznad tropske oznake nadvođa. Računa se prema istoj formuli kao i tropsko nadvođe samo se uzima deplasman na tropskoj oznaci nadvođa. Smještena po krmi od vertikalne linije.

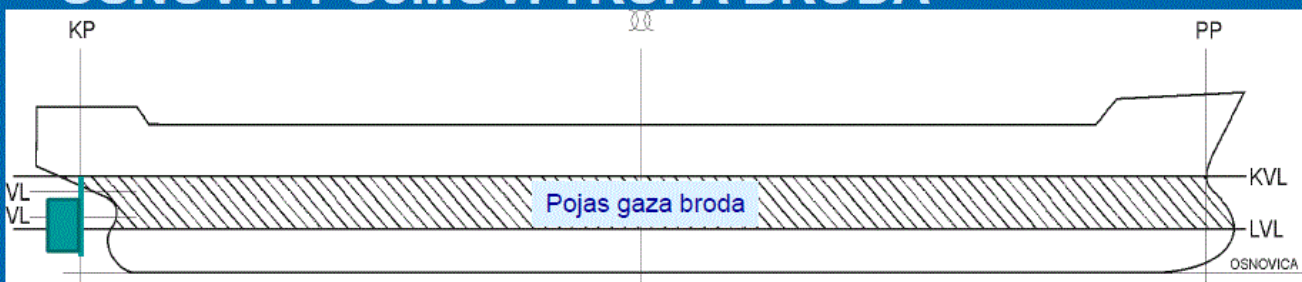
1.5. Podjela broskog trupa, osnovni dijelovi neovisno o tipu broda

Brodaska forma, odnosno oblik broskog trupa, uvjetovana je mnogobrojnim zahtjevima koje mora zadovoljiti brod. Među najvažnije ubrajaju se:

- Dovoljno prostora za krcanje tereta;
- Dovoljan stabilitet u neoštećenom i oštećenom stanju;
- Mali otpor;
- Dobra pomorstvena svojstva;
- Dovoljna čvrstoća;
- Estetski izgled.

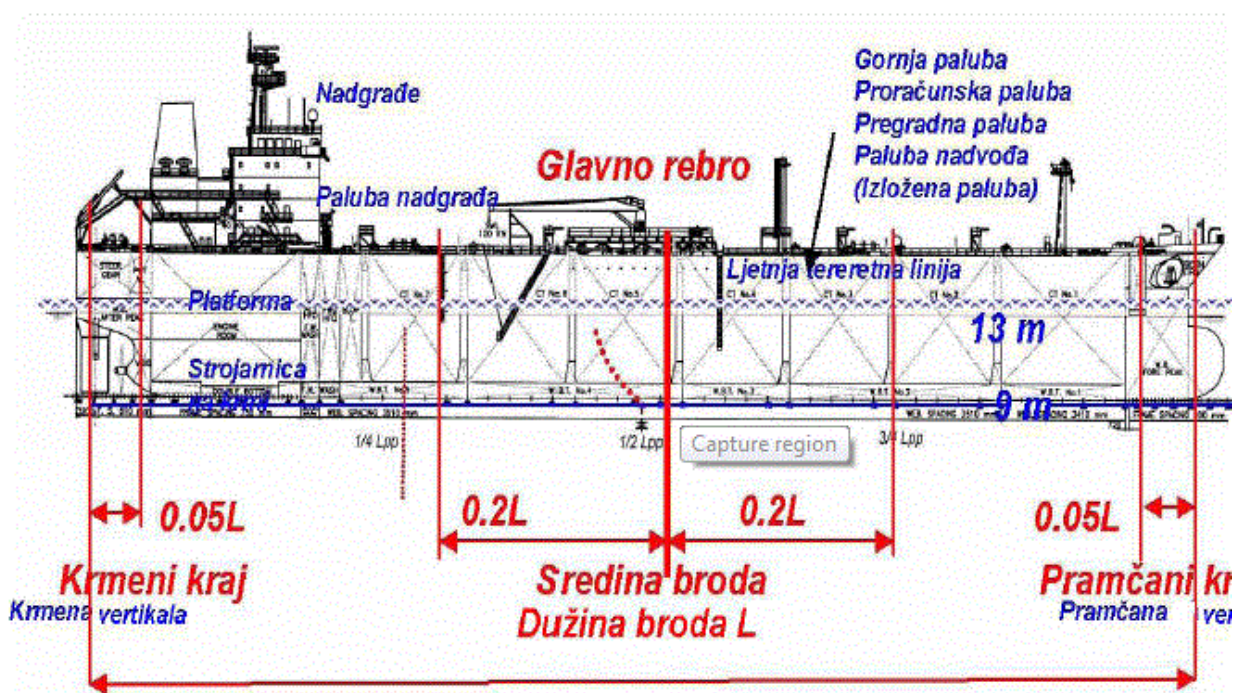
Osnovni pojmovi trupa broda

OSNOVNI POJMOVI TRUPA BRODA



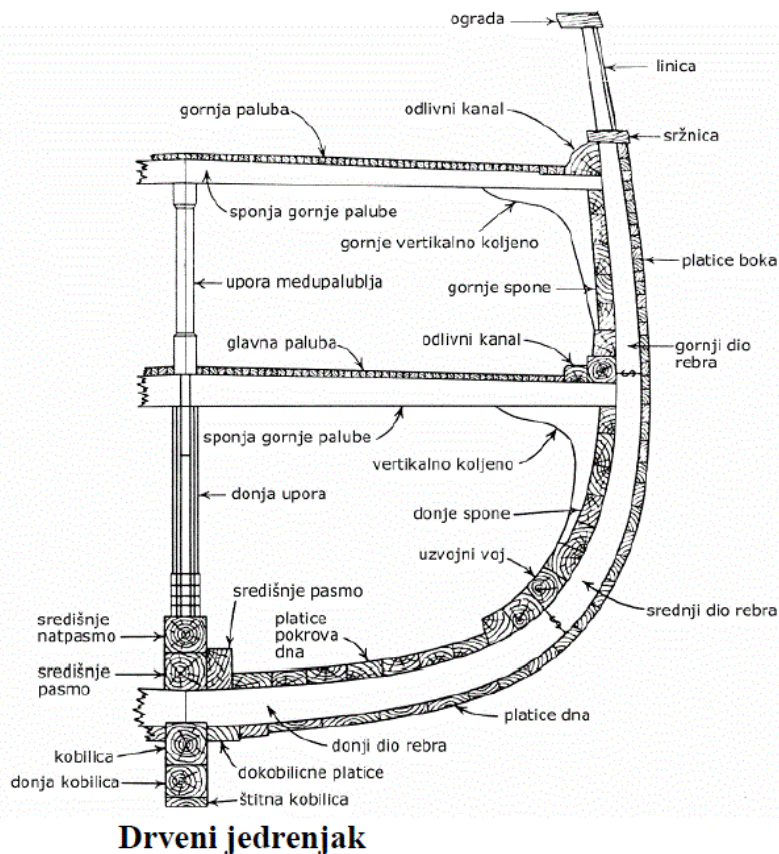
The diagram illustrates the hull cross-section with several key lines and points. The stern perpendicular (KP) and bow perpendicular (PP) are shown as vertical lines. The waterline (VL) is the uppermost line, while the constructive waterline (KVL) is below it. The light load waterline (LVL) is the lowest line. The baseline (OSNOVICA) is the bottom-most line. A hatched area between the KVL and LVL is labeled 'Pojas gaza broda'.

- *Vodna linija (VL)* – plovna ravnina do koje brod uroni u vodu
- *Konstruktivna vodna linija (KVL)* – vodna linija za koju je brod konstruiran
- *Teretna vodna linija (TVL)* – vodna linija na kojoj brod plovi s određenim teretom
- *Laka teretna vodna linija (LVL)* - vodna linija na kojoj plovi prazan opremljen brod
- *Krmeni (KP) i pramčani (PP) perpendikulari* – okomice na KVL u točno definiranim presjecima
- *Osnovica* – vodoravna linija koja prolazi gornjim rubom kobilice na mjestu najvećeg gaza broda
- *Glavno rebro* – rebro s najvećom uronjenom površinom presjeka
- *Paralelni srednjak* – dio broda s nepromjenjenom površinom glavnog rebra



1.6. Dijelovi čeličnog broda

Čelični brodovi u usporedbi sa drvenim daju jaču čvrstoću a lakši su od drvenih za 15 – 20 %. Sigurniji su od požara i naplavlivanja morem jer je tehnologija valjanja čelika omogućila ugradnju nepropusnih pregrada u unutrašnjost broda. Kako su ovi brodovi lakši, to im je nosivost bivala srazmjerno većom u odnosu na drvene brodove. (Valjanje čelika je tehnološki postupak kojim se komadi čelika u usijanom stanju provlače između valjaka te oblikuju u čelične ploče različitih debljina.)



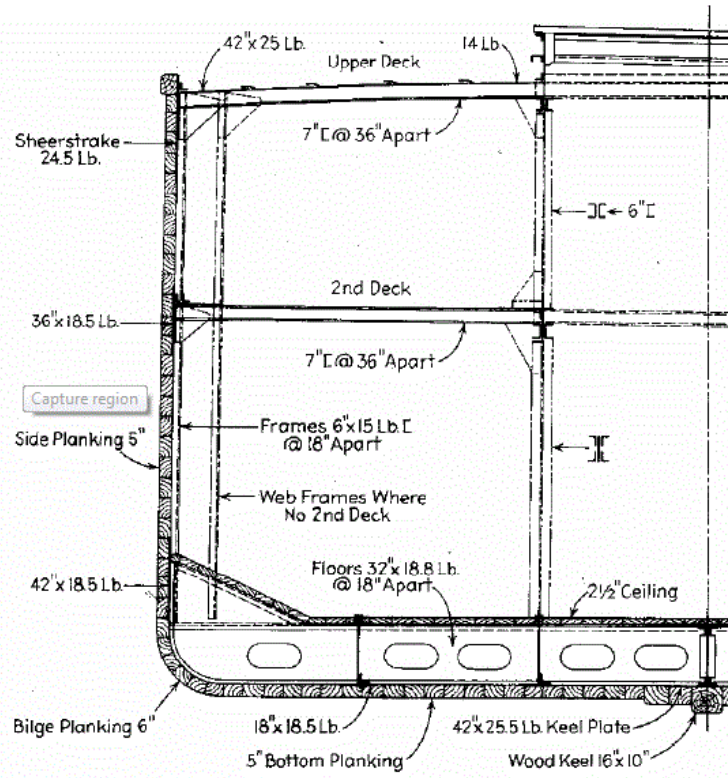
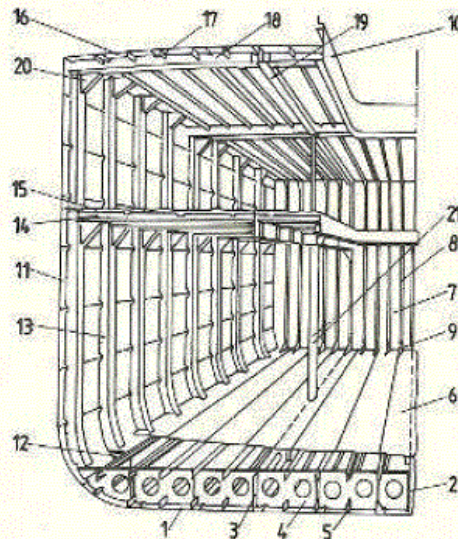


FIG. 2 E.F.C. COMPOSITE STEAMER

Drvo/željezni parobrod

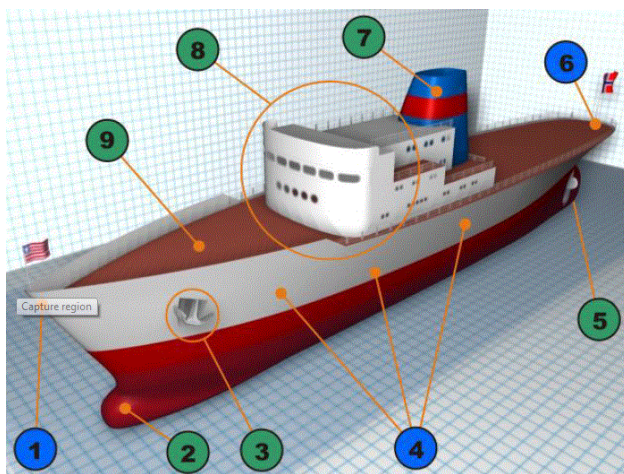


Slika 1.1 1-vanjska oplata dna; 2-hrptenica, centralni nosač u dvodnu; 3-bočni nosač u dvodnu; 4-puna rebrenica; 5-uzdužnjaci u dvodnu; 6-pokrov dvodna; 7-poprečna pregrada; 8-ukrepe pregrada; 9-koljena pregrada; 10-pražnice grotla; 11-vanjska oplata boka; 12-uzvojno koljeno; 13-bočno rebro; 14-paluba (donja); 15-palubna sponja; 16-paluba gornja; 17-uzdužnjaci gornje palube; 18-okvirna sponja; 19-palubna podveza; 20-spojno koljeno.

Dijelovi čeličnog broda

Glavni dijelovi broda (slika dole):

1. **pramac** - prednji dio broda
 2. **bulb pramac** - služi za stvaranje manjeg otpora valova
 3. **sidreni uređaj**
 4. **trup broda** - Unutrašnjost broskog trupa podijeljena je po visinama palube, a po dužini na poprečne pregrade, a njihova je uloga da podijele brod na potrebne površine, povećaju krutost i čvrstoću broda i u slučaju prodora vode u brod spriječe poplavljanje cijelog broda i njegovo potonuće.
 5. **brodski vijak**
 6. **krma** - stražnji dio broda ispod kojeg je smješten pogonski dio broda
 7. **dimnjak**
 8. **nadgradnja broda** - je sve ono što se na brodu nalazi iznad palube. Ako se nadgradnja pruža od jedne do druge bočne strane broda naziva se nadgrađe a ako je uže onda se naziva palubna kućica. U pravilu na najvišem nadgrađu se nalazi brodski komadni most sa komandnim uređajima za upravljanje brodom.
 9. **paluba**
- Dijelovi unutar trupa broda:
10. **pogonski dio** (motor, brodski vijak)
 11. **pomoćni uređaji** (agregati za električnu struju, razne pumpe, pogon sidra, kormilarnica, vodovodne, električne instalacije i sl.)
 12. **pokretna oprema** - navigacijska oprema, sigurnosna oprema, strojarska oprema...



Slika : Dijelovi čeličnog broda

Materijali u brodogradnji - Brodograđevni čelici

Hrvatski registar brodova u dokumentu «PRAVILA ZA TEHNIČKI NADZOR POMORSKIH BRODOVA» predviđa slijedeće čelike za primjenu u brodogradnji:

- Čelici normalne i povišene čvrstoće
- Čelici povišene čvrstoće s $R_{min} = 390 \text{ N/mm}^2$
- Čelici za primjenu na niskim temperaturama
- Nelegirani čelici za zavarene konstrukcije
- Poboļjšani visokočvrsti čelici za zavarene konstrukcije
- Čelici za primjenu na povišenim temperaturama
- Čelici žilavi na sniženim temperaturama
- Nehrđajući čelici.

Materijali za gradnju broskog trupa

Nije svejedno iz kakvog je materijala izrađen brodski trup. Materijal bitno utječe na izdržljivost broda.

Od materijala za gradnju broskog trupa traže se sljedeća svojstva:

1. Velika čvrstoća uz malu težinu
2. Žilavost
3. Mora se dobro obrađivati
4. Treba biti otporan na koroziju
5. Nezapaljivost

Materijal za gradnju broskog trupa podliježe propisima klasifikacijskih društava. Ona propisuju svojstva materijala, kao i načine na koje se ta svojstva ispituju prilikom njegovog preuzimanja. Kod broda, za koji se želi dobiti klasa mora se primjeniti za gradnju trupa samo onaj materijal koji je ispitan i odobren od strane klasifikacijskog društva. Materijali koji se koriste za gradnju broskog trupa su čelik, aluminijske legure, drvo, kompoziti, i armirani beton.

2. Brodogradilišta

2.1. Uvod u brodograđevnu industriju

Brodogradnja je industrijska grana koja posluje na globalnom svjetskom tržištu, ima prepoznatljiv i kvalitetan proizvod i gotovo je u cijelosti orijentirana na izvoz.

S aspekta vanjskotrgovinske razmjene i gospodarske strategije Vlade RH, brodogradnja je jedna od važnijih grana hrvatske industrije.

U robnoj razmjeni s inozemstvom brodograđevna industrija u izvozu sudjeluje oko 12 posto. Prema službenim podacima, u Hrvatskoj je registrirano sedam velikih, 14 srednjih i 352 mala brodogradilišta koja su u 2007. godini zapošljavala oko 16.500 djelatnika i ostvarila ukupni prihod 8.832,454.862 HRK.

Specifičnost brodogradnje je u tome što je brod u biti sinteza ogromnog broja najrazličitijih proizvoda, poluproizvoda i sirovina, u čijoj izradi sudjeluje više različitih industrijskih grana.

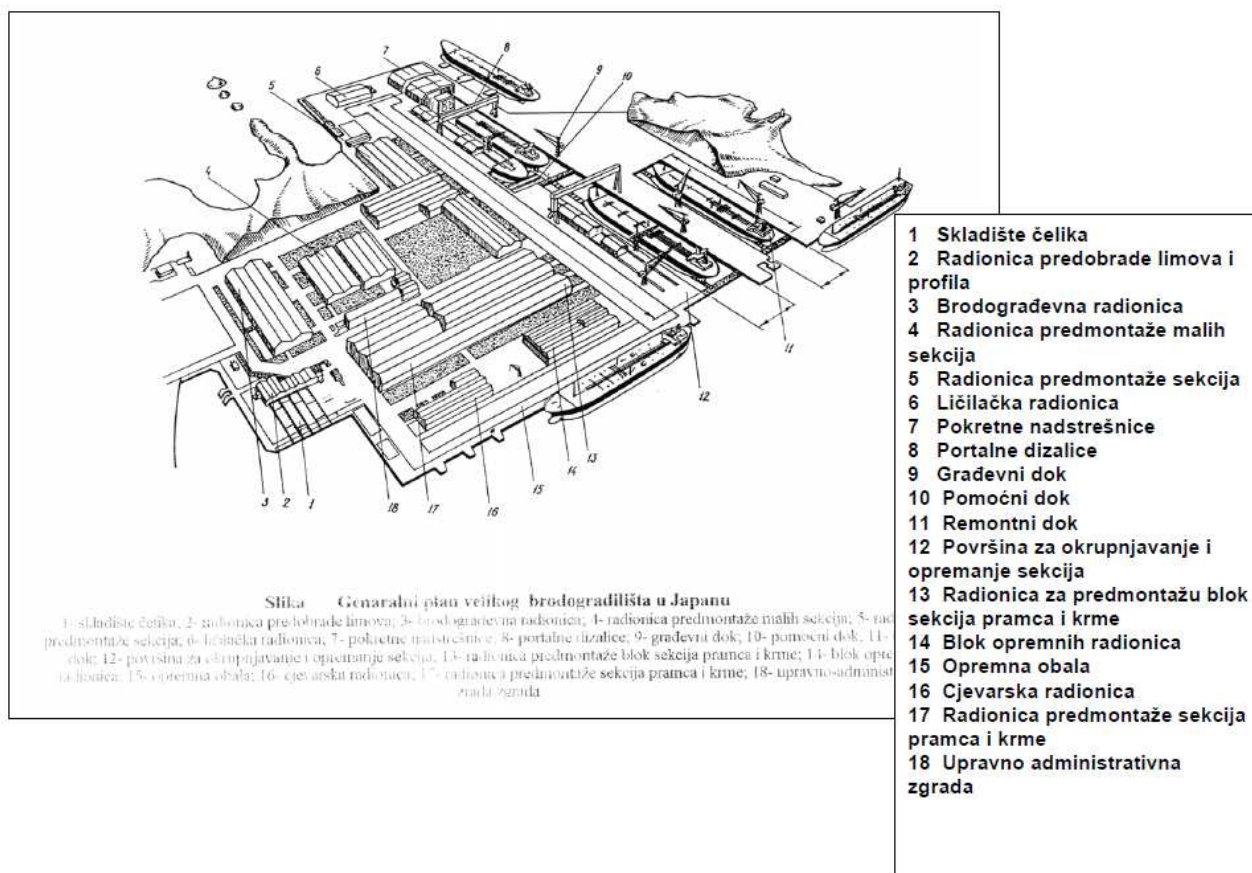
Brodogradilište dobivene sirovine i poluproizvode obrađuje, neke samo doraduje i konačno sklapa, gotove proizvode samo ugrađuje, a neke samo montira, te tako izrađuje finalni proizvod – brod.

Rijetke su industrijske djelatnosti koje tako duboko neposredno ili posredno zadiru u životne uvjete čovječanstva kao brodogradnja .

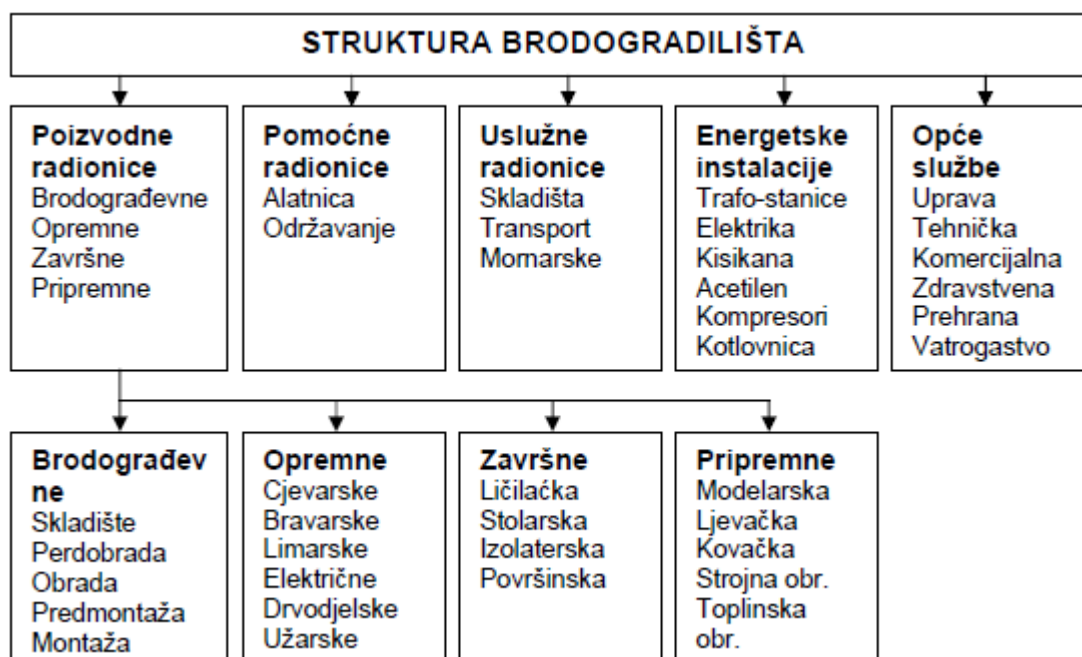
Brodogradnja kao podsustav pomorskog i industrijskog sustava ima izuzetno značajnu ulogu, što se između ostalog ogleda u sljedećem :

- opskrbljuje svjetsku trgovačku mornaricu novim prijevoznim kapacitetima,
- opskrbljuje ratnu mornaricu novim plovilima,
- gradeći poslovne objekte omogućuje razvitak pomorsko-prijevozne djelatnosti i poslova koji su značajni za odvijanje pomorskog prometa, djelatnosti i poslova koji su značajni za odvijanje pomorskog prometa,
- utječe na odnos ponude i potražnje broskog prostora, utječe i na visinu vozarina,
- utječe na oblikovanje svjetskih cijena brodova, standardnih rokova isporuke i uvjeta plaćanja,
- propulzivno djeluje na razvitak metalne i metaloprerađivačke industrije i ostalih grana industrijske proizvodnje.

2.2. Pogoni brodogradilišta



Slika: Pogoni brodogradilišta



Slika: Struktura brodogradilišta

Trenutno su najjača brodogradilišta u Južnoj Koreji koja godišnje proizvedu onoliko brodova (tonaže) kao sve ostale države svijeta. Najveće brodogradilište u svijetu je *Ulsan – Hyundai Heavy Industries*, koje svaka 4 radna dana uspijeva porinuti novi brod u more, u kojem je izgrađen i *Berge Stahl*. Specijalizirano je za *FPSO* brodove.



Slika: Brodogradilište

Grupa radionica za izgradnju trupa

Slagalište limova i profila – otvoren prostor kojemu veličina ovisi o količini materijala koja se utroši za neko određeno razdoblje i o mogućnosti nabave tog materijala; mora biti smješteno uz cestu ili željeznicu, te imati opremu za premještanje (dizalice i sl.).

Sala za trasiranje (crtanje) – prostor u kojem se na podu na limove ucrtavaju profili (oblici), a može biti smješten i pantograf – uređaj koji pomoću računalnog programa reže limove prema manjem nacrtu.

Brodograđevne radionice – prostor za modeliranje, obradu i primarnu zaštitu elemenata brodske konstrukcije

Prostor za predmontažu ili sklapanje u sekcije

Slagalište gotovih sekcija

Dilj (ležaj) – mjesto na kojem se gradi brod

Navoz :

- kosi dilj nagiba 3,5-7%
- uzdužni – najčešći
- bočni
- suhi dok

Radionica u drvu – za izgradnju paluba ili za izradu nekih skela

Priručna skladišta

Opremna grupa

- Mehanička podgrupa
 - ljevaonica
 - kovačnica

- mehanička radionica
- cjevarska radionica
- Drvodjelska podgrupa
- Skladište gotovih dijelova
- Električarska radionica
- Kotlarska radionica
- Bravarska radionica
- Elektroničarska radionica

Grupa za održavanje uređaja i alatnice

Skladišta

- glavno skladište
- skladišta limova, cijevi, strojeva itd.

Oprema obala

- prostor u koji se smješta brod nakon porinuća u kojem se nastavlja s opremanjem.

Transportna sredstva

- mosne i konzolne dizalice
- portalne dizalice

Energetske jedinice

- električna energija
- komprimirani zrak
- plinovi za zavarivanje/rezanje

GRADNJA BRODA

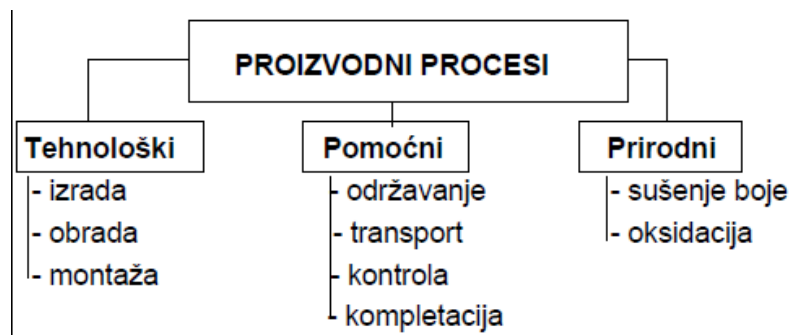
OPĆENITO O GRADNJI BRODA

Stari način gradnje broda sastojao se u montaži elemenata komad po komad tj pojedini elementi su se nakon obrade slagali na navozu i međusobno privremeno spajali vijcima a zatim zakivali.

Razvojem tehnike zavarivanja bilo je moguće spajati pojedine elemente trupa u sekcije i to izvan mjesta montaže što nazivamo predmontažom .

Sekcije su s vremenom rasle odnosno uključivale su više elemenata pa su težile i do nekoliko stotina tona.

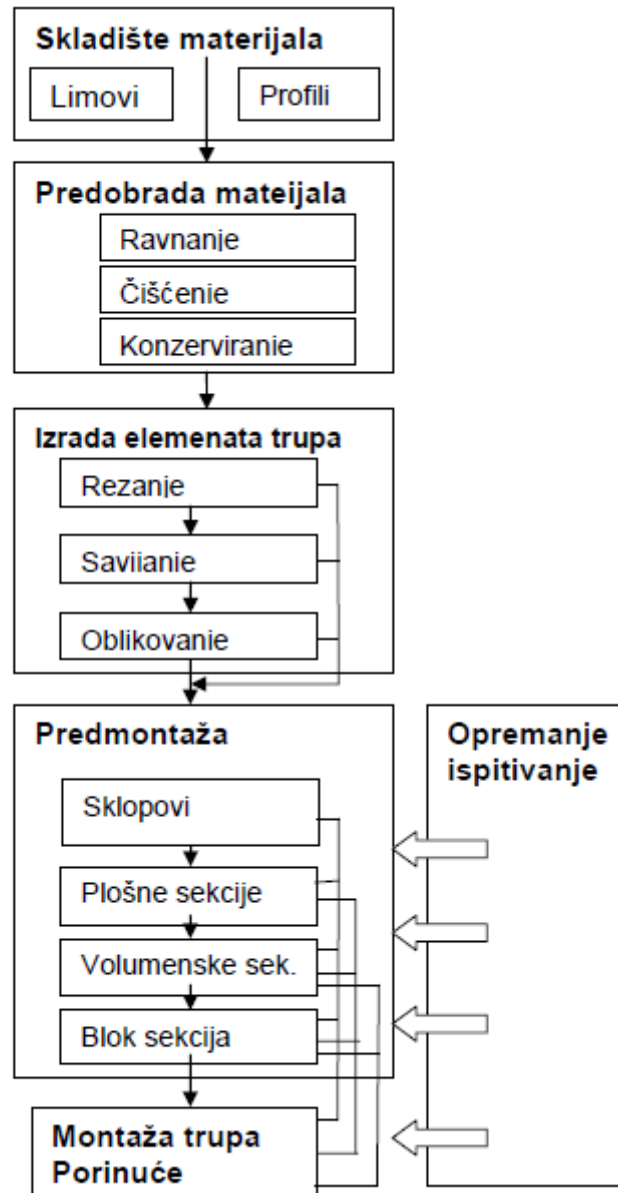
Ovakvim načinom gradnje znatno se smanjilo ležanje broda na navozu.



Slika: Proizvodni procesi u brodogradilištu

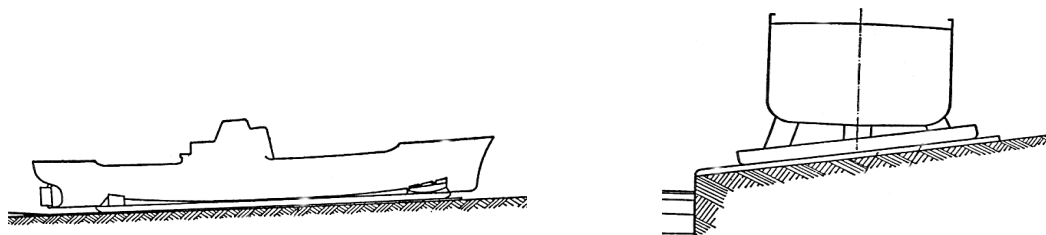
Proces gradnje broda uključuje:

1. pripremne radove
2. obradu elemenata trupa i opreme broda
3. predmontažu trupa i opreme broda
4. sastavljanje trupa (montažu) na navozu ili suhom doku
5. porinuće broda
6. opremanje broda
7. primopredaja



Slika: Osnovne proizvodne faze brodograđevnog procesa

Trup broda gradi se na navozu ili suhom doku dok se brod oprema u tzv opremnoj luci.
Navozi se dijele na uzdužne koji stoje okomito na obalu a porinuće se izvršava u uzdužnom smjeru tj krmom prema moru i poprečne koji su sa njom paralelni gdje se porinuće izvršava bokom prema vodi.



Slika: Navozi

Gornji dio navoza po kojem brod klizi naziva se saonik a gradi se od tvrdog drva (hrast).

PRIPREMNI RADOVI odnose se na izradu tehničke dokumentacije kao što su nacrti, razni proračuni, specifikacija materijala, plan dobave, skladištenja itd

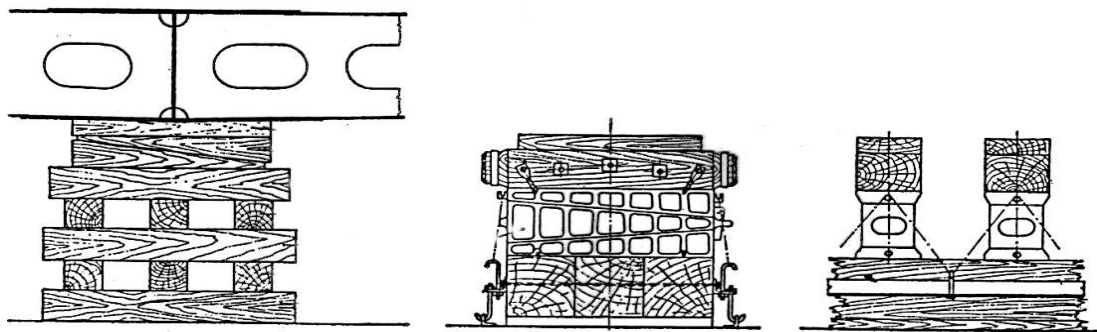
GRADNJA BRODSKOG TRUPA započinje postavljanjem tzv potklada koje se sastoje od trupaca drva te čeličnih profila i klinova. Postavljaju se na određenim razmacima što ovisi o dužini broda. Gradnja počinje polaganjem limova kobilice na potklade što nazivamo “polaganje kobilice”

Trup broda može se graditi pojedinačnim sistemom gradnje (manji i svi drveni brodovi) i sistemom gradnje u sekcijama (predmontaža).

PORINUĆE je spuštanje broda sa navoza u more. Konstrukcija broda podvrgnuta je velikim naprezanjima, za vrijeme porinuća na brod se ne može utjecati pa treba prethodno izraditi program porinuća i teorijski proračun.

OPREMANJE BRODA vrši se u opremnoj luci gdje se brod otegli pošto je porinut. Pod opremanjem broda podrazumjevamo sve završne radove (montaža glavnog i pomoćnih strojeva, cjevovoda, el. instalacija navigacijske opreme, namještaj itd).

PRIMOPREDAJA se obavlja kad brodogradilište potpuno završi gradnju i utvrdi da svi njegovi uređaji i stroj pravilno funkcioniraju. Ukoliko na pokusnim vožnjama brod zadovolji brod se predaje brodaru te počinje teći ugovoreni garantni rok (6-12 mjeseci) u kojem je brodogradilište dužno otkloniti sve nedostatke koji nisu nastali ili uzrokovani greškom posade.



Potklade

MATERIJALI ZA GRADNJU BRODA

Materijali koji se koriste u gradnji broda mogu se podijeliti u metale, drvo, plastične mase i ostale.

Od metala se izdvaja čelik koji se djeli na normalni (brodograđevni) i čelik povišene čvrstoće.

Brodski trup se izgrađuje iz limova i profila od brodograđevnog čelika. Odlikuje se čvrstoćom i žilavošću te se lako savija i oblikuje u hladnom i užarenom stanju, dobro se zavaruje.

Svojstva propisuju klasifikacijska društva, pa čelik preuzet u čeličani mora posjedovati svjedožbu (atest) sa žigom društva (HRB). Količina ugljika u brodogr.čeliku ne smije prijeći 0,20% da bi se mogao dobro variti.

Za elemente trupa koji su izloženi najjačim napreznjima upotrebljava se čelik povišene čvrstoće. Ovaj čelik ima jaču prekidnu čvrstoću (čvrstoća na vlak) ali mu je nedostatak povećani % ugljika.

Čelici se u trup broda ugrađuju u obliku limova ili različitih profila (I,U,L,T, uglovnice, holand profil).

Bakrene legure: mjed (bakar,cink), bronca(bakar, kositar),

Aluminijske legure (aluminij,magnezij,silicij,mangan,krom) imaju malu težinu, otporni na more, nisu magnetične. Od njih se grade čamci, splavi, nadgrađa, tankovi za vodu, okviri prozora, kućište kompasa itd.

Plastične mase kao što je poliester našao je široku primjenu kod gradnje trupa manjih brzih plovila, ali i kod izrade djelova brodske opreme većih brodova (npr.čamci za spašavanje).

Drvo se osim za gradnju trupa upotrebljava za opremanje unutrašnjosti broda (nadgrađe, namještaj, obloge u skladištima, palubne trenice, ležaj osovine itd).

OBRADA LIMOVA I PROFILA

Prijelazom na zavarenu brodsku konstrukciju broskog trupa pojednostavnilo je opremu brodograđevnih radionica, te povećalo njihovu produktivnost .

Plan tehnološkog procesa obuhvaća program radova u pojedinim radionicama, radne postupke te redosljed radova.

Na osnovu toga određuje se potreban broj dizalica, strojeva i alata te razmještaj pojedinih radionica.

Proces obrade podrazumjeva svrstavanje više raznih elemenata trupa broda u jednu skupinu odnosno jedan **tehnološki tok**. Za svaki tehnološki tok određuje se potreban broj i vrsta strojeva.

Proizvodnim procesom posebno se obrađuju limovi a posebno profili (zbog različitih oblika, različitih strojeva za obradu).

REZANJE LIMOVA uključuje toplinsko i mehaničko rezanje.

Toplinskim rezanjem podrazumjevamo razdvajanje metala toplinskom energijom a u brodogradnji se najčešće primjenjuje plinsko rezanje.

Kod mehaničkog rezanja koriste se mehanički rezni alati (škare “giljotina”).

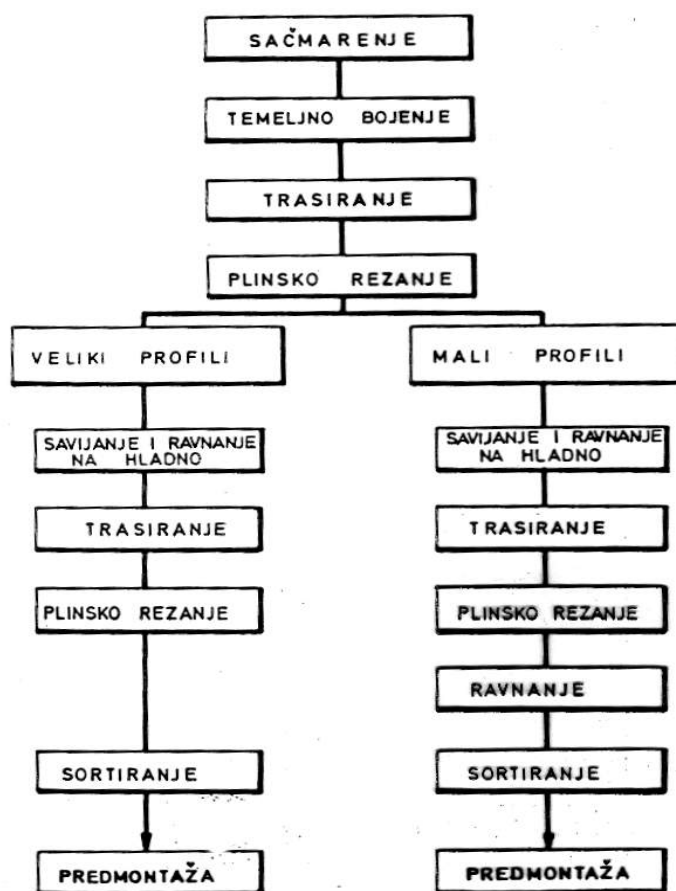
OBLIKOVANJE LIMOVA vrši se valjcima (tri do četiri valjka podesiva po visini i u poprečnom smjeru) i na prešama (“H” i “G” tip) a ono je neophodno jer je velik dio broskog trupa upravo zakrivljen. Uglavnom se limovi oblikuju pri normalnoj temperaturi osim kad su potrebna jača zakrivljenja, pa se limovi griju (obično plinskim plamenikom).

OBRADA PROFILA vrši se valjcima i prešama za savijanje (hladno savijanje) tako da se profil postavi na dva podešavajuća oslonca a sa suprotne strane profil se tlači prešom. Savijanje se kontrolira pomoću čeličnih šablona. Rubovi se obrezuju plinskim postupkom.

Obradeni limovi i profili odlažu se u međuskладиšte koje je smješteno između radionica obrade limova i profila te radionica predmontaže.

Prostor međuskладиšta podjeljen je na površinu za **ravne limove, zakrivljene limove, profile, spojne elemente**.

ŠHEMATSKI PRIKAZ KRETANJA STANDARDNIH PROFILA U RADIONI STROJNE OBRADJE



Slika: Shema prikaza kretanja standardnih profila u radionici strojne obrade

Ležaji za gradnju broda, opis navoza za uzdužno porinuće

Ležaji za gradnju broda

- uzdužni i poprečni navozi
- suhi dokovi
- vodoravni platoi uz more – za porinuće su potrebne plovne komore (pomoću kolica se brod dovlači u komoru za porinuće, sličnu suhom doku)

Porinuće je postupak kojim se brod spušta u more.

- brod se gradi na ležaju, tj. kosini (navozu) ili vodoravnoj površini u nivou ili ispod nivoa mora (suhi dok)
- slobodno puštanje broda da pod utjecajem vlastite težine dođe do mora
- saonice na saoniku
 - saonice se pričvrste uz brod
 - saonik se pričvrsti uz navoz po kojem klize saonice s brodom
 - podmazivanje radi smanjivanja trenja
- uzdužno i poprečno porinuće

Uzdužno porinuće

- potencijalna energija izgrađenog broda
- skidanje potklada na kojima je brod stajao tijekom gradnje sva masa prelazi na saonice
- stoperi između saonica i saonika omogućavaju da brod ne krene nekontrolirano

Poprečno porinuće

- uobičajeno na rijekama
- manja opterećenja, brže zaustavljanje
- brod je postavljen horizontalno a ne koso (lakša gradnja)
- saonik čini mnogo greda koje su postavljene okomito na ogradu.



Slika: Porinuće broda

Faze porinuća broda

4 karakteristične faze

1. faza

- brod se kreće po suhome
- sila trenja mora biti manja od uzdužne komponente težine broda
- brod mora krenuti sam od sebe kad se otpuste zapori

2. faza

- krma ulazi u more
- javlja se uzgon i otpor vode
- momenti uzgona moraju biti veći od momenta težine kako ne bi došlo do podizanja pramca
- naglo se povećava tlak i istiskuje se mazivo, jača trenje, pa se brod može zaustaviti ili oštetiti

3. faza

- moment uzgona se izjednačava s momentom težine
- momenti jednaki u cijeloj fazi

4. faza

- slobodan otplov
- uzgon jednak težini broda
- izjednačene sile (ne momenti)



Slike : Porinuća

Dokovanje broda

Dokovanjem se brod izvlači izvan doticaja s morskom vodom u svrhu pregleda, održavanja ili remonta podvodnog dijela trupa broda i brodske opreme koja se nalazi uronjena u more.

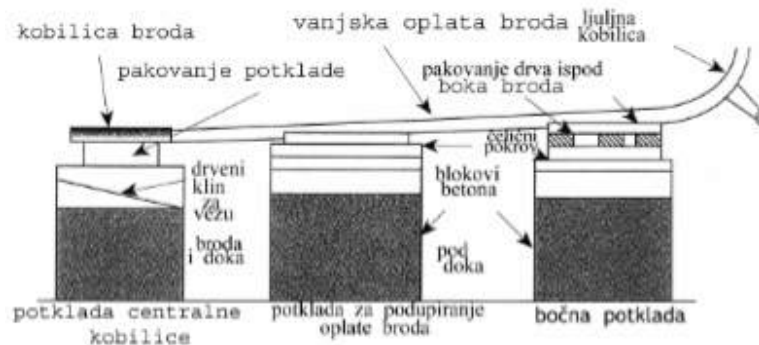
- plutajući dokovi,
- suhi dokovi,
- synchro-liftovi

Plutajući dokovi

- podizanje iznad razine vode
- brod u plutajući dok dolazi tegljenjem pomoću remorkera, te se pomoću vitala na plutajućem doku uvlači kroz dok na željenu poziciju
- dok se naplavljivanjem vlastitih tankova spušta u morsku vodu,
- brod uplovi u plutajući dok
- nakon uplovljavanja broda u plutajući dok i crpljenja morske vode iz njegovih tankova, brod i dok se sasvim izdignu iz morske vode, prilikom čega brod nasjedne na centralne i bočne potklade plutajućeg doka
- **opasan trenutak kada dok preuzima masu broda**
- U i L tipovi plutajućih dokova

Potklade suhih i plutajućih dokova

- centralne za nasjedanje kobilice broda tijekom dokovanja
- bočne za podupiranje broda na njegovim bokovima



Slika: Potklade



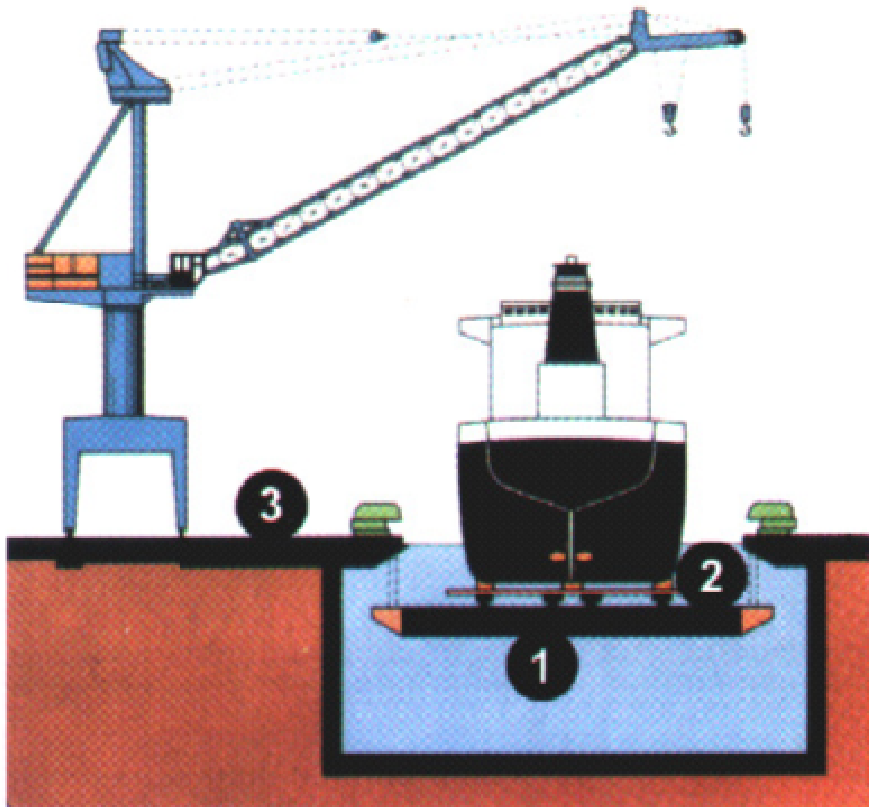
Slika: Dokovanje

Suhi dokovi

- naplavljuju se vodom
- nije potrebno izvoditi pripreme za porinuće ili obavljati operacije dokovanja
- izbjegnute opasnosti oštećenja broda prilikom izranjanja doka
- u suhi dok postepeno se pušta morska voda i u trenutku kad brod zapluta, otvaraju se ustave i brod može isploviti
- dno suhog doka ima manji pad prema vratima doka, kako bi se omogućilo lakše otjecanje vode
- postoje i suhi dokovi s vratima na oba kraja doka, kao i dokovi s poprečnim i uzdužnim vratima unutar bazena suhog doka

Syncro liftovi

- dizalo za podizanje plovila iz mora
- na slici: 1-plutajuća platforma, 2-kolijevka, 3-platforma brodogradilišta (mol)



Slika : Syncrolift

2.3. Izbori lokacije brodogradilišta

Lokacija novog brodogradilišta definirana je prema konfiguraciji terena, te obzirom na socijalno industrijske značajke područja regije. Analiziraju se industrijski kapaciteti firmi u regiji s kojima bi brodogradilište moglo surađivati, a prema tome je definiran osnovni prevladavajući koncept brodogradilišta. Predloženi **konceptualni projekt** brodogradilišta sadrži tlocrt, raspored radnih prostora, tokove materijala te princip predaje broda vodi. U promatranj regiji postoje tvrtke koje bi mogle raditi na poslovima obrade materijala i izrade brodske opreme. Brodogradilište bi se orijentiralo na sastavljanje podsklopova i sklopova, sastavljanje, opremanje i antikorozivnu zaštitu sekcija, montažu i opremanje trupa i opreme te na finalizaciju, ispitivanje i primopredaju finalnog proizvoda. Kod ovakvog načina poslovanja važan aspekt predstavljaju troškovi transporta materijala i opreme, pa se analiziraju mogući transportni putovi između dobavljača i novog brodogradilišta. Zaključak treba izvesti u okviru sagledavanje dobre kvalitete transportnih veza, te da ih je moguće ostvariti svim vidovima transporta od cestovnog, željezničkog do riječnog.

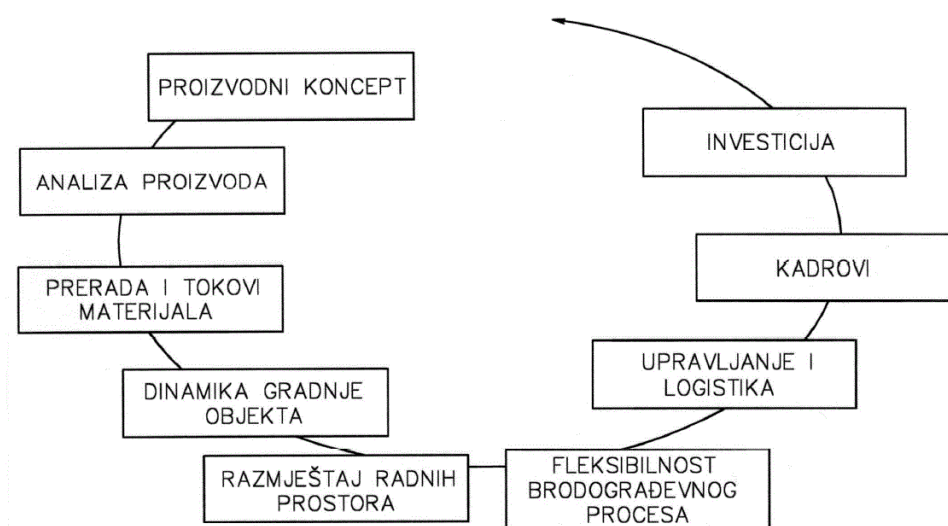
Lokacija **mora zadovoljavati niz kriterija**, a to su:

- blizina prometnica (ceste, pruge) radi lakšeg transporta materijala i opreme,
- blizina većeg mjesta radi angažiranja većeg broja djelatnika i nužne energetike,
- dovoljna tlocrtna površina brodogradilišta za smještaj svih radnih površina i eventualna proširenja u slučaju potrebe.

Prema **definiranom proizvodnom programu** napravljena je približna **raščlana brodova** kako bi se procijenila opterećenja svih faza proizvodnog procesa te napravila usporedba s kapacitetima tj. s mogućnostima raspoloživog radnog prostora i tehnološke opreme.

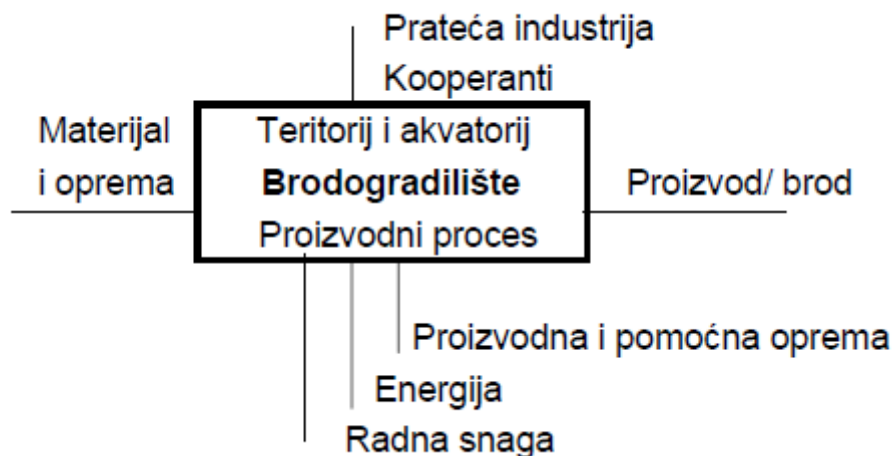
Vrši se približna procjena glavnih investicijskih troškova. Osnovne grupe troškova su troškovi građevinskih radova i potrebne tehnološke opreme.

Projektiranje tako složenog proizvodnog sustava je iterativni postupak koji se provodi u nekoliko koraka po projektnoj spirali.



Slika: Projektna spirala

Pređeni konceptualni projekt fleksibilnog brodogradilišta ujedno je prilog studiji izvedivosti ovako kompleksnog sustava u složenim društvenim i gospodarskim okolnostima.



Slika: Brodograđevni proces

2.4. Podjela brodogradilišta

Gradnja broda je složen proizvodni proces. Za odvijanje tog procesa potreban je: industrijski pogon na obali mora, rijeke ili jezera koji raspolaže odgovarajućim teritorijem i akvatorijem, hidrotehničkim objektima, natkrivenim i nenatkrivenim radnim površinama, tehnološkom osnovom i opremom, proizvodnom i pomoćnom radnom snagom, transportnim sredstvima, postrojenjima i instalacijama za snabdijevanje energijom, pomoćnim radionicama i službama.

KLASIFIKACIJA BRODOGRADILIŠTA

Prema smještaju: morska, riječna i jezerska

Po vrsti brodova koje gradi: morski, riječni, jezerski, drugi plov. objekti

Po tipu brodova: trgovački, putnički, specijalni, ratni

Po vrsti materijala: čelik, drvo, plastika, beton

Po djelatnosti: za novogradnje, remont i kombinacije (novogr. + remont)

Po proizvodnoj koncepciji: «autonomno», «montažno», «specijalizirano»

Mogući broj tipova brodogradilišta:

$$Z = n \times o \times p = 36$$

$n = 6$ (broj tipova broda)

$o = 3$ (smještaj: more, obala rijeke, jezero)

$p = 2$ (osnovna djelatnost : novogradnja, remont)

Lokacija (opći smještaj):

- makro (šire područje)
- mikro (uže područje)

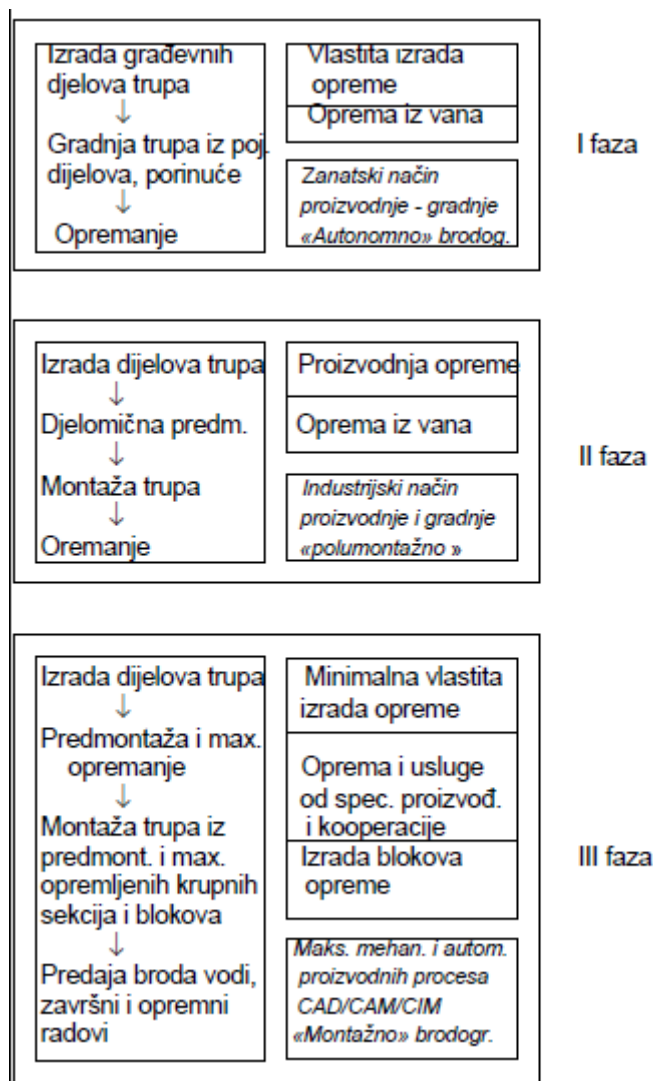
Raspoređivanje (konponiranje) na generalnom planu:

- duboko
- plitko
- kvadratno

- u uvali
- na rtu

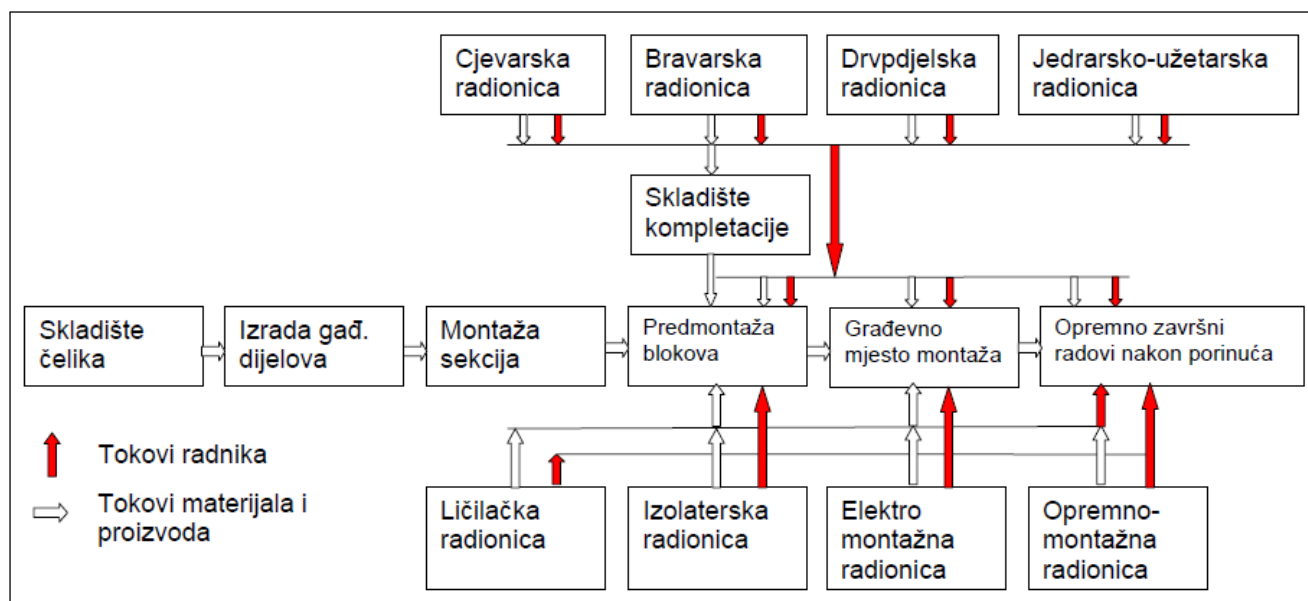
Industrijski pogoni koji se bave izgradnjom ili popravkom brodova:

- za riječne ili za morske brodove
- ratni ili trgovački
- specijalizirani za posebnu vrstu brodova
- gradnja samog trupa ili gradnja i opremanje (brodski motor i ostala oprema).
- **veličina brodogradilišta**
 - prema godišnjoj izgradnji (bruto tonaži)
 - prema veličini brodova koje može izgraditi
 - prema broju radnika (nije realno – kooperanti)
- **smještaj brodogradilišta**
 - zaklonjena niska obala, često na ušćima rijeka
 - blizu jakih industrijskih centara (materijal za izradu)
 - najpovoljniji teren – prirodni poluotok



Slika: Faze razvoja brodograđevnog procesa

2.5. Transport unutar brodogradilišta



Slika: Tehnološka shema međusobnih veza osnovnih radionica brodogradilišta

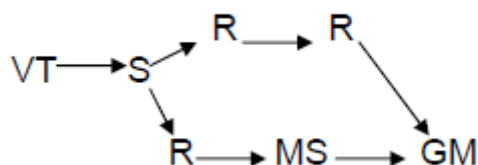
Podjela transporta po zonama:

Vanjski: predstavlja vezu brodogradilišta sa isporučiocima materijala, opreme... Ovisno o lokaciji isporučioaca (dobavljača), i postojećoj transportnoj vezi može biti:

- kopneni (željeznica, cestovna vozila, tegljači)
- vodni (brod, barža)

Unutrašnji: (osigurava transportnu vezu među pojedinim fazama proizvodnog procesa, radionicama, radnim površinama, skladištima ...), a dijeli se na: među-radionički i radionički.

Obavlja se različitim parternim i zračnim (dizalice) transportnim sredstvima ovisno o vrsti tereta (masa, količina, dimenzije), rastojanju objekata, konfiguraciji terena. Radionički transport pored općih zahtjeva prvenstveno ovisi o potrebama proizvodnog procesa (prenos, pozicioniranje, preokretanje, itd.).



- VT – vanjski transport
- S – glavno skladište
- R – radionica
- MS – međuskladište
- GM – građevno mjesto

UNUTRAŠNJI TRANSPORT

U brodograđevnoj industriji svaki organizirani rad sastoji se od tri osnovna postupka:

- obrade materijala (izrade građevnih dijelova)
- montaže (sastavljanja) građevnih dijelova u cjelinu
- transporta materijala, građevnih dijelova, sklopova i sekcija, te opreme u toku procesa gradnje broda

Transport povezuje postupke obrade i montaže u jedan manje ili više neprekidan tok. Stoga se transport materijala u procesu proizvodnje ne može promatrati kao zasebna funkcija već kao sastavni dio proizvodnog procesa. S obzirom na svoju funkciju u procesu proizvodnje transport posredno i neposredno utječe na razinu troškova proizvodnje. U nekim segmentima proizvodnog procesa, transport u ukupnim troškovima proizvodnje iznosi i do 50%.

Projektirati transport znači izabrati odgovarajući način transporta polazeći od sljedećeg: način transporta je prijenos i uskladištenje tereta uz najmanje troškove izborom optimalnog (funkcionalnog i racionalnog) načina prenošenja i uskladištenja odgovarajućim sredstvom transporta

Projektirati transport između pojedinih objekata (transportnih punktova) brodogradilišta znači definirati transportna sredstva i način transportiranja između pojedinih objekata brodogradilišta odnosno pogona, a u krugu jednog objekta (radionice), način prenošenja između pojedinih dijelova radionice, faza procesa ili radnih mjesta.

Osnovni principi pri detaljnom projektiranju su:

- da se pri analizi svakog toka procesa po mogućnosti isključi postupak transporta
- da se svaki transportni postupak mehanizira
- da se prije konačne odluke izradi detaljna analiza dali su izabrani načini transporta i transportnih sredstva odgovarajući i ekonomični
- da se osim o ekonomičnosti sredstava transporta uzme u obzir i univerzalnost njihove primjene

Pri izboru načina transporta treba definirati:

- vrstu tereta, težinu i dimenzije pojedinih jedinica tereta
- ukupnu količinu tereta i intenzitet prenošenja
- duljinu puta prenošenja po horizontali i vertikalni
- gabaritne potrebe transportnih puteva i opreme
- vrstu uređaja za utovar i istovar
- potrebe tehnološkog procesa (pozicioniranje, preokretanje, i sl.)

Podloge za projektiranje:

(za međuradionički)

- opća šema proizvodnog procesa (međusobna veza)
- situacioni plana objekata (dispozicija) brodogradilišta
- obrt tereta između objekata (radionica; rad. površina)

(za unutar-radionički)

- tehnološka šema procesa, tj. plan prostornog razmještanja faza i radnih mjesta procesa u objektu (radionici)
- šema i intenzitet tokova tereta u objektu

Metode projektiranja:

Ovisno o raspoloživim podlogama i podacima kao i potrebnog nivoa točnosti, projektiranje može biti provedeno:

- 1) na bazi okvirnih pokazatelja

2) točnim postupkom

Ad.1: ovaj način zadovoljava kada se traže načelna (okvirna) rješenja transporta.

Ad.2: sastoji se u razmatranju tehničkih i ekonomskih aspekata, u cilju definiranja optimalnog načina transporta

Okvirni način proračuna i izbor transportnih sredstava

Osnovne postavke:

- 1) prikladnost sredstava teretu (masa, dimenzije, oblik, fizikalna svojstva)
- 2) maksimalna produktivnost
- 3) minimalni investicijski i eksploatacijski troškovi

$$N_s = (G_g \times T_c \times k_i \times k_t) / (g \times F_s \times k_n)$$

G_g - godišnji obim tereta (tona, komada)

T_c - trajanje transportnog ciklusa (sati; min)

k_t - koeficijent vremenskog iskorištenja ($1,1 \div 1,2$; $1/k_i \Rightarrow 0,8 \div 0,9$)

g - nosivost transportnog sredstva (tona, komada)

F_s - raspoloživi fond vremena t. sredstva (sati; min)

k_n - koeficijent iskoristivosti nosivosti transportnog sredstva ($0,6 \div 0,8$)

k_i - koeficijent neujednačenosti toka tereta ($1,3 \div 1,5$ za međuradionički)

Detaljan proračun i izbor transportnih sredstava

Određivanje karakterističnih veličina:

Obrt tereta – količina tereta kojeg treba prenijeti sa jednog na drugo mjesto u jedinici vremena. Obrt tereta ovisi

o ukupnom obrtu tereta u godini i neujednačenosti (neravnomjernosti) transporta

$$Q_n = (Q_g / T_t) \times k_n$$

Q_n - nominalni obrt (količina) tereta u određenoj vremenskoj jedinici

Q_g - godišnji obrt tereta (tona, komada)

T_t - vremenska jedinica za koju se utvrđuje obrt tereta

k_n - koeficijent neujednačenosti (odnos između maksimalno mogućeg i srednjeg obrta u vremenskoj jedinici za koju se računa obrt tereta)

Proračun broja(jedinica) transportnih sredstava:

$$N_n = Q_n / Q_1$$

Q_n – obrt tereta u vremenskoj jedinici (obračunskom periodu)

Q_1 – količina tereta koja se može prevesti u obračunskom periodu jednim transportnim sredstvom

$$Q_1 = q \times k_t \times (T_t / t_o)$$

q – granična nosivost transportnog sredstva

k_t – koeficijent iskoristivosti nosivosti transportnog sredstva

T_t – vremenski period u kojem se obavlja transport tereta

t – vrijeme jednog obrta (transportnog ciklusa)

$$t_0 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

t_1 - vrijeme utovara

t_2 - vrijeme prijenosa ($t_2 = l_1 / v_1$)

t_3 - vrijeme istovara

t_4 - vrijeme povratka ($t_4 = l_2 / v_2$)

$l_1; l_2$ - duljina puta (u prenosu, u povratku)

$v_1; v_2$ - brzina kretanja transportnog sredstva

$$k_t = T_1 / (T_1 + T_2 + T_3) \text{ (koeficijent vremenske iskoristivosti t. s.)}$$

T_1 - nominalno vrijeme rada transportnog sredstva za obračunski period

T_2 - vrijeme planiranog remonta u tom periodu

T_3 - vrijeme neplaniranog mirovanja u tom periodu

Stvarno potreban broj transportnih sredstava:

$$N_s = N_n / k_t \text{ (} k_t < 1 \text{)}$$

Izbor sredstava transporta:

Obavlja se ovisno o:

- vrsti i obliku materijala (tereta)
- količini tereta
- načinu transporta obzirom na način utovara i istovara
- načinu pripreme i odlaganja (usklađivanja- komadno, palete, kontejneri i sl.)

Transportna sredstva mogu se podijeliti:

- na fiksna (valjčane staze, konvejeri i sl.)
- pokretna (dizalice, parterna t. sredstva na tračnicama ili kotačima, transporteri, smohodna i ručna kolica, viljuškari itd.)
- kombinirana (npr.: poprečni transporteri, itd.)

Dizalično-transportna oprema brodogradilišta

Predstavlja jedan od osnovnih vidova dizalično-transportne opreme u brodogradnji. Koristi se u gotovo svim fazama brodograđevnog procesa za: ukrcaj, iskrcaj, prenos raznih vrsta tereta, preokretanje, pozicioniranje i pridržavanje građevnih djelova pri montaži.

Osnovne vrste dizalica su:

mostne, portalne, toranjske, okretne, konzolne, samohodne na tračnicama, gusjenicama ili gumenim kotačima, te plovne dizalice, najčešće korištene u remontnim brodogradilištima.

Po načinu zahvata:

dizalice s kukom, magnetnim ili vakumskim zahvatom.

Izbor tipa i parametara dizalica:

- potrebe tehnološkog procesa (dizalično-transportne operacije)

- ponuda (katalozi i prospekti proizvođača)
- specijalne – naručba uz detaljnu speifikaciju zahtjeva

Proračun i izbor dizalične opreme u brodogradilištu

Pravilan izbor i proračun dizalica ima velik tehnološki i ekonomski značaj zbog velikog udjela dizalica u proizvodnom procesu.

Podjela tereta po težini (t):

grupe: 321-500, 201-320, 126-200, 81-125, 51-80, 33-50, 21-32, 11-20, 6-10 i do 5 t

Proračun broja dizalica (približnom metodom):

$$Nd = (Nt \times Nb \times Nc \times Tc) / (Fd \times Kd)$$

Nt - količina tereta po brodu,

Nb - broj brodova prema godišnjem proizvodnom programu

Nc - prosječni broj ciklusa po jedinici tereta

Tc - trajanje ciklusa dizalične operacije, sati ili min.

Fd - stvarni godišnji fond sati rada dizalice, sati

Kd - koeficijent vremenskog iskorištenja dizalice

Koeficijent vremenskog iskorištenja dizalice Kd:

- za dizalice s mognetnim zahvatom → 0,80 - 0,90

- za dizalice sa kukom → 0,65-0,85

- za dizalice u radionici izrade građevnih djelova → 0,75 - 0,85

- za dizalice na predmontaži → 0,70 - 0,80

- za dizalice na građevnom mjestu → 0,65 - 0,75

Trajanje ciklusa dizalične operacije Tc, na predmontaži ili montaži (građevno mjesto) sastoji se iz vremena " obrade" tereta tt

$$tt = (2,5 \times hp) / vo + 2 \times (lsr / v1 + ld/v2 + no/v3 + tg)$$

hp - visina dizanja (spuštanja), m

vo - brzina dizanja (spuštanja), m/min

lsr - prosječni put kolica, pri promjeni dohvata, m

ld - prosječni put dizalice

no - prosječni broj okreta dizalice

v1 - brzina premještanja kolica ili kрана (pri promjeni dohvata), m/min

v2 - brzina premještanja dizalice

v3 - brzina okreta dizalice, o/min

tg - gubitak vremena na dodatne operacije (privez, odvez, učvršćenje posebnog podmetka i slč.)

(Brzine → prema tehničkim karakteristikama dizalica (katalog, prospekt))

i vremena tm za postavljanje i montažu

tm - na osnovu analize tehnološkog procesa montaže

Tablica: Orjentacioni podaci o trajanju transportnog ciklusa u predmontažnoj radionici brodogradilišta (sati)

Masa jedinice tereta, t	«obrada» tereta	Postavljanje i montaža	Ukupno
do 5	0,15	0,3	0,45
6 - 15	0,17	1,2	1,37
16 - 30	0,18	1,8	1,98
31 - 50	0,25	2,0	2,25
51 - 75	0,50	2,0	2,50
76 - 120	0,80	2,0	2,80
121 - 150	1,00	2,0	2,00

Detaljan proračun provodi se samo za značajnije radionice (građevno mjesto, predmontaža i slč.). Za ostale radionice – broj dizalica se određuje približnom metodom (okvirno) na osnovu podataka ranije izvedenih projekata. Uzima se da je potrebno uzeti 2 dizalice na svakih 60 - 70 m, duljine radionice ili građevnog mjesta.

Nosivost dizalica određuje se ovisno o masi jediničnog tereta (npr. sekcija), pri čemu se u pojedinim slučajevima prakticira udruženi rad dviju dizalica.

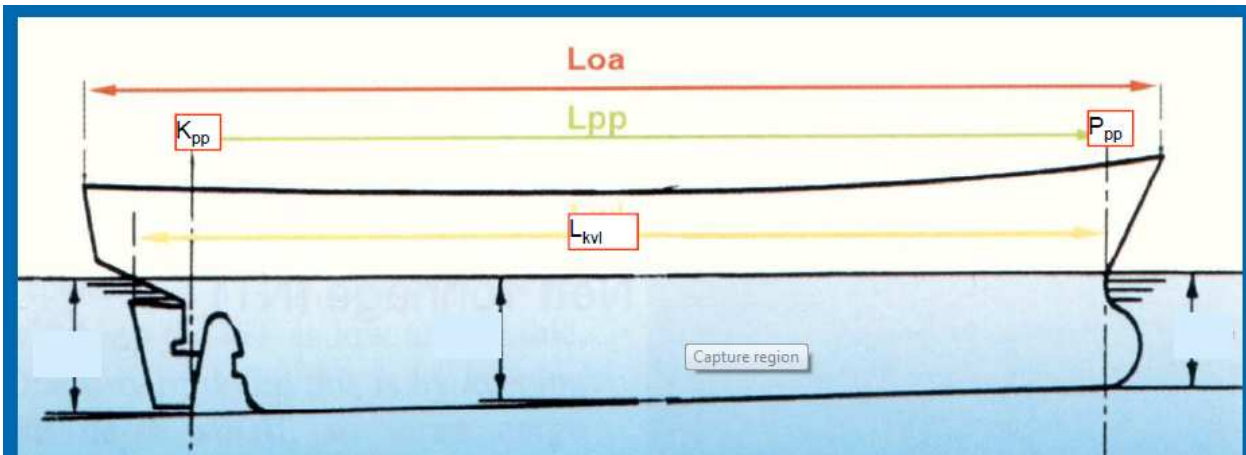
3. Brodska forma

3.1. Glavni parametri trupa broda, osnovni pojmovi

Osnovni parametri koji karakteriziraju oblik trupa broda su:

1. Glavne dimenzije i njihovi međusobni odnosi
2. Koeficijenti brodske forme
3. Istisnina broda i položaji težišta istisnine i vodne linije
4. Krivulja površine rebara (areala rebara)
5. Položaj težišta masa broda

3.2. Glavne dimenzije trupa broda i njihovi omjeri

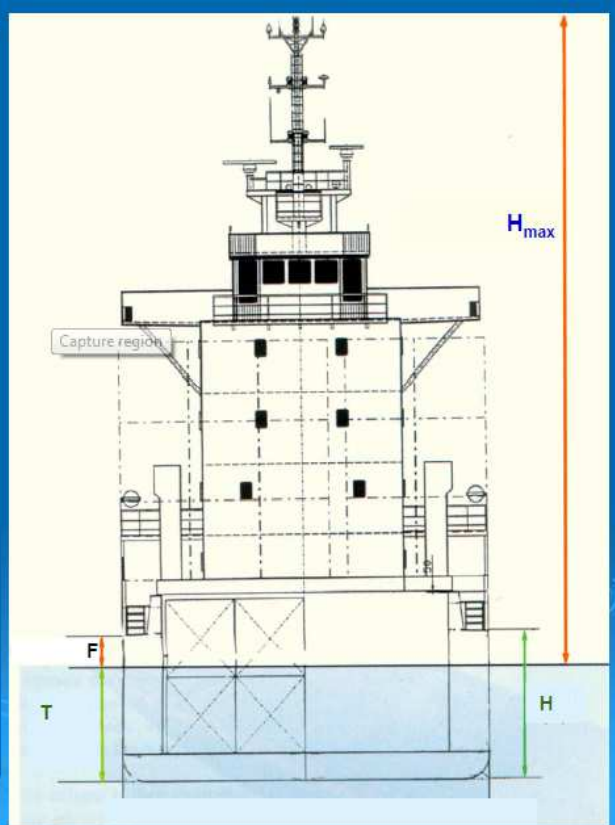


DIMENZIJE DULJINE:

- *Duljina preko svega* (L_{OA}) – vodoravni razmak između krajnjih točaka na pramcu i na krmi broda
- *Duljina između okomica* (L_{PP}) – vodoravni razmak između krmenog i pramčanog perpendikulara
- *Duljina konstruktivne vodne linije* (L_{kvl}) – udaljenost između krajnjih točaka KVL

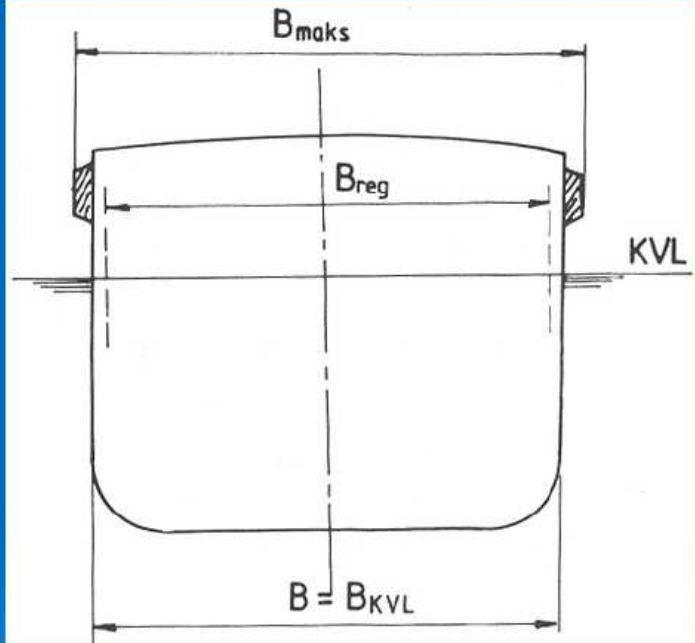
VISINE

- *Bočna visina* - H (eng. depth) – okomit razmak između osnovice i gornjeg brida sponje najviše neprekinute palube
- *Gaz* - T (eng. draught) – okomita udaljenost od osnovice do plovne vodne linije
- *Nadvođe* - F (eng. freeboard) – okomita udaljenost od plovne vodne linije do gornjeg ruba opločenja palube
- *Visina iznad vodne linije* - H_{max} vertikalna udaljenost između vodne linije i najviše točke broda; mjeri se od oznake ljetne vodne linije.



ŠIRINA

- Širina na glavnom rebru (B) – širina mjerena na vanjskom rubu glavnog rebra
- Maksimalna širina (B_{MAKS}) – najveća širina broda sa svim privjescima i nadogradnjama
- Baždarska širina (B_{reg}) – najveća unutrašnja širina



3.3 . Koeficijenti brodske forme:

Koeficijenti brodske forme su omjeri između površina brodskih presjeka ili volumena trupa ispod vodne linije u odnosu na površine i volumene opisanih geometrijskih likova i tijela.

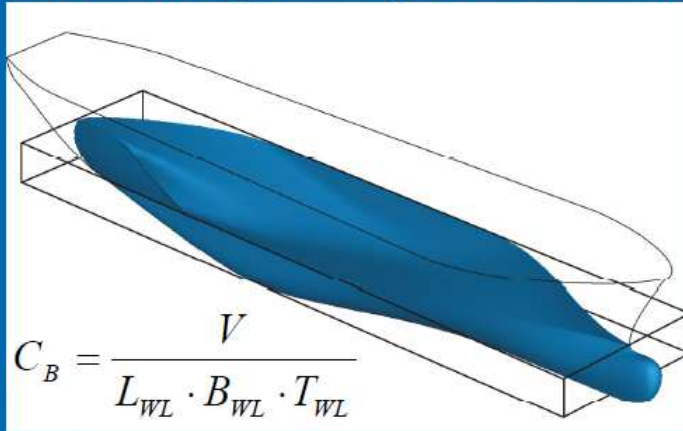
To su bezdimenzionalni brojevi, koji karakteriziraju oblik brodskog trupa, a dijele se na:

Capture region

1. Koeficijent istisnine, C_B
2. Koeficijent punoće vodne linije, C_{WP}
3. Koeficijent punoće glavnog rebra, C_M
4. Koeficijent uzdužne punoće broda, C_P
5. Koeficijent vertikalne finoće broda, C_{VP}

Koeficijent istisnine (C_B , Block Coefficient)

Predstavlja omjer volumena istisnine broda i volumena paralelepipeda, čiji su bridovi duljina L_{WL} , širina B_{WL} i gaz broda na nekoj vodnoj liniji T_{WL}

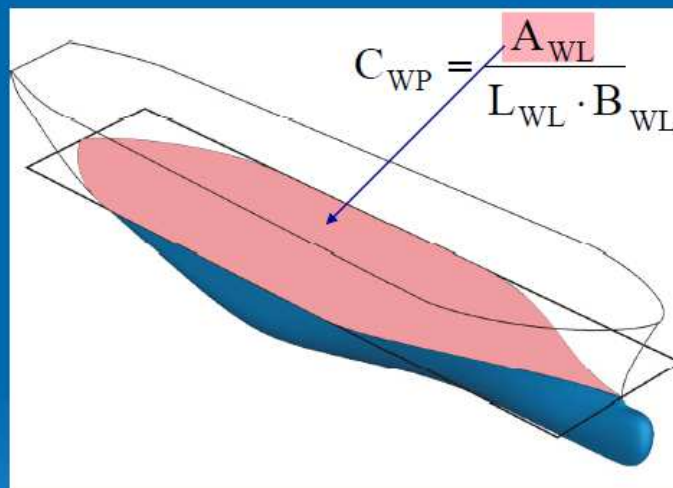


$$C_B = \frac{V}{L_{WL} \cdot B_{WL} \cdot T_{WL}}$$



Koeficijent punoće vodne linije (C_{WP} , Water Plane Coefficient)

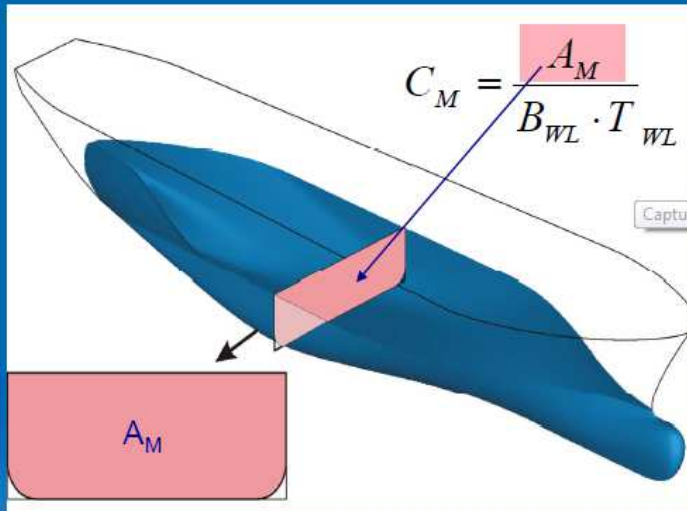
Predstavlja omjer površine vodne linije i površine pravokutnika, čije stranice čine duljina vodne linije i širina glavnog rebra



Visoki koeficijent punoće vodne linije u kombinaciji s malim koeficijentom istisnine pozitivno utječe na stabilitet broda.

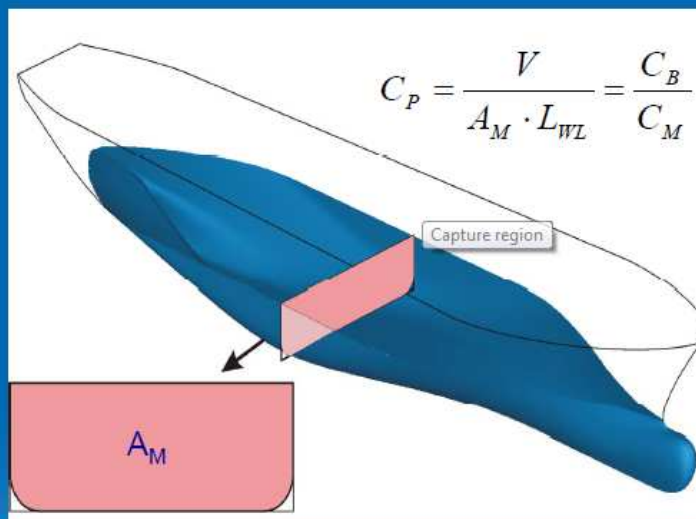
Koeficijent punoće glavnog rebra (C_M , *Midship Coefficient*)

Predstavlja omjer površine uronjenog dijela glavnog rebra i površine pravokutnika čije stranice čine širina glavnog rebra i gaz na glavnom rebru.



Koeficijent uzdužne finoće broda (C_P , *Prismatic Coefficient*)

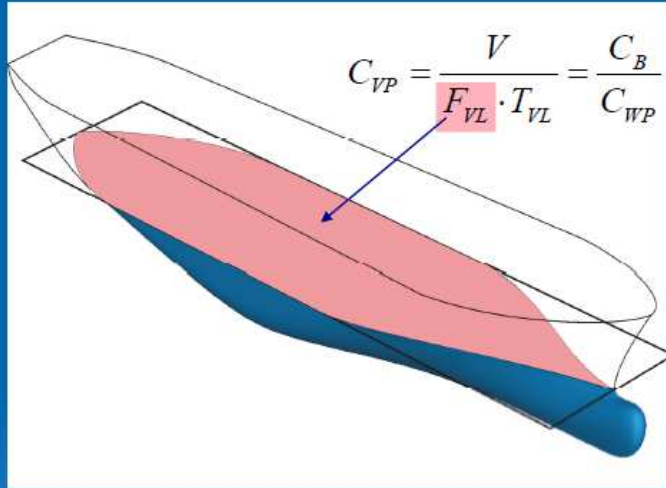
Predstavlja omjer između volumena uronjenog dijela broda i "cilindra", čija je osnovica glavno rebro broda, a dužina ista kao dužina vodne linije.



Koeficijent uzdužne finoće broda posebno utječe na vrijednost otpor broda, a time i na potrebnu instaliranu snagu pogonskog stroja.

Koeficijent vertikalne finoće broda (C_{VP})

Predstavlja omjer između volumena uronjenog dijela broda i "cilindra", koji ima isti gaz kao brod, a osnovicu površinu vodne linije za zadani gaz.



3.3. Istisnina ili deplasman broda

Istisnina (deplasman) broda

Na svako tijelo uronjeno u tekućinu djeluje sila uzgona, koja odgovara težini istisnute tekućine.

Istisnuta masa vode koju brod istisne u plovidbi jednaka je uzgonu, a zove se istisnina ili deplasman broda, te je jednaka ukupnoj masi broda i izražava se u tonama.

Istisnina (deplasman) broda

Umnožak volumena podvodnog dijela broda sa svim privjescima (kormilom, propelerima itd.) i gustoće vode u kojoj brod plovi, da bi brod plovio, mora biti jednak ukupnoj težini broda.

$$D = U; \quad U = V_r g$$

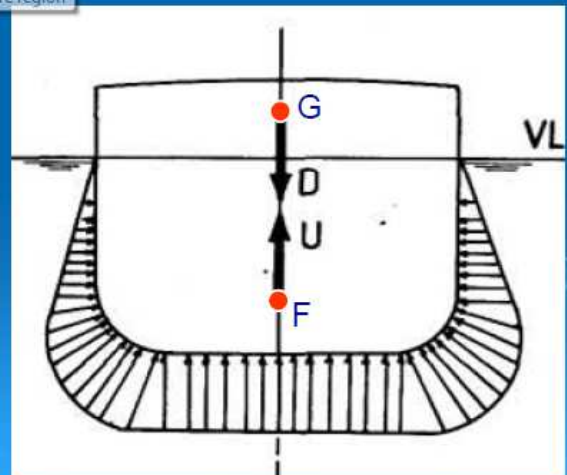
gdje je:

- U = uzgon broda
- D = istisnina broda
- V = volumen uronjenog dijela trupa
- r = gustoća vode
- g = težno ubrzanje

na slici:

- U = uzgon broda
- D = istisnina broda
- F = položaj težišta istisnine
- G = položaj težišta masa

Capture region

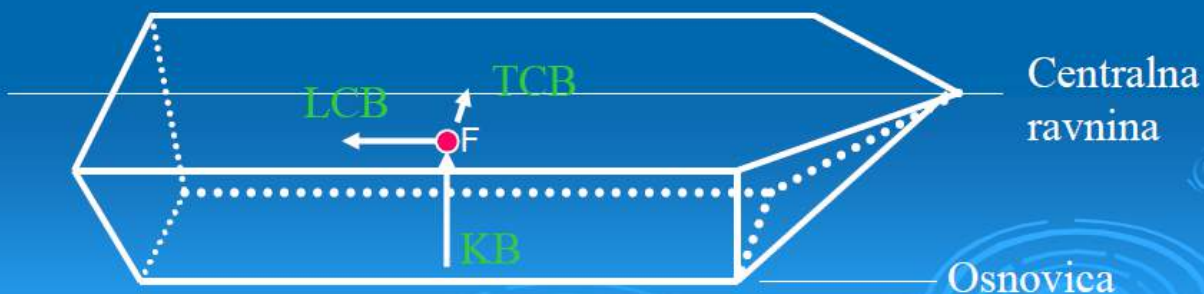


Položaj težišta istisnine

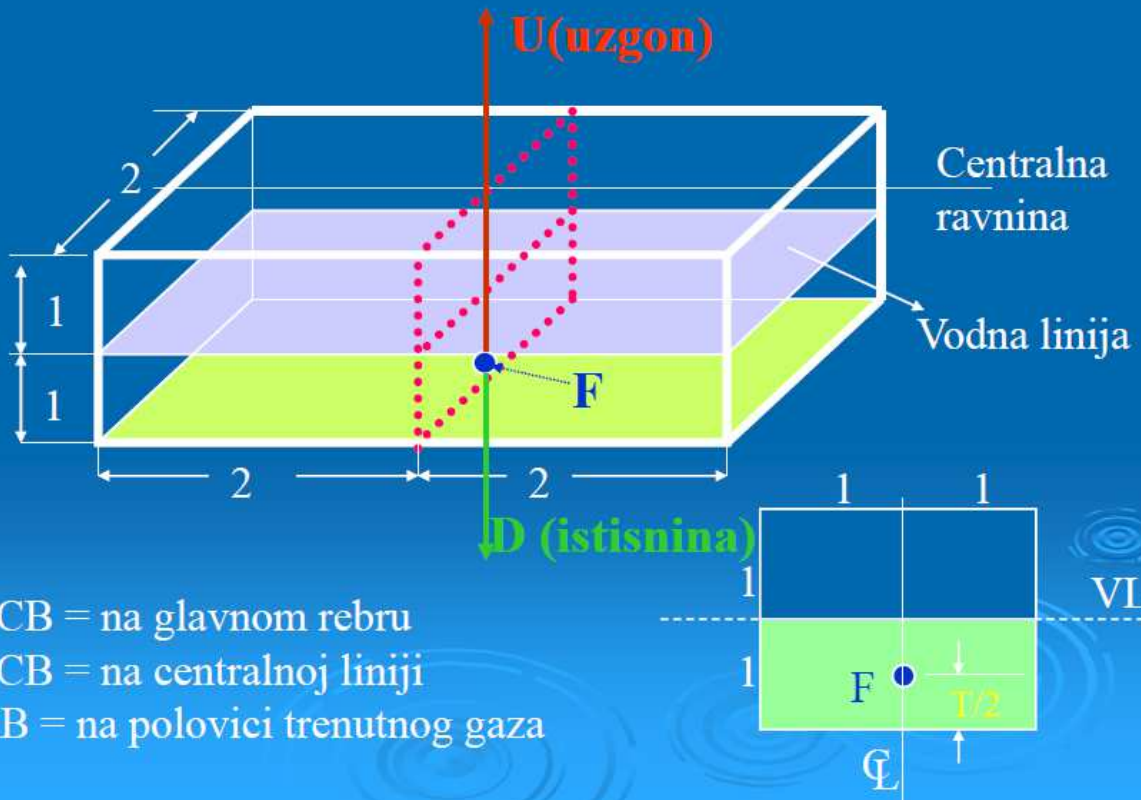
Sila uzgona djeluje kroz težište istisnine, F !

- **LCB**: Uzdužna udaljenost položaja težišta istisnine od krmenog perpendikulara
- **KB**: Vertikalna udaljenost težišta istisnine od osnovice
- **TCB**: Poprečna udaljenost težišta istisnine od centralne ravnine

Capture region

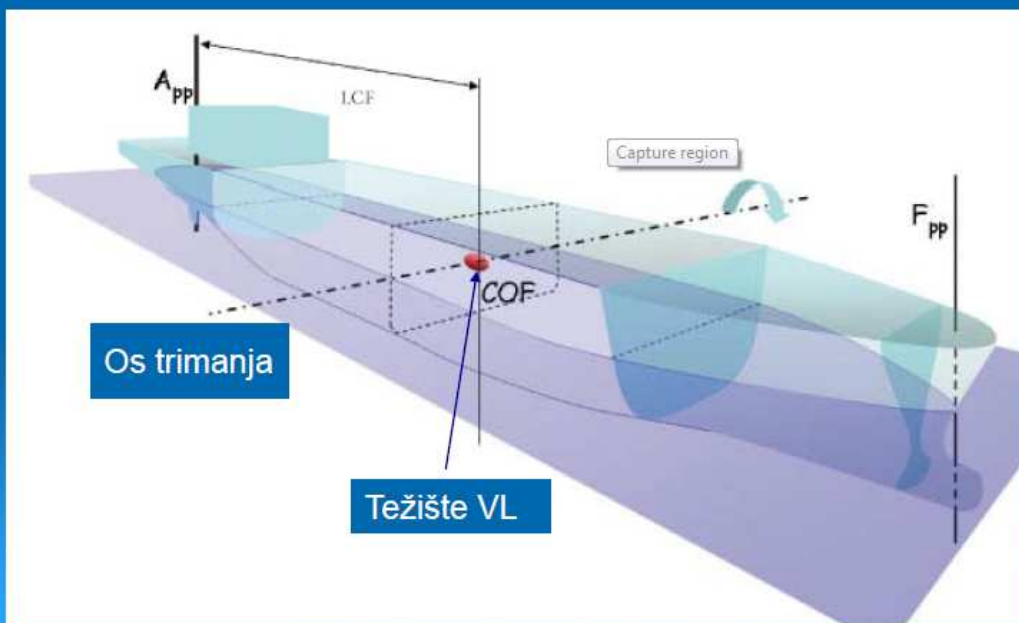


Primjer određivanja položaja težišta istisnine



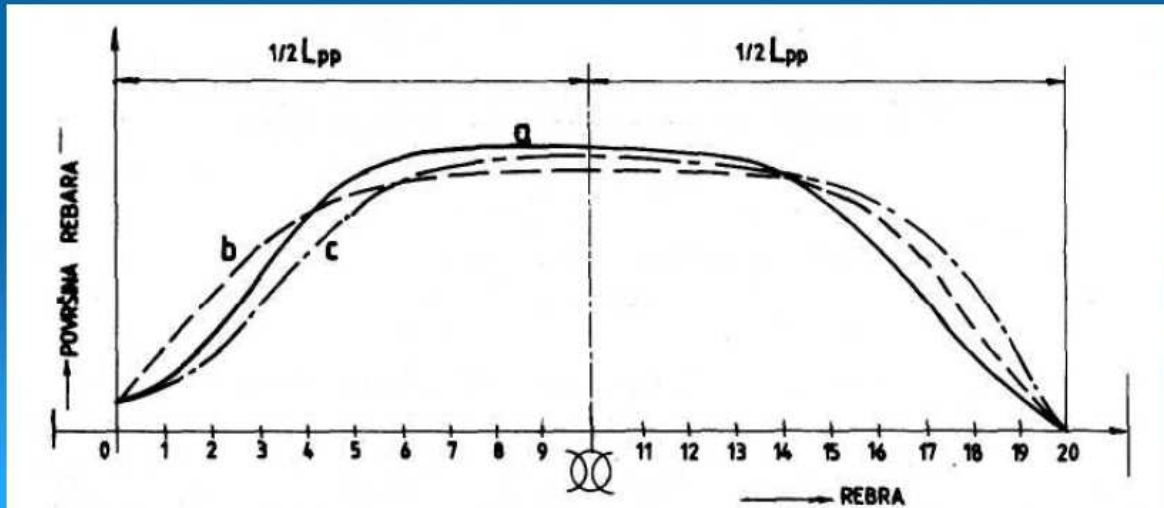
Položaj težišta površine vodne linije

- **LCF**: udaljenost težišta vodne linije od krmenog PP
- **TCF**: udaljenost težišta vodne linije od centralne simetralne ravnine



Položaj težišta vodne linije ovisi o trenutnom gazu.

Areala rebara ili krivulja površina rebara određuje raspored istisnine po duljini broda. Površina ispod ove krivulje jednaka je volumenu istisnine. Areala rebara dobije se tako da se izračunaju površine rebara do KVL i njihove veličine unesu kao ordinate na osnovicu koju čini duljina broda između okomica razdijeljena na 20 (ili 10) jednakih razmaka između rebara.

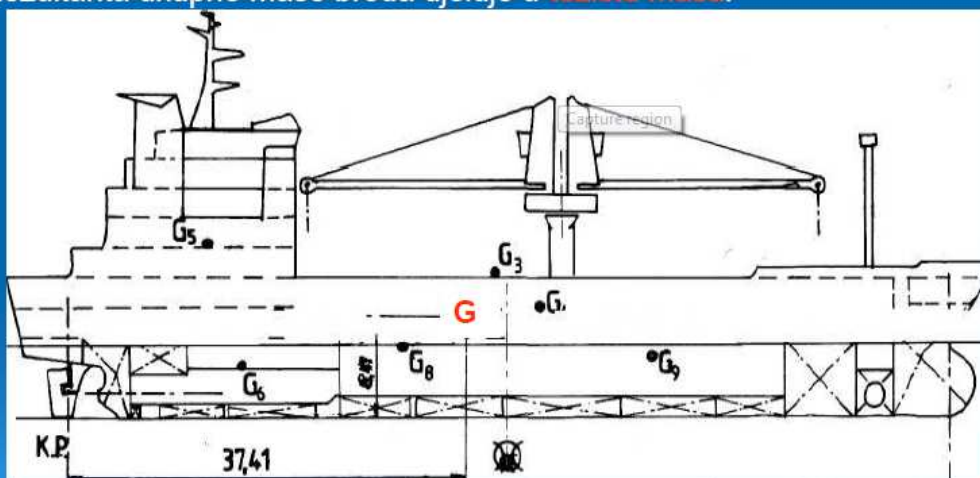


3.4. Vlastita težina broda

3.5. Masa broda i položaj težišta mase

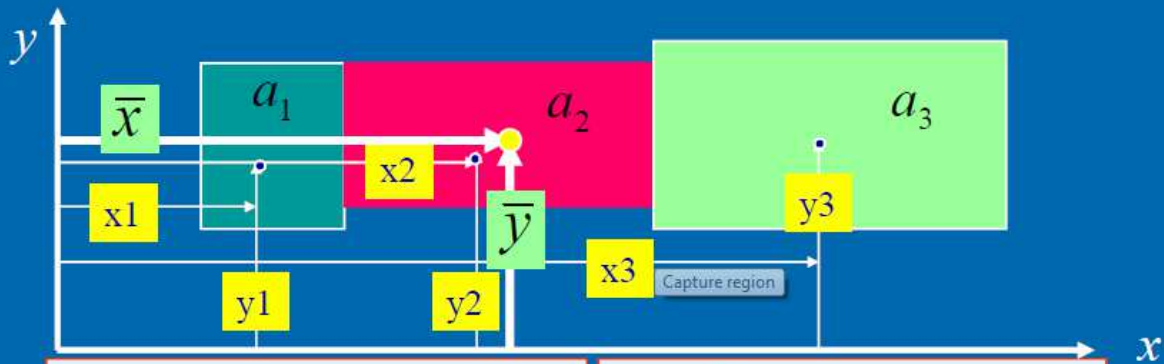
Masa broda je masa praznog, potpuno opremljenog broda bez goriva, maziva i zaliha, a obuhvaća težinu trupa, težinu opreme i težinu pogonskog postrojenja. Masa trupa obuhvaća težinu svih konstruktivnih elemenata trupa i nadgrađa

Rezultanta ukupne mase broda djeluje u **težištu mase**.



G-težište sistema broda; G_2 -težište trupa broda; G_3 -težište opreme za teret; G_4 -težište brodske opreme; G_5 -težište opreme za posadu i putnike; G_6 -težište osnovnih strojeva i uređaja; G_7 -težište sistema osnovnih strojeva i uređaja; G_8 -težište brodskih sistema; G_9 -težište vode u stabilizacijskom tanku

Primjer analitičkog određivanja položaja težišta:



$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i a_i}{A_T} = \sum_{i=1}^n x_i \left[\frac{a_i}{A_T} \right]$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i a_i}{A_T} = \sum_{i=1}^n y_i \left[\frac{a_i}{A_T} \right]$$

x_i : udaljenost promatrane površine od x - osi
 y_i : udaljenost promatrane površine od y - osi
 a_i : pojedina površina
 $A_T = a_1 + a_2 + \dots + a_n$

3.6. Nosivost i stupanj nosivosti

Nosivost broda (dw) je:

- razlika u masi istisnine punog i praznog broda

ili

- masa tereta pod čijim utjecajem brod uroni s lake na konstruktivnu vodnu liniju.

Stupanj nosivosti broda (η_{dw}) je omjer između ukupne nosivosti broda (dw) i istisnine (D)

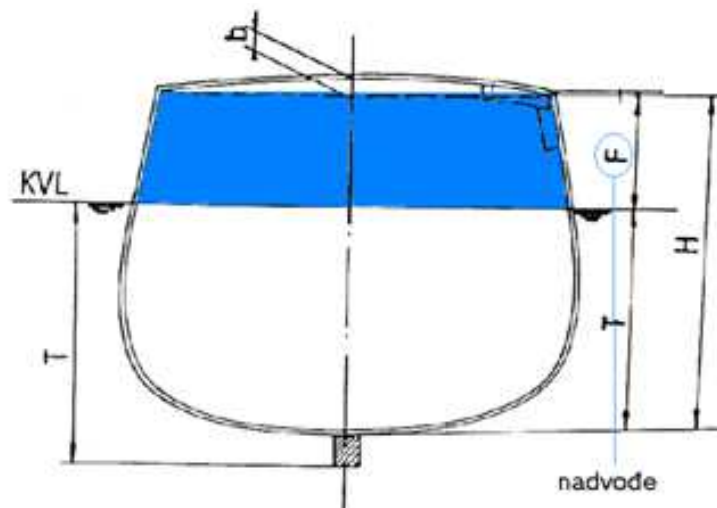
$$\eta_{dw} = dw / D$$

KORISNA i OSTALA nosivost

Korisna nosivost obuhvaća težine na koje se plaća vozarina: teret, putnike, prtljagu, itd....

Ostala nosivost obuhvaća težine koje "nisu korisne", ali su neophodne za funkcioniranje sustava na brodu: gorivo, mazivo, pitka voda, hrana, posada....itd.

3.7. Nadvođe

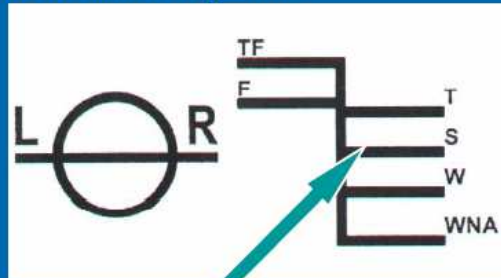


Slika : Nadvođe

Nadvođe (eng.: freeboard) u širem smislu, visina boka broda iznad razine mora, mjerena okomito na polovici duljine broda, do gornjeg ruba one palube koja se smatra sastavnim dijelom nepropusnog broskog trupa. Međutim nadvođe u užem smislu tj. prema važećim propisima i Međunarodnoj konvenciji o teretnim linijama je točno određena mjera kojom se utvrđuje najveći dopušteni gaz broda i to za plovidbu u određenim geografskim područjima i razdobljima godišnjih doba. Vodna crta do koje brod uroni na najvećem dopuštenom gasu zove se teretna crta. Dovoljna visina nadvođa jedna je od glavnih uvjeta za sigurnost broda i ljudskih života na moru. Što je nadvođe veće, to je veća rezervna istisnina broda. S povećanjem nadvođa povećava se opseg stabilnosti broda, jer je uz istu bočnu visinu, a veće nadvođe, veći i kut nagiba broda, pri kojem rub palube uroni u vodu. Na uzburkanome moru valovi manje prelijevaju palubu što je nadvođe veće, pa je i veća sigurnost da se ne ošteti teret na palubi ili voda prodre u potpalublje.

Plimsollova oznaka

Plimsollova oznaka nadvođa sastoji se od kruga promjera 1 stope (1 ft = 0,3048 m), kroz koji je nacrtana vodoravna linija čiji gornji rub prolazi sredinom kruga. Ova razina pokazuje minimalno nadvođe u morskoj vodi u ljetnim uvjetima. Pokraj kruga je određen broj vodoravnih linija koje pokazuju minimalno nadvođe po istom sistemu u različitim uvjetima:



Plimsollove oznake;

S - ljetna vodna linija (voda gustoće 1025 kg/m³),

W - zimska vodna linija,

T – vodna linija u tropima,

WNA - zimska vodna linija na sjevernom Atlantiku,

TF - tropska vodna linija u slatkoj vodi,

F – vodna linija u slatkoj vodi

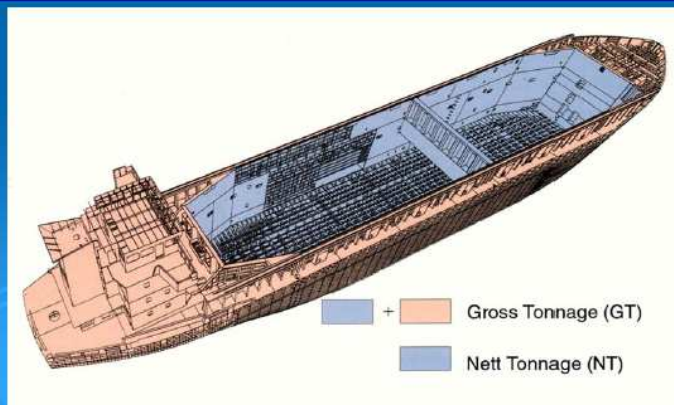
3.8. Zapremnina broda

Zapremnina broda je unutrašnji raspoloživi prostor broda, koji se izračuna tako da se izmjere i zbroje volumeni svih prostorija na brodu.

Dobiveni ukupni volumen zove se **bruto-zapremnina** (eng. **gross tonnage**) i mjeri se kubičnim metrima (m³) ili registarskim tonama (1 RT = 2,83 m³).

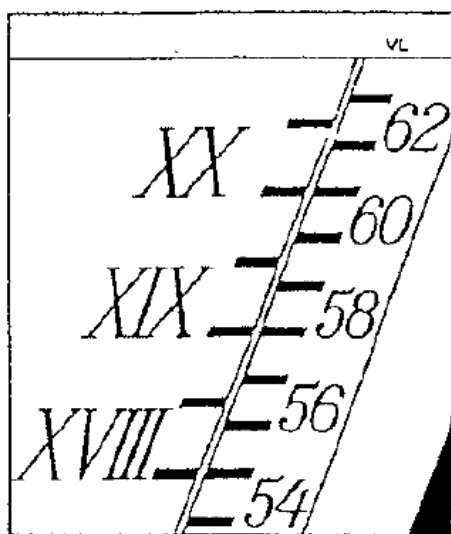
Ako se od bruto-zapremine odbije prostor kojeg zauzimaju sve prostorije u koje se ne može smjestiti teret ili putnici, dobit ćemo **neto-zapreminu** (eng. **nett tonnage**). Odnos između neto-zapremine i bruto-zapremine zove se **koeficijent zapremine K**:

$$K = \frac{NRT}{BRT}$$



3.9. Zagaznice i trim broda

Zagaznice (gaznice), oznake na obim stranama pramčane i krmene statve u blizini perpendikulara, a na nekim brodovima i na oznaci nadvođa, koje označavaju gaz broda na tim mjestima. Gaz se mjeri od donjeg ruba kobilice do vodene linije. Ako negdje ima dijelova koji sežu ispod kobilice (propeler, statva ili kormilo), onda se gaz označi od donjeg ruba kobilice i ujedno doda veličina za koju je povećan npr. 5,10 [m] + 0,3 [m]. Na slici dole, prikazane su zagaznice ucrtane na oplatu broda. Arapskim brojevima označavaju decimetre, a rimskim brojevima stope.

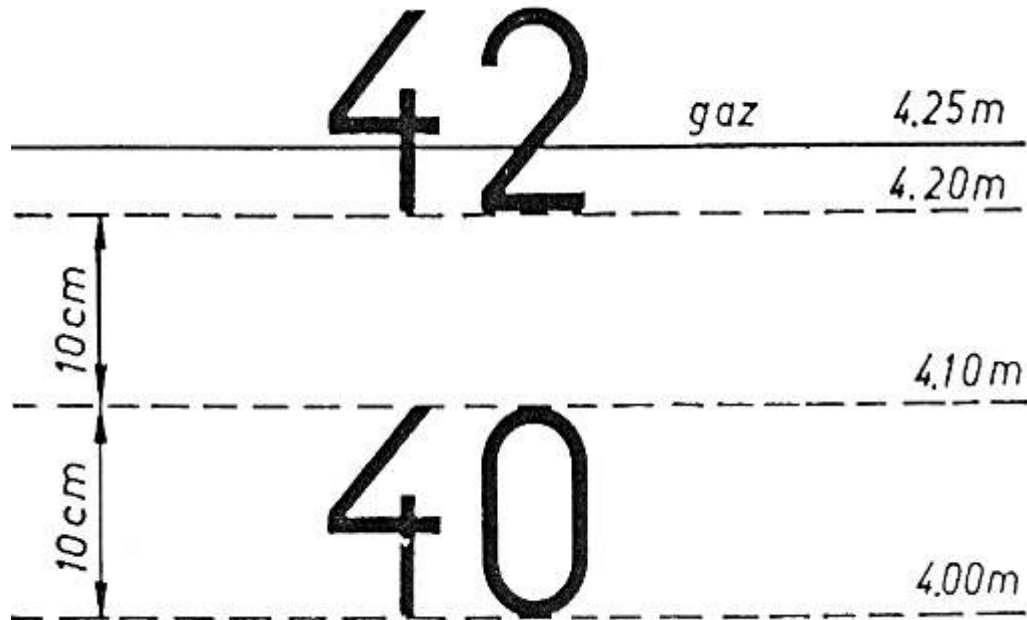


Slika . Zagaznice
(Izvor: <http://en.wikipedia.org>)

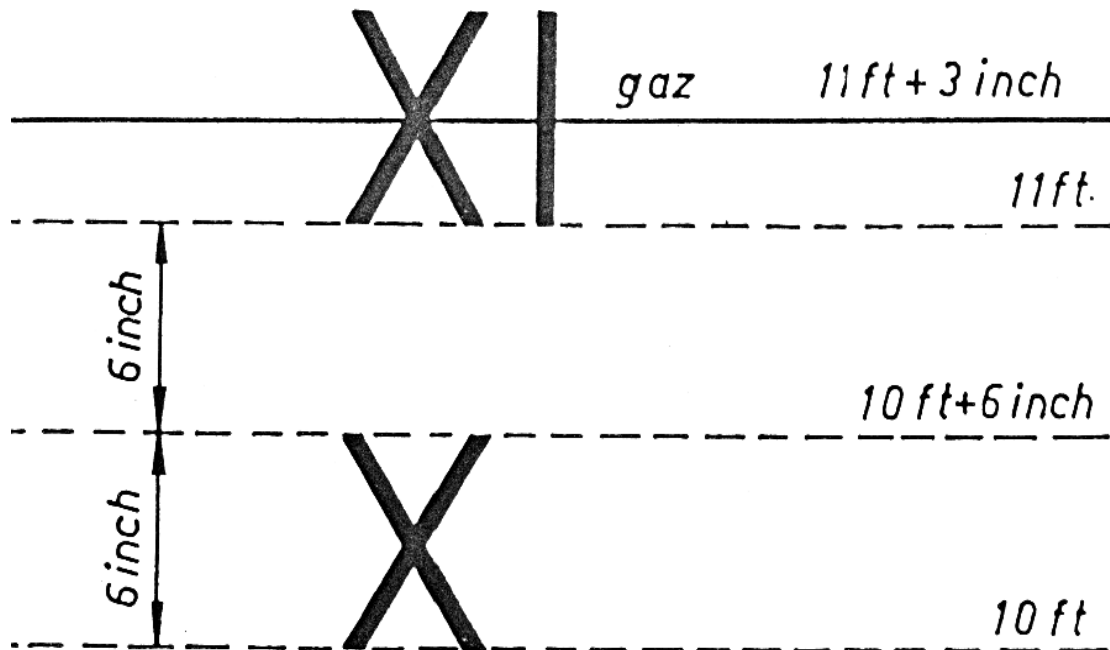
Zagaznice unesene u metričkom sustavu su u decimetrima, visina pojedinog broja iznosi 1 [dm], a isto toliki je i razmak između njih. Obično su označene samo parnim brojevima, a upisuju se u arapskim brojkama. Pri tom donji rub brojke označava onaj gaz koji ta brojka pokazuje. Ti se brojevi izrežu iz tankog lima i zavare na vanjsku oplatu broda. Boje se svijetlim bojama ako je oplata broda tamna i obrnuto. U zemljama koje upotrebljavaju engleski sustav mjera gaz se bilježi u stopama ($1'/\text{stopa}/ = 0,3048$ [m], a u praksi se uzima $1' = 0,305$ [m]) s tim što se one obično upisuju u rimskim brojkama. Svaka brojka je visoka $1/2$ stope ($6''/\text{inča}/$), koliki je i razmak između njih.

Očitavanje i računanje gaza u oba sustava

→ Gaz u metrima



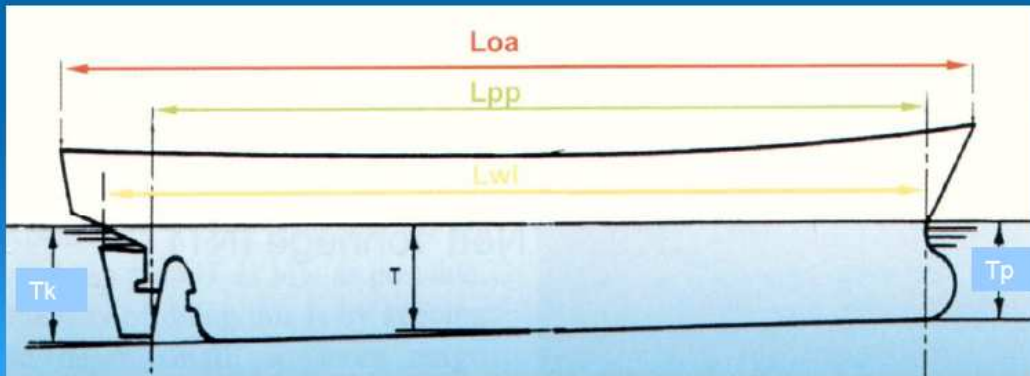
→ Gaz u stopama



Trim broda je razlika gaza na krmi i pramcu, koja nastaje zbog uzdužnog nagiba broda. Kada je gaz na pramcu (T_p) veći, kažemo da je brod **pretežan**

Kad je veći na krmi (T_k) kažemo da je brod **zatežan**.

Ako je $T_p = T_k$, kažemo da brod plovi na ravnoj kobilici.



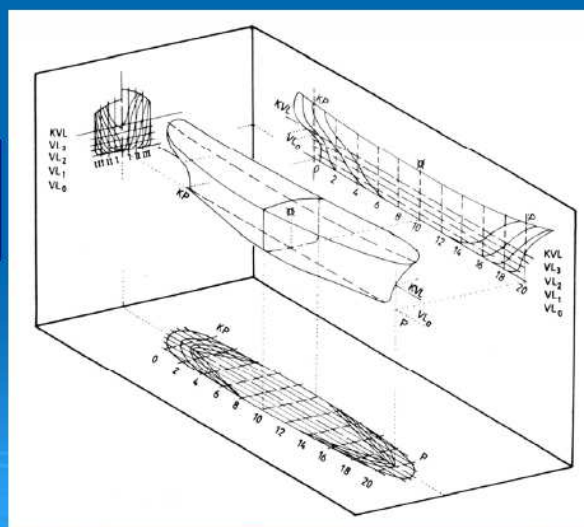
3.10. Brodske linije:

3.10.1. Vodne linije

Brodska se forma može prikazati pomoću **nacrta brodskih linija**.

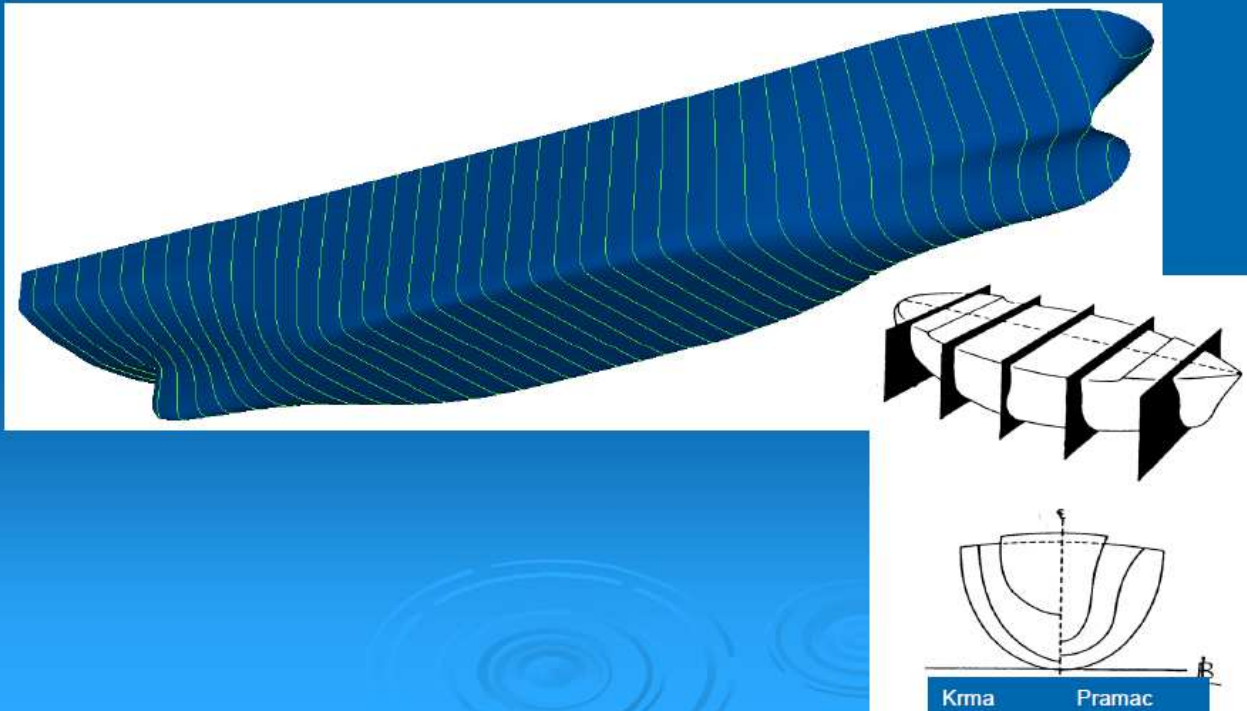
Brodske linije su karakteristični presjeci brodske forme sa sustavom paralelnih ravnina. Nacrt brodskih linija se sastoji od tri projekcije: pogled odozgo ili tlocrt, pogled sa strane ili nacrt i pogled sprijeda ili bokocrt.

Tlocrt - presjeci po **vodnim linijama**
 Nacrt - presjeci po **rebrima**
 Bokocrt - presjeci po **uzdužnicama**



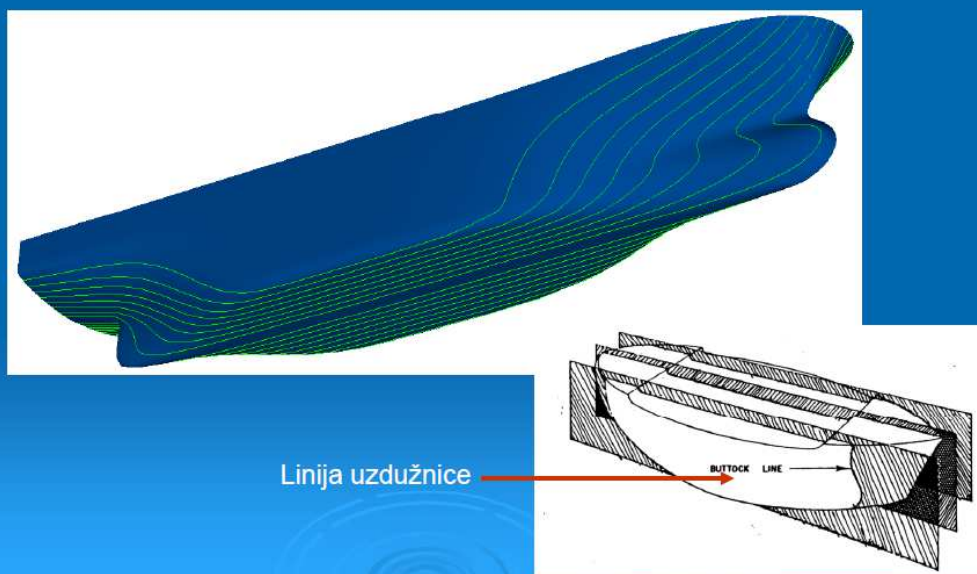
3.10.2. Rebra

Presjeci brodske forme sa serijom okomitih ravnina paralelnih s glavnim rebrom broda, projicirani u nacrt, prikazuju nacrt rebara. Međusobni razmaci rebara su jednaki. Uobičajeno je duljinu između perpendikulara podijeliti na paran broj razmaka, i to na deset ili dvadeset dijelova.



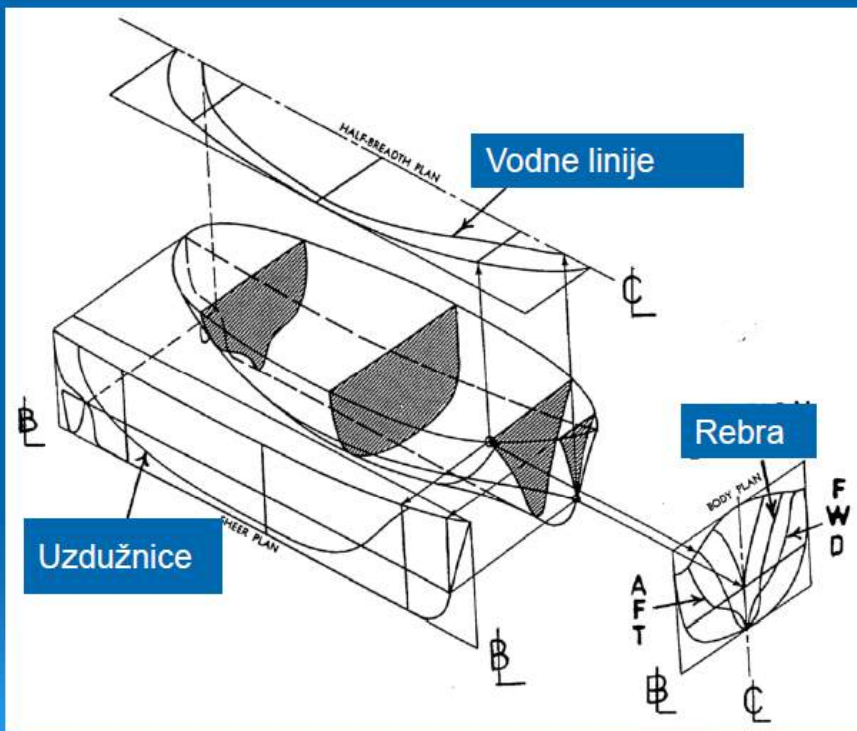
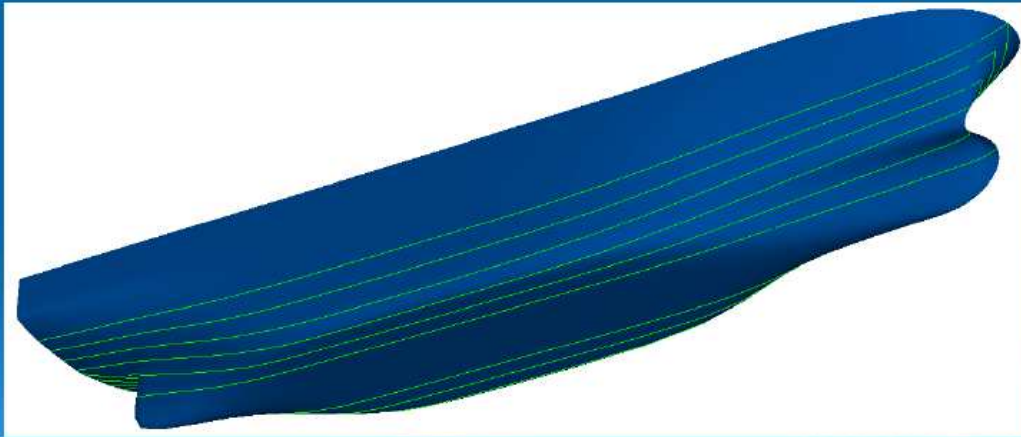
3.10.3. Uzdužnice

Presjeci brodske forme sa serijom okomitih ravnina paralelnih s *uzdužnom* ravninom simetrije broda projicirani u bokocrt prikazuju uzdužnice. Međusobna udaljenost tih ravnina je proizvoljna, ali su to obično jednaki razmaci ovisni o širini broda.



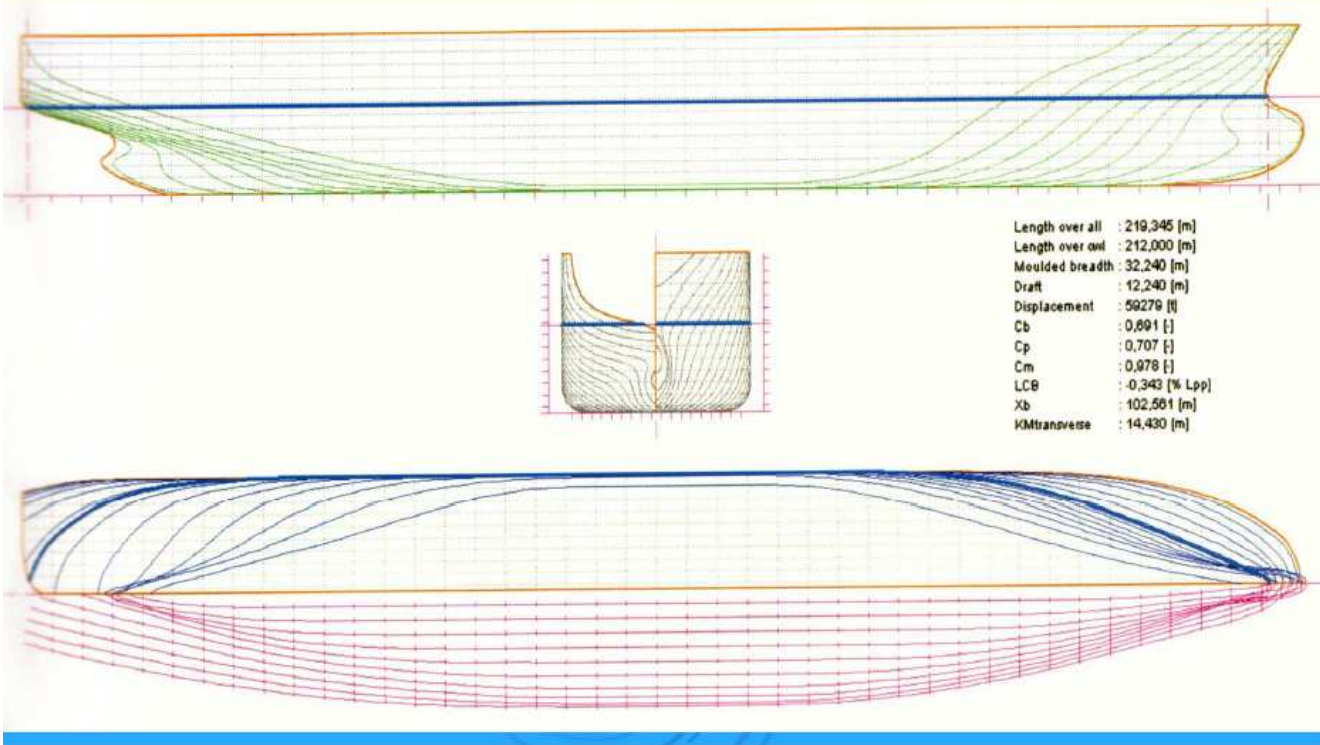
3.10.4. Širnice, dijagonale

Vodne linije, uzdužnice i rebra potpuno određuju formu trupa broda. Međutim, da bi brodske linije bile što točnije, crtamo i četvrti sustav presjeka koji se zove širnice. To su presjeci broskog trupa s ravninama koje postavljamo proizvoljno.



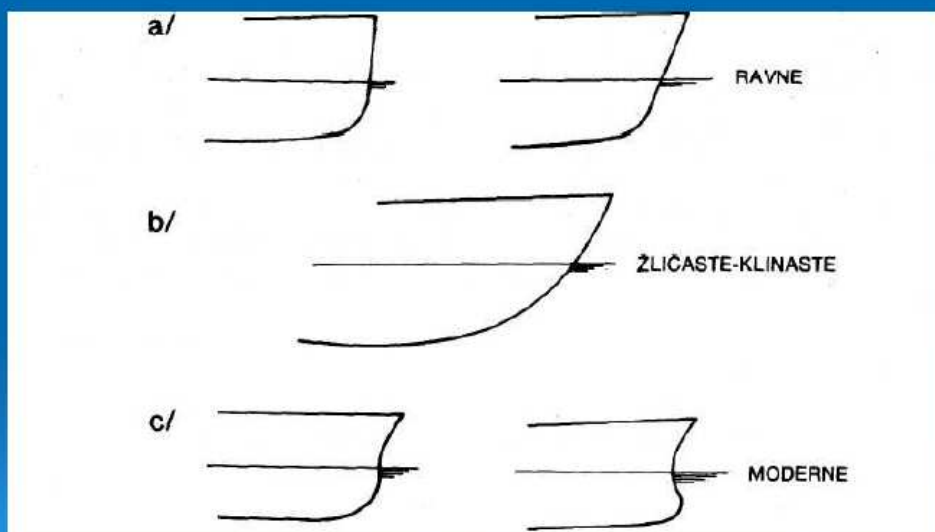
3.10.5. Nacrt brodskih linija

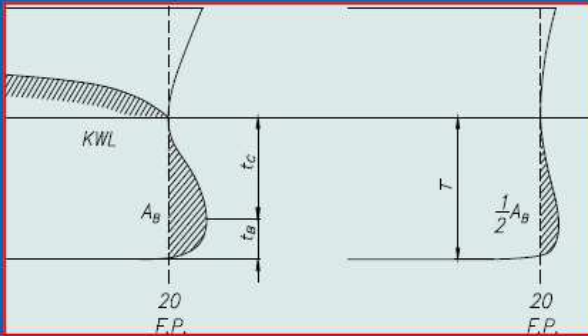
Brodске linije redovito se crtaju u mjerilu, *najčešće* 1:50, 1:100 ili 1:200, ovisno o veličini broda.



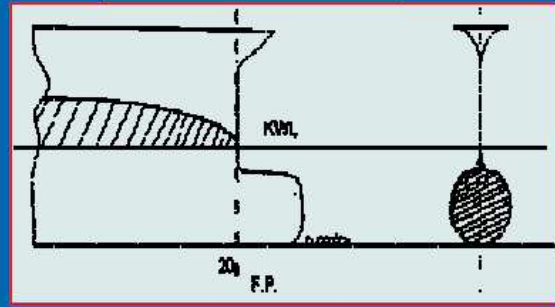
Pramčana statva i oblik pramca

Prednji dio broda završava pramčanom statvom koja može imati različit oblik, na primjer:

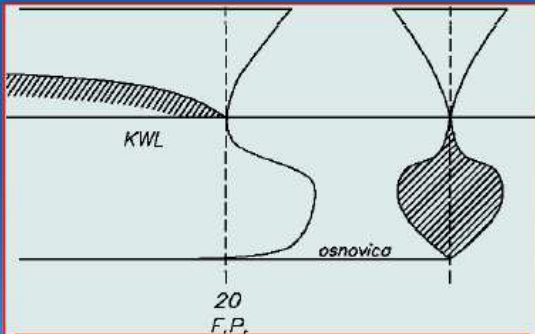




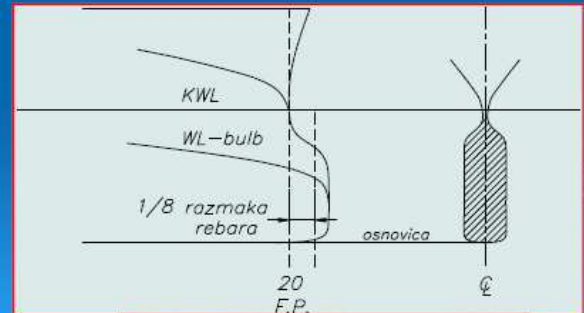
Forma pramca s bulbom kod velikih brodova (tankeri)



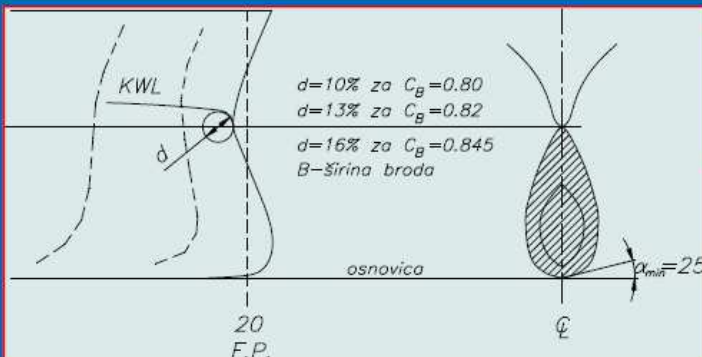
Cilindrična - vodoravna bulb forma
- Brodovi manjih brzina



SV- bulb forma
- brži brodovi - LNG, kontejnerski
- Dobra svojstva na valovima



MHJ-bulb forma pramca
- Dobra svojstva u balastu



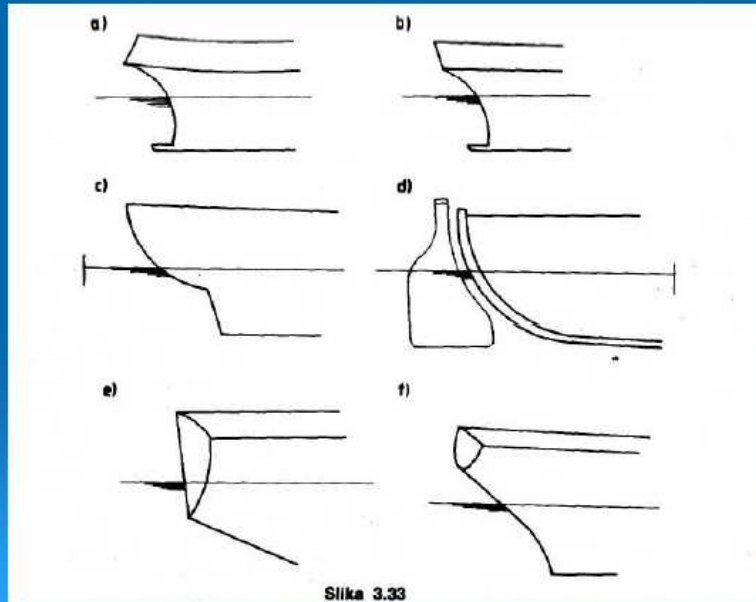
VHC bulb forma pramca
-Dobra za punije brodove koeficijenta
 C_B 0.78 – 0.85

Općenito gledajući, suvremena - kruškolika („bulb“) forma pramca ima nekoliko značajnih prednosti u odnosu na konvencionalni pramac, poput:

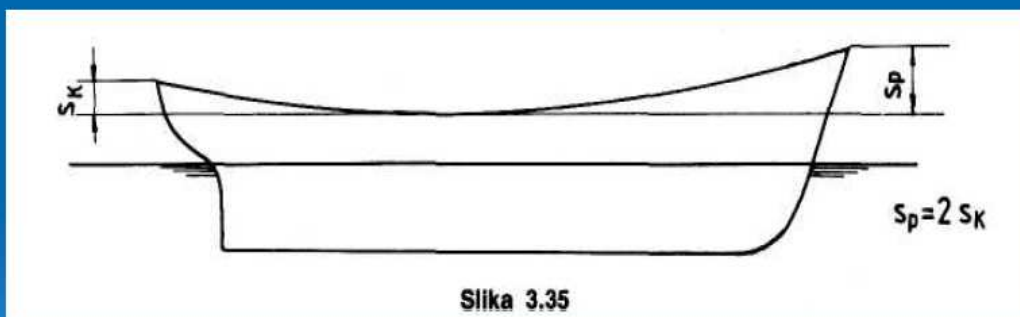
- produljava vodnu liniju i pogodna je za postizanje veće brzine i kod većih trgovačkih brodova,
- za slučaj sudara ili naleta na greben dijelom apsorbira kinetičku energiju i povećavanja sigurnosti broda,
- omogućava postavljanje porivnika na pramcu (bowthruster) na većem kraku u odnosu na glavno rebro, čime utječe na poboljšanje upravljivosti kod pristajanja i otplova s pristaništa,
- pozitivno djeluje na smanjenje posrtanja kod okomitih gibanja na pramcu (prigušivanje) i
- pri plovidbi smanjuje visinu ukupnog pramčanog vala i povećava energetske učinkovitost broda odnosno smanjuje ukupni otpor broda

Krmena statva i oblik krme

Donji dio podvodnog završetka krme broda čini krmena statva. Oblik krmene statve ovisi o vrsti broda, pa se kod različitih vrsta brodova veoma razlikuje. Krmena statva služi i kao nosilac kormila, a najčešće i kao ležaj osovine propelera.

**3.11. Palubni uzvoj (skok)**

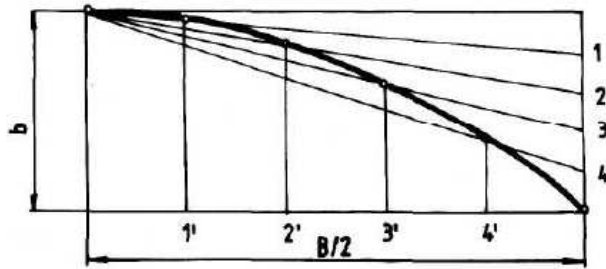
Zbog povećanja rezervnog uzgona i sigurnosti broda, uzdužna linija gornje palube izvodi se u obliku parabole, a zove se palubni uzvoj. Uzvoj je zakrivljenost palube po duljini broda. Palubni uzvoj propisuju međunarodni propisi o nadvođu.



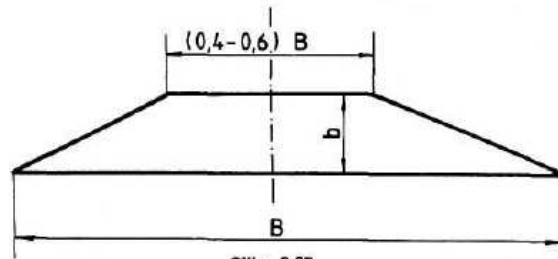
3.12. Preluk palube

Preluk palube je zakrivljenost palube u poprečnom smjeru na glavnom rebru. Obično se izražava kao funkcija širine broda. Preluk se izvodi zbog ubrzanja otjecanja vode prema bokovima broda.

Visina preluka b kod većih brodova iznosi približno $1/50$ širine broda, a kod manjih brodova $1/30$ do $1/40$ širine broda.



Slika 3.36



Slika 3.37

3.13. Vrste formi prema režimu plovidbe

Teorija hidrodinamike u mirnoj vodi razlikuje tri osnovna režima plovidbe:

- istisninski režim (deplasmanski brod),
- prijelazni (poluistisninski/poludeplasmanski brod) režim i
- gliserski režim

Ovisno o tome da li se uzgon broda stvara djelovanjem:

- hidrostatičkih sila (istisninske režim),
- hidrodinamičkih sila (poludeplasmanske i gliserske forme) ili
- aerodinamičkih sila (hidrogliseri, zračni jastuk...).

Za definiranje područja brzina u kojem se može ostvariti pojedini režim plovidbe najprikladnija je vrijednost *Froudeovog* broja na bazi volumena istisnine plovila u mirovanju:

$$F_{nV} = \frac{V}{\sqrt{g \cdot \nabla_0^{\frac{1}{3}}}}$$

gdje je:

V – brzina plovila, m/s

∇_0 – volumen istisnine plovila u mirovanju, m³

g – ubrzanje sile teže, m/s²

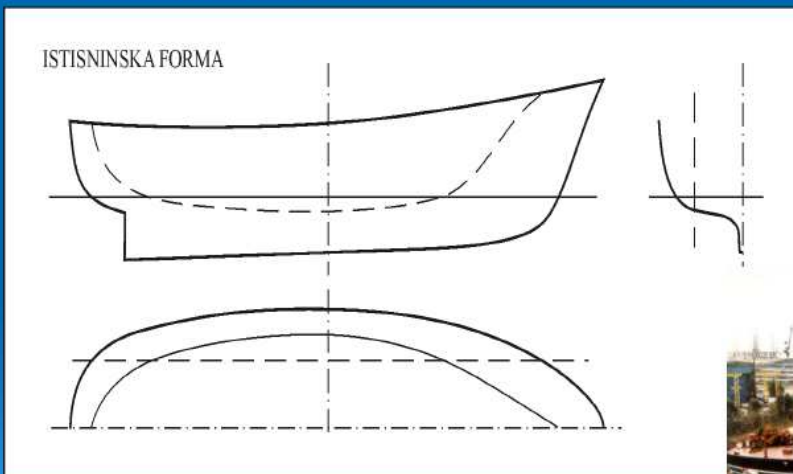
$F_{nv} < 1$ – istisninski režim

$1 < F_{nv} < 3$ – prijelazni režim

$F_{nv} > 3$ – gliserski režim

3.13.1. Istisninska forma (istisninski režim plovidbe)

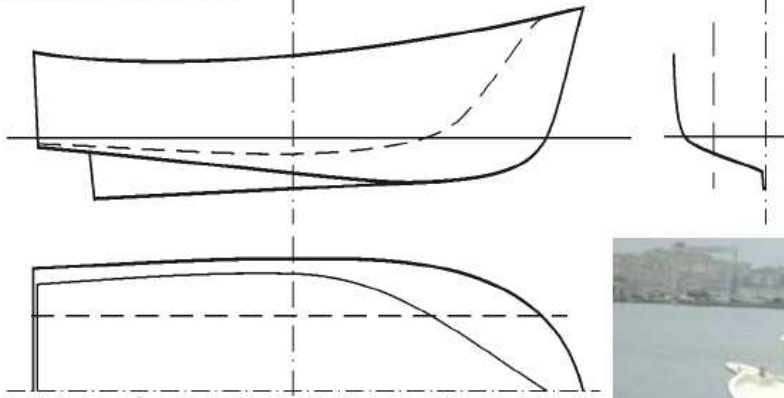
Istisninski režim ostvaruje se pri relativno malim brzinama plovidbe ($F_n < 1$). U tom režimu težina plovila uravnotežena je silom hidrostatičkog uzgona. Gaz plovila se djelomično povećava u odnosu na gaz u mirovanju što je posljedica smanjenja tlaka uzduž dna trupa zbog povećane brzine strujanja.

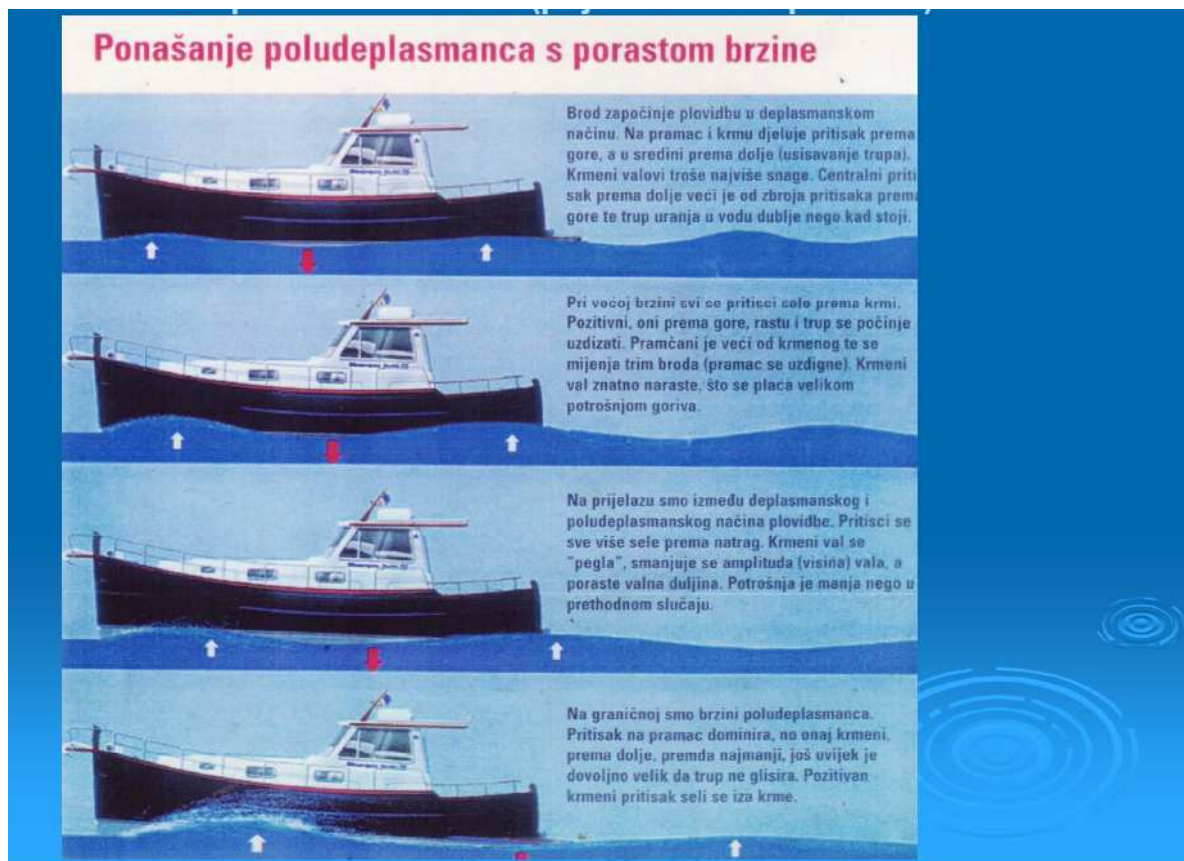


3.13.2. Poludeplasmanska forma (prijelazni režim plovidbe)

U prijelaznom režimu ($1 < F_n < 3$) s porastom brzine, uslijed stvaranja hidrodinamičke sile uzgona, dolazi do djelomičnog izrona trupa.

POLUISTISNINSKA FORMA

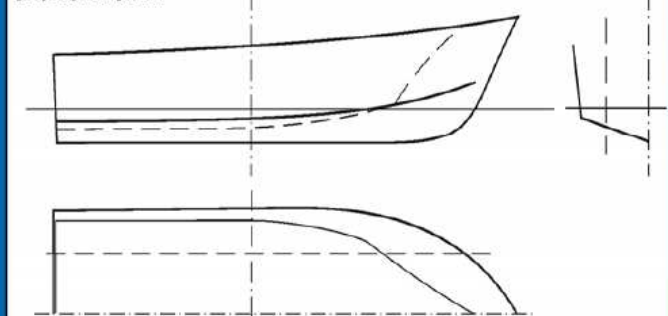




3.13.4. Gliserska forma (gliserski režim plovidbe)

Režim glisiranja nastupa pri velikim brzinama ($F_n > 3$); gaz se značajno smanjuje i dno trupa klizi po površini vode s malim napadnim kutom, tzv. *dinamičkim kutom trima*.

GLISERSKA FORMA



Kod *gliserskih formi*, uronjeni dio trupa (dno broda) mora biti oblikovan tako da se osigura najvećim dijelom ravna ploha, uz pomoć koje se može ostvariti *hidrodinamički uzgon*.

Dno je glisera u obliku nakošenih ravnih ploha, s oštrim prijelazom u bokove - *zgib*. Zgib služi za *odvajanje strujanja vode od bokova* kako bi se smanjila oplakana (uronjena) površina, smanjio otpor trenja te omogućilo stvaranje takvog polja tlaka na dnu, koji će takvoj formi dati potreban uzgon.

Iako bi ravno dno sa stajališta glisiranja bilo najbolje, zbog tražene pomorstvenosti plovila ravne se bočne plohe dna izvode pod određenim kutom, tako da zajedno čine «V» oblik poprečnog presjeka. Taj kut je, u pravilu, između 10° - 30° , u odnosu na ravno dno.

4. Elementi broda

4.1. Standardi i propisi klasifikacijskih društava

Klasifikacijski zavodi

- kroz povijest velik utjecaj na gradnju brodova
- prema karakteristikama broda klasifikacijski zavodi brodu izdaju klasu

Propisi klasifikacijskih zavoda

- temeljem teoretskih proračuna
- temeljem iskustava brodova u plovidbi
- dimenzije građevnih dijelova, vrste materijala,
- numeralis
 - broj o kojem ovise dimenzije pojedinih dijelova brodske konstrukcije
 - dobije se kao jedna vrsta konstante temeljem željenih dimenzija broda (L, B, itd)
 - razlikuje se za svaki klasifikacijski zavod, ali su konačne dimenzije strukturnih elemenata slične
- u propisima uključeni zahtjevi konvencija i raznih pravilnika

Postupak klasificiranja broda, svjedodžbe koje se odnose na trup broda

- podnošenje nacрта na odobrenje, temeljem čega se izdaje odobrenje za gradnju
- kontrola broda tijekom gradnje
 - kontrola u brodogradilištu
 - kontrola kooperanata i proizvođača opreme
- dodjela klase i svjedodžbi
- periodični pregledi broda (vidi Pomorsko pravo)
- obnavljanje svjedodžbi
- Svjedodžba o klasi (Class certificate) – slovne i brojčane oznake kvalitete trupa i stroja
- Svjedodžba o sigurnosti konstrukcije (npr. teretnog, putničkog broda,...)
- Svjedodžba o sposobnosti broda za plovidbu
- Svjedodžba o sposobnosti broda za obavljanje pokusne plovidbe

Zahtjevi brodovlasnika i vlasnika tereta koji se prevoze brodom doveli su prije dvjestotinjak godina do utemeljenja klasifikacijskih društava. Tako danas imamo klasifikacijska društva raznih zemalja:

Velika Britanija – Lloyd´s Register of Shipping,
Francuska - Bureau Veritas,
Njemačka - Germanischer Lloyd,
Norveška - Det Norske Veritas,
Italija - Registro Italiano Navale,
USA - American Bureau of Shipping,
Rusija - Russian Register of Shipping,
Japan - Nippon Kaiji Kyokai,
Hrvatska - Hrvatski registar brodova.

Klasifikacijska društva izdaju pravila i regulative koje se odnose na čvrstoću broda, opremljenost s adekvatnom opremom i sposobnost rada strojeva. Najstarije osiguranje je Lloyd Register of shipping, osnovano 1760. godine i rekonstruirano 1834. godine. Čelični brodovi izgrađeni u skladu s Lloydovim pravilima i standardima uknjiženi su u Registracijsku knjigu. Oni će biti upisani u Registracijskoj knjizi sve dok se pridržavaju pravila i standarda toga klasifikacijskog društva. Zahtjevi za način nadzora kod proizvođača, kao i zahtjevi u vezi s tehničkom dokumentacijom materijala i proizvoda, sadržani su u Pravilniku hrvatskog registra brodova koji je zapravo kopija Lloyda. Registar ne jamči da materijali isporučeni naručitelju odgovaraju dogovorenim dimenzijama i težini i da nemaju grešaka koje mogu štetno utjecati na upotrebu za određenu svrhu.

Proizvodi koji se tijekom daljnje primjene ili u daljnjem postupku pokazuju neispravnima, mogu se odbaciti, usprkos prethodnim ispitivanjima, koja su udovoljila Pravilima ili normama.

Proizvođač mora prije ispitivanja kakvoće materijala ekspertu Registra predložiti najmanje slijedeće podatke:

- količinu, tip proizvoda, dimenzije, vrsti materijala, stanje isporuke i težinu,
- naziv (ime) kupca, zajedno s brojem ugovora i brojem naloga rada,
- broj novogradnje ili ime broda (ako je poznato),
- primjenu (namjenu) ako je potrebno.

Za označavanje materijala i proizvoda ekspert Registra koristi čelične žigove, gumene pečate i plombe, u skladu s Uputama o korištenju i čuvanju pečata, štambilja i žigova. Prije označavanja oznakom Registra materijali i proizvodi moraju biti označeni tvorničkim oznakama, koje ako nije u ovom dijelu

Pravila ili specifikacijama odobrenim od Registra drukčije određeno, moraju sadržati:

- kategoriju, ili oznaku materijala,
- brojčanu ili drugu oznaku koja omogućava identifikaciju materijala ili proizvoda (npr. broj lima, broj taline, broj skupine i sl.),
- tvornički znak.

Na materijalima, u pravilu oznake se utiskuju na mjestima koja su lako dostupna za pregled i nakon ugradnje u objekt. Na materijalima koji se trebaju dalje obrađivati oznake se utiskuju, po mogućnosti na mjestima koja se više neće obrađivati. Označavanje se uobičajeno obavlja utiskivanjem žiga na površinu. Ako je površina materijala osjetljiva na takav način označavanja (djelovanje zarezata ili mala debljina), označavanje se obavlja slabijim utiskivanjem, bojom, gumenim pečatima-žigovima, ljepljivim naljepnicama ili električnim graviranjem.

4.2. Sustavi gradnje trupa

Razlikujemo sustave:

- *uzdužni sustav gradnje;*
- *poprečni sustav gradnje.*
- *mješoviti sustav gradnje.*

4.3. Uzdužni sustav gradnje

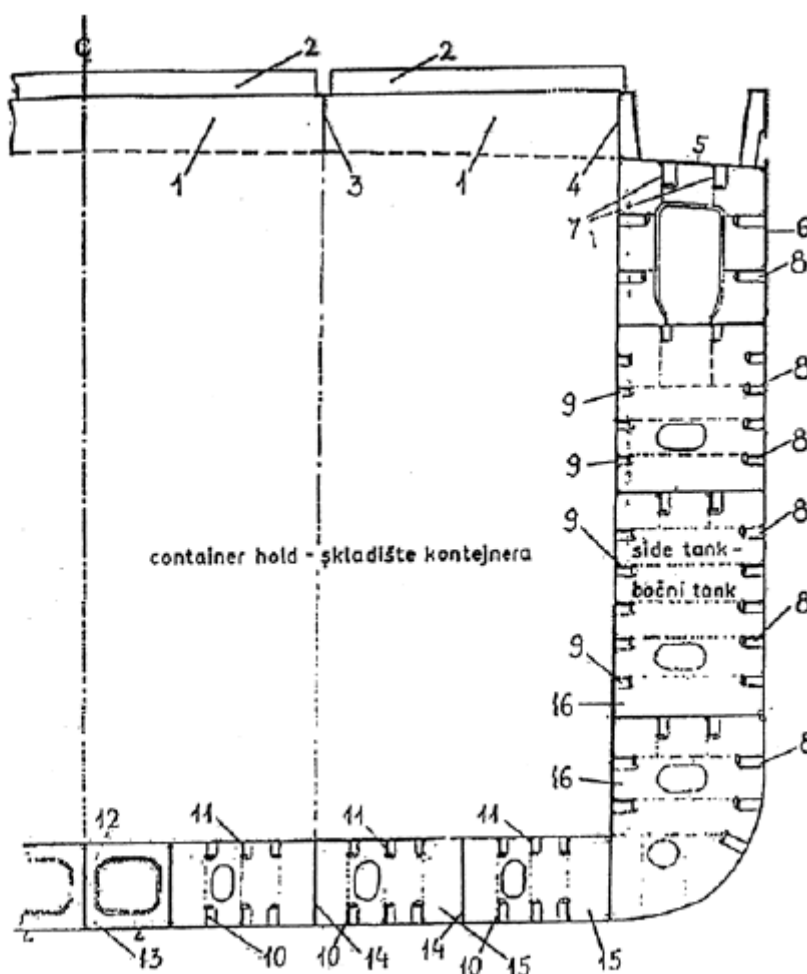
Pri gradnji brodova većih duljina uobičajen je uzdužni sustav gradnje, koji se najprije počeo primjenjivati pri gradnji tankera. Značajka mu je uzdužno orebrenje trupa broda, tj. osnovni elementi

strukture trupa su uzdužnjaci dna, boka i paluba. Spomenuti osnovni elementi strukture zajedno s oplatom dna, boka i paluba, hrptenicom, neprekinutim uzdužnim nosačima dna, bočnim provezama i uzdužnim pregradama, osiguravaju brodu veliku uzdužnu čvrstoću. Poprečnu čvrstoću i ukrepljenje uzdužnih veza osiguravaju jaki poprečni okviri. Na taj se način sa ovakvim sustavom gradnje postiže znatno kruća konstrukcija protiv izvijanja. Osim rečenog, pri ovom sustavu s lakšom konstrukcijom postiže se potrebna čvrstoća broda, što znači da je takav brod ekonomičniji zbog uštede na težini.

Elementi uzdužne čvrstoće kod uzdužnog sustava gradnje su oplata dna, dvodna, boka, palube, dvoboka, kobilica, završni voj, palubna proveza, uzdužni nosači dvodna i dvoboka, palubne podveze te uzdužnjaci svih oplata koji se spajaju na odgovarajući način.

Elementi poprečne čvrstoće kod uzdužnog sustava gradnje su poprečne pregrade, poprečni nosači dvodna i dvoboka i okvirne sponje koje se ponekad kod tankova izvode iznad palube.

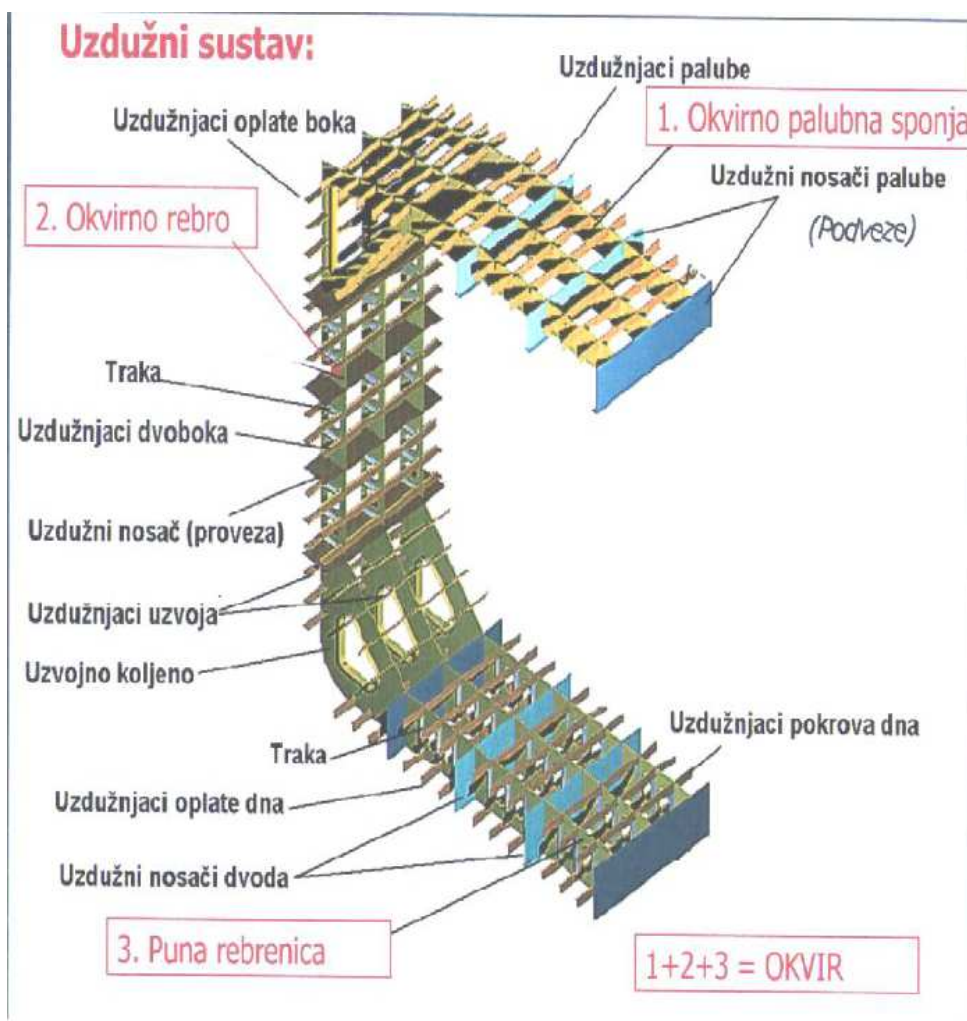
Elementi lokalne čvrstoće kod uzdužnog sustava gradnje su uzdužnjaci svih oplata. Elementi lokalne čvrstoće su i sve ukrepe protiv izvijanja dvodna i nosača.



Slika : Kontejnerski brod izgrađen prema uzdužnom sustavu gradnje
(Izvor: Lamb, T.: *Ship Design and Construction Vol I,II*, SNAME, New Jersey, 2004.)

gdje je:

1. grotlo (grotleni otvor) – eng.hatch,
2. grotleni poklopac – eng.hatch cover,
3. nosač grotlenih poklopaca – eng.hatch cover girder,
4. pražnica teretnog grotla – eng.hatchway coaming,
5. palubna proveza – eng.stringer plate (deck stringer plate),
6. završni voj – eng.sheerstrake,
7. uzdužnjak palube (uzdužna sponja) – eng.deck longitudinal,
8. uzdužnjak boka (uzdužno rebro) – eng.side longitudinal,
9. uzdužna ukrepa uzdužne pregrade – eng.longitudinal stiffener on longitudinal bulkhead,
10. uzdužnjak dna – eng.bottom longitudinal,
11. uzdužnjak pokrova dna – eng.inner bottom longitudinal,
12. hrptenica – engcentre girder (bottom centreline girder),
13. plosna kobilica – eng.keel plate,
14. bočni nosač dna – eng.side girder (bottom side girder),
15. olakšana rebrenica (solidna) – eng.plate floor,
16. poprečni okvir – eng.plate transverse.



Slika : Uzdužni sustav gradnje

4.4. Poprečni sustav gradnje trupa

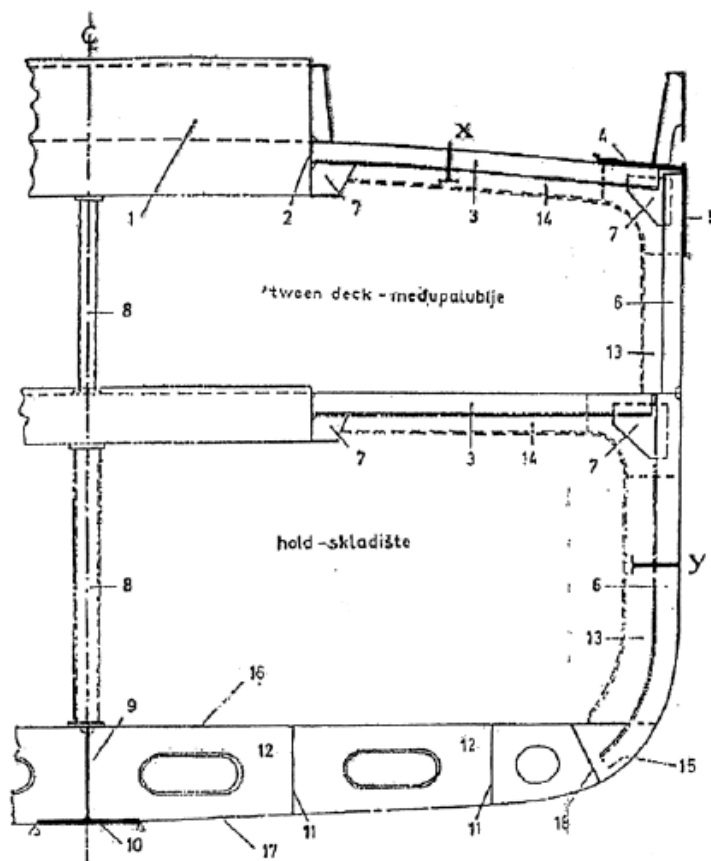
Poprečni sustav gradnje upotrebljava se za gradnju brodova manjih duljina, na kojima problem uzdužne čvrstoće nije naročito izražen. Razvijen je na određeni način prijenosom iskustava i konstrukcije drvene gradnje. Kod drvenih brodova prvenstveni problem predstavlja osiguranje nepropusnosti drvene oplata te se taj problem kroz povijest rješavao na način da se postavi što je više moguće poprečnih rebara, čime bi se ukrutile trenice oplata (marive), čime bi se dobila nepropusnost spojeva (ljubnica). Kroz povijest su razvijena dva sustava poprečne gradnje, engleski i francuski. Značajka poprečnog sustava gradnje je poprečno orebrenje trupa broda, tj. osnovu kostura broda čine poprečni okviri (rebrenice, rebra i sponje).

Elementi uzdužne čvrstoće kod poprečnog sustava gradnje su oplata dna, oplata dvodna, oplata boka, palube, kobilica, palubna proveza, završni voj, uzdužni nosači dvodna, bočne proveze i palubne podveze.

Elementi poprečne čvrstoće kod poprečnog sustava gradnje su jake i nepropusne rebrenice (ako brod nema dvodna, onda okvirne rebrenice), okvirna rebra, okvirne sponje i poprečne pregrade.

Elementi lokalne čvrstoće (sekundarni elementi strukture) su lake rebrenice, obična rebra, obične sponje, upore, ukrepe nosača i koljena. U elemente lokalne čvrstoće možemo svrstati i praznice grotala.

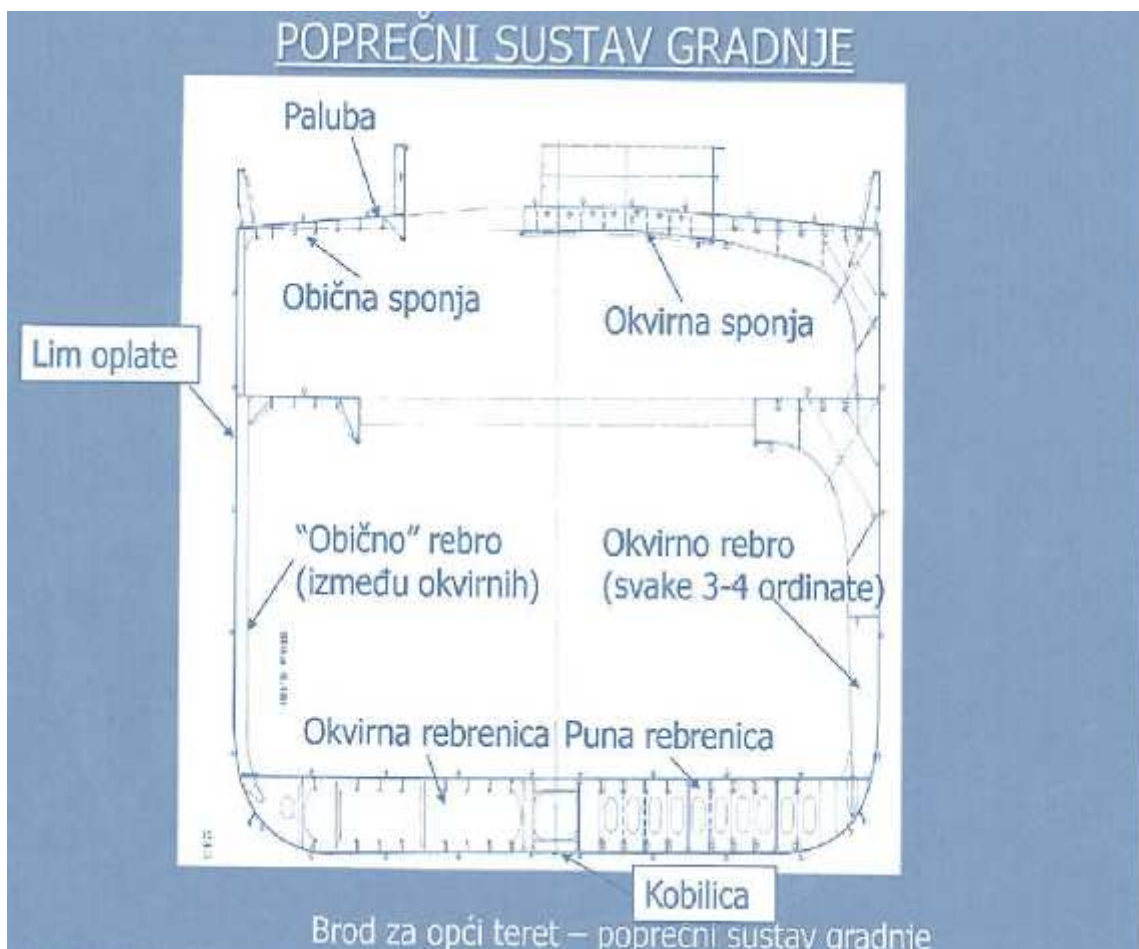
Okvirni elementi strukture – smještaju se obično kao svako četvrto rebro što znači da su npr. okvirna rebra, okvirne sponje, jake rebrenice smještene tako da su obično međusobno udaljene četiri razmaka rebara. Konfiguracija brodskih prostora zahtijeva odstupanje kod ovog načela, razmaci se mogu adekvatno povećati i smanjiti, što naravno izaziva promjene dimenzija elemenata strukture.



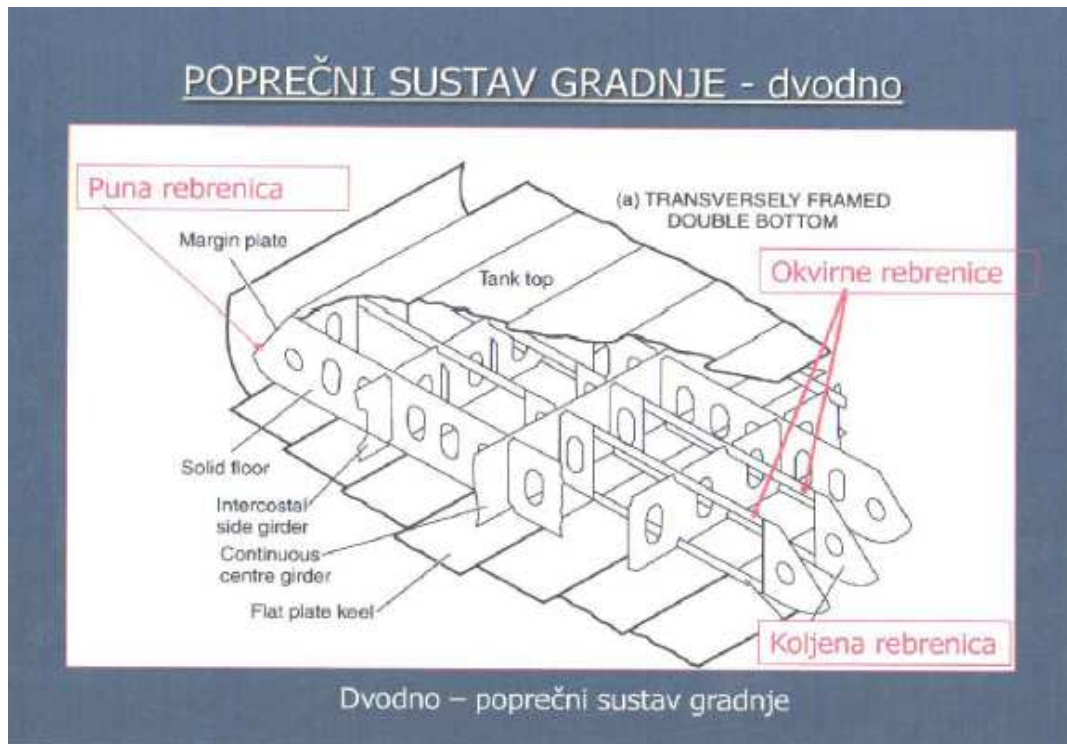
Slika : Brod za prijevoz općeg tereta izgrađen prema poprečnom sustavu gradnje
(Izvor: Lamb, T.: *Ship Design and Construction Vol I,II*, SNAME, New Jersey, 2004.)

gdje je:

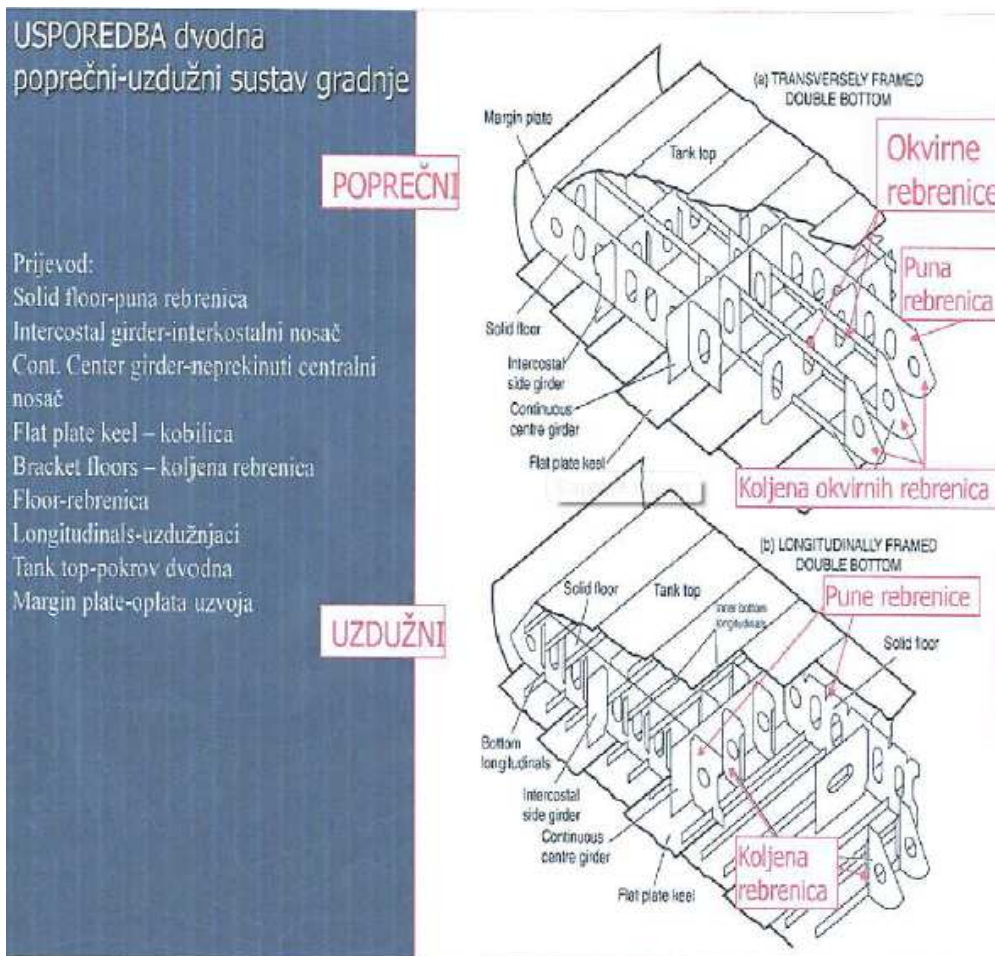
1. poprečna pražnica teretnog grotla – eng. *transverse hatchway coaming*,
2. uzdužna pražnica teretnog grotla – eng. *longitudinal hatchway coaming*,
3. sponja – eng. *beam*,
4. palubna proveza – eng. *stringer plate (deck stringer plate)*,
5. završni voj – eng. *shearstrake*,
6. rebro – eng. *frame*,
7. koljeno – eng. *bracket*,
8. upora – eng. *pillar*,
9. hrptenica – eng. *centre girder (bottom centreline girder)*,
10. plosna kobilica – eng. *keel plate*,
11. bočni nosač dna – eng. *side girder (bottom side girder)*,
12. olakšana rebrenica (solidna) – eng. *plate floor*,
13. okvirno rebro – eng. *web frame*,
14. okvirna sponja grotla – eng. *strong hatch end beam*,
15. uzvoj – eng. *bilge*,
16. unutarnje opločenje dvodna – eng. *inner bottom plating*,
17. vanjsko opločenje dvodna – eng. *outer bottom plating*,
18. završna ploča dvodna, rubni lim – eng. *margin plate*.



Slika : Brod za opći teret – poprečni sustav gradnje



Slika : Poprečni sustav gradnje



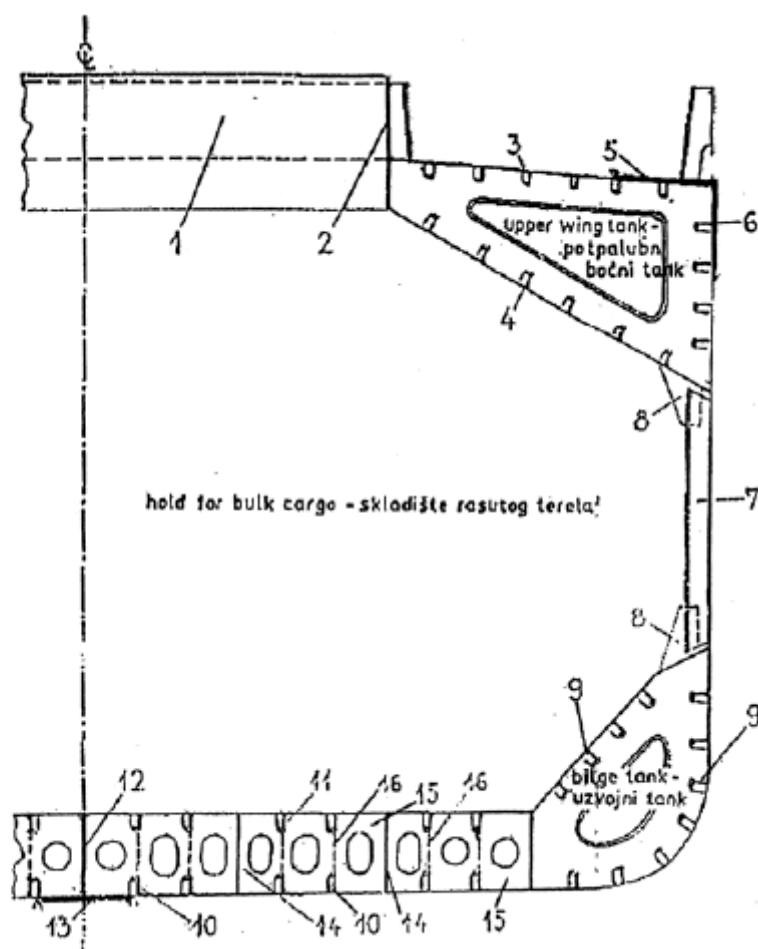
Slika: Usporedba dvodna – poprečni i uzdužni sustav gradnje

4.5. Mješoviti sustav gradnje trupa

Na brodovima za opći teret jake bočne proveze i okvirna rebra smanjuju raspoloživi prostor za krcanje tereta. Zbog toga se i razvio mješoviti ili kombinirani sustav gradnje. Značajka mješovitog sustava gradnje je uzdužno orebrenje dna i gornje palube (dakle, na mjestima gdje su naprezanja uslijed uzdužnih savijanja broda najveća) te poprečno orebrenje bokova i donjih paluba. Takvi brodovi uz zadovoljavajuću poprečnu i uzdužnu čvrstoću imaju i dobru ekonomičnost u slaganju tereta u skladištima.

Elementi uzdužne čvrstoće kod mješovitog sustava gradnje su oplata dna, dvodna, boka, palube, oplata uzvojnog i wing tanka (potpalubni bočni tank), kobilica, završni voj, palubna proveza, uzdužni nosači dvodna i uzdužnjaci svih oplata ako su na nepropusnim pregradama spojeni na odgovarajući način. **Elementi poprečne čvrstoće kod mješovitog sustava gradnje** su poprečni nosači dvodna, okviri wing i bilge tankova, okvirne sponje i okvirna rebra, ako ih ima, i poprečne pregrade. Poprečni okviri (poprečni nosač dvodna), okviri tankova, okvirne sponje i rebra obično se postavljaju tako da su međusobno udaljeni četiri razmaka rebra.

U slučaju prijevoza teških tereta, razmaci između poprečnih elemenata čvrstoće mogu se smanjiti. **Elementi lokalne čvrstoće kod mješovitog sustava gradnje** su rebra i uzdužnjaci oplata svih opločenja koji sudjeluju u uzdužnoj čvrstoći.



Slika : Bulk carrier izgrađen prema mješovitom sustavu gradnje
(Izvor: Lamb, T.: *Ship Design and Construction Vol I,II*, SNAME, New Jersey, 2004.)

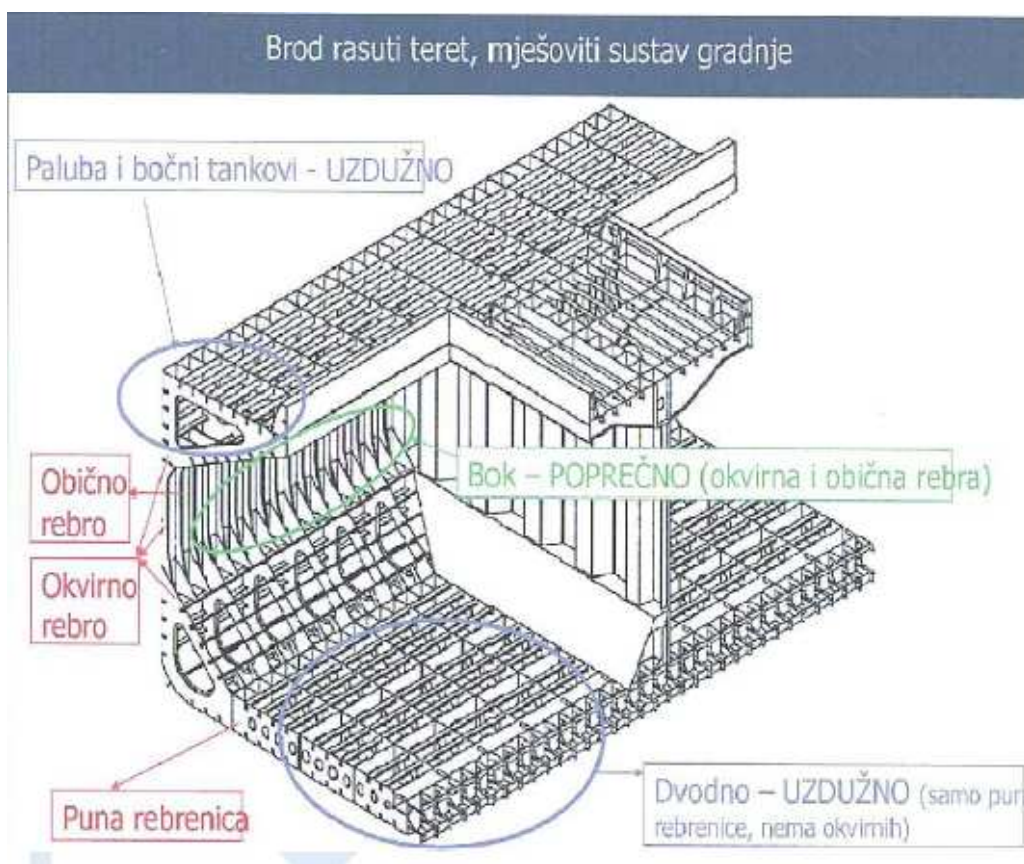
gdje je:

1. poprečna pražnica teretnog grotla – eng.transverse hatchway coaming ,
2. uzdužna pražnica teretnog grotla – eng.longitudinal hatchway coaming,
3. uzdužnjak palube (uzdužna sponja) – eng.deck longitudinal,
4. uzdužnjak potpalubnog bočnog tanka – eng.longitudinal of upper wing tank,
5. palubna proveza – eng.stringer plate (deck stringer plate),
6. završni voj – eng.sheerstrake,
7. rebro (poprečno rebro) – eng.frame,
8. koljeno – eng.bracket,
9. uzdužnjak uzvojnog tanka – eng.longitudinal of bilge tank,
10. uzdužnjak dna – eng.bottom longitudinal,
11. uzdužnjak pokrova dna – eng.inner bottom longitudinal,
12. hrptenica – engcentre girder (bottom centreline girder),
13. plosna kobilica – eng.keel plate,
14. bočni nosač dna – eng.side girder (bottom side girder),
15. olakšana rebrenica (solidna) – eng.plate floor,
16. ukrepa – eng.stiffener.

Mješoviti sistem gradnje je kombinacija poprečnog i uzdužnog sistema gradnje i to:

Uzdužni sistem gradnje – paluba, dvodno i dvobok broda, te bok broda kod tankera !

Poprečni sistem gradnje – pramčani i krmeni pik (manjak prostora) strojarnica ili samo dvodno u strojarnici (manjak prostora, naprezanja), bokovi broda na većini brodova (prostor / opći teret, rasuti teret ...).



Slika : Mješoviti sistem gradnje

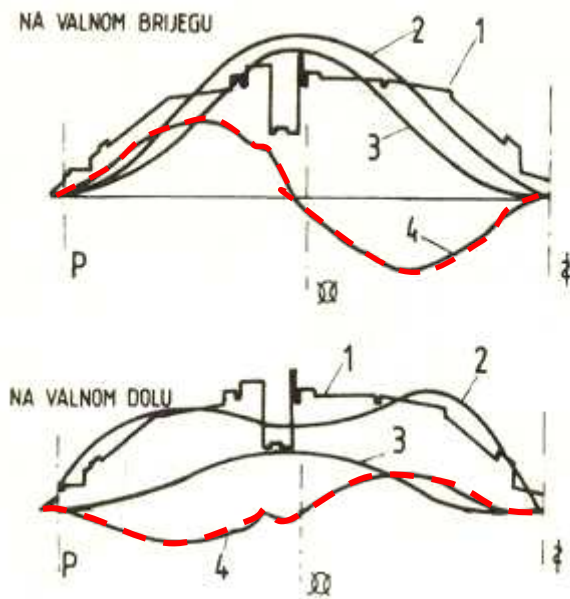
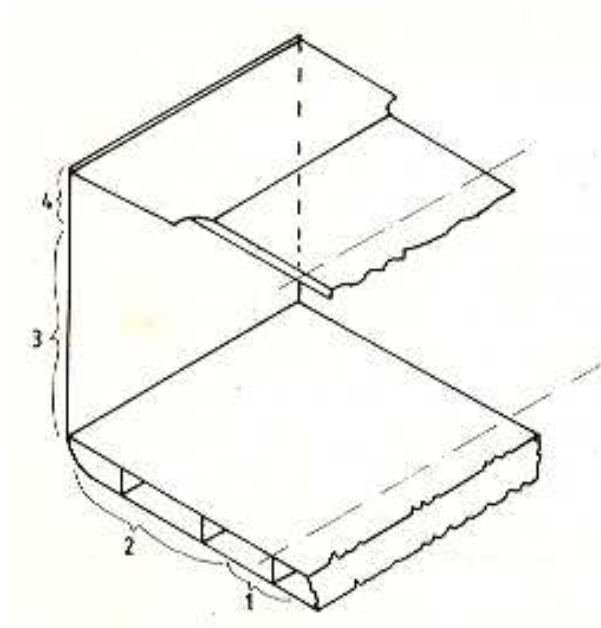
Tipično, brodovi za rasuti teret se grade uzdužnim sistemom gradnje i to:

Bočni balastni tankovi, paluba i dvodno se **izrađuju uzdužno**, a bokovi broda, pramčani, krmeni pik, strojarnica i dvodno u strojarnici **poprečno**.

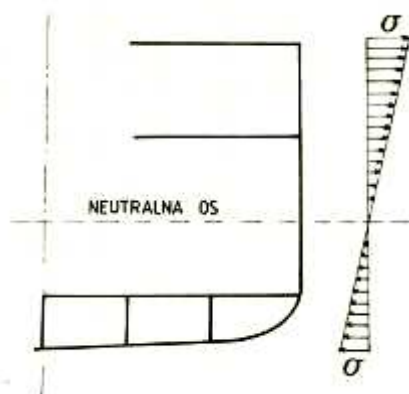
4.6. Vanjska oplata

- čelični limovi postavljeni na rebra i rebrenice koji zatvaraju trup broda
- osigurava nepropusnost trupa broda
- važan element uzdužne čvrstoće broda
- limovi podvrgnuti različitim napreznjima (teret, valovi, hidrostatski tlak itd)
- prema smještaju, limovi oplata dijele se na:
 - 1. kobilicu
 - 2. oplatu dna
 - 3. oplatu boka
 - 4. završni voj

- raspored uzdužnih napreznja na trup broda:
 - kod valova jaka uzdužna napreznja na sredini trupa broda → najveća debljina vanjskog opločenja na sredini broda
 - 1 – graf rasporeda masa
 - 2 – graf istisnine
 - 3 – graf momenta savijanja
 - 4 – rezultanta poprečnih sila



→ porast normalnog naprezanja prema dnu i gornjim palubama → deblji su limovi dna, uzvoja i završnog voja.



4.7. Načini izvedbe vanjske oplata

Oplata broda oblaže brodski kostur a služi kao nepropusan plašt trupa broda. Uloga je oplata broda sprečavanje prodiranja vode u unutrašnjost broda ali je važan element i čvrstoće broda. Oplata spaja rebra u čvrstu cjelinu, izdržava naprezanja koja uzrokuje tlak vode i savijanje (rad) broda te izdržava lokalna naprezanja i eventualne udarce o fiksne ili plutajuće objekte (sudar s brodom, obalom, led).

Pri savijanju broda najvećim napreznjima izloženi su najgornji i najdonji djelovi trupa, koji su najviše udaljeni od neutralnog presjeka pa se zbog toga na tim mjestima postavljaju jači (deblji) limovi kako bi se postigla jednolika čvrstoća.

Najdeblji limovi čine **plosnu kobilicu**, a to su i limovi završnog **voja**, te vojevi dna i bokova.

Vojevi je red limova koji ide uzduž broda.

Krajevi broda nisu posebno izloženi uzdužnim opterećenjima pa glavnina vojeva nije podebljana.

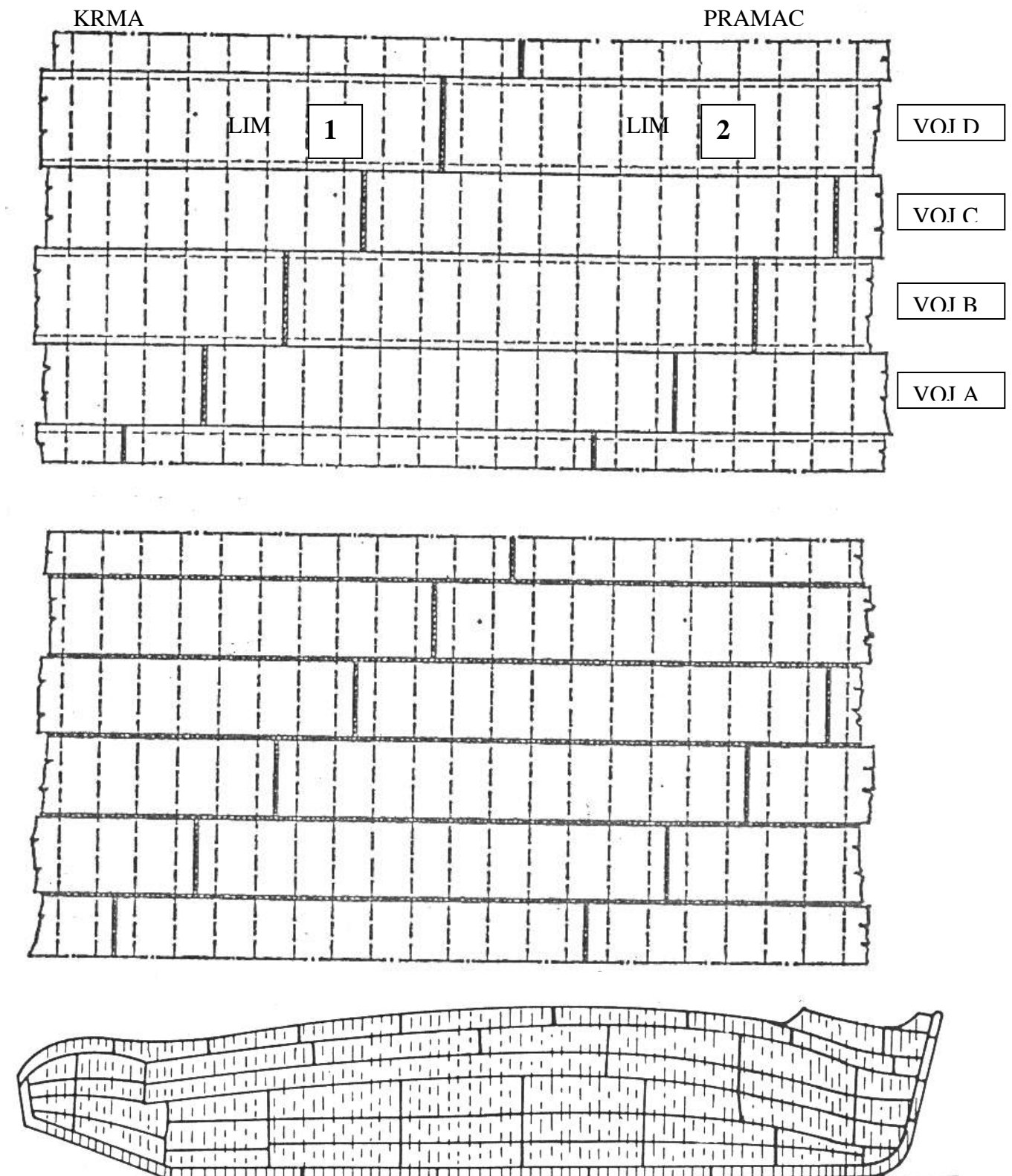
Izuzetak čine vojevi na pramcu u blizini kobilice, te oni koji su postavljeni na krmi uz propellersku statvu odnosno u blizini skrokova.

Ti su vojevi podebljani da bi pramac mogao izdržati opterećenja koja nastaju usljed posrtanja broda, a na krmi radi vibracija koje nastaju usljed rada vijka.

Brodovi za plovidbu u predjelima ledenjaka grade se s pojačanim pramcem, pa su limovi na cijelom pramcu podebljani.

Limovi oplata prije su se spajali isključivo zakivanjem, a u novije doba samo zavarivanjem.

NAČINI SPAJANJA LIMOVA



Vojevi oplata prate oblik broda pa se suzuju prema pramcu i krmi. Da bi se od dva lima prešlo na jedan oni se mjestimice prekidaju, pa se ti vojevi nazivaju mrtvi vojevi.

Otvori na oplati koji se čine radi izljeva, ventila i sl. čine oplatu u tom dijelu slabijom pa se na tim mjestima lim poudvostručuje.

Vojevi se obilježavaju od kobilice prema gore sa: A,B,C,D... ,a limovi u voju počevši od krme prema pramcu sa: 1,2,3,4,....

Oplatu dna čine limovi koji se nalaze lijevo i desno od kobiličnog voja, a završavaju uzvojnim limovima na bokovima broda. U području paralelnog srednjaka limovi oplata su potpuno ravni pravokutnici simetrično postavljeni s obje strane kobilice.

Prema krmi i pramcu vojevi oplata dna počinju se zakrivljavati u tri smjera pa se mijenja i njihova širina, a pojedini se vojevi tako gube na poprečnim spojevima oplata.

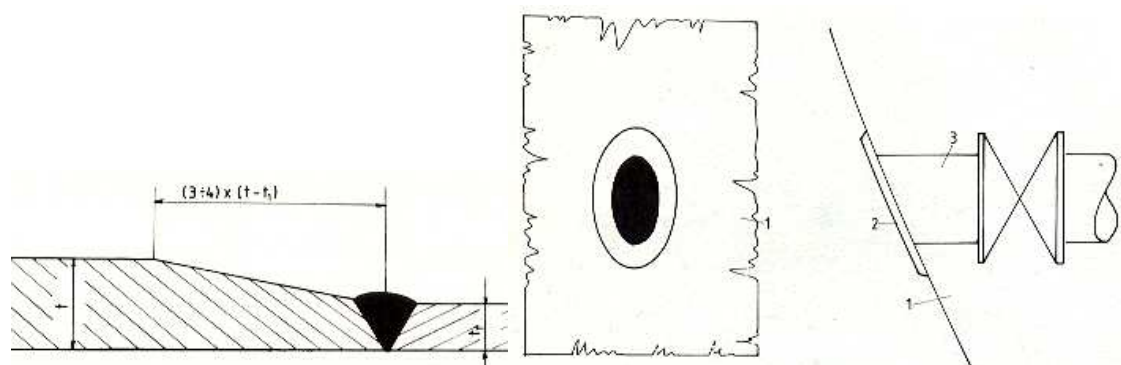
Na oplati dna nalaze se: otvori (ventili) za usis vode, otvori za uređaje dubinomjera i brzinomjera, otvore za ispuštanje sadržaja tankova pri dokovanju broda.

Oplata boka i oplata dna spajaju se uzvojnim limom, a to je zakrivljeni lim koji prelazi iz horizontalnog ili nekog kosog položaja u vertikalni.

- uzvojni lim nastavlja se oplatom boka koja se završnim vojem spaja s opločenjem palube
- vojevi označeni velikim slovima abecede
- glatka i ravna izvedba radi hidrodinamike broda
- vojevi ravnih limova u području paralelnog srednjaka
- vojevi zakrivljenih limova na krmi i pramcu broda, gube se na poprečnim spojevima
- prijelaz limova raznih debljina, sa jednog u drugi, izvedeni postupno s redukcijom

Otvori ventila i sl.

- zapravo cijevi koje izlaze na oplatu boka
- posebna pojačanja s vanjske strane
 - 1 – oplata boka
 - 2 – pojačanje oplata
 - 3 – cijev izljeva, ventila i sl.
- postoje i otvori usisa mora, izlazak sonde za čitanje gaza i sl.



Slika: Spojevi na oplati i otvori

Na uzvojni lim nastavlja se oplata boka. Oplatu boka čine vojevi ravnih limova u području paralelnog srednjaka i vojevi zakrivljenih limova prema krmi i pramcu broda.

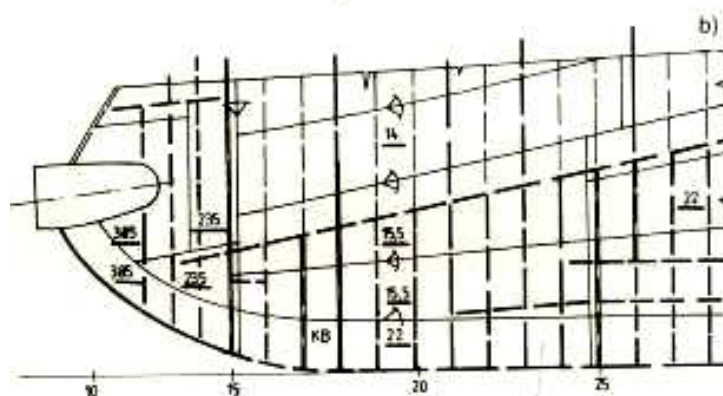
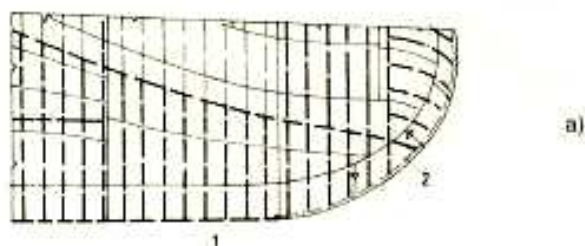
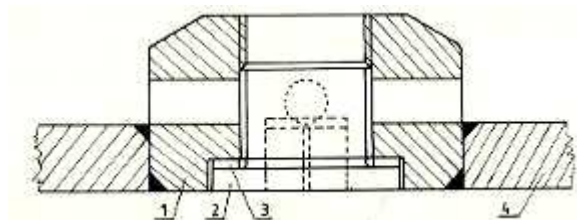
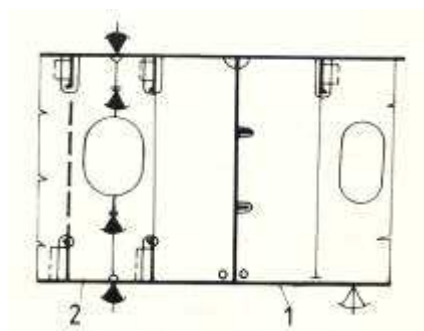
Vojevi oplata boka označeni su kao i limovi oplata dna velikim slovima abecede. Prema pramcu i krmi pojedini vojevi se gube na poprečnim spojevima.

Vanjska oplata broda mora biti izvedena ravno zbog pravilnog strujanja vode čime se smanjuje otpor prolaza brodskog trupa kroz vodu u plovidbi (otpor trenja).

Završni voj je najgornji lim oplata boka koji je spojen s palubnom provezom i vrlo je važan faktor uzdužne čvrstoće. Limovi završnog voja deblji su od limova vanjske oplata, a prema klasifikacijskim propisima širina završnog voja mora biti jednaka po cijeloj dužini broda kao i kobilica.

4.8. Kobilica broda

- jedan od glavnih elemenata uzdužne čvrstoće broda
- od krme do pramca u simetrali broda
- kobilica (1) je deblja od ostalih vojeva oplata dna (2) i nema debljih limova od kobilice
- najveća debljina između $0,4L$ i $0,6L$ i smanjuje se prema pramcu/krmi
- prelazi u statve (2), pramčana (a) i krmena (b)
- sa centralnom hrptenicom i dijelom opločenja krova dvodna čini uzdužni centralni nosač broda.
- širina lima kobilice jednaka po cijeloj dužini broda
- uobičajen čelik, a može se ugraditi i povišene čvrstoće
- jedini otvori su čepovi za ispuštanje tekućine iz tankova dvodna prilikom dokovanja (1-tijelo čepa, 2-čep, 3-brtva, 4-oplata dna)



Kobilica je najniži uzdužni element brodske konstrukcije koji daje uzdužnu čvrstoću brodu. Prostire su od pramca do krme broda u njegovoj simetrali. U pramčanom dijelu broda ona prelazi u pramčanu a u krmenom dijelu u krmenu statvu

Gredna kobilica je masivna paralelopipedna čelična greda koja se proteže od pramčane do krmene statve. Uz nju se s obje strane zavaruju tzv. dokobilični vojevi, a na njih se spajaju rebrenice. Iznad gredne kobilice nalazi se hrptenica tj. okomiti lim. Spomenuti elementi čine jaku uzdužnu čvrstoću.

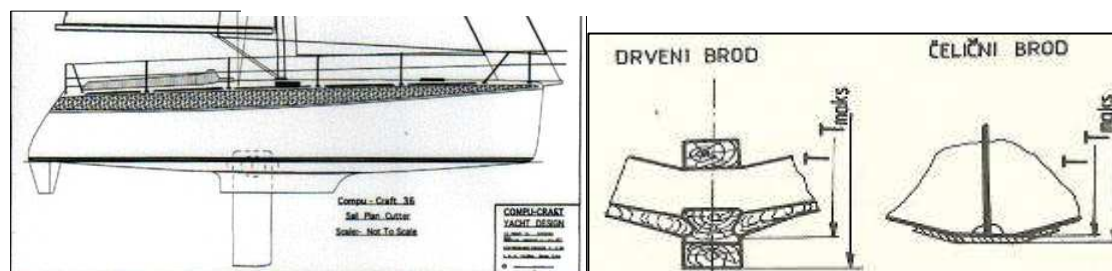
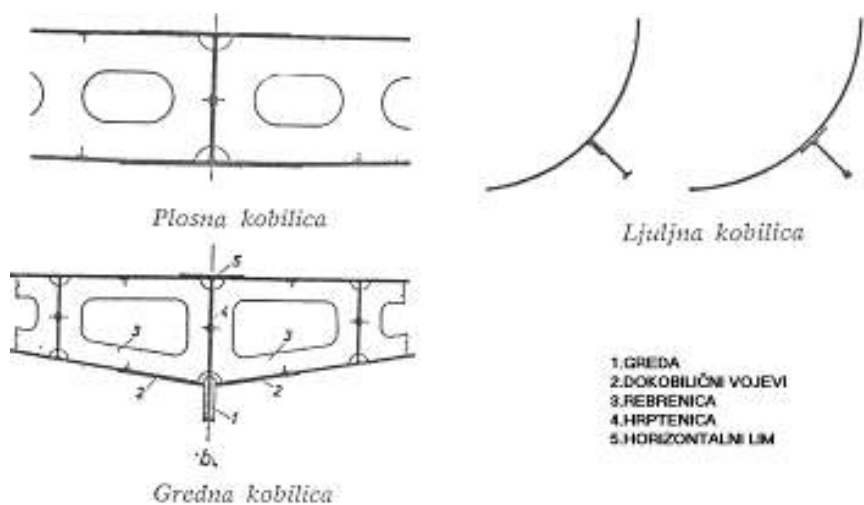
Plosna kobilica sastoji se od vodoravne ploče spojene s hrptenicom čime je brodu manji gaz, konstrukcija olakšana a ne gubi na čvrstoći. Hrptenica se spaja s vojem oplate unutarnje strane dvodena.

Tunelska kobilica ima dvije paralelne hrptenice između kojih je slobodan prostor. Ova vrsta kobilice se obično ne proteže duž čitavog broda, već se gradi od strojarnice prema pramcu a iskorištena je za prolaz cijevi i električnih vodova. (Prema krmi ti vodovi prolaze kroz tunel osovine vijka).

Ljuljne kobilice pojavljuju se kad su se napustile gredne kobilice što je uzrokovalo jače ljuljanje broda te zanos u plovidbi. Ljuljne kobilice smještene su po uzvoju dna da bi povećale gaz i širinu broda. One se ne protežu cijelom dužinom broda, nego idu po srednjem, ravnom dijelu dna. Moraju biti tako spojene s uzvojnim vojem kako ne bi smetale bočnim potkladama pri dokovanju broda.

- na uzvoj broda, sredinom trupa, oko pola dužine broda
- točan položaj i dimenzije određuju se u bazenu na modelu broda
- ne postavlja se izravno na trup broda nego na poseban lim, kako bi se lakše mijenjala u slučaju oštećenja

Balastna kobilica gradi se na sportskim jedrilicama a izrađuje se od olova, lijevanog željeza ili od čeličnih oblika punjenih betonom. Njome se povećava stabilnost jedrilice.



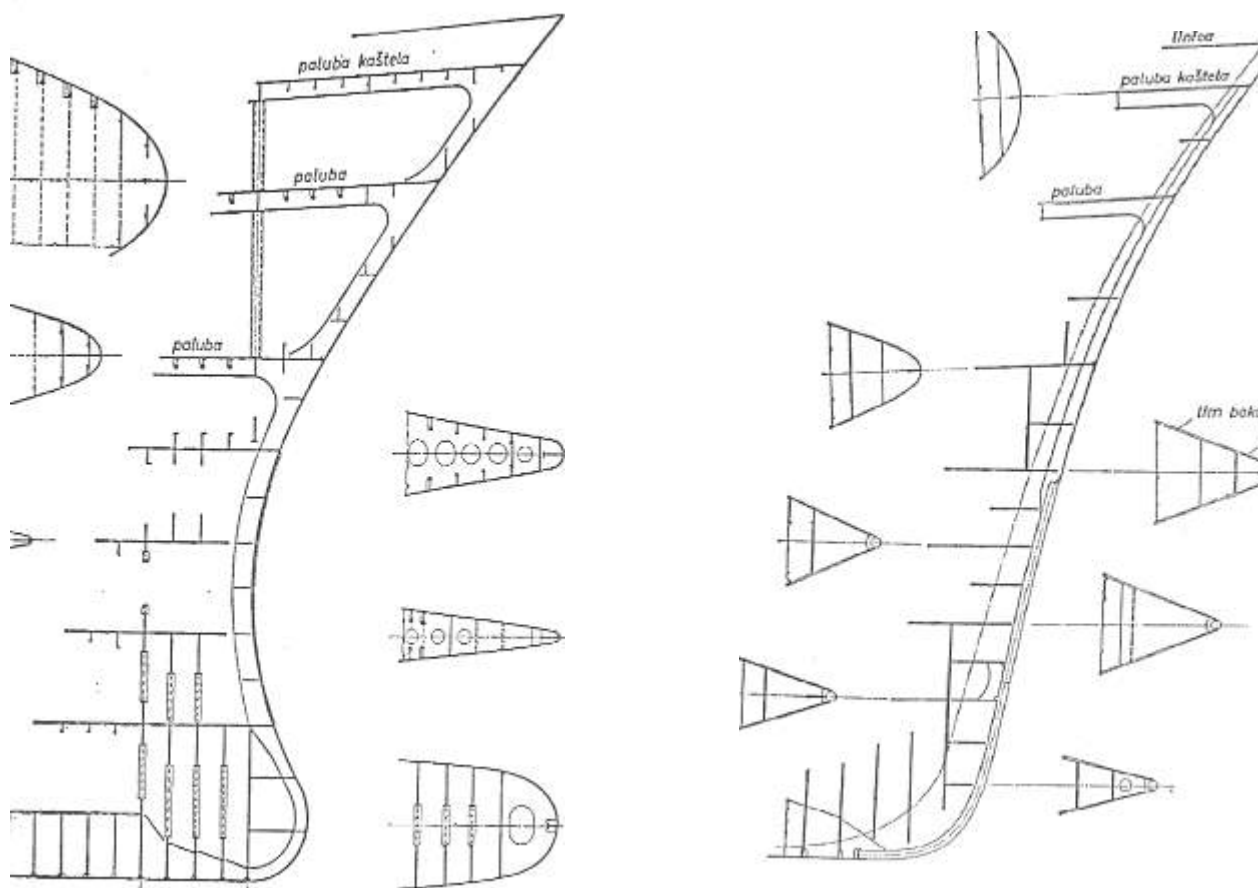
Statve broda

Daju oblik pramcu i krmi, a produžetak su kobilice. O njima ovisi oblik pramca i krme a o obliku pramca i krme ovise svojstva broda.

Pramčana statva je glavni strukturalni element pramca i spaja se s limovima palube, boka i dna. Izložena je silama valova i udara pa zato mora biti čvrsto građena. Mora izdržati opterećenja pri dizanju sidara. O njoj ovisi oblik pramca pa stoga mnogo utječe na brzinu broda i držanje broda na moru.

Ispadni oblik statve ima gornji dio izbočen prema naprijed, pa prilikom urona brod ima veći uzgon, a valovi se odbacuju dalje od broda. Prilikom posrtanja broda pramac se lakše diže a valovi ne nalijeću na palubu. Donji dio izrađen je od okrugla profila na kojem završava oplata boka i dna. Spaja se s palubama i limovima bokova a završava spojem s ogradom broda. Prednost ovakvih statvi je da se prilikom sudara obično oštete u gornjem dijelu koji je iznad plovne vodene linije.

Bulb oblik pri dnu je bulbasta, kruškolika oblika, a koristi se kod gradnje velikih brodova jer svojim oblikom smanjuje otpor broda (otpor valova) u vožnji i povećava uzgon pramca. Prvi pokusi s bulbom su rađeni u lošinjskim brodogradilištima 19. stoljeća.



Krmena statva

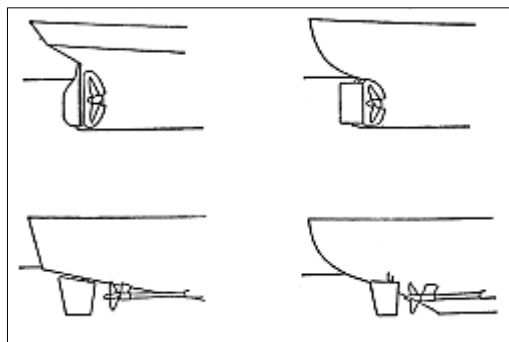
Predstavlja dio kojim završava stražnji dio broda. Oblik joj ovisi o tome hoće li nositi samo kormilo ili kormilo i vijak. Ako nosi samo kormilo (brod s dva vijka, jedrenjak) oblik joj je dosta jednostavan. Na krmenu statvu prenose se tlakovi rada vijka pa njena konstrukcija u tom smislu mora biti jača od pramčane. Izrađuje se od lijevanog čelika. Statva se sastoji iz statve vijka, luka, petnice, a na luku s gornje i petnici s donje strane nalaze se ležišta osovine kormila.

Prijelomna ili viseća krma odlikuje se svojom prostranošću a time i velikim uzgonom u momentu nailaska vala. Izrada ovakve krme bila je skupa i zato neprihvatljiva pa se prešlo na izradu **krstaške krme** čija je konstrukcija bila jednostavna i čvrsta a izrada relativno jeftina. Smanjen je i utjecaj stroja na vibracije.

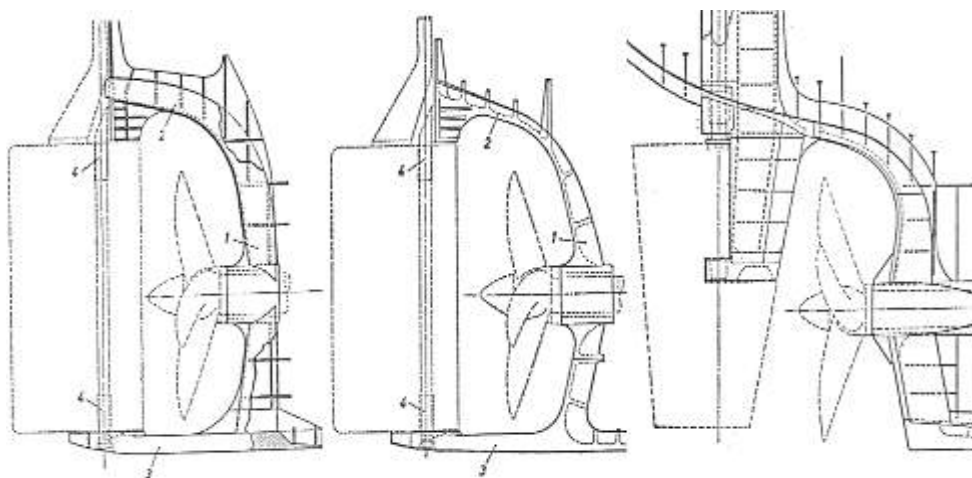
Majerova krma predstavlja izduženi oblik krstaške krme. Takvom krmom se postiglo da se os oko koje brod posrće pomakne više prema krmi čime se postiglo da krma manje izlazi van pri posrtanju a i vijci su dublje pod vodom.

Konstrukcija **zrcalne ili odrezne krme** primjenjuje se kod brzih brodova.

- Viseća - Krstaška
- Zrcalna - Majerova

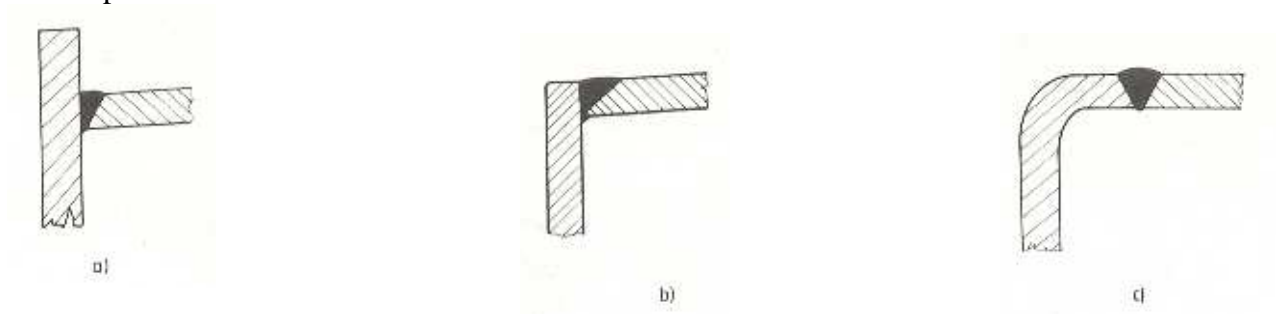


Na slici: 1. statva vijka - osovina, 2.luk, 3.petnica, 4.ležište



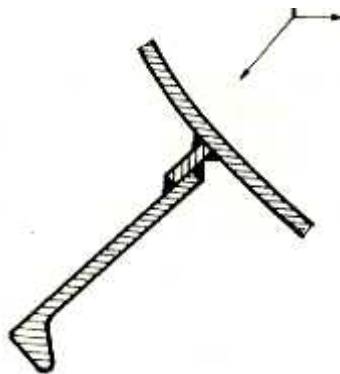
4.9. Završni voj

- najgornji lim oplate boka spojen s palubnom provezom
- važan čimbenik uzdužne čvrstoće broda
- zavarivanje na palubnu provezu ovisi o obliku limova
 - a) b) → ravni limovi
 - c) → zakrivljeni lim završnog voja
- limovi deblji od oplate jednaka debljina u cijeloj dužini, osim malog stanjivanja na pramcu i krmi
- jednaka širina po cijeloj dužini (kao kobilica)
- povećana čvrstoća



4.10. Ljuljna kobilica

- na uzvoj broda, sredinom trupa, oko pola dužine broda
- točan položaj i dimenzije određuju se u bazenu na modelu broda
- ne postavlja se izravno na trup broda nego na poseban lim, kako bi se lakše mijenjala u slučaju oštećenja



4.11. Dvodno, uzdužnjaci, rebrenice, pokrov dvodna, rubna ploča dvodna

Oplata dna

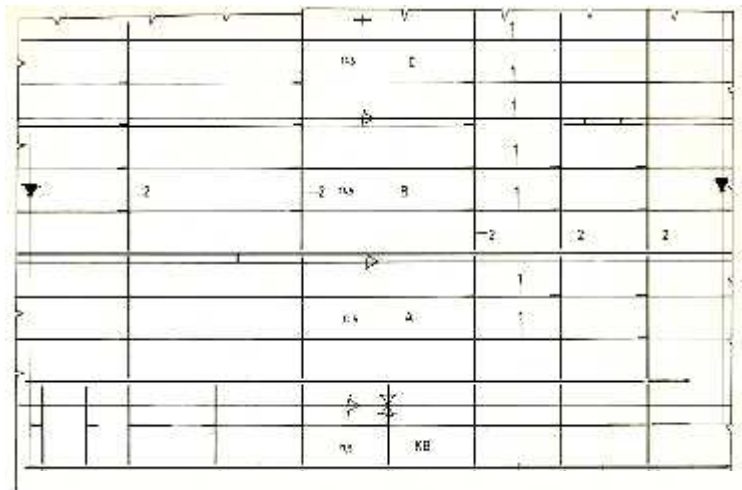
- limovi lijevo i desno od kobiličnog voja s uzvojnim limovima na bokovima broda
 - KB – kobilični voj
 - A,B,C – limovi oplata dna
 - 1 – uzdužnjaci, 2 – okviri
- limovi su pravokutnici ravni u području paralelnog srednjaka, debljine manje od kobilice
- simetrični u odnosu na kobilicu, formiraju vojeve, označene velikim slovima, počevši od kobilice
- zakrivljuju se prema krmu i pramcu i postepeno se gube.
- na oplati dna su otvori za usis vode, dubinomjer, brzinomjer, čepovi tankova → dobro osigurani da voda kroz njih ne proдре u brod

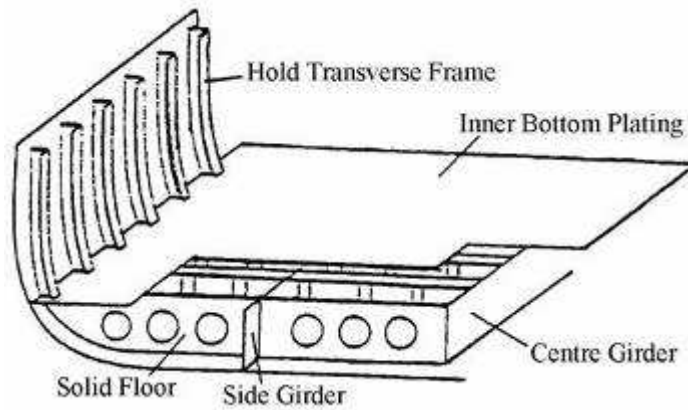
Uzvojni lim

- spoj oplata dna i oplata boka
- zakrivljeni
- s vanjske strane je pričvršćena ljuljna kobilica
- s unutarnje strane na njemu završava krov dvodna i uzvojni koljena

Dvodno broda

- prostor između vanjske oplata i krova dvodna
- balastni tankovi
- sprječavanje potonuća kod nasukanja ili dodira dna



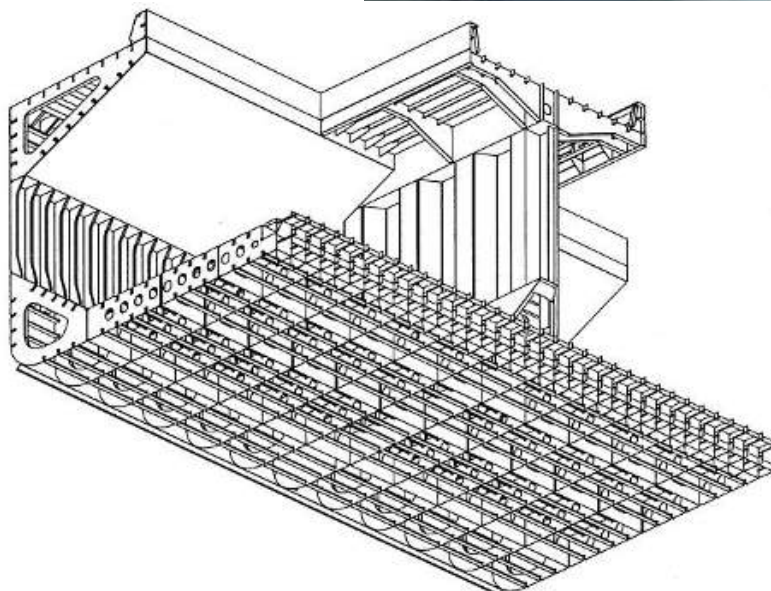
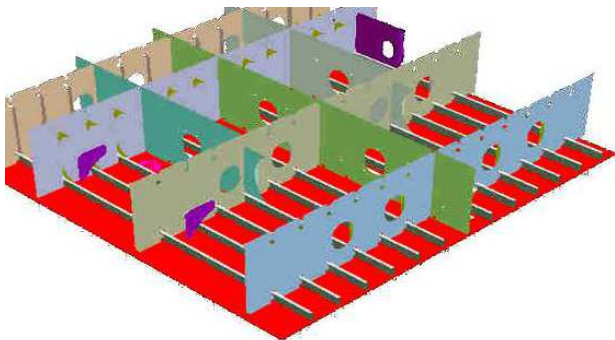


Dvodna

- i u poprečnom i uzdužnom sustavu
- od sudarne pregrade do pregrade krmenog pika
- pokrov dvodna se proteže do bokova broda tako da štiti uzvojni voj
- tankovi za gorivo, slatku vodu (osim pitke vode), te za balast
- preuzima lokalna statička i dinamička opterećenja uslijed vanjskih tlakova mora okomito na svoju ravninu, te od ukrcanih tereta na pokrovu dvodna
- struktura u obliku više ćelija
-

Hrptenica (vidi sliku)

- središnji uzdužni nosač dvodna
- naziva se još i središnje pasmo, vertikalna kobilica (centre girder, centre keelson, vertical keel)
- treba protegnuti što dalje prema pramcu i krmi gdje se spaja s krmenom statvom



Bočni nosači, rebrenice

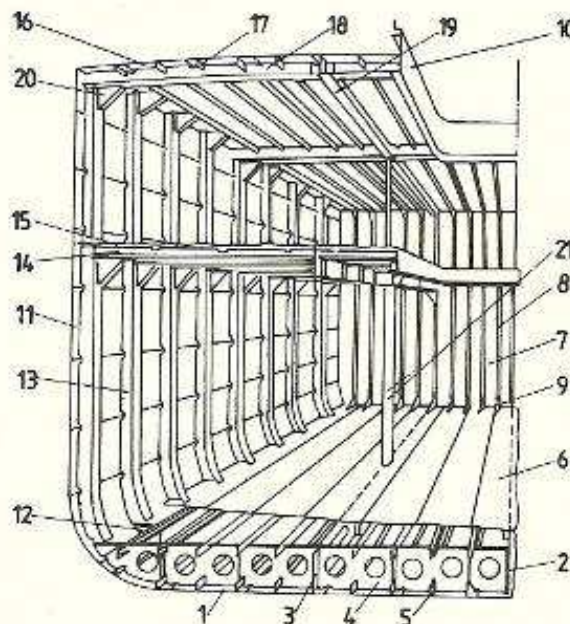
→ Strukturni elementi koji se postavljaju na dnu i u dvodnu broda

Bočni nosači

- u strojarnici i blizu pramčanog perpendikulara najmanje po jedan bočni nosač
- u ostalim područjima broj i smještaj ovisi o udaljenosti od boka do hrptenice
- udaljenost između bočnih nosača, kao i debljina bočnih nosača određuje se formulom
- gdje je potrebno ugrađuju se vodonepropusne konstrukcije
- provlake u bočnim nosačima trebaju biti posebne veličine i čvrstoće

Rebrenice

- glavni poprečni nosači dna i postavljaju se na svakom rebru.
- moraju imati otvore za otjecanje, da se omogući dotok tekućine do usisa pumpi.
- kod većih brodova imaju i otvore za olakšanje
- mogu biti neprekinute ili prekinute na sredini broda.
- po potrebi se postavljaju i u ostalim prostorima trupa broda



Slika 1.1 1-vanjska oplata dna; 2-hrptenica, centralni nosač u dvodnu; 3-bočni nosač u dvodnu; 4-puna rebrenica; 5-uzdužnjaci u dvodnu; 6-pokrov dvodnu; 7-poprečna pregrada; 8-ukrepe pregrada; 9-kolijena pregrada; 10-pražnice grotla; 11-vanjska oplata boka; 12-uzvojno koljeno; 13-bočno rebro; 14-paluba (donja); 15-palubna sponja; 16-paluba gornja; 17-uzdužnjaci gornje palube; 18-okvirna sponja; 19-palubna podveza; 20-spojno koljeno.

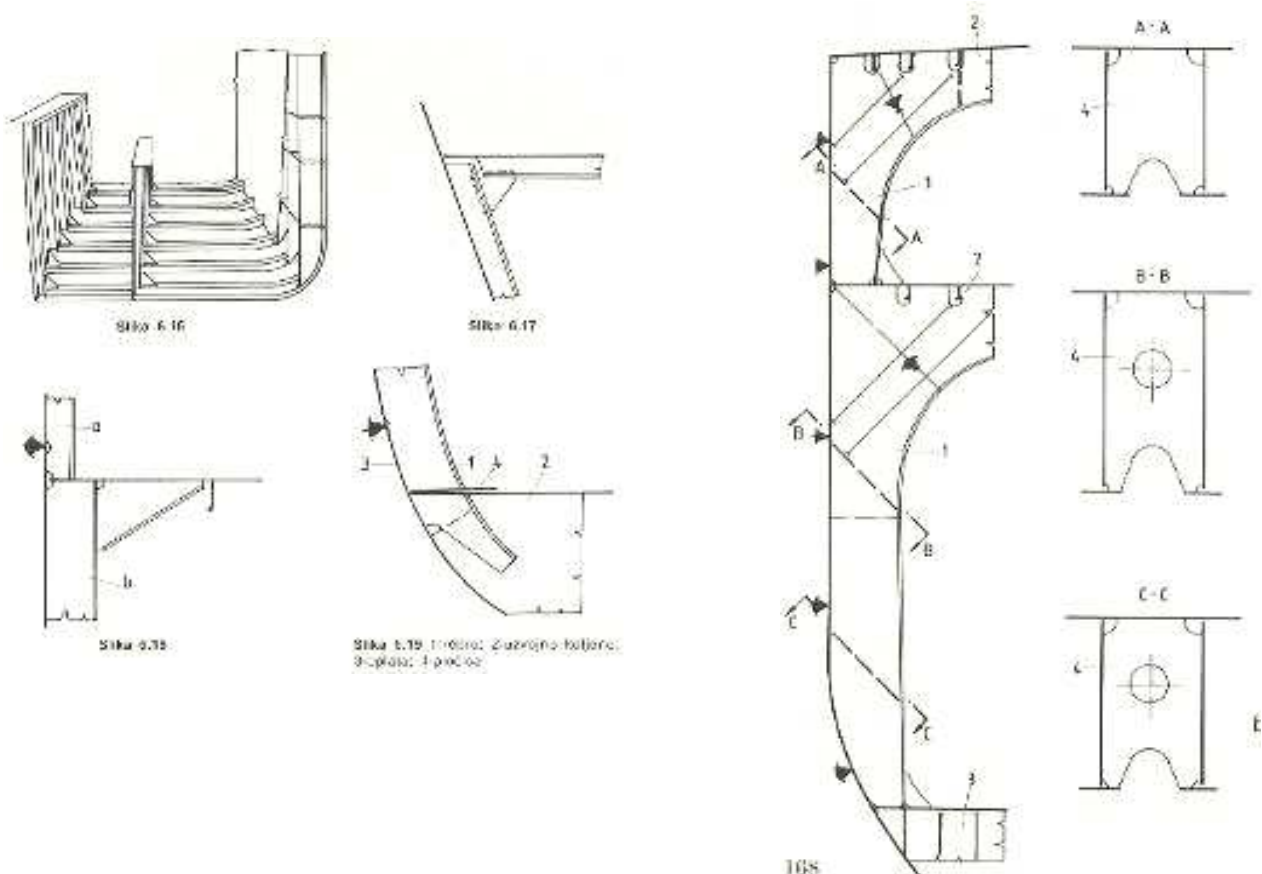
4.12. Orebrenje u poprečnom, uzdužnom i kombiniranom sustavu gradnje broda

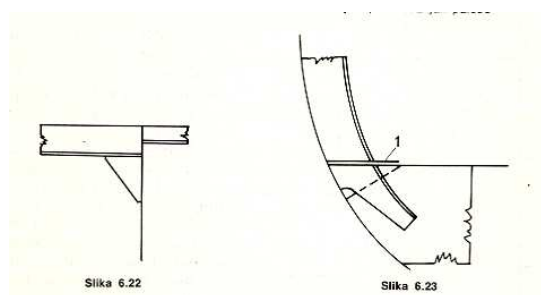
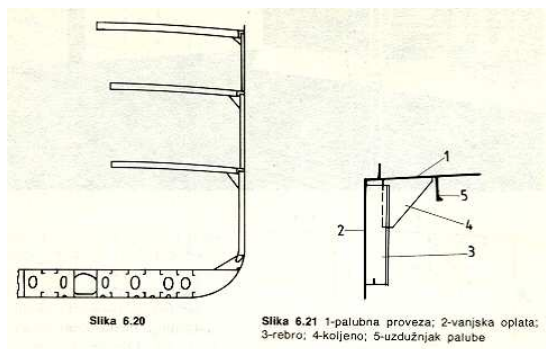
Poprečno orebrenje

- drveni brodovi i prvi čelični brodovi
- mnogo poprečnih rebara na svakoj ordinati, od rebrenica u dvodnu do sponje na palubi
- nema nekih važnijih elemenata za uzdužnu čvrstoću broda, osim limova oplata, paluba i krova dvodna.
- na svakoj ordinati uzduž broda rebra koja se protežu uz bok broda od dvodna do gornje palube.
- rebra izrađena od manjih ili većih profila ili su sastavljena od čeličnih traka (slika 6.16).
- najčešće za brodove za prijevoz generalnog tereta i rasutog tereta.

Izgled rebara od gornje palube prema dole:

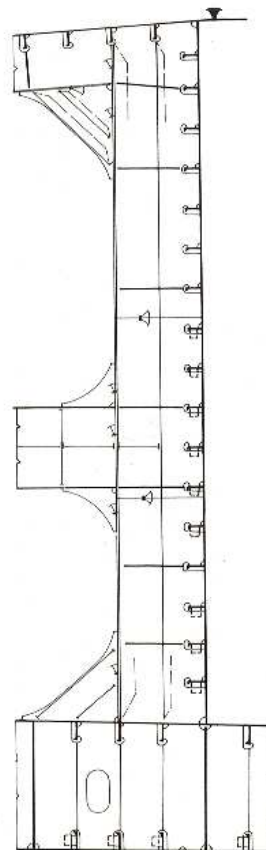
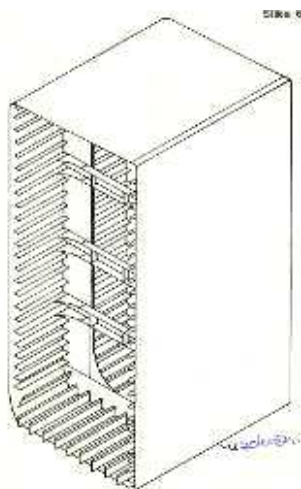
- rebro završava na oko 40 mm ispod gornje palube (slika 6.17)
- u međupalublju se rebra protežu od donje do gornje palube rebro u skladištu (slika 6.18.b) je veće od rebara u međupalublju (slika 6.18.a.)
- zbog prijenosa sila naprezanja važno je da rebra ispod donje palube i rebra međupalublja budu u istoj ravnini.
- na donjem dijelu rebro prolazi krovom dvodna i preklopno se spaja s uzvojnim koljenom (slika 6.19)
- na svaku četvrtu ili petu ordinatu ugrađeno je okvirno rebro

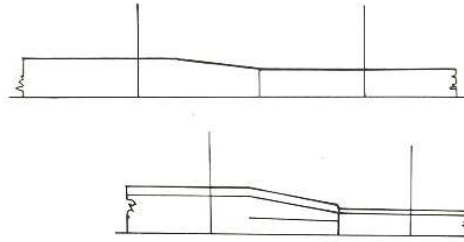




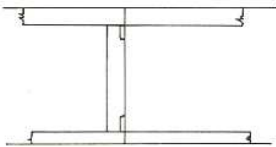
Uzdužno orebrenje

- uzdužna rebra ugrađuju se u okvirna rebra
- težina broskog trupa smanjena za oko 10%, a nosivost broda se povećava
- smanjena debljina oplata i težina poprečnih rebara
- gotovo svi moderni brodovi (ili mješoviti sustav)
- smještaj uzdužnih rebara:
 - oplata dna i krov dvodna,
 - paluba, pregrade,
 - gornji bočni tankovi kod brodova za rasuti i tekući teret
 - na vanjskoj oplati
- profili koji se protežu čitavom dužinom broda
- dimenzija se mijenja po dužini broda (posebni spojevi, slika 6.35.)
- na mjestima gdje presijecaju poprečne elemente su posebni spojevi radi čvrstoće i nepropusnosti :
 - vertikalne ukrepe na prolazima kroz rebrenice (sl. 6. 36.)
 - na prolazu kroz okvirna rebra ili sponje posebne pločice (slika 6.37.)
 - na prolazima kroz nepropusne pregrade zatvaraju se limenim pločicama “maškaretama” (slika 6.38.)

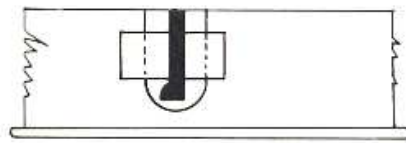




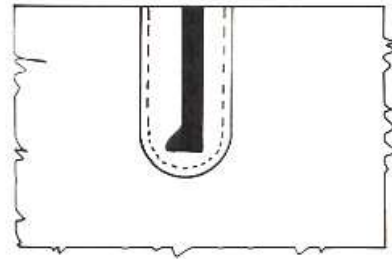
Slika 6.35



Slika 6.36



Slika 6.37



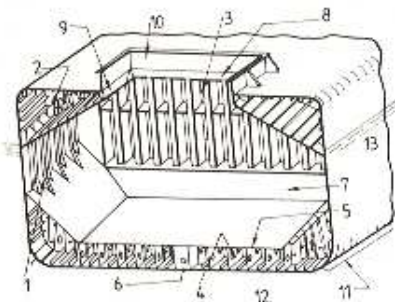
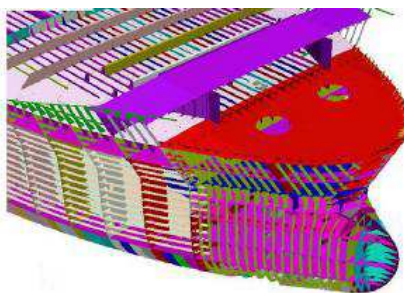
Mješovito orebrenje

→ više varijanti:

- pramčani pik i krmeni dio broda građeni su poprečni, a tankovi tereta uzdužni
- dvodno i gornji bočni tankovi uzdužni, a vanjska oplata ima poprečna rebra
- paluba i dno uzdužni, oplata boka ima poprečna rebra, a uzdužne pregrade imaju vertikalno ukrucenje
- centralni tankovi na tankerima s uzdužnim elementima, a bočni tankovi imaju poprečna rebra strukture.
- 1-rebro; 2-uzdušnjak; 3-pregrada; 4-hrptenica; 5-krov dvodna; 6-kobilica; 7-poprečni tunel 8-završna sponja; 9-podveza; 10-grotlo; 11-ljuljna kobilica; 12-oplata dna; 13-vanjska oplata

→ na brodovima za suhi teret

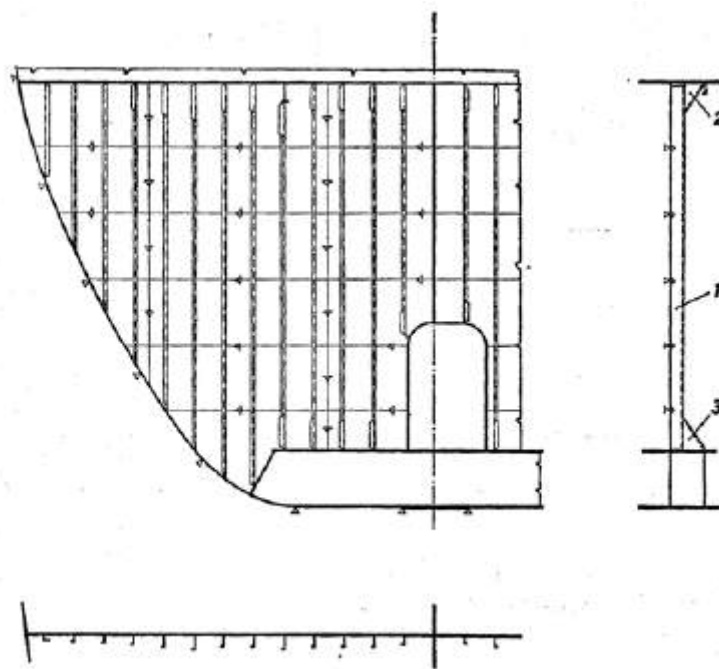
- pri uzdužnom sustavu orebrenja, visoki bočni poprečni okviri smetaju slaganju tereta, pa se bokovi brodova za suhi teret orebruju poprečno.
- dno i palube se orebruju uzdužno
- moguće je da gornja paluba bude u uzdužnom sustavu orebrenja, a donje palube budu u poprečnom sustavu orebrenja
- obično se na poprečnjake palube nastavljaju lakša okvirna rebra, a na okvirna rebra pune rebrenice.



4.13. Poveze (Pregrade i upore, minimalni broj pregrada)**4.14. Konstrukcija nepropusnih pregrada, ravne pregrade, korigirane pregrade i upore****Općenito o pregradama**

Pregrada koja dijeli stražnji pretežni tank od ostalog dijela broda i zaštićuje tunel od prodora vode zove se zadnja krmena pregrada. Te se pregrade zovu i kolizijske pregrade, a prostor koji zatvaraju kolizijski prostor. Prema propisima Međunarodne konvencije za zaštitu ljudskog života na moru, najmanji broj poprečnih pregrada smije biti četiri, od čega dvije kolizijske, a po jedna ispred stroja i iza njega. Taj propis vrijedi za brodove do 87 [m], dok se za duže broj pregrada povećava. Na primjer, brodovi od 87 do 102 [m] moraju imati pet pregrada, od 102 do 124 [m] šest itd. Razmaci između pregrada na pramcu i krmi manji su nego u sredini jer opterećenje pramčanih i krmernih skladišta stvara veću pretegu. Na putničkim brodovima, a prema propisima spomenute konvencije, broj pregrada mora biti toliki da se mogu naplaviti dvije susjedne prostorije. Pri takvom stanju brod mora biti sposoban za plovidbu i ne smije uroniti preko određene granice, tzv. granice urona. Granica urona je zamišljena vodna crta koja se nalazi 76 [mm] ispod gornjeg rebra pregradne palube. Za teretne brodove, međutim, nema tako strogog uvjeta. Tome je razlog što bi velik broj pregrada bio zapreka krcanju tereta i smanjio teretni kapacitet. To zapravo i ne bi trebao biti razlog kada je riječ o sigurnosti ljudskih života, ali se pretpostavlja da će teret, ako ispunjuje jedan dio skladišta, djelomično smanjiti izgubljeni uzgon koji uzrokuje naplava.

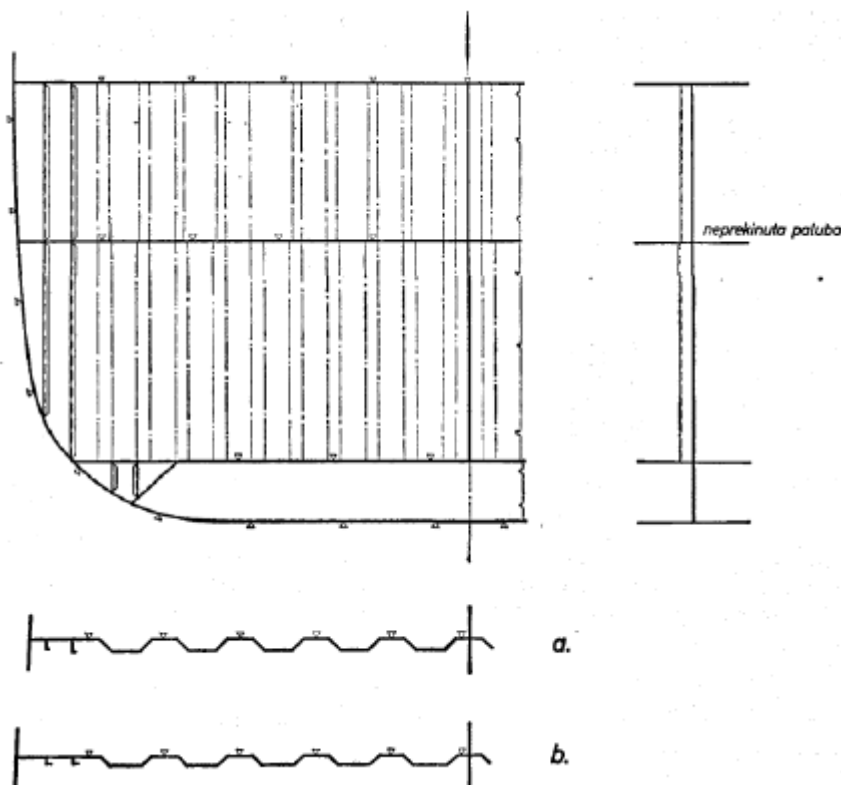
Pregrade osim što priječe da se prodor vode širi po brodu, zadržavaju da se širi požar, pa se takve pregrade zovu protupožarne pregrade. S obzirom na konstrukciju broda poprečne su pregrade važan element poprečne čvrstoće, a uzdužne važan element uzdužne čvrstoće. One sežu do glavne, odnosno pregradne palube, tj. najviše pune palube koja ide uzduž cijelog broda i čvrsto zatvara njegov trup.



Slika 97. Struktura pregrade

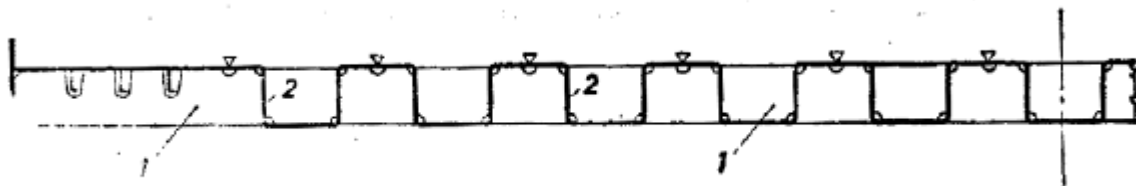
(Izvor: Hughes, O.F.: Ship structural design, SNAME, New Jersey, 1998.)

Pregrade se sastoje od čeličnih limova i ukrepa, slika 97., prema [9]. Vojevi limova pružaju se obično vodoravno, a ukrepe uspravno. Ukrepe (1) su uglovnice ili bulb-profil. Na gornjem kraju one su spojene s palubom pomoću koljena (2), a na donjemu s dvodnom također pomoću koljena (3). Pregrade se prostiru između paluba, bokova broda, tunela i unutrašnjeg dna. Kroz dvodno ne idu. Ako prolazi kroz više paluba, pregrada se na mjestima prolaska kida. Palube se nikad ne kidaju. One moraju biti neprekinute da se suprotstave uzdužnim naprezanjima. Osim poprečnih ima i uzdužnih nepropusnih pregrada, gdje su ukrepe (profil) obično postavljene uzdužne. Uzdužne nepropusne pregrade uglavnom dolaze pri gradnji tankera. One uzdužno dijele tanker u dva, tri li četiri dijela. Uzdužne se pregrade rade i kod većih trgovačkih, posebno kod ratnih brodova. Danas se sve češće upotrebljavaju konstrukcije pregrada od valovita lima bez ukrepa, tzv. korugirane pregrade, slika dole. Njihova je prednost u tome što su, osim jednake čvrstoće, lakše se čiste. Pri bokovima korugirana pregrada završava ravno i ukrijepljena je profilima.



Slika : Presjeci korugirane pregrada
(Izvor: Hughes, O.F.: Ship structural design, SNAME, New Jersey, 1998.)

Ako su brodovi veliki, pregrade su izložene velikim silama, zato su izrađene kao što prikazuje slika gore.



Slika : Detalji pregrade

(Izvor: Hughes, O.F.: Ship structural design, SNAME, New Jersey, 1998.)

Iz slike se vidi da je ona poprečno, po cijeloj širini, ukrijepljena koljenima (1), i to po visini na nekoliko mjesta. Ta ukrijepljenja pregradi daju poprečnu čvrstoću, a profile zamjenjuju visoka stegna pregrade (2). Nepropusne pregrade u dvodnu imaju posebnu svrhu, da podijele prostor dvodna u posebne tankove za krcanje različitih tekućina (pogonskog goriva, ulja, balastne vode i dr.). Te se pregrade ne broje pri određivanju potrebnog broja nepropusnih pregrada. U skladištima teretnih brodova postavljaju se privremene uzdužne i poprečne drvene pregrade kako bi se spriječilo da se pomiče rasuti teret. Te se pregrade sastoje od debelih dasaka učvršćenih na krajevima između dvije upore postavljene na malom razmaku. Danas se te pregrade u potpalubnom dijelu često zamjenjuju čeličnima.

Nepropusne pregrade su uspravni čelični zidovi koji dijele brod u više nepropusnih prostorija slika dole. Brod se dijeli pregradama kako bi se spriječilo da voda, ako u njega prodre, zahvati cijelu njegovu unutrašnjost.



Slika : Nepropusna pregrada broda za prijevoz spremnika

(Izvor: Brodogradilište, Samsung Heavy Industries Co Ltd., S. Korea, 2008 god.)

U sigurnosnom smislu pregrade sprečavaju potonuće u slučaju prodora vode u neki prostor, kao i širenje vatre u slučaju požara. U ekološkom smislu pregrade smanjuju zagađenje u slučajevima oštećenja stijeni tankova. U konstruktivnom smislu pregrade služe kao elementi poprečne i uzdužne čvrstoće. Svi brodovi moraju imati sudarnu pregradu, pregradu statvene cijevi i pregrade na oba kraja

strojarnice. Ako je strojarnica smještena na krmi, pregrada statvene cijevi se može smatrati krmenom pregradom strojarnice. Pregrade mogu biti uzdužne i poprečne.



Slika : Poprečne i uzdužne pregrade
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)



Slika : Poprečne i uzdužne pregrade
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)



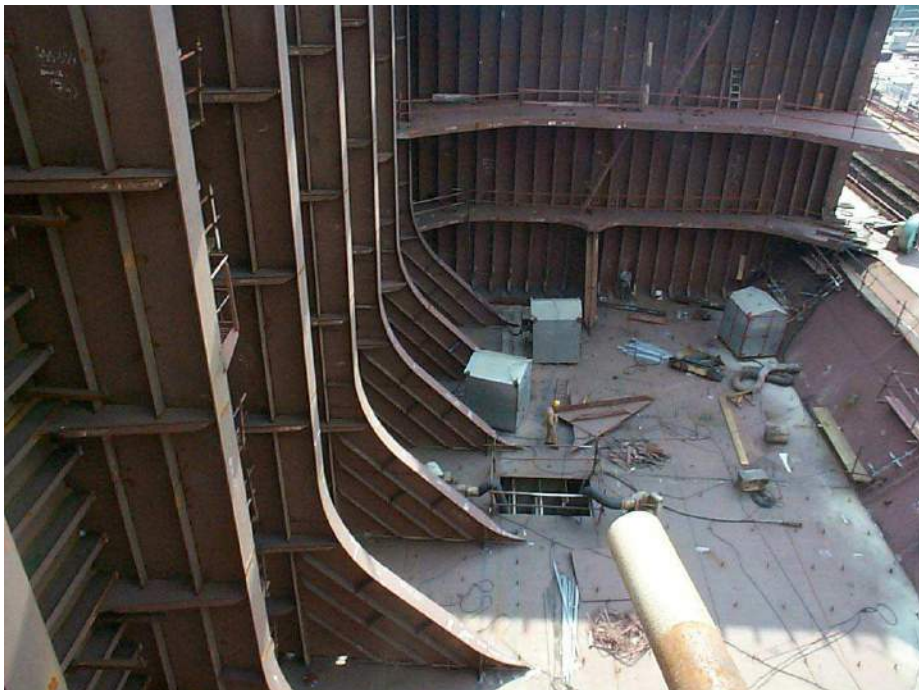
Slika : Ravna ukrepljena poprečna pregrada
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)



Slika : Ravna ukrepljena poprečna pregrada sa glatke strane
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)



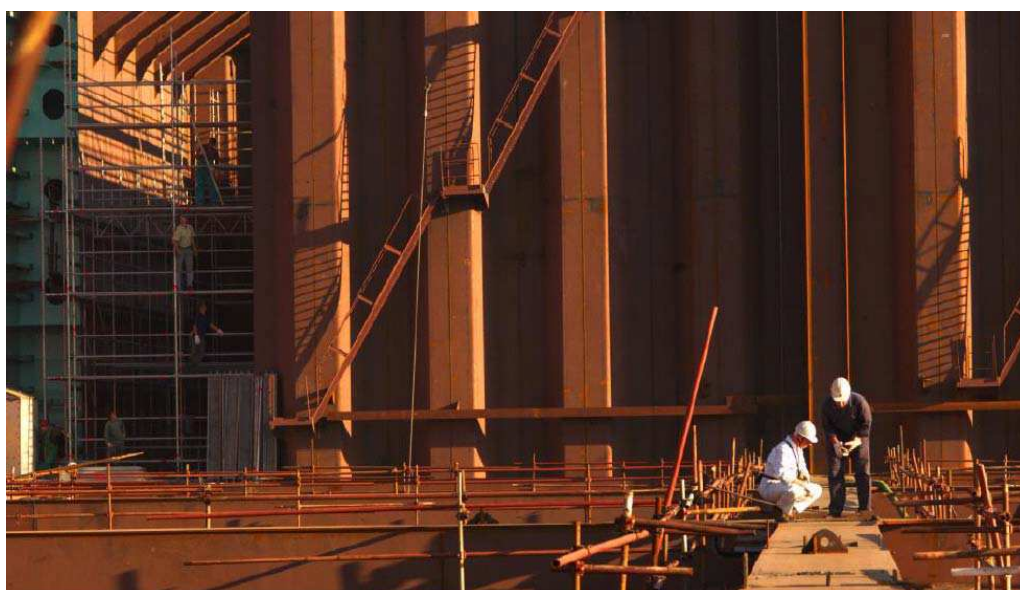
Slika : Poprečna pregrada
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)



Slika : Uzdužna pregrada
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)



Slika : Okviri na uzdužnoj pregradi i proveze na poprečnoj pregradi
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)

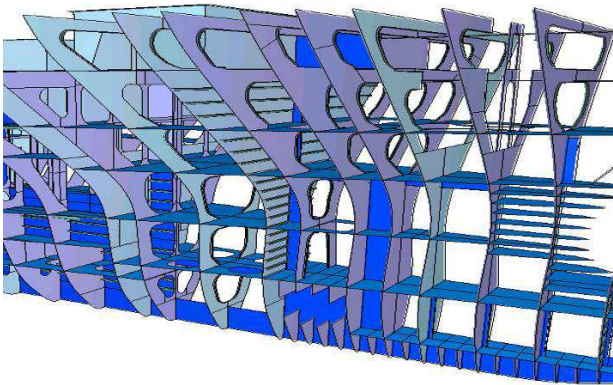
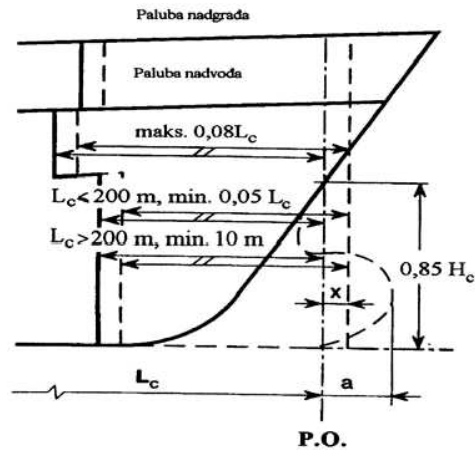


Slika : Korugirana pregrada
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)

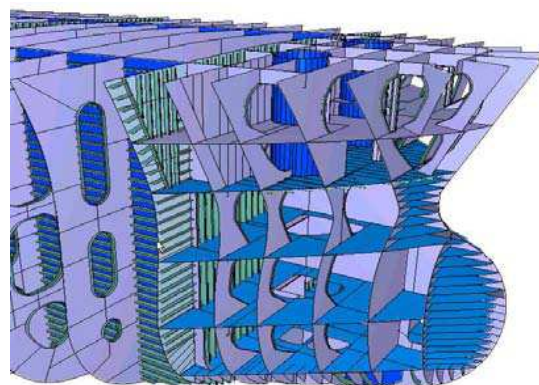
Sudarna pregrada

Od svih poprečnih pregrada sudarna pregrada se najčvršće gradi. Kao što joj ime kaže, ona služi da zadrži prodor vode ako se brod sudari s nekim objektom. Njezin je položaj na brodu određen

kao na slici . Ona nije ni odveć blizu pramčane statve ni odveć daleko od nje. Ako bi bila odveć blizu, mogla bi se pri sudaru razbiti, a ako bi bila odveć daleko pramac bi, zbog prodora vode, mnogo tonuo. Zato je Međunarodnom konvencijom za zaštitu ljudskog života na moru propisano da ona bude između 5 % dužine broda i 5 % + 3,05 [m] od prednjeg ruba pramčane statve na teretnoj vodnoj liniji. Na primjer, na brodu od 100 [m] ona treba da bude između 5 i 8,05 [m] udaljena od prednjeg ruba pramčane statve na TVL.



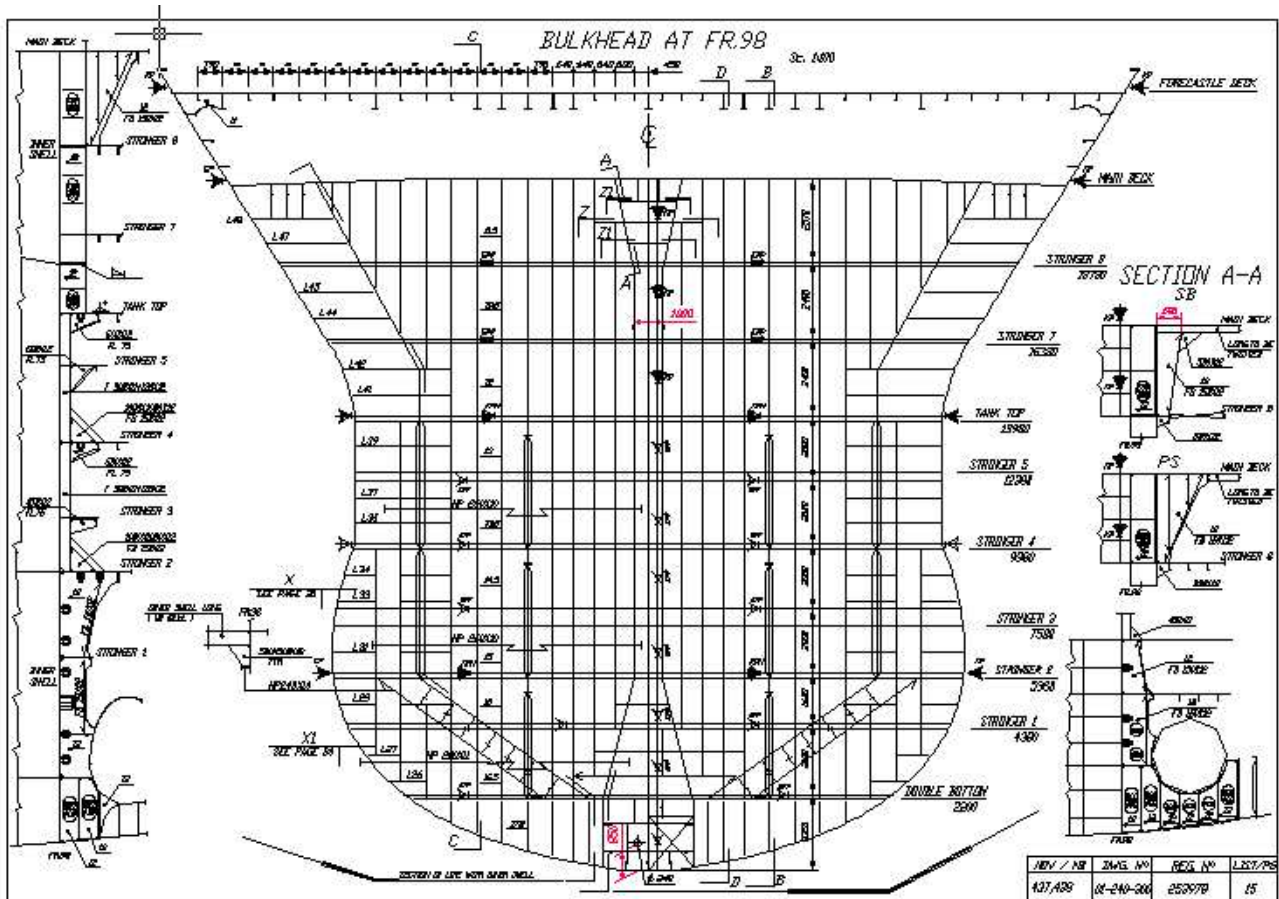
Sudarna pregrada broda fine forme
(kontejnerski brod)



Sudarna pregrada broda pune forme
(tanker)

Slika : Položaj sudarne pregrade
(Izvor: Lamb, T.: Ship Design and Construction Vol I,II, SNAME, New Jersey, 2004.)

Na slici dole, prikazan je nacrt sudarne pregrade.



Slika : Nacrt sudarne pregrade
(Izvor: Lamb, T.: Ship Design and Construction Vol I,II, SNAME, New Jersey, 2004.)



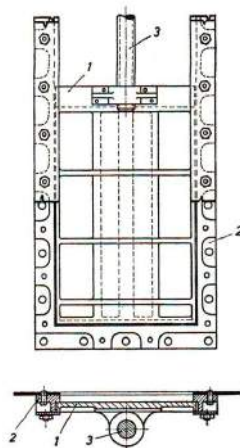
Slika : Pramčani dio
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)



Slika : Pramčani dio
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)

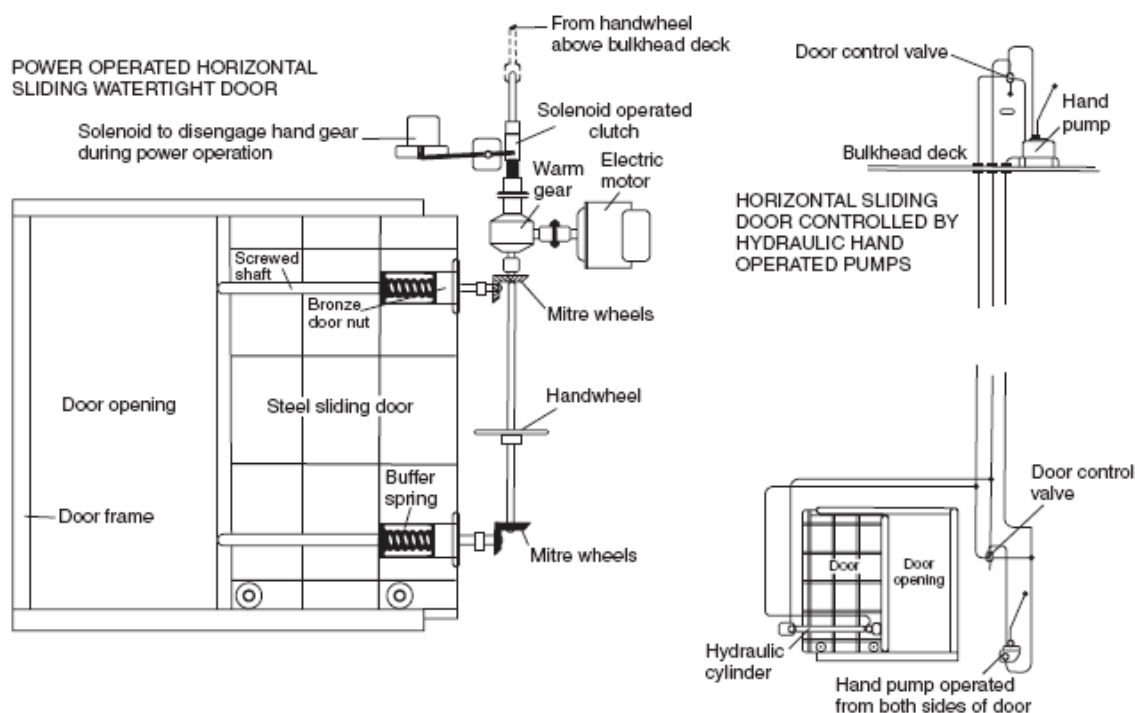
Nepropusna vrata

Pregrade redovno nemaju otvora, ali izuzetne okolnosti to katkad zahtijevaju, npr. za prolaz iz strojarnice u tunel, za saobraćaj između skladišta u međupalublju. Ako na pregradi treba načiniti otvor, on mora biti takav da se može nepropusno zatvoriti. Za tu svrhu služe nepropusna vrata. Međunarodna konvencija za zaštitu ljudskog života na moru propisuje njihovu konstrukciju i broj. Ta se vrata otvaraju na šarnire ili klizanjem. Vrata na šarnire istog su tipa kao što su vrata na bokovima broda. Klizna vrata mogu se otvarati horizontalno i vertikalno. Na teretnim brodovima ta su vrata na nepropusnoj pregradi strojarnice blizu ulaza u tunel. Na slici prikazan je tip takvih vrata s vertikalnim otvaranjem. Vrata su izrađena od lijevana čelika (1) ili limova i profila u zavarenoj konstrukciji. Ona klize u vodilicama (2) koje su pričvršćene vijcima za pregradu. Otvaraju se i zatvaraju okretanjem vijčane osovine (3) s povišenog mjesta u strojarnici.



Slika : Nepropusna vrata
(Izvor: Lamb, T.: Ship Design and Construction Vol I,II, SNAME, New Jersey, 2004.)

Postoji mogućnost upravljanja ručnom hidrauličnom pumpom, kao na slici



Slika : Nepropusna vrata s hidrauličkom pumpom

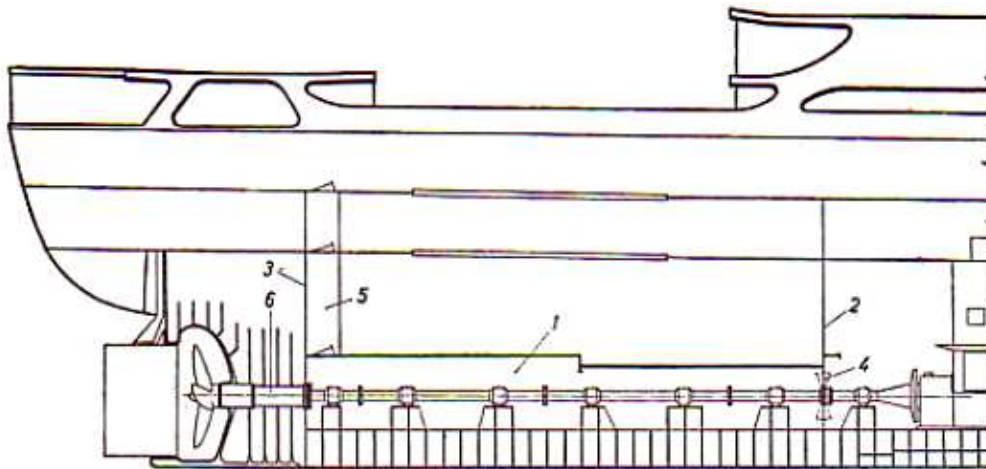
(Izvor: Lamb, T.: *Ship Design and Construction Vol I,II*, SNAME, New Jersey, 2004.)

Na putničkim brodovima nepropusna vrata kliznog tipa nalaze se i na ostalim nepropusnim pregradama. Ako je broj nepropusnih pregrada veći od pet, propisi Međunarodne konvencije za zaštitu ljudskog života na moru zahtijevaju da brod ima hidraulične ili električne uređaje pomoću kojih se sva vrata mogu istodobno zatvoriti ili otvoriti. Tim se uređajem rukuje sa zapovjedničkog mosta, gdje postoje optički signali o položaju vrata. Ujedno na pojedinim vratima ima i ručna naprava kojom se vrata mogu otvoriti s jedne ili s druge strane pregrade. Naime, propisi nalažu da nepropusna vrata za vrijeme vožnje budu zatvorena. Ako se u donjim prostorijama u času prodora vode nađu ljudi, ručna im naprava omogućuje, ako je to potrebno, da otvore nepropusna vrata i da uđu u susjednu prostoriju. Malo nakon toga vrata se automatski zatvaraju uz zvučni signal.

Pregrada statvene cijevi

Na brodovima koji imaju pogonski stroj u svome srednjem dijelu, osovina vijka mora prolaziti kroz prostor krmene skladišta. Stoga se osovina štiti posebnom konstrukcijom, tzv. tunelom. Taj tunel ide od stražnje pregrade strojarnice (2) do posljednje krmene pregrade (3). U tunel se ulazi iz strojarnice, gdje se nalaze nepropusna vrata (4). Veličina tunela mora biti takva da se u njemu može slobodno kretati jedan čovjek. U tunelu su ležajevi osovine, koje treba podmazivati i nadgledati. Osim glavne namjene tunel služi za postavljanje električnih kabela i cijevi za različite službe. U stražnjem je

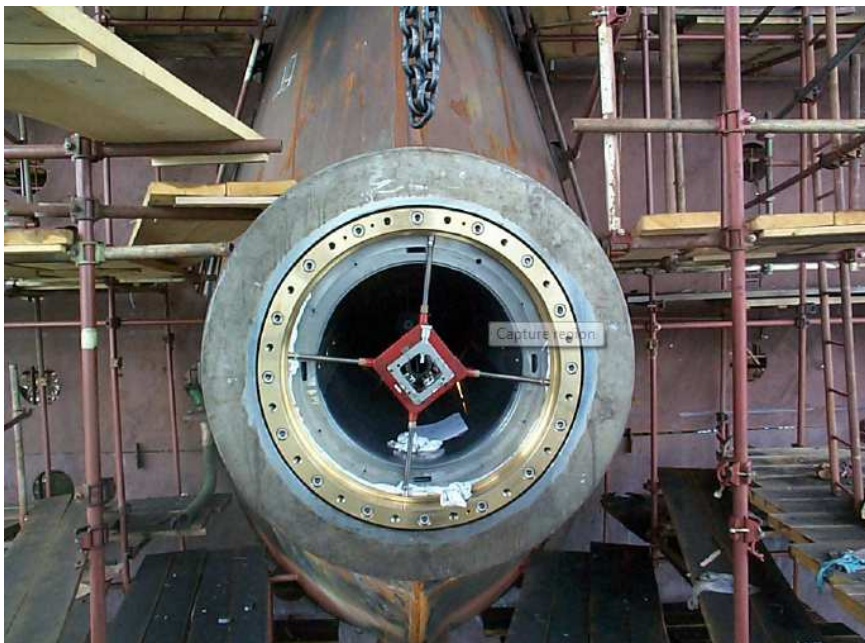
dijelu proširen radi smještaja rezervne osovine vijka. Na kraju tog prostora, pri krmenoj nepropusnoj pregradi (3), nalazi se prolaz za nuždu (5) koji istodobno služi i za ventilaciju.



Slika : Tunel dispozicija

(Izvor: Lamb, T.: Ship Design and Construction Vol I,II, SNAME, New Jersey, 2004.)

Krajnji ležajevi osovine vijka smješteni su u tzv. statvenoj cijevi (6) koja ide od krmene nepropusne pregrade do otvora na statvi vijka. Ležajevi u statvenoj cijevi izrađeni su od gujakovine, bijele kovine ili od tvrde rebraste gume. Tunel se pravi od poprečnih rebara i uzdužnih limova. Izrađuje se u zavarenoj konstrukciji i mora biti nepropustan da voda ne bi naplavila skladišta, ako bi se kroz statvenu cijev tunel napunio vodom, a isto tako da u tunel ne bi došla voda prodre li ona u skladište. Gornji je dio tunela zaobljen ili ravan. Zaobljena je konstrukcija jača, a po ravnoj se lakše hoda. Kako osovina vijka prolazi simetralom broda, tunel je pomaknut k jednom od bokova broda, ovime je osovina postavljena bliže jednoj stijenci tunela, dok je na drugoj strani ostavljeno više prostora kroz tunel.



Slika : Krmena statva i statvena cijev

(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)

4.15. Palube i otvori na palubama, spajanje i podveze, grotla, pražnice i linice

Palube

- glavna paluba je najviša paluba koja nepropusno zatvara trup broda (na njoj mogu biti samo otvori koji se mogu nepropusno zatvoriti)
- vodoravne stijenke trupa broda, koje u vojevima čine limovi palube.
- druge vodoravne stijenke: djelomične palube, pokrovi, krovovi, platforme.
- nepropusno zatvaraju trup broda po cijeloj izloženoj duljini i širini trupa
- mogu biti gornje nepropusne stijenke tankova.
- platforme i druge djelomične palube za smještaj opreme
- brodovi mogu imati jednu ili više paluba.
- oslanjaju se na potpalubne strukture ispod sebe, na bokove, uzdužne i poprečne pregrade broda.
- opločenje čine vojevi limova u uzdužnom smjeru usporedo sa simetralom broda.
- limovi između grotala i na krajevima broda se mogu položiti i poprijeko broda.
- vojevi palube uz bokove broda se nazivaju palubne proveze
- minimalna debljina oplata palube zadana propisima klasifikacijskih zavoda koji uzimaju u obzir lokalna opterećenja palube
- u debljinu palube se uračunava i dodatak za koroziju.



Slika : Paluba i teretni cjevovodi tankera
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)

Palube (eng.: decks)

Palube su vodoravne ljske, opne, stijenke trupa broda, koje u vojevima (eng.: strake) čine limovi palube. Osim paluba postoje i druge vodoravne stijenke:

- djelomične palube,
- krovovi,
- platforme.

Izložene palube nepropusno zatvaraju trup broda po cijeloj izloženoj duljini i širini trupa. Na palubama se smještaju putnici, teret i oprema. Palube mogu biti gornje nepropusne stijenke tankova. Platforme i druge djelomične palube služe za smještaj opreme, pomoćnih strojeva i radiona, te za razne spremlje, na

pr. u strojarnici ili pikovima. Brodovi mogu imati jednu ili više paluba. Palube se oslanjaju na potpalubne strukture ispod sebe, te na bokove, uzdužne i poprečne pregrade broda.

Vrste paluba

Gornja paluba (eng.: *upper deck*): najgornja paluba neprekinuta po cijeloj duljini broda.

Proračunska paluba, paluba čvrstoće (eng.: *strength deck*): paluba koja čini gornji pojas poprečnog presjeka trupa. To može biti najgornja neprekinuta paluba ili paluba srednjeg nadgrađa odgovarajuće duljine (preko 0.15L).

Pregradna paluba (eng.: *bulkhead deck*): najgornja paluba do koje se sežu nepropusne pregrade.

Paluba nadvođa, glavna paluba (eng.: *freebord deck, main deck*): paluba do koje se računa nadvođe, u skladu s Pravilima za nadvođe.

Izložene palube (eng.: *weather decks*): Izložene palube i dijelovi paluba izložene utjecaju mora.

Donje palube (eng.: *lower decks*): sve palube ispod gornje palube. Ako ima više donjih paluba, one se nazivaju: druga paluba, treća paluba itd., idući od gornje palube.

Palube nadgrađa (eng.: *superstructure decks*): paluba koja odozgo zatvara nadgrađe. Ako postoji više redova nadgrađa, one se nazivaju: paluba nadgrađa 1. reda, paluba nadgrađa 2. reda itd., računajući od gornje palube. Palube nadgrađa neposredno iznad najgornje neprekinute palube (eng.: *uppermost continuous deck*) se nazivaju paluba kaštela (eng.: *forecastle deck*), paluba mosta (eng.: *bridge deck*) i paluba krmice (eng.: *poop deck*).

Razmak među palubama

Razmak među palubama se mjeri na boku broda od donje do donje strane lima palube. Na teretnim i manjim putničkim brodovima, razmak između paluba iznosi 2.25 - 2.40 [m]. Na velikim putničkim brodovima je taj razmak obično 2.40 [m], a u salonima 2.70 - 3.30 [m]. Prostor među palubama se zove međupalublje (eng.: *tweendecks*). Na tankerima, brodovima za rasute terete i na brodovima za prijevoz spremnika u teretnim prostorima nisu uobičajene međupalube, tako da je položaj palube određen visinom broda.

Skok palube

Uzvoj palube u uzdužnom smjeru prema krmi i prema pramcu je skok. Skok palube na pramcu je 2 do 4 puta veći od skoka na krmi. Skok palube doprinosi boljoj pomorstvenosti broda, čvrstoći i izgledu trupa. Općenito na malim brodovima bez kaštela i krmice skok palube je važan i posebno velik, a kod jako velikih trgovačkih brodova sa velikim nadvođem nije bitan i može se izostaviti.

Preluk palube (eng.: *camber*)

Zaobljene palube u poprečnom smjeru je preluk. Preluk je na manjim brodovima obično visine oko 1/50 širine broda. Na većini brodova je preluk luk kružnice velikog promjera ili dio parabole. Na nekima je samo srednji dio preluka zakrivljen, a prema bokovima je pravac. Na većim brodovima, pretežito iz tehnoloških razloga, se umjesto preluka palube primjenjuju pregibi u sredini ili na dva mjesta (na srednjoj trećini širine) po širini broda. Stikovi limova palube moraju biti najmanje 300 [mm] udaljeni od pregiba. Preluk olakšava otjecanje naplavljenog mora i doprinosi čvrstoći palube.

Donje palube se općenito grade bez skoka i preluka. Skok i preluk olakšavaju otjecanje vode s palube. Skok doprinosi ljepšem izgledu i poboljšava svojstva pomorstvenosti. Preluk dodatno povećava otpornost na izvijanje. Palube mogu biti drvene, čelične i čelične obložene drvetom ili nekom drugom oblogom.

Opterećenja paluba

Izložene palube su lokalno opterećene izvana (eng.: *external loads*) okomito na svoju ravninu (eng.: *lateral loads*) uslijed dinamičkog djelovanja mora pri naplavljivanju mora na palubu (eng.: *green seas*). Palube koje čine nepropusne stjenke tankova su lokalno opterećene i iznutra (eng.: *internal*

loads) statičkim i dinamičkim tlakom okomito na svoju ravninu uslijed tekućeg tereta pri njihanjima broda. Palube na kojima se smješta teret lokalno opterećene su statičkim koncentriranim ili distribuiranim opterećenjima okomito na svoju ravninu uslijed tereta dodatno uvećanima za dinamička djelovanja pri gibanjima broda. Palube mogu biti opterećene ovješnim teretima s donje strane. Palube trpe i lokalna opterećenja u vlastitoj ravnini (*eng.: inplane load*) uslijed toga što se tlakovi sa bokova broda i drugih susjednih elemenata konstrukcije prenose na palube u poprečnom smislu. U slučaju tlačnih opterećenja palube mogu biti izložene lokalnom izvijanju (*eng.: plate buckling*). Donje palube brodova koji prevoze vozila opterećene su okomito na svoju ravninu kotačima na vozilima. Posebna su razmatranja potrebna za helikopterske palube. Slijetno poletna površina helikopterske palube se određuje prema potrebi za najveći helikopter za koji je paluba predviđena. Razmatraju se opterećenja za helikopter vezan na helikopterskoj palubi i za slučaj slijetanja helikoptera (sile na kotačima, jednoliko opterećenje po palubi i težina helikopterske palube).



Slika : Paluba

(Izvor: <http://en.wikipedia.org>)

Palube sudjeluju u uzdužnoj čvrstoću broda (*eng.: longitudinal strength*). Predstavljaju gornje pojaseve broskog trupa kao nosača (*eng.: global loads*). U slučaju globalnih tlačnih opterećenja, palube su izložene izvijanju (*eng.: plate buckling*). Najdjelotvornije su one palube koje su najudaljenije od neutralne osi poprečnog presjeka broskog trupa. Obično se najviša neprekinuta paluba do koje seže vanjska oplata naziva palubom čvrstoće (*eng.: strength deck*), koja zbog svojih dimenzija čini gornji pojas broskog trupa kao nosača. Paluba čvrstoće može biti i paluba nadgrađa koja se prostire unutar $0.4L$ sredine broda a duljina joj prelazi $0.15L$. Ako ima više takvih paluba nadgrađa, za palubu čvrstoće se uzima najviša.

Opločenje palube (*eng.: deck plating*)

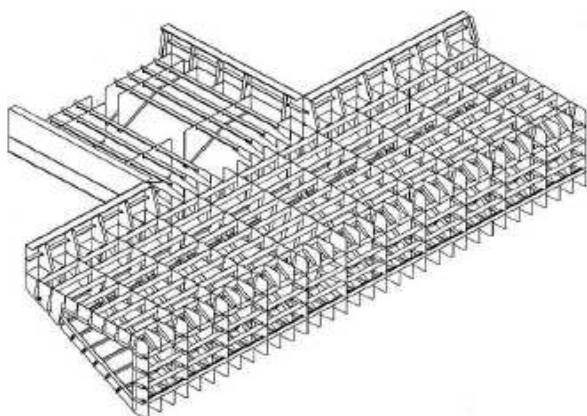
Opločenje čelične palube čine vojevi limova u uzdužnom smjeru usporedo sa simetralom broda. Uzdužne vojeve čine samo neprekinuti vojevi koji se protežu izvan linije glavnih otvora palube. Limovi između grotala i na krajevima broda se mogu položiti i poprijeko broda. Vojevi palube uz bokove broda se nazivaju palubne proveze (*eng.: deck stringer*).

Neprekinutost kod donjih paluba označava da se poprečne pregrade prekidaju a vojevi limova donjih paluba prolaze neprekinuto uzduž broda. Stikovi limova opločenja palube trebaju biti najmanje 300 [mm] udaljeni od spoja poprečne pregrade i palube.

Opločenje palube unutar linija otvora na palubi malo je djelotvorno u uzdužnoj čvrstoći broda jer se ne prostire cijelom duljinom broda, pa se dimenzionira prema lokalnim opterećenjima palube. Debljina palube treba da je takva da skupa s ostalim elementima uzdužne čvrstoće zadovolji uvjete za geometrijske karakteristike presjeka broskog trupa kao grede, ali je uz to minimalna debljina oplata palube zadana propisima klasifikacijskih zavoda koji uzimaju u obzir lokalna opterećenja palube. U debljinu palube se uračunava i dodatak za koroziju.

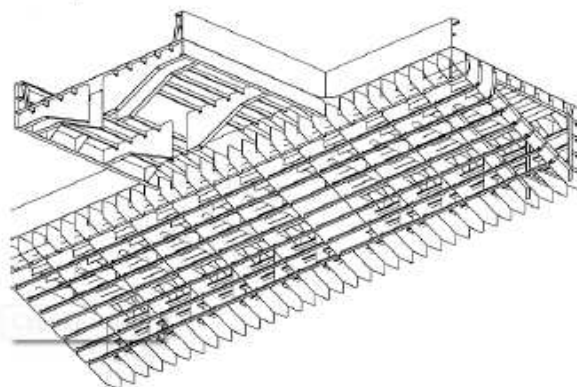
Debljina palubne proveze se mora povećati na debljinu bočne oplata, a širina treba da je jednaka širini završnog voja. Zavareni spoj palube čvrstoće i završnog voja se izvodi neprekinutim zavarom. Ako je debljina lima veća od 25 [mm] zahtijeva se potpuni provar.

a)



a) izvan područja grotala uzdužno

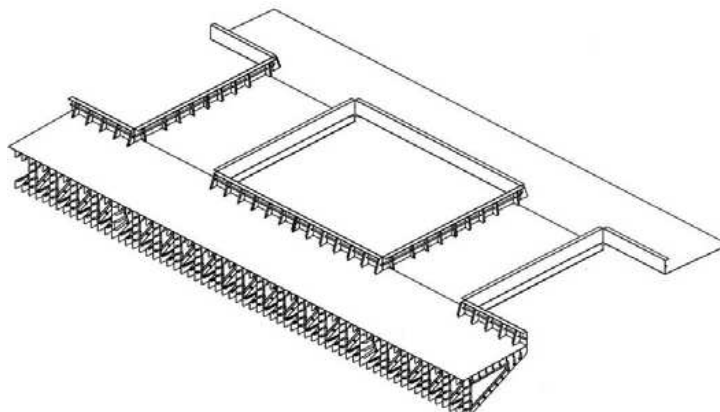
b)



b) unutar područja grotala poprečno

Otvori u opločenju palube (eng.: deck openings)

Veliki otvori predstavljaju opasnost za strukturu broda. Veliki broj oštećenja je ustanovljen u uglovima grotala ili u područjima nekoliko susjednih otvora na palubi. Lijek za ove probleme su radijusi zakrivljenosti limova u uglovima grotala, pojačanja sa udvostručenjima limova ili umetnutim pojačanjima u uglovima, te produženje uzdužnih praznica preko krajeva grotala, s postupnim smanjenjem dimenzija. Kod jako velikih otvora se treba koristiti čelik otporan na stvaranje pukotina i primijeniti bolja obrada rubova u cilju otklanjanja opasnosti od inicijalnih pukotina.



Slika : Otvori na palubi broda za rasute terete
(Izvor: Det Norske Veritas: *Strength Analysis of Hull Structures*, HØvik, Norway, 2004.)

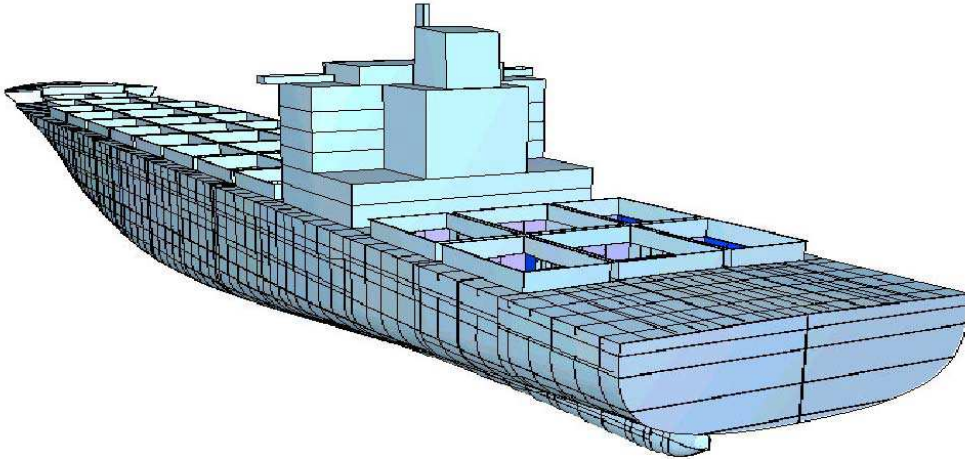
Svi otvori u palubi čvrstoće moraju biti izvedeni sa zaobljenim kutovima. Kružni otvori moraju imati ukrepljene rubove.

Grotla



Slika : Grotla s poklopcima broda za rasute terete i broda za prijevoz spremnika
(Izvor: Brodogradilište, Samsung Heavy Industries Co Ltd., S. Korea, 2008 god.)

- služe za ukrcaj i iskrcaj tereta
- prilagođena za što bolji smještaj, brži ukrcaj i iskrcaj tereta.
- kod trgovačkih brodova, grotla trebaju biti što je moguće veća, ili se postavljaju uporedna grotla u dva ili više redova.
- brodovi za opći teret imaju otvore na 40%-50% širine broda.
- brodovi za rasuti teret imaju otvore i preko 50% širine broda.
- kontejnerski brodovi mogu imati dva do tri reda otvora po skladištu, između 75%-80% širine broda, koji put i do 90% širine.
- otvori na palubama, diskontinuiteti u strukturi, oslabljenja paluba
- strukturni problemi sa uzdužnom čvrstoćom, s poprečnom čvrstoćom, s torzionom čvrstoćom, koncentracijama naprezanja, zamorom materijala i s kontinuitetom elemenata strukture.
- grotla po potrebi imaju uzdužne i poprečne praznice koje imaju ulogu u osiguravanju nepropusnosti i čvrstoće
- praznice grotala, moraju imati visinu iznad palube najmanje 450-600 mm
- otvori strojarnice i kotlovnice moraju biti dobro uokvireni i čvrsto ograđeni čeličnim grotlištem



Slika : Raspored grotala broda za prijevoz spremnika
(Izvor: <http://www.sormec.net/>)

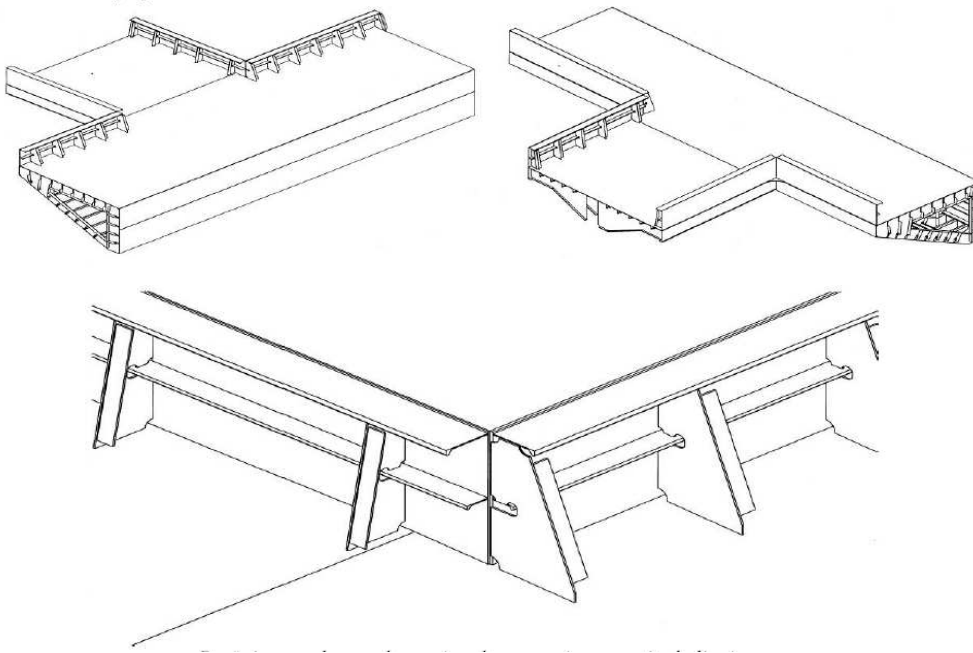


- **Opterećenja grotala**

Pražnice grotala na izloženim palubama su dinamički opterećene uslijed prelijevanja valova preko palube (eng.: wash of see), osobito poprečne pražnice. Uzdužne pražnice mogu sudjelovati u uzdužnoj čvrstoći broda. Poprečne pražnice su dio poprečnog okvira brodskog trupa na tom mjestu. Osim toga, uzdužne i poprečne pražnice su neposredno opterećene i uslijed vlastite težine poklopaca i tereta na poklopcima grotala, odnosno naplavljenog mora na izloženim palubama (eng.: green sea).

- **Konstrukcija grotala**

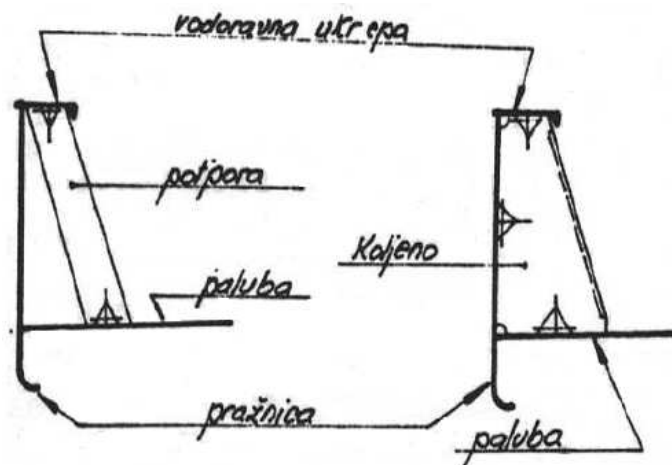
Grotla mogu biti konstruirana na razne načine, tj. njihova konstrukcija ovisi o vrsti i namjeni broda na kojemu se nalaze:



Slika : Pražnice grotla s vodoravnim ukrepama i potpornim koljenima
(Izvor: <http://www.sormec.net/>)

Pražnice grotala

Pražnice koje su više od 600 [mm] na svom gornjem kraju moraju biti učvršćene horizontalnom ukrepom. Pražnice preko 1.2 [m] visine trebaju imati još jednu horizontalnu ukrepu na sredini visine. Uzdužne pražnice grotala trebaju se poduprijeti koljenima. Osim toga, ako sudjeluju u uzdužnoj čvrstoći broskog trupa, moraju se osigurati protiv izvijanja, posebnim koljenima. Poprečne pražnice grotala koja su posebno izložene udarima valova na palubi, na pr. Kod brodova bez kaštela, trebaju biti građene kao i prednje stijenke palubnih kućica, i odgovarajući poduprte koljenima. Na brodovima koji prevoze teret i na palubama, npr. drvo, ugljen i sl., koljena trebaju bit na razmacima ne većim od 1.5 [m]. Pražnice se trebaju protezati do donjeg ruba potpalubog nosača, a s gornje strane trebaju imati pojas od odgovarajućeg profila. Spojevi pražnice i paluba te uglovi grotala se izvode pomno.



Slika : Pražnice na izloženim palubama manjih brodova
(Izvor: Hughes, O.F.: Ship structural design, SNAME, New Jersey, 1998.)

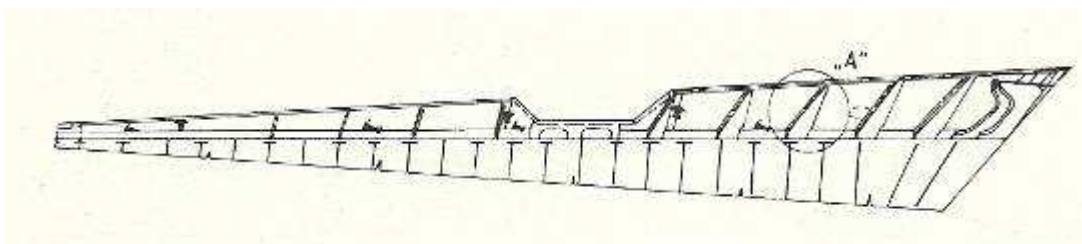
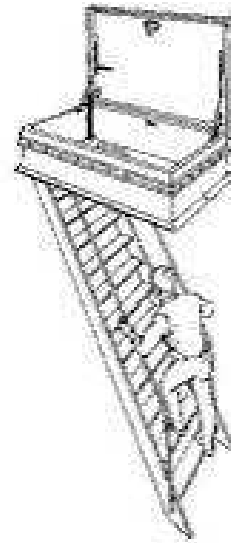
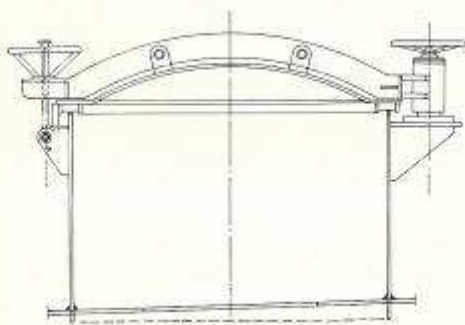
Ostali otvori na palubi, linica

Otvori na palubi

- ulazak u tankove dvodna
- smještaj pumpi tereta
- ulaz u gornje bočne tankove
- silaženje u skladište
- cjevovodi za teret
- prolazi odušnika, sondi, mjerača razine tekućina
- prolazi uređaja za pranje tankova
- prolazi za ventilaciju itd
- svi moraju biti nepropusni a poklopci dobro brtviti
- otvori na palubama nadgrađa ne moraju biti nepropusni

Linica

- štiti posadu, putnike, opremu i terete na izloženim palubama od prelijevanja mora i od klizanja uslijed gibanja broda na valovima, osobito zbog valjanja i posrtanja.
- najmanja dopuštena visina 1 m.
- zbog odljeva naplavljenog mora mora imati otvore za otjecanje vode sa palube
- oblikom prati formu broda



Opis poklopaca grotala i grotlenih sponja

Operacije s poklopcima grotala moraju biti brze i jednostavne zbog sigurnosnih i gospodarskih razloga. Poklopci se projektiraju za svaki brod, obično u specijaliziranim projektnim uredima, a pri tome je potrebno voditi računa o zahtijevanoj veličini otvora grotla, o visini pražnica iznad palube, o raspoloživom prostoru za slaganje, o opterećenjima poklopaca kao i o deformacijama pražnica grotala, što definira projektant broda. Poklopci se mogu izrađivati u brodogradilištima ali još češće u posebnim radionama ili firmama po narudžbi.

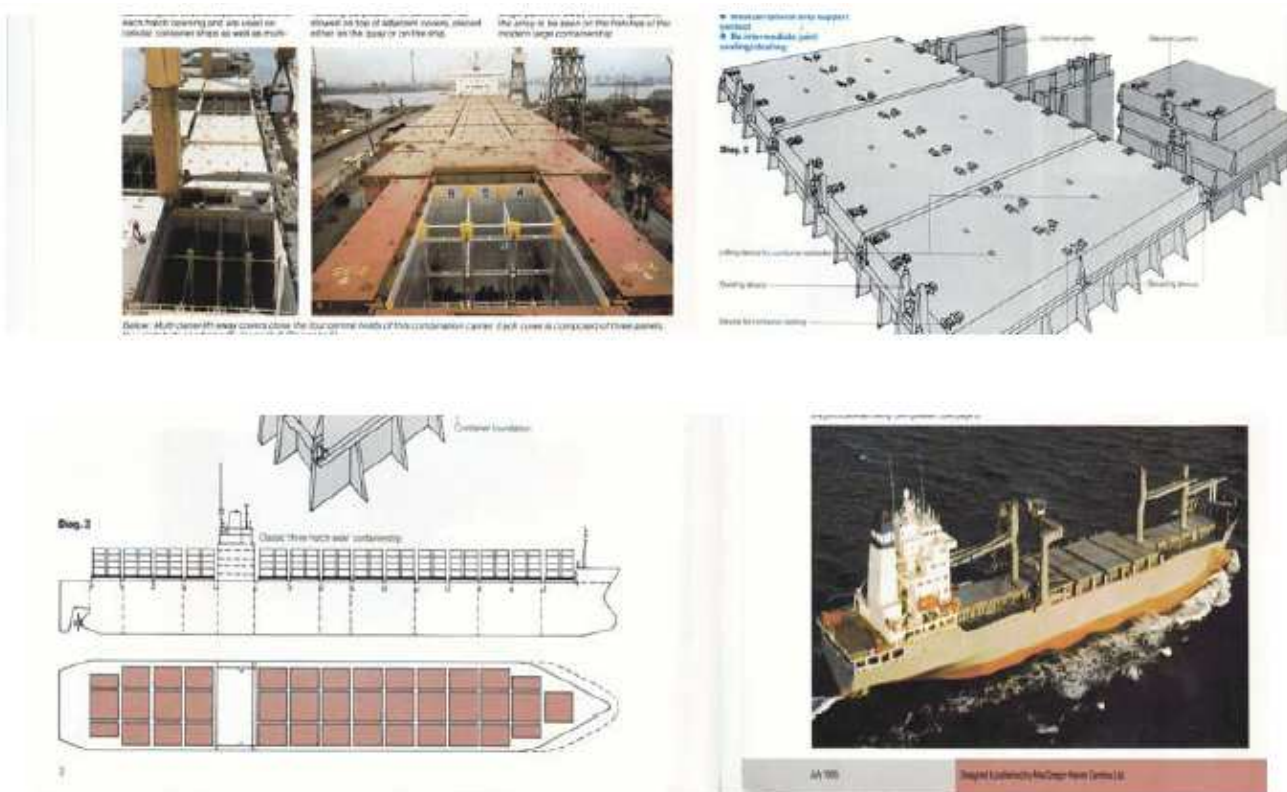
Dva su osnovna tipa poklopaca grotala:

- nepropusni poklopci na izloženim palubama koji se postavljaju na povišenim pražnicama,
- poklopci grotala u mađupalublju koji ne trebaju biti nepropusni a poželjno je da budu u ravnini s palubom na koju su postavljeni.

Poklopci se moraju projektirati u skladu s propisima o teretnim linijama i zahtjevima klasifikacijskih udruga. Kod brodova s malim grotlima koriste se grotlene sponje.

Grotlene sponje (pomične sponje, skidljive sponje) se mogu konstruirati na dva načina: kao klizne grotlene sponje (*eng.: sliding beams*) i pričvršćene sponje (*eng.: bolted beams*). Klizne sponje se pomiču u uzdužnom smjeru, a pričvršćene sponje se postavljaju u ležišta na uzdužnoj pražnici grotla. Najjednostavniji poklopci na manjim brodovima su nekada bili od ojačanih drvenih dasaka. Jednostavni poklopci su građeni i od jednog komada lima, šarnirima i/ili vijcima pričvršćeni za pražnice grotala. Potom su građeni poklopci u obliku čeličnih pontona, čiji su pojedini članci širine oko 1.2 [m], a dužine jednake širini grotla. Pontoni su dimenzionirani tako da pokrivaju grotlo bez dodatnih nosača. Nepropusnost poklopaca grotala se ranije pretežito osiguravala prekrivačima od impregniranog platna (*eng.: tarpaulin*).

Podizni čelični pontoni (*eng.: lift away weather deck hatch covers*), danas se na kontejnerskim brodovima i na velikim brodovima za rasute terete na izloženim palubama koriste veliki podizni čelični pontoni, koji se dizalicama s broda ili obale skidaju i postavljaju.

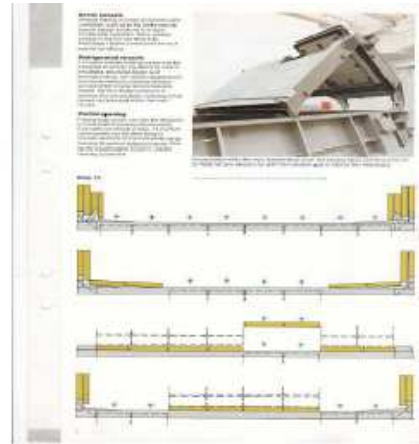
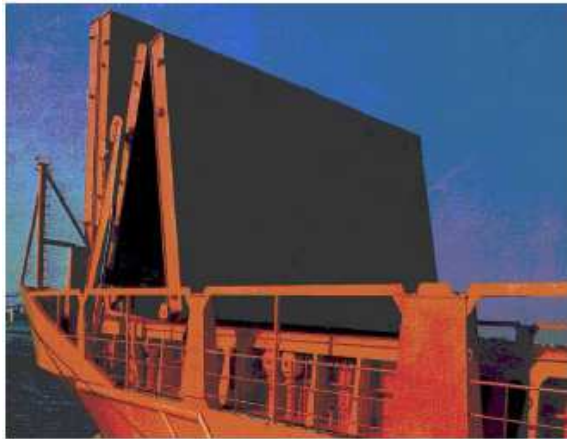


Slika : Podizni čelični pontoni
(Izvor: <http://www.sormec.net/>)

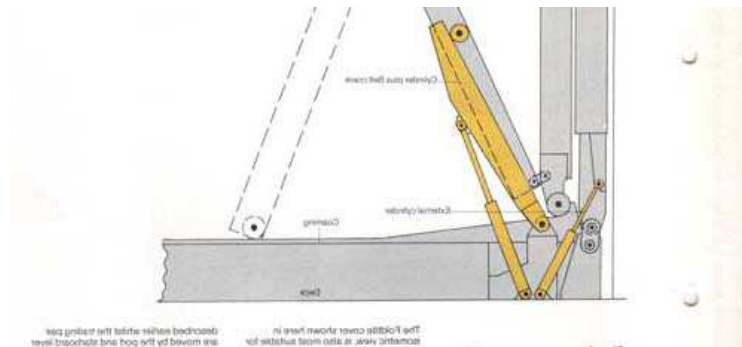
Jedinstveni podizni pontonski poklopci (*eng.: single panel covers*) pokrivaju cijelogrotlo, a brtvljenje je potrebno samona rubovima. Člankasti podizni pontonski poklopci (*eng.: multi panel covers*) se često ugrađuju na brodove za opće terete, kao i na brodove za teške terete, pogodni su za jako duga ili široka grotla, projektiraju se prema nosivosti raspoloživih dizalica koja su obično oko 30 [t], ali moraju imati dodatno brtvljenje među člancima. Podizni čelični pontonski poklopci se izvode otvorene (*eng.: open*) ili dvostijene (*eng.: double skin*) konstrukcije, a sa gornje strane moraju imati hvatišta za dizalice.

Sklapajući poklopci (*eng.: folding hatch covers*) se primjenjuju na brodovima za opći teret, na izloženim palubama (*eng.: weatherdeck hatch covers*) gdje se ovisno o raspoloživom prostoru mogu slagati na krajevima grotala u razini grotla (*eng.: high stowage type*) i u razini palube (*eng.: low stowage type*), kada su u uporabi dva poznata sustava: jednostruko potezanje (*eng.: single pull*) i zbijeno slaganje (*eng.: compact folding*). Sklapajući poklopci se primjenjuju i u međupalublju (*eng.: tweendeck hatch covers*), gdje su obično upušteni i u ravnini s palubom, da se bolje iskoristi prostor i olakša rad, npr. kod Ro- Ro brodova. Sklapajući poklopci se mogu sastojati od dva, tri, četiri ili više od četiri članka, ovisno o dužini grotla.

Brtvljenjem se osigurava nepropusnost na rubovima i između članaka. Upravljanje poklopcima je uz pomoć hidraulike ili užadima i lancima, a može biti u manjoj ili većoj mjeri automatizirano, lokalno ili daljinski upravljano. Gornje plohe poklopaca grotala mogu biti ravne, što je nužno za smještaj kontejnera na njima, ili mogu biti ispupčene tako da kod slaganja članci ulaze jedni u druge smanjujući prostor slaganja.

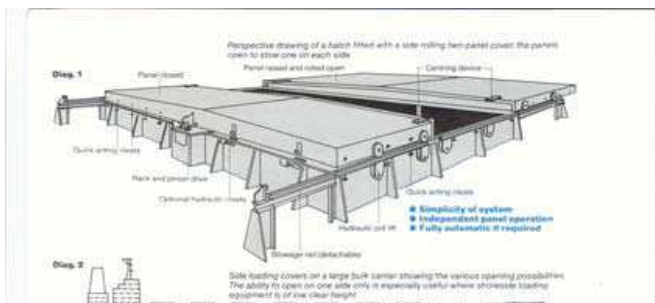


Slika : Sklapajući člankasti poklopci
(Izvor: <http://www.sormec.net/>)



Slika : Složivi člankasti poklopci
(Izvor: <http://www.sormec.net/>)

Postrano kližući (eng.: *side rolling hatch covers*) ili **uzdužno kližući poklopci grotala** (eng.: *end rolling hatch covers*), u otvorenom položaju zauzimaju veliki dio palube broda, i kao takvi se koriste uglavnom na brodovima za rasuti teret i brodovima za teške terete. Kližući poklopci se obično sastoje iz dva članka, koji se svaki kliže na svoju stranu, oslobađajući otvor grotla. Postrano kližući poklopci na izloženim palubama *side rolling hatch covers*.



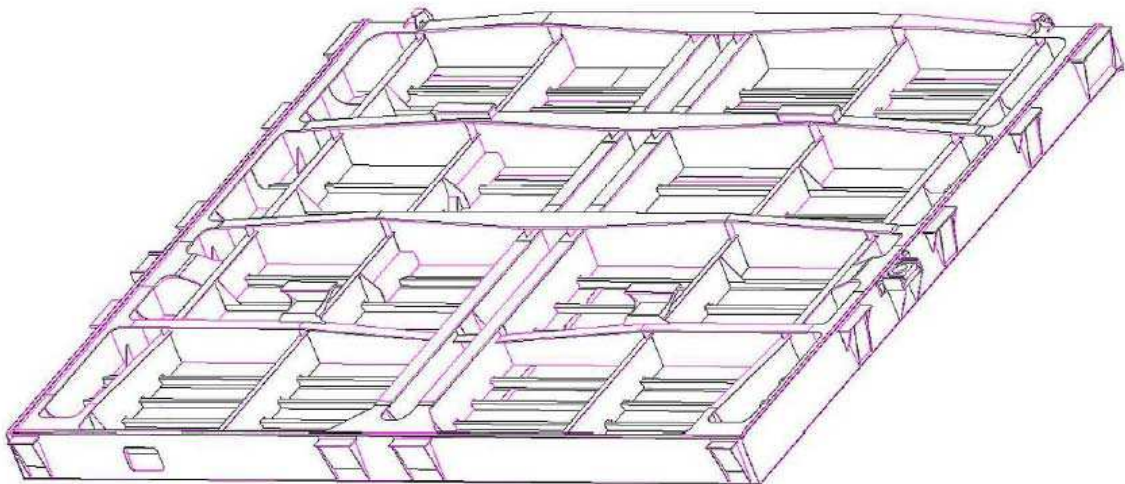
Slika : Postrano kližući poklopci
(Izvor: <http://www.sormec.net/>)

Opterećenja poklopaca grotala

Poklopci grotala bivaju statički i dinamički opterećeni okomito na svoju ravninu od tlakova naplavljene vode ili tereta na njima, koncentriranim silama tereta i opreme, te uslijed deformacija trupa koje preko pražnica djeluju na poklopce.



Slika : Opterećenja poklopaca uslijed prelijevanja mora i uslijed tereta na palubi
(Izvor: <http://en.wikipedia.org>)



Slika : Konstrukcija jednostavnog poklopca grotla
(Izvor: <http://www.sormec.net/>)

Grotlene sponje (eng.: hatchway beams)

Sponje grotala mogu biti klizne izvedbe ili izvedbe s vijcima. Klizne sponje imaju mogućnost pomicanja uzduž grotla. Pomične sponje moraju biti na pogodan način učvršćene na svojim mjestima uzduž grotla i ne smiju ispdati iz grotala.. Vijci za učvršćivanje ne smiju imati promjer manji od 22 [mm].

Poklopci grotala (eng.: hatch covers)

Za poklopce grotala skladišta za opći teret, debljina opločenja ne treba biti manja od:

$$t = 10 a \text{ [mm]}, t_{min} = 6.0 \text{ [mm]}$$

Debljina donjeg opločenja kutijastih i pontonskih poklopaca grotala ne treba biti manja od:

$$t = 8 a \text{ [mm]}, t_{min} = 6.0 \text{ [mm]}$$

gdje je:

a - razmak ukrepa [m].

Debljina opločenja mora biti provjerena na izvijanje. Poklopci grotala prostora predviđenih za prijevoz tekućine se podvrgavaju provjeri opterećenja tankova.



Slika :Poprečna i uzdužna pražnica teretnog grotla
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)

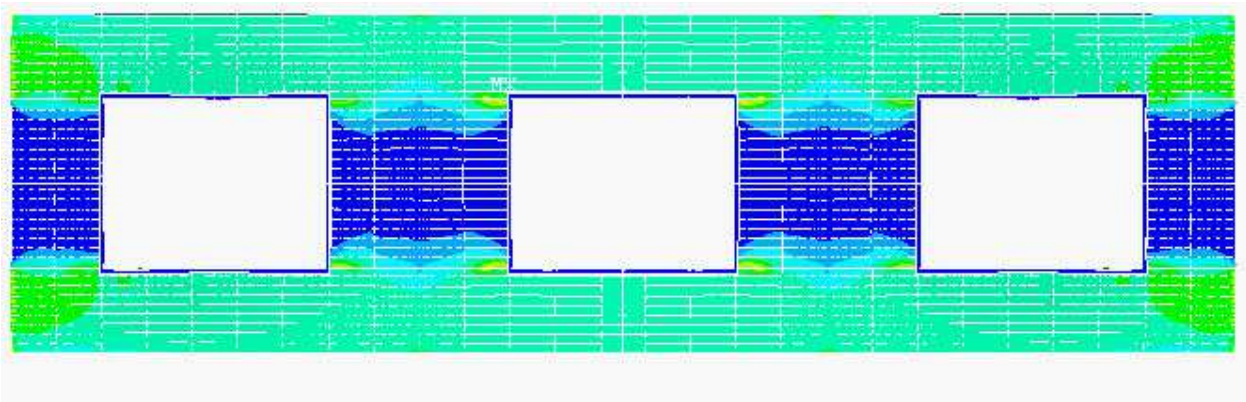
Koncentracije naprezanja na palubnim otvorima

Naprezanja paluba

- djelovanje mora pri naplavlivanju
- djelovanje tekućeg tereta pri njihanjima broda.
- smještaj tereta
- lokalna opterećenja drugih elemenata konstrukcije koja se prenose na palube u poprečnom smislu.

Naprezanja na palubnim otvorima

- Veliki otvori predstavljaju opasnost za strukturu broda.
- Veliki broj oštećenja je u uglovima grotala ili u područjima nekoliko susjednih otvora na palubi. → radijusi zakrivljenosti limova u uglovima grotala, pojačanja sa udvostručenjima limova ili umetnutim pojačanjima u uglovima, te produženje uzdužnih pražnica preko krajeva grotala, s potpunim smanjenjem dimenzija.
- Kod jako velikih otvora se treba koristiti čelik otporan na stvaranje pukotina i primjeniti bolja obrada rubova u cilju otklanjanja opasnosti od inicijalnih pukotina.
- Pražnice grotala na izloženim palubama su dinamički opterećene uslijed prelijevanja valova preko palube osobito poprečne pražnice.
- uzdužne i poprečne pražnice su neposredno opterećene i uslijed vlastite težine poklopaca i tereta na poklopcima grotala, odnosno naplavljenog mora na izloženim palubama



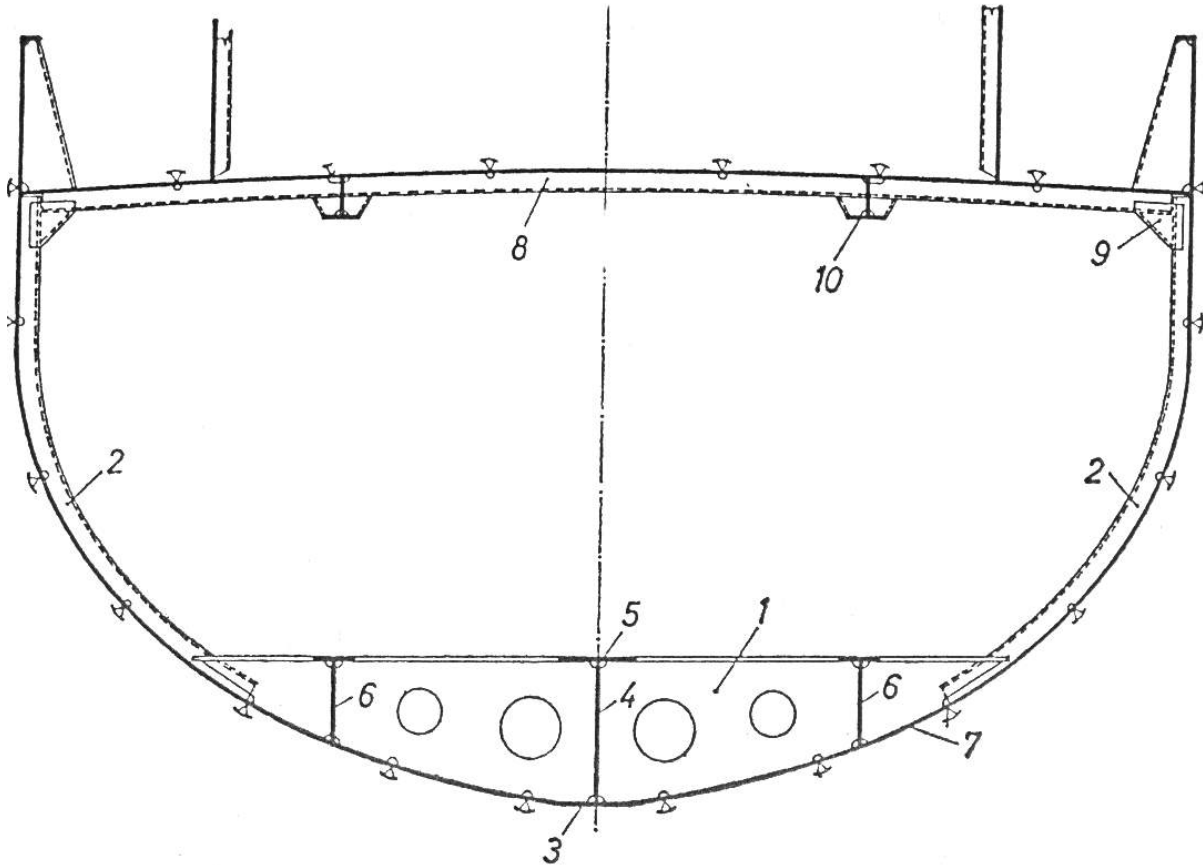
Slika: Prikaz naprezanja na palubnim otvorima

4.16. Konstrukcija strojarnice, dvodno strojarnice

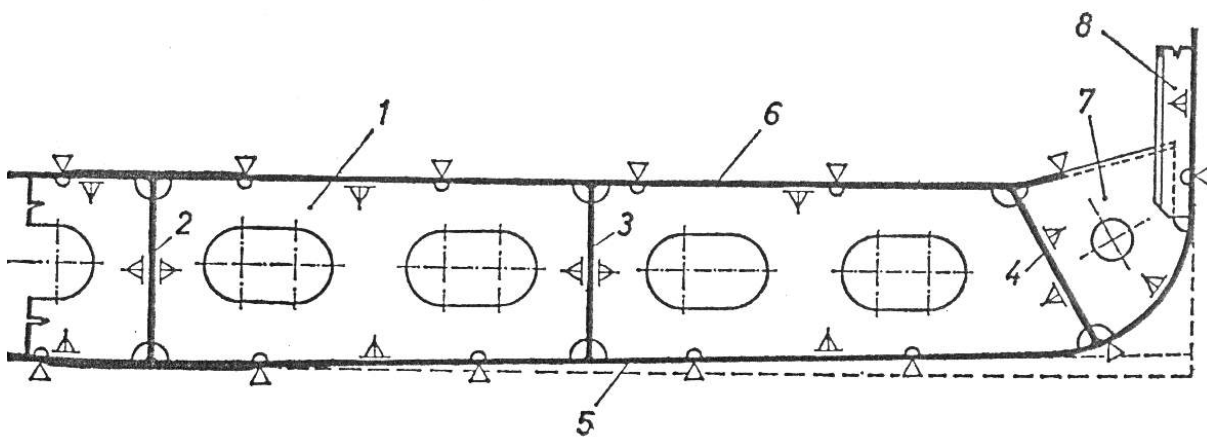


Slika : Prikaz strojarnice na novogradnji
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)

DNO I DVODNO BRODA



JEDNOSTRUKO DNO: 1.rebrenica, 2.rebra, 3.uzdužna kobilica, 4.hrptenica, 5.pojas hrptenice, 6.bočno pasmo, 7.oplata dna, 8.sponja, 9.koljeno, 10.podveza



DVODNO : 1.rebrenica, 2.hrptenica, 3.bočna hrptenica, 4.rubna ploča, 5.vanjsko dno, 6.unutrašnje dno, 7.uzvojno koljeno, 8.rebro

4.17. Strukturni i nestrukturni tankovi, platforme

Struktura tankova (eng.:tank structures)

Tankovi koji su sastavni dio strukture brodskog trupa označavaju se strukturnim tankovima jer sudjeluju svojim dijelovima u čvrstoći brodskog trupa. Svi strukturni tankovi tvore nepropusne prostore koji mogu primati tekućinu. Strukturni tankovi su smješteni između bokova, poprečnih pregrada i uzdužnih pregrada, u dvodnu ili iznad dvodna, te u dvoboku i u pikovima broda. Svaki tank mora imati odušnike, preljeve i cijevi za sondiranje (eng.: air, overflow and sounding pipes), o čemu se vodi računa u dijelu pravila za cjevovode.



Slika : Radovi u tanku za vrijeme građenja broda
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)

Tankovi namijenjeni za djelomično krcanje koji se protežu od boka do boka broda, moraju imati najmanje jednu uzdužnu pregradu koja može biti i pljuskača

Duboki tankovi (eng.:deep tanks)

U duboke tankove se smješta gorivo, voda i razna ulja, moguće i balast. Kada su napunjeni, povećavaju visinu težišta broda, čineći brod ugodnijim u plovidbi po lošem moru. Duboki tankovi se obično smještaju uz bokove broda. Nosivi strukturni elementi tankova se po mogućnosti postavljaju s vanjske strane tankova, da bi se olakšalo čišćenje unutar tankova. Obično se smještaju u sredini broda, uz pregrade strojarnice, ali se mogu nalaziti i bliže krajevima broda, kada su učinkovitiji kod trimovanja. Duboki tankovi mogu imati i svoje grotlo, kada se može u njima prevoziti teret u vrijeme kada ne služe balastiranju. Inače poklopci provlaka moraju imati nepropusne brtve. Ako se duboki tankovi koriste kao tovarni prostor, u njima se najčešće smještaju biljna ulja. Konstrukcija bočnih tankova na brodovima za prijevoz spremnika se može izvesti na dva načina: prvi način je da bočni tank završava na donjem kraju na pokrovu dvodna, a drugi način je da bočni tank na donjem kraju dopire do oplata uzvoja. Tankovi namijenjeni za djelomično krcanje tekućine koji se protežu od boka do boka, moraju imati najmanje jednu uzdužnu pregradu koja može biti i pljuskača. Bočni tankovi brodova za rasuti teret na donjem kraju završavaju na uzvojnemu tanku (eng.: lower wing tanks, hopper tanks), a na gornjem dijelu s potpalubnim bočnim tankom (eng.: upper wing tanks, topside tanks). U

strukturi bočnih potpalubnih tankova treba primijeniti uzdužni sistem ukrepljenja. U strukturi bočnih tankova su primijenjeni vodoravni i uspravni elementi od limova s provlakama, tako da je prostor uzvojnih, bočnih i potpalubnih tankova jedinstven. U uzdužnom smjeru bočni tankovi završavaju na poprečnim pregradama.



Slika: Tank tereta
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)

Pregradak (eng.:cofferdam)

Tankovi goriva moraju pregradkom biti odijeljeni od tankova ulja za podmazivanje, ulja hidraulike, biljnih ulja, napojne vode, kondenzata i pitke vode. U poprečnom smislu, pregradci su obično prostori koji se prostiru jedan razmak rebara.

Opločenje tanka

Najmanja debljina u tankovima goriva, ulja za podmazivanje i tankovima pitke vode ne treba biti veća od 7.5 [mm]. Najmanja debljina tmin u balastnim tankovima ne treba biti veća od 9.0 [mm].



Slika : Nosači i ukrepe u tankovima
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)

Momenti otpora horizontalnih ukrepa u strukturama tankova, koje sudjeluju u uzdužnoj čvrstoći određuju se prema zahtjevima za uzdužnu čvrstoću. Dimenzije sponja i poprečnih okvira palube koje se nalaze u tankovima moraju biti u skladu sa zahtjevima za potpalubne strukture. Za bočna rebra u tankovima vrijede zahtjevi za orebrenje. Ukrepe pregrada tankova se spajaju s okolnom strukturom koljenima prema zahtjevima za vezne strukture. Koljena se moraju postaviti ako je duljina ukrepa veća od 2 [m]. Koljena ukrepa se protežu do slijedeće sponje, ili rebrenice ili rebra ili se na neki drugi način trebaju poduprijeti na drugom kraju.

Nestrukturni tankovi (eng.: detached tanks)

Nestrukturni tankovi goriva ne smiju biti unutar skladišta tereta. Ako se takva izvedba ne može izbjeći mora se osigurati da istjecanje goriva ne ošteti teret. Oprema i cjevovodi u nestrukturnim tankovima moraju biti zaštićeni od oštećenja, a na vanjskoj strani tanka mora se ugraditi žlijeb za odvođenje istekle tekućine. Nestrukturni tankovi moraju biti osigurani od sila koje nastaju uslijed gibanja broda.

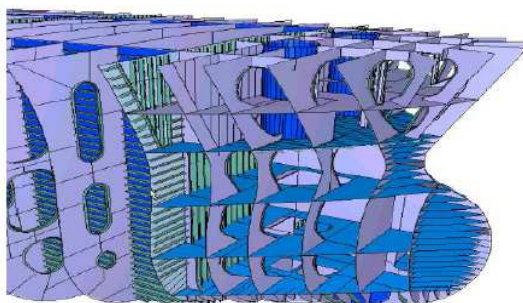
Tankovi velike duljine ili širine (eng.: tanks with large length or breadth)

Za tankove duljine veće od $0.1 L$, ili širine veće od $0.6 B$ predviđene za djelomično krcanje, potrebno je provjeriti mogućnost pojave rezonancije između gibanja broda i gibanja tekućine u tanku. Kritična visina punjenja se zabranjuje zbog mogućnosti rezonancije. Testiranje tankova goriva, balasta, napojne vode, pitke vode, kao i protuljuljnih tankova, izvodi se stlačenim zrakom i vodom. Tlak zraka pri ispitivanju treba biti 0.2 [bar]. Testiranje zrakom tankova kojima je jedna stjenka oplata, mora se obaviti prije porinuća. Ostali tankovi se mogu testirati nakon porinuća. Ako tankovi nisu testirani zrakom nego samo vodom, pregrade se općenito testiraju s jedne strane. Testiranje treba obaviti prije porinuća, ili u doku. Uz odobrenje Registra testiranje se može obaviti i nakon porinuća.

4.18. Konstrukcija krmenog i pramčanog pika

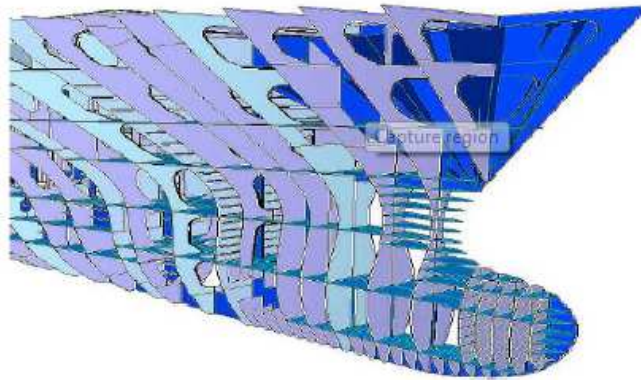
Pramčani pik

Pramčani pik je sudarni prostor na prednjoj strani broda. Koristi se u balastiranju broda. Ako je prostor pramčanog pika predviđen za krcanje balasta, a njegova širina prelazi $0.5 B$ ili 6 [m], mora se postaviti najmanje jedna puna ili djelomična pljuskača. Širina slobodne površine tekućine ni u kojem slučaju ne treba prelaziti $0.3 B$. Tankovi pramčanog pika, ako im je duljina veća od $0.06 L$ ili 6 [m], moraju imati i poprečnu pljuskaču. U tank pramčanog pika, kao i u bilo kojemu tanku ispred sudarne pregrade, ne smije se krcati nafta.

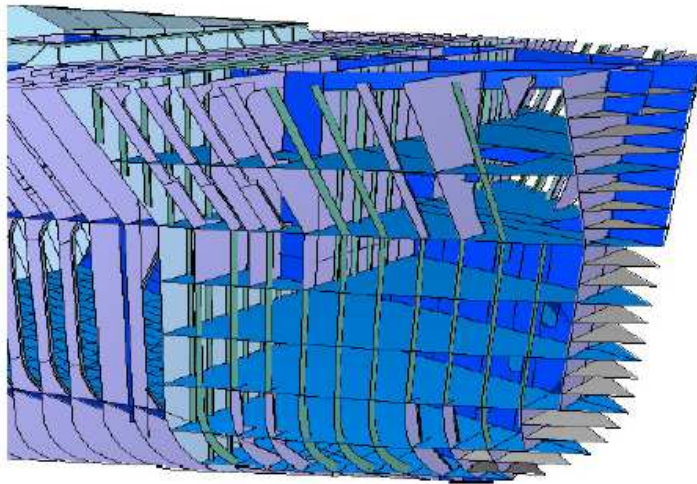


Slika: Pramčani peak tankera

(Izvor: Lamb, T.: Ship Design and Construction Vol I,II, SNAME, New Jersey, 2004.)



Slika: Pramčani peak kontejnerskog broda
(Izvor: Lamb, T.: Ship Design and Construction Vol I,II, SNAME, New Jersey, 2004.)



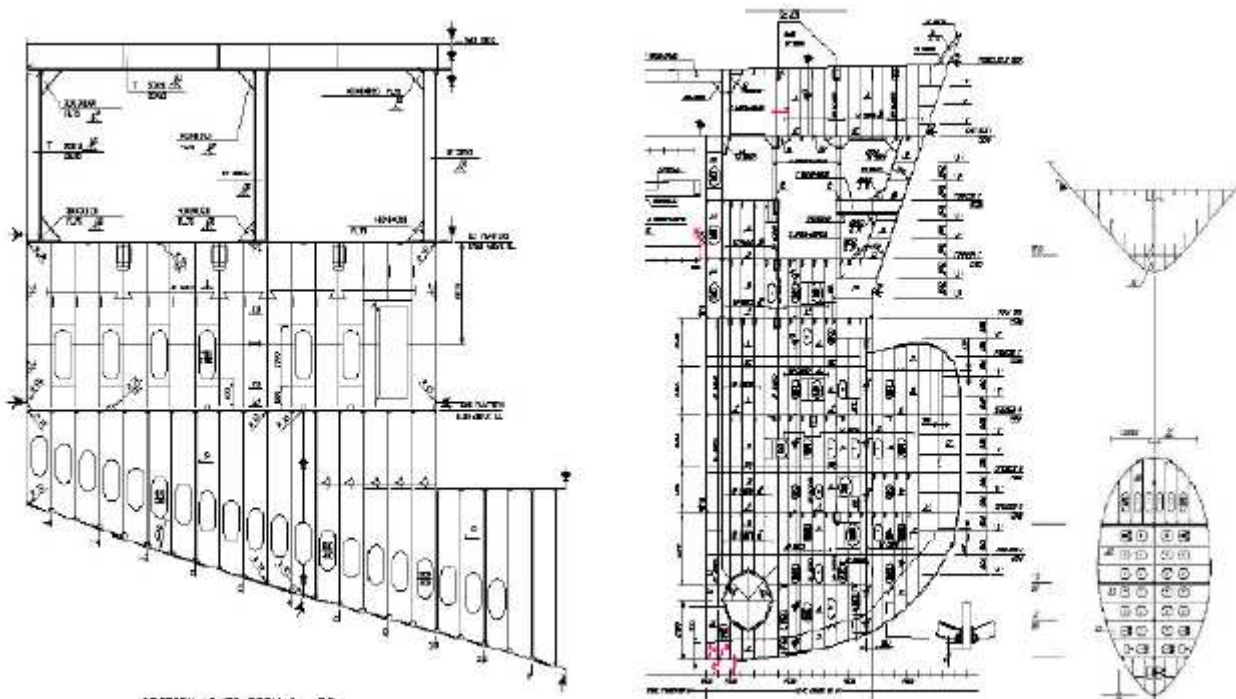
Slika: Pramčani peak broda za rasute tereta
(Izvor: Lamb, T.: Ship Design and Construction Vol I,II, SNAME, New Jersey, 2004.)



Slika: Peak broda u gradnji u radioni
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)

Pljuskače (eng.: swash bulkheads)

Ukupna površina otvora na pljuskači ne smije biti manja od 5 % niti treba biti veća od 10 % površine pljuskače. Debljina pljuskače je općenito jednaka najmanjoj debljini pregrada. Moment otpora ukrepa i nosača ne smije biti manja od W1 za pregrade, s tim da se za 182 opterećenje uzima pd. Za opterećene dijelove pljuskače može se tražiti pojačanje. Slobodni kraj pljuskače se mora odgovarajuće ukrijepiti.



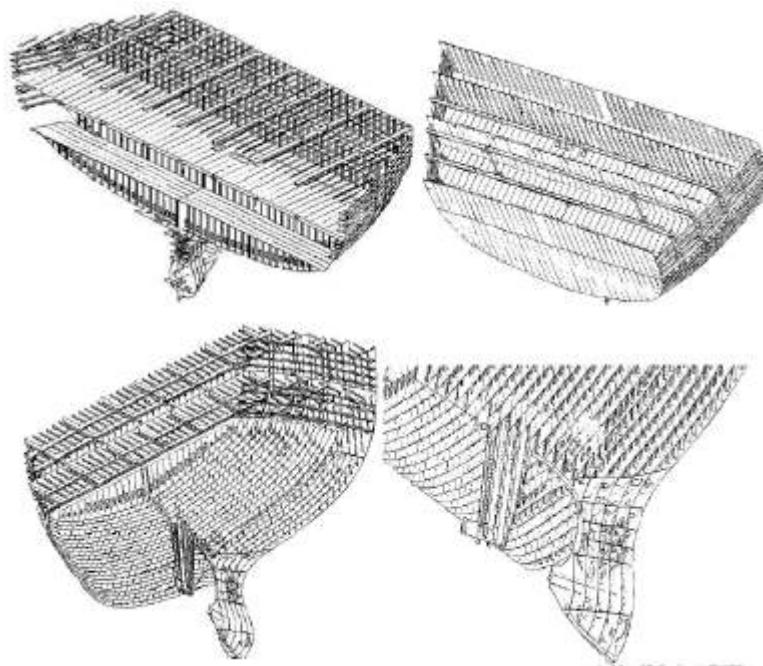
Slika : Pljuskače u krmenom i pramčanom peaku
(Izvor: Lamb, T.: Ship Design and Construction Vol I,II, SNAME, New Jersey, 2004.)

Krmeni pik (eng.: after peak tank)

Krmeni pik je sudarni prostor na stražnjoj strani broda. Koristi se u balastiranju broda. Tankovi krmenog pika, ako im je duljina veća od 0.06 L ili 6 [m], moraju imati poprečnu pljuskaču.



Slika : Pogled na krmeni peak u gradnji
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)



Slika: Pogledi na konstrukciju krmenog peak-a
(Izvor: Lamb, T.: Ship Design and Construction Vol I,II, SNAME, New Jersey, 2004.)

4.19. Nadgrade, palubne kućice, kaštel i kasar



Slika: Nadgrađe

→ *nadgrađe broda*

→ *dio konstrukcije koji se izdiže iznad glavne palube;*

→ *kod većine teretnih brodova je na krmi;*

→ *najčešće su u njemu nastambe i upravljački dio (zapovjedni most);*

- često iznad strojarnice;
- manja opasnost u slučaju da dođe do prodora vode
- kiša, gašenje požara, eventualno valovi
- oštećenja uglavnom ne uzrokuju potonuće.

U funkcionalnom smislu, **nadgrađa i palubne kućice** predstavljaju dopunske prostore na brodu za nastambe, spreme i upravljanje brodom, koji na svojim stjenkama mogu imati vrata, okna, prolaze i slične otvore. Osim toga, nadgrađa predstavljaju rezervnu istisninu, što povećava sigurnost, a nadgrađa na pramcu i krmu poboljšavaju sposobnost plovidbe. Dijelovi nadgrađa na srednjem dijelu broda mogu sudjelovati u uzdužnoj čvrstoći trupa.

Nadgradnja na pramcu broda se zove **kaštel** (eng.: forecastel), nadgradnja na sredini broda ili nadgradnja pri krmu za smještaj posade se zove **most** (eng.: bridge), a nadgradnja na krmu broda se zove **krmica ili kasar** (eng.: poop).

Slobodni prostori između dva nadgrađa zovu se **zdenci**.

Palubne kućice koriste smještaju razne spreme, razdjelnih ormarića, uklopnih ploča itd. Na krovovima palubnih kućica smještaju se teretna vitla i druga palubna oprema. Često se nalaze između grotala. U veće kućice se može smjestiti brodska praonica ili brodski ured.



Slika : Kormilarnica
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)



Slika : Kaštel (Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)



Slika : Most broda
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)

Kućice palubnih silaza (eng.: companionway) na izloženim palubama, moraju biti od čelika, sa pražnicama visine ne manje od 600 [mm] na jako izloženim mjestima i ne manje od 380 [mm] na manje izloženim mjestima.

Međunarodne norme za nadgrađa

Nadgrađe je struktura natkrivena palubom, iznad palube nadvođa, koja se prostire od boka do boka broda, ili struktura čije izložene bočne stjenke nisu udaljene od oplata boka broda za više od 4% širine broda.

Odvojena nadgrađa mogu biti poredana u jedan ili više redova. Palubna kućica je struktura natkrivena palubom, iznad palube čvrstoće, čije su izložene bočne stjenke udaljene od oplata boka broda za više od 4% širine broda. Duga palubna kućica je kućica čija duljina prelazi $0.2L$ ili 12 [m], unutar $0.4L$ sredine broda. Problemi čvrstoće dugih kućica se moraju posebno razmatrati. Nadgrađa koja se nalaze u području $0.4L$ na sredini broda a duljine su veće od $0.15L$ smatraju se nosivima u pogledu uzdužne čvrstoće. Opločenje bočnih stijena nadgrađa se tretira kao oplata. Nadgrađa koja se ne nalaze u području $0.4L$ na sredini broda a duljine su manje od $0.15L$ odnosno od 12 [m], smatraju se ne nosivima u pogledu uzdužne čvrstoće. Kratka palubna kućica je kućica koja ne udovoljava uvjetima za dugu palubnu kućicu. Svi pristupni otvori na krajnjim stjenkama zatvorenih nadgrađa trebaju biti osigurana nepropusnim vratima, iste čvrstoće kao i sama stjenka. Vrata se trebaju otvarati i zatvarati s obje strane stjenke. Visina pražnica treba biti u suglasju sa Međunarodnom konvencijom o teretnim linijama LLC66. Svi otvori na palubama nadgrađa ili palubnih kućica, neposredno iznad palube nadvođa trebaju biti zaštićeni nepropusnim poklopcima.



Slika : Silazi i otvori na palubama nadgrađa
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)



Slika : Vrata na nadgrađima i silazima
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)

U uzdužnom smislu, nadgrađa ne moraju pratiti skok palube, nego mogu imati i ravne palube i palube u obliku slomljenog pravca. U oba slučaja se ne može zadržati stalna visina nadgrađa po duljini. U poprečnom smislu, palube nadgrađa obično imaju oblike sastavljene od pravaca prema boku i kružnih lukova ili pravaca na sredini broda. Krovovi palubnih kućica su obično simetrično skošeni. Na nadgrađa i palubne kućice djeluju statička i dinamička opterećenja, lokalno i globalno, u uzdužnom i poprečnom smjeru. Statička su opterećena uslijed težina opreme na palubama nadgrađa. Nadgrađa i palubne kućice su neposredno opterećene dinamičkim djelovanjima na vanjske stjenke, osobito one prednje, uslijed udara mora i vjetra.



Slika : Opterećenja nadgrađa uslijed valova
(Izvor: <http://en.wikipedia.org>)

Nadgrađa i palubne kućice trpe dinamička opterećenja zbog ubrzanja uslijed gibanja broda na valovima, osobito uslijed klimanja u poprečnom smjeru (eng.:racking). Posredno su nadgrađa i palubne kućice opterećene uslijed sudjelovanja u uzdužnoj čvrstoći broskog trupa kao nosača. Na krajevima nadgrađa dolazi do promjena poprečnog presjeka, što je promjena u uzdužnoj čvrstoći, ali i razlog za pojave koncentracije naprezanja na mjestima nagle promjene presjeka. Svi prijelazi se moraju izvesti postupno, po mogućnosti zaobljeno. Promjenljiva opterećenja kao posljedica gibanja

broda na valovima, mogu dovesti do oštećenja: tlačna opterećenja obično izazivaju deformacije, a vlačna opterećenja mogu dovesti do pucanja.

Prikaz nadgrađa u prostoru strojarnice

U strukturnom pogledu, nadgrađa predstavljaju diskontinuitete strukture broda kao nosača. Doprinos nadgrađa uzdužnoj čvrstoći ovisi o njihovoj duljini i području prostiranja. Nadgrađa koja se nalaze u području $0.4L$ na sredini broda, a duljine su veće od $0.15L$, smatraju se nosivim dijelom u pogledu uzdužne čvrstoće (eng.: effective superstructures). Opločenje bočnih stijena se razmatra kao bočna oplata trupa, a paluba kao paluba čvrstoće. Nadgrađa koja se ne nalaze u ovom području, ili su kraća od $0.15L$ ili 12 [m], smatraju se ne nosivima sa stajališta uzdužne čvrstoće (eng.: non-effective superstructures).



Slika : Sponje i podveze palube nadgrađa i bočne stjenke nadgrađa
(Izvor: Brodosplit – Brodogradilište d.o.o. Split)

5. Oprema broda

5.1. Oprema za sidrenje i vez (opći pojmovi, vrste, konstrukcija, princip rada, rukovanje)

UŽEVLJE

S obzirom na materijal od kojeg se izrađuju, užad se dijeli na biljna, sintetička i čelična. Biljna i sintetička užad nazivamo konopima a čelična užeta su čelik-čela.

BILJNA I SINTETIČKA UŽAD

Osim po materijalu brodski konopi se još dijele prema obliku presjeka, načinu izrade i **namjeni**.

Najčešća vlakna biljnog podrijetla su manila, sisal ili konoplja ali mogu biti kokos i pamuk.

Često se konopi izrađuju i od mješanih vlakana (manila i sisal).

Vlanknima se pređenjem dobiva pređa ili tzv. svilaci, a usukivanjem svilaca dobiju se strukovi koji se daljnjim postupkom obrađuju u konop.

Konopi nose naziv po vrsti vlakna, pa tako imamo manila-konop, kudeljni konop itd.

Sintetični konopi izrađuju se od sintetičkih niti od kojih je najpoznatiji najlon. Prema vrsti niti sintetični konopi se dijele na poliesterske, polipropilenske, polietilenske itd.

Prema obliku presjeka konopi su okruglasti i višekutni. Okruglasti (valjkasti) konopi dobiju se usukivanjem, a višekutni se dobiju pletenjem.

Po načinu izrade, dakle, imamo usukane i pletene konope.

Prema namjeni razlikujemo konope za vez, za tegljenje, za snast, samarice, sohe, koloturnike, za uzice (signalne zastavice, brzinomjer, dubinomjer) itd.

Konopi za vez su:

- pramčani konop je konop veza broda koji radi po pramcu
- krmeni konop je konop veza broda koji radi po krmi
- sidreni konop (sidrenjak) je konop pomoću kojeg se obara i podiže sidro
- špring (proveni ili krmeni) je konop koji radi od pramca prema krmi ili od krme prema pramcu

Tegalj (tegljeni konop, teglo, teglac) je opći naziv za konop kojim se tegle plovni objekti.

Za tegljenje u luci (lučki tegalj) koriste se konopi s manjom a na otvorenom moru konopi s većom elastičnošću.

Konopi biljnog porijekla upijaju vlagu i sklone su truljenju pa se oni zaštićuju posebnim kemijskim sredstvima.

Zaštita ovih konopa svodi se na impregniranje odnosno katraniranje. Impregnacija kemijskim sredstvima sprečava upijanje vode a time se produžuje vijek trajanja konopima.

Sintetički konopi otporniji su na vlagu i visoke temperature od biljnih konopa.

Prednosti biljnih konopa: elastičnost, savitljivost, u slučaju oštećenja mogu se nadoplesti, pri kidanju djelovi konopa padaju ne vraćajući se prema priveznom mjestu.

Nedostaci su : slabija dinamička svojstva u odnosu na sintetičke konope i čelik čela istog promjera (prije dolazi do pucanja), upijaju vodu pa postaju teži i podložni su truljenju, brzo se troše (podložni su habanju).

Prednosti sintetičkih konopa: vrlo dobra dinamička svojstva i elastičnost, ne upijaju vlagu, mnogi (kojima je gustoća manja od vode) plutaju na površini.

Nedostaci su: skuplji su od biljnih konopa (to se kompenzira time što su trajniji), pri pucanju mogu izazvati neugodnosti i ozljede.

ČELIČNA UŽAD (ČELIK-ČELA)

Ono što su niti kod biljnih i sintetičkih konopa, ovdje su to metalne žice.

Središnji dio čelik-čela naziva se srčika ili jezgra.

Čelik-čelo se kao i konop klasificira prema materijalu, obliku, načinu izrade i namjeni.

Prema materijalu izrade žice mogu biti željezne, čelične i bakrene. Prednjače čelične žice koje se termički obrađuju radi postizavanja zadovoljavajuće čvrstoće i žilavosti.

Prema obliku čelična užad su valjkasta ili profilirana. Na brodovima dolaze u obzir isključivo čelik-čelo valjkastog profila tj. ono koje ima okruglasti presjek.

Način izrade čelik-čela karakterizira promjer, broj strukova, broj žica, prekidna čvrstoća žice, izvedba struka, vrsta srčike.

U posebnu užad spada kombinacija konopa i čelik-čela (tegalj) gdje se oni međusobno spajaju tzv. očnom upletkom, a u očnu upletku konopa stavlja se omča.(čelična).

ČUVANJE I ODRŽAVANJE KONOPA I ČELIK-ČELA

Konopi se nakon upotrebe moraju složiti u za to predviđene košare ili se namataju na bubanj.

Samo suhi konopi se mogu spremati. Konopi koji su bili izloženi morskoj vodi treba isprati sa slatkim vodom i rastegnuti u vojevima po palubi ili ogradi da se osuše.

Pri upotrebi konopa treba izbjegavati oštre pregibe a palubna oprema kao što su bitve, vodilice, zjevače, koloturi moraju biti ispravni i u funkciji.

Dio konopa koji je izložen trenju treba okomotati platnom koje se uz konop fiksira ukrižanim uzlovima. Dio palubne opreme gdje se konop tare namaže se povremeno mašću .

Konope se mora povremeno okretati kako bi se cijelom svojom dužinom jednako trošio. Neophodan je vizualni pregled konopa i njegovo odstranjivanje iz upotrebe ako je znatno oštećen. Moguće je konop porezati na mjestu oštećenja i nadoplesti ali je takav konop nužno testirati na prekidno opterećenje. Datum proizvodnje konopa važno je znati jer konop koji leži u spremi dvije, tri godine gubi 15-20% prekidne sile.

Čelik-čela moraju biti na suhom a povremeno ih je nužno podmazati mašću da se spriječi korozija.

Konopi i čelik-čela dolaze na brod s atestom. Priznaje se atest proizvođača ili nadležne klasifikacijske ustanove.

Atest sadrži ime proizvođača, datum proizvodnje, stvarnu prekidnu silu konopa, odnosno radnu prekidnu silu konopa tj. maksimalno opterećenje koje konop može podnijeti. Kao važan podatak u atestu se navodi i rastezanje u % (dužine) do kidanja.

KOLOTURNICI, vrste, primjena

Koloturi su naprave uz pomoć kojih se podiže teret, vodi i daje smjer konopima. Mogu biti drveni i čelični.

VRSTE KOLOTURA

Drveni koloturi sastoje se od oklopa, koluta, osovine i štrova.

Oklop je drven eliptična oblika a čine ga dva umetka (korice) međusobno povezanih s zaponcima. Osovina je izrađena od čelika, cilindričnog je oblika. Ona prolazi kroz umetke, a oko nje se okreće kolut. Kolut mora biti od tvrda i masna drva, pa ih se ne mora redovito podmazivati kao i čelične. Da kolut ne bi izjedao između osovine i koluta stavlja se metalni umetak ili kuglasti ležaj. Rub koluta je žljebastog oblika čija veličina ovisi o promjeru konopa za koji je namjenjen.

Prema broju koluta koloture djelimo na jednostruke, dvostruke, trostruke itd. Kod ovih zadnjih, koluti su odjeljeni pregradom. Da bi se koloturi mogli pričvrstiti na određeno mjesto opremljeni su tzv. štropovima izrađenim od konopa ili čelik-čela koji obujmjuju oklop kolotura ili su izrađeni od čelika i jednostavno se usađuju u nj. Štrop može biti izrađen u obliku vrtuljnog oka koje omogućuje okretanje cijelog kolotura oko uzdužne osi.

Čelični koloturi sastoje se iz oklopa, koluta, osovine i štrova s vrtuljnim okom. Na oklopu su rupe da se smanji težina. Korice su spojene svornjacima.

Osovina se podmazuje posebnom mazalicom kojom se povremeno utisne mazivo u tijelo koluta.

Čelični se koloturi uglavnom upotrebljavaju pri iskrcavanju tereta biljnim konopima koja se upravo pomoću kolotura vode na glave (bubanj) vitla. Za teške terete primjenjuju se višestruki čelični koloturi **Zijevni koloturi** su drveni ili čelični koloturi kojima se mijenja smjer konopa.

Sastavni je dio zijevnog kolotura i vrtuljna kuka i vrtuljno oko.

PRIMJENA KOLOTURNIKA

Koloturnik je naprava sastavljena od dva i više kolotura i užadi.

Koloturi mogu biti jednostruki, dvostruki ili višestruki, a uže biljno ili čelično. Sintetičko uže se ne koristi zbog elastičnosti koja ovdje negativno utiče.

Dijelovi užeta između dva koloturnika zovu se **tegljevi**. Jednim je krajem uža pričvršćeno za kolotur a drugi kraj mu je slobodan. Onaj koji je pričvršćen za kolotur je nepomičan i naziva se **mrtvi kraj**, a slobodan kraj koji je pomičan naziva se **poteg**.

Primjenom koloturnika nastoji se smanjiti sila potrebna za izvršenje određenog rada, a u našem slučaju je to podizanje tereta. **Smanjivanje te sile ovisi o načinu primjene nekog kolotura.**

Kod nepomičnog kolotura sila na potegu jednaka je sili tereta, dakle sila na potegu se ne smanjuje.

Kod pomičnog kolotura gdje se kolotur pomiče u prostoru zajedno sa teretom, sila na potegu bit će upola manja od težine tereta.

Ako se nepomični i pomični jednostruki koloturi kombiniraju neće se promijeniti sila na potegu s obzirom na prethodni primjer jer je ukupni broj tegljeva pomičnog kolotura jednak dva, a **sila se smanjuje upravo onoliko puta koliko ima tegljeva pomični kolotur**. Sila je dakle jednaka omjeru tereta i broja tegljeva pomičnog kolotura:

$$F_s = F_t / n \quad n - \text{broj tegljeva}$$

Koji će se način upotrebiti i koji će se kolotur u određenom trenutku zakvačiti ovisi o tome kako će biti lakše da se konop vuče. Ako npr. teret valja dizati zgodnije je da se konop vuče prema dolje.

Koloturnici dobivaju svoje nazive prema vrstama kolotura od kojih su sastavljeni:

Jednostruka potegača sastoji se od jednostrukog kolotura i tegljeva. Kolotur je nepomičan. $F_s = F_t$

Dvostruka potegača sastoji se iz dva jednostruka kolotura od kojih je jedan pomičan. $F_s = F_t / 2$.

Preglavljivanjem iste kao na imamo da je $F_s = F_t / 3$.

Jednostruki koloturnik čine tegljevi i dva kolotura od kojih je jedan jednostruk a drugi dvostruk

U slučaju da je jednostruki pomičan imamo tri teglja pa je $F_s = F_t / 3$, a ako je dvostruki pomičan tada imamo četiri teglja iz čega sljedi da je $F_s = F_t / 4$.

Dvostruki koloturnik čine tegljevi i dva dvostruka kolotura. Sila na povlačnom kraju može biti četiri ili pet puta manja ovisno o rasporedu kolotura, dakle: $F_s = F_t / 4$ ili $F_s = F_t / 5$.

Mala kolabra je koloturnik sastavljen od tegljeva te jednog dvostrukog i jednog trostrukog kolotura.

Sila na povlačnom kraju je $F_s = F_t / 5$ ili $F_s = F_t / 6$ ovisno o rasporedu kolotura.

Velika kolabra sastoji se od tegljeva i dvaju trostrukih kolotura. Njome se dižu teški tereti, a sila na povlačnom kraju može biti 6 ili 7 puta manja. $F_s = F_t / 6$ ili $F_s = F_t / 7$.

Izražene formule su teorijske. Da bi se dobila stvarna sila na povlačnom kraju potrebno je uzeti u obzir trenje koje opet ovisi o broju koluta i kolotura te o gipkosti i debljini tegljeva. Računa se da trenje iznosi oko trećinu sile na povlačnom kraju, pa bi realna sila mogla biti:

$$F_s = (F_t / n) + (F_t / 3n) = 4F_t / 3n$$

PRIMJER: Kolika je sila potrebna na potegu da se koloturnikom kojem pomični kolotur ima četiri teglja podigne teret od četiri tone?

$$F_s = 4 \cdot 4 \cdot 9,81 / 3 \cdot 4 = 13,1 \text{ kN}$$

PALUBNA OPREMA – VEZ BRODA

Svaki trgovački brod mora imati propisanu opremu za privez uz obalu ili na plutaču. Za tu svrhu služe užad, lanci i druga oprema.

Prema propisima klasifikacijskih zavoda, svaki brod treba imati na svakom boku najmanje dva užeta za vez od biljnih, sintetičkih ili čeličnih vlakana (niti).

Na brodovima koji prevoze zapaljive i eksplozivne terete (tankeri, LNG, LPG), upotreba čelične užadi dopuštena je jedino na dijelovima broda gdje ne može doći do sakupljanja i koncentracije opasnih plinova.

Također, prema propisima klasifikacijskih zavoda, svaki trgovački brod duljine do 180 m mora imati posebno uže s pomoću kojeg može biti tegljen. Za brodove duge plovidbe uže za tegljenje ne smije biti kraće od 180 m ali ne treba biti dulje od 300 m.

Kada trgovački brod ostaje duže vrijeme vezan za plutaču tada za vez upotrebljavaju lanac.

U ostalu opremu za vez ubrajamo: bitve, vođice užeta, pritezna vitla, a od ostale palubne opreme imamo: omče, kuke, slipne kuke, prstene, očnjake, očice, stezaljke, spojne karike.

O opremi za privez vodi se posebna evidencija održavanja.

Bitve (bitts, bolards) se sastoje od dva stupa valjkastih profila i postolja, a služe za vezivanje broda . Izrađene su od lijevanog čelika, a za brodsku palubu pričvršćuju se uglavnom zavarivanjem. Na mjestima bitvi palube su pojačane višestrukim limom. Bitve su raspoređene po pramcu i krmu broda te po bokovima na način da osiguravaju nesmetan prolaz konopima. Poseban oblik bitvi su tzv. križne bitve koje su pogodne za vezivanje konopa ako ovi rade prema gore čime se onemogućuje isklizavanje konopa. Ovaj se tip bitvi vari za brodsku konstrukciju (pojačanje pune ograde). Klasična bitva za vez u podnožju valjkastih profila ima očnjake namjenjene bocanju (zapor) konopa pri vezivanju broda.

Vođice užeta (fairleads) usmjeravaju odnosno vode konope prema bitvama One su zaobljene kako ne bi oštetile konop. Posebna izvedba vođica su one sa stupom u sredini ili one sa više stupića. Stupići (bituncini) se mogu okretati pa se time sprečava uništavanje konopa usljed trenja.(roller fairlead) Vođice su izrađene od lijevanog čelika a na luksuznijim brodovima se rade od bronce. Za palubu se pričvršćuju svornjacima ili se vare. Stupići se okreću oko osovine koja zahtjeva redovito podmazivanje (mazalicom).

Raspored priveznih konopa (shema).

Omče (thimbles) su pocinčani žljebasti prsteni kojima se konopima daje odgovarajući zavoj te štite konope ili čelik-čela od pucanja i trošenja na mjestima gdje se spajaju sa kukama, očnjacima ili prstenima.

Imaju oblik srca ili kruga . Srcolike se koriste za čeličnu a okrugle za biljnu užad.

Veličina omče određuje se prema opsegu užeta tako da unutrašnji promjer d bude jednak polovici opsega užeta O .

$$d = O / 2$$

Primjer: Koji promjer treba da ima omča za užu opsega od 10 cm?

$$d = 10 / 2 = 5$$

Za užu kojemu je opseg 10 cm upotrijebit će se omča s unutrašnjim promjerom od 5 cm.

Kuke (hooks) služe da se njima zakvače koloturi, teret ili neki drugi predmeti. Izrađene su od kovanog čelika a zatim pocinčane. Mogu biti jednostavne, dvostruke, posebne i slipne.

Jednostavne kuke imaju prsten ili se povezuju da se predmet koji visi na njima ne bi otkvačio. Kuka koja se može okretati oko uzdužne osi naziva se vrtuljnom kukom. Vrtuljna kuka sprečava uvijanje konopa ili čelik-čela.

Dvostruke kuke sastoje se od dviju kuka međusobno spojenih tako da čine jednu kuku .

Posebne kuke koriste se kod teretnog uređaja za ukrcaj i iskrcaj tereta. Jezičac osigurava da pri dizanju tereta kuka ne bi zapela o neki predmet.

Slipne kuke (slip hooks) koriste se na mjestima i za situacije gdje je potrebno kuku brzo otkvačiti npr. kod oslobađanja morskog veza čamaca za spašavanje. Podizanjem prstena kuka se sama otkvači .

Prsteni (ring bolts) služe za razna pričvršćenja. Različitih su oblika (okrugli, eliptični, trokutasti, potkovičasti). Izrađuju se od kovanog čelika i pocinčani su.

Očnjaci (eye bolts) služe za pričvršćenje užeta. Očnjaci se usađuju u drvo, zakivaju se ili su zavareni na palubi ili ogradi.

Stezaljke (škartoc) (turnbuckles) se primjenjuju za natezanje užeta (najčešće čelik-čela) i lanaca, a sastavni su dio lashing opreme odnosno palubne opreme za osiguranje tereta i drugih predmeta na brodu.

Stezaljka ima dva vijka s obrnutim narezima i maticu . Matica se okreće polugom koja se utakne u predviđeni otvor ili posebnim ključem. Zavijanjem ili odvijanjem matice vijci se približuju ili udaljuju čime se užu nateže ili popušta. Stezaljke imaju i osigurač kako se matica usljed vibracija za vrijeme plovidbe ne bi počela odvijati.

Spojne karike (škopci, gambeti) (shackles) upotrebljavaju se kod spajanja užeta ili lanaca. Izrađeni su od kovanog čelika, različitih veličina a oblika su slova "D" ili harfe. Svornjak kojim se karika zatvara na kraju je narezan i probušen za umetanje osigurača.

Veličina karike obično se iskazuje u promjeru otvora ili silom opterećenja npr. 1 tonski, 5 tonski itd.

Spojne karike koje su sastavni dio teretnog uređaja moraju biti ispitane a maksimalno dozvoljeno radno opterećenje ugravirano je u tijelu karike. (SWL 5 T)

Oprema koja nije u upotrebi mora biti sortirana, podmazana i pohranjena na suhom mjestu u palubnim spremama.

Neispravnu opremu treba izdvojiti, popisati i dati na servis ili rashodovati.

SIDRENI UREĐAJ

Sidrenje je operacija kojom se brod veže za morsko dno, a vrši se sidrenim uređajem koji se sastoji od sidra, lanca i sidrenog vitla. Sidro je privezano za lanac, a lanac za brod. Sidro se spušta u more slobodnim padom ili sidrenim vitlom kojim se sidro i podiže sa morskog dna.

SIDRA

Sidra potječu još od 3200 g.pr.n.e. kad se na faraonovoj grobnici pojavljuje od kamena a u obliku kruške.

U VI st. pr.n.e. grci su napravili željezno sidro koje se neprestano usavršavalo dok nije postiglo današnji oblik.

Sidrima se koristimo pri redovnom sidrenju na sidrištu, preporuča se svaki put obaranje drugog sidra. Kod četveroveza u luci (ro-ro) koriste se oba sidra. Jednim sidrom se možemo pomoći kod manovre veza da bi se lakše okrenuli ili da sidro ima funkciju špringa i tako zaustavi brod. Sidro obaramo u situacijama zakazivanja stroja u manovri, pri odsukivanju itd.

VRSTE SIDARA

Admiralitetsko sidro dobilo je naziv po engleskom admiralitetu koji je prvi propisao dimenzije ovog tipa sidra.

Sastoji se od struka, krune, krakova, lopata, panžde, klade s jabukama i spojne karike (škopca).

Struk je od kovanog čelika, na gornjem kraju tanji a prema dolje sve deblji. Najjači je na mjestu gdje prelazi u krakove, a taj se dio zove kruna ili križ sidra. Od krune prema van idu krakovi koji su zavnuti prema gore čineći kut sa strukom približno 50° S unutrašnje strane krakovi imaju trokutaste ploče tzv. lopate. Vrhovi krakova nazivaju se panžde. Klada (motka) od kovanog čelika prolazi kroz eliptičnu rupu na struku sidra neposredno ispod škopca. Na krajevima ima "jabuke" ili tzv. bulbe što sprečava ispadanje klade iz struka. Klada je na jednom kraju savinuta kako bi se mogla sklopiti uz struk a uz struk se pričvršćuje zatikačem koji je osiguran lančićem. Obaranjem sidra, morsko dno najprije dodirne kruna ili jedan krak a zatim se nasloni na kladu. Kad lanac povuče sidro se prevrće a daljnjim povlačenjem jedan se krak duboko zarine o morsko dno.

Admiralitetska sidra se brzoi i jako zakopaju u morsko dno pa odlično drže ali im je slaba strana što se lanac može zapetljati oko klade ili kraka. Najveći nedostatak je bilo samo rukovanje sidrom koje je zbog klade i ostale potrebne opreme (sohe, koloturnici) stvaralo poteškoće.

Patentna ili zglobna sidra nemaju klade što je omogućilo da se struk uvuče u oka broda i tamo osigura, a njegova upotreba bila je brza i jednostavna u svakom trenutku. Za njihov smještaj bilo je nužno ugraditi jake cijevi tzv. ždrijela. Od patentnih sidara najbolje rezultate postigli su Hallovo i Danforthovo sidro.

Hallovo sidro sastoji se od struka, glave, osnaca (zgloba) i spojne karike. Struk je prema dolje pojačan, a za glavu je spojen osnacem. Glava je zajednički naziv za krunu, krakove i lopate. Struk i osnac izrađeni su od kovanog čelika dok je glava od od lijevanog čelika. Struk na gornjem kraju ima spojnu kariku (škopac). Cijela glava zajedno s krakovima može se pomicati oko osnaca (zgloba) za 43° .

Nedostatak Hallova sidra je u prevrtanju i čupanju sidra sa morskog dna pri okretanju broda kod promjene smjera vjetrova ili morske struje.

Danforthovo sidro naziva se još i sidro s kladom. Glava sidra u donjem dijelu stvarno ima kladu koja sprečava da se sidro prevrne i isčupa iz morskog dna.

Osjetljiva strana patentnih sidara su zglobovi, jer im je na tim mjestima čvrstoća najslabija.

Polusidra su admiralitetska sidra bez jednog kraka. Na kruni imaju rupu za spojnu kariku koja omogućuje spuštanje sidra tako da njegov krak ide okomito na dno. Polusidra se koriste kod sidrenja plutača i drugih fiksnih plovniha objekata ili oznaka sigurnosti plovidbe. Prednost je što drugi krak (pošto ga nema) ne strši pa nema opasnosti da se lanci drugih brodova zapetljaju.

Štitna sidra imaju oblik kišobrana, a koriste ih brodovi svjetionici kad sidre na pješčanom dnu. Zajedno sa sidrom spusti se vodena cijev kroz koju se pušta voda pod pritiskom koja će napraviti potrebnu rupu u pijesku u koju se položi sidro a koje će zatim zatrpati pijesak uz pomoć morskih struja. Sidro vrlo dobro drži pa ga se pri napuštanju sidrišta često mora ostaviti.

Vijčano sidro ima oblik vijka koje se vrlo dobro ponaša na pješčanom dnu. Koristi se za stalan vez. U sidra se još ubrajaju:

- **kotva** je sidro starog porijekla s četiri kraka s lopatama,
- **mačak** je kotva bez lopata a služi za lovljenje (pronalaženje i dizanje) izgubljenih predmeta.

PODJELA SIDARA

- **pramčana sidra** su glavna sidra na brodu a služe za redovno sidrenje. Ima ih dva a smještene su u ždrijelima broda.
- **rezervno sidro** je manje od pramčanog, smješteno je na najprikladnijem mjestu (posebno ležište na pramcu) , nema vlastiti lanac već se spaja za lanac glavnog sidra,
- **strujno sidro** manje je od glavnih sidara, obično je smješteno na krmi, a služi za sidrenje u kanalima, za odsukavanje. Neki brodovi imaju na krmi također sidreno oko i sidreni uređaj.
- **sidra za čamce** su mala sidra, obično patentna ili preklopna

LANCI

Sidra su se nekad vezivala konopima, no kako je veličina brodova neprestano rasla to su konopi bivali sve deblji i nepraktični za rad pa su se početkom XIX st. na brodovima počeli upotrebljavati lanci.

Sidreni lanac je na jednom kraju uhvaćen za sidro a na drugom kraju za brod, a služi za sidrenje broda odnosno dizanje i spuštanje sidra. Lanac ujedno svojom težinom omogućuje bolje ležanje broda na sidrištu.

Lanci se sastoje od niza **karika** uvučenih jedna u drugu. Karike se izrađuju od kovanog čelika, a da bi se povećala čvrstoća po sredini karike se umeće prečka od lijevanog željeza.

Prečka sprečava da se karike lanca zamrse a ujedno povećava čvrstoću karike do 20%.

Lanci se danas izrađuju od lijevanog čelika strojno, tako da izlaze već gotvi s prečkom i kalibrirani.

Kalibracija podrazumjeva da sve karike lanca moraju biti jednake. Lanci se izrađuju u komadima određene dužine, tzv **uzama**.

Dužine uza nisu jednake u svim pomorskim zemljama. (Engleska: 27,43m, Francuska: 30m, Italija,RH: 25m)

Jedna uza sastoji se od **običnih karika** a na krajevima uze nalaze se **krajnje karike** koje nemaju prečku.

Između krajnje i obične karike nalazi se po jedna podebljana ili tzv. **velika karika** čiji dijametar iznosi 1.1 dijametra obične karike. Dijametar krajnje karike iznosi 1.2 dijametra obične karike.

Nekad su se uze međusobno spajale škopcima ali danas se isključivo upotrebljavaju tzv. **patentne karike** koja se može rastaviti u dvije polovice ili tz. polukarike.(kenter)

Dio lanca u dužini od 5 m od sidra naziva se **predgon**. Taj dio lanca podnosi najveća naprezanja. Sastavni dio predgona je i tzv **vtuljna karika** ili vrtuljak koji sprečava uvijanje lanca kad na sidrištu vladaju promjenjivi vjetrovi i struje koje uzrokuju stalno okretanje broda na sidru.

Sidro se spaja sa lancem pomoću sidrenog škopca, zatim sljedi predgon pa prva uza sve do zadnje a na kraju je lanac na dnu lančanika spojen za očnjak koji se zove uglav. Na dijelu lanca koji izlazi iz lančanika umetnuta je tzv **isklizna kuka** koja je jedna vrsta slipne kuke a služi da se u slučaju potrebe cijeli lanac može ispustiti u more.

Svaki trgovački brod ima dva glavna lanca od kojih je jedan za desno a drugi za lijevo sidro.

Broj uza lanca obično je neparan i na trgovačkim brodovima ima ih 7 ili 9.

Da bi se pri obaranju sidra znalo koliko je uza (nodi) isteklo u more svaka je uza označena.

Prva uza označena je tako da je karika ispred i karika iza patentne karike ili škopca obojane u bijelo a na prečki karike se veže komad žice (jer boja može i opasti). Druga uza označena je tako da su dvije karike ispre i dvije karike iza spojne patentne karike obojane u bijelo a žica je omotana oko prečke druge po redu karike ispred i iza patentne karike. Treća uza označena je tako da su tri karike ispred i tri iza patentne karike obojane u bijelo a komad žice okomotan je oko prečke treće karike ispred i iza patentne karike itd.

Vrtuljni četverokrak koristi se kad brod sidri s dva sidra a sprečavaju uvijanje i zamršavanje lanaca (prebacivanje lanaca jedan preko drugog) međusobno u slučaju okretanja broda.

Postavlja se po pramcu a na njega se spajaju lanci na dijelu završetka predgona.

Svaki sidreni lanac slaže se i pohranjuje u posebnom brodskom spremištu koje se zove **lančanik**.

Lanac je po dizanju sa morskog dna često onečišćen muljem pa se moraju uključiti pumpe za ispiranje lanca kako mulj ne bi napunio lančanik. (lanac se pere morem iz protupožarnog sustava a regulira se otvaranjem i zatvaranjem posebnih ventila koji se nakon pranja moraju zatvoriti jer u slučaju potrebe za gašenjem požara sustav neće imati potreban pritisak). Običava se sidro zadržati na površini mora a lanac zakočiti te voziti tako neko vrijeme radi ispiranja sidra.

Lanci ulaze u lančanik kroz cijevi lančanica čiji otvori na palubi za vrijeme plovidbe moraju biti zatvoreni predviđenim poklopcima koji se još dodatno i cementiraju kako se lančanik ne bi punio morem za nevremena.

Kad je brod u remontu lanci se moraju pregledati, očistiti od rđe, premazati i eventualno preglaviti (okrenuti).

Uže treba propisno označiti.

SIDRENI UREĐAJ

Sidreni uređaj sastoji se od dva glavna sidra, lanca i sidrenog vitla.

Lanac svakog sidra prolazi preko steznog zapora, odakle vodi preko lančanog bubnja (barbotina) sidrenog vitla kroz palubno ždrijelo i lančanu cijev direktno u lančanik. Sidreno vitlo najčešće je na električni ali i na hidraulični pogon. Barbotin je bubanj ali tako izliven da ima dva žljeba od kojih je jedan uži, kojim prolaze vertikalne karike, i drugi širi i rebrast kojim prolaze horizontalne karike. Barbotin svojim okretanjem podiže (vuče) ili spušta lanac. Barbotini su dobili naziv po svom izumitelju francuskom kapetanu Barbotenu.

SIDRENA ŽDRIJELA

Sidra su uvučena u ždrijela broda kroz sidrena oka, a krakovi su im prislonjeni uz oplatu pramca te tako ostaju smještene za vrijeme plovidbe.

Sidreno ždrijelo je jaka čelična cijev koja na palubi završava rubom u obliku prstena tj. sidrenim očima. Sidrena ždrijela služe za vođenje lanca ali je i oslonac lancu dok je brod usidren.

U sidrenim ždrijelima nalaze se otvori za dovod mora pod pritiskom (protupožarna pumpa) za ispiranje lanca i sidra.

Promjer ždrijela je takav da omogućuje prolaz trostrukog lanca.

ZAPORI LANCA

Lanac se može zakočiti na sidrenom vitlu ali kako bi time sidreno vitlo bilo izloženo znatnom opterećenju, između sidrenog ždrijela i sidrenog vitla postavljaju se zapori (stoperi) koji preuzimaju opterećenje sidrenog lanca.

Najpoznatiji su Wardillov i Brownov zapor.

Wardillov zapor sastoji se od kandža koje pomoću vijka čvrsto stežu lanac u ležaju. Polukružni okvir ne dozvoljava da lanac iskoči iz ležišta za vrijeme obaranja sidra.

Sidrenim vitlom se sidro ne može u potpunosti pritegnuti pa usljed valjanja i posrtanja broda može doći do oštećenja pramčane oplata. Da se to ne bi dogodilo sidro (sidreni lanac) se dodatno pritegne stezaljkom čiji je jedan kraj postavljena ispred zapora a drugi (kuka) je uhvaćen zua lanac. Pritezanjem stezaljke priteže se lanac a time i sidro.

Brodovi koji nemaju zapora uopće, lanac se osigurava manjim lancem ili čelik-čelom tako da se lanac uhvati na mjestu gdje neposredno izlazi iz palubnog ždrijela a zatim se hvata za oka u neposrednoj blizini zavarena na palubi (za tu svrhu). To se osiguranje sastoji od škopaca, lanaca (čelik-čela, žabica) , stezaljke, slipne kuke, i oka zavarenih na palubi. Ulogu zapora tada vrši slipna kuka a pritezanje lanca vrši se stezaljkom.

Treba izbjegavati osiguravanje čelil-čelima jer ako je hitno lanci se neće moći brzo osloboditi zapora.

Brownov zapor je suvremenije izrade a sastoji se od kola preko kojeg ide lanac. Kolo smanjuje otpor trenja jer lanac pri spuštanju ne struže o tijelo zapora a time se lanac manje troši..

Lanac se od pada u more osigurava zatikačem. Sidro se pritegne uz pomoć kuke koja se nalazi na kraju svornjaka s navojem i maticom, čelik-čela koje se provuče kroz jednu kariku lanca i maticom čijim pritezanjem se nateže lanac i sidro.

SIDRENA VITLA

Sidrena vitla su uređaji kojima se spuštaju i dižu sidra. Vitla su kombinirana za rad sa sidrenim bubnjevima (barbotinima) odnosno za rad s bubnjevima za vez broda. Posebnim mehanizmom se barbotini uključuju u sustav odnosno isključuju iz sustava (ingranivanje)

Moguće je istovremeno dizanje sidra i uvitlavanje veznog konopa (uvitlavanje konopa je sporije nego da su barbotini isključeni iz sustava).

Sidro se može spuštati koristeći pogon i tada se obično spusti do površine mora i tu se zakoči kočnicom.

Nakon toga se barbotin isključi iz pogona (dezgranivanje) a otpuštanjem kočnice sidro se obara slobodnim padom. Ovo vrijedi i kad se sidro obara direktno iz oka.

Vitla mogu biti parna, električna i hidraulična.

Električno vitlo sastoji se od elektromotora, reduktora, barbotina, kočnice barbotina,, bubnjeva, kočnice bubnjeva te spojke za isključivanje i uključivanje barbotina u sustav.

BRODSKA VITLA

VITLA ZA UKRCAJ TERETA I RUKOVANJE NJIMA

Vitla su pomoćni strojevi na palubi, a služe za ukrcaj i iskrcaj tereta. Sastoje se od dva dijela, pogonskog i mehaničkog. Pogonski dio je različit ovisno o vrsti pogona pa razlikujemo parna, motorna (hidraulična) i električna, a postoji i kombinacija električno hidrauličnog vitla.

Mehanički dio je uglavnom jednak za sva vitla bez obzira na pogon a sastoji se od bubnja, glava, zupčanika, kopča, kočnica i drugih elemenata.

Parna vitla rade na principu puštanja pare u vitlo preko ventila čime se daje vitlu veća ili manja brzina.

Stroj pokreće osovinu na kojoj se nalaze zupčanici. Oni se pomoću kopči mogu ukopčati i iskopčati te tako podesiti brže ili sporije okretanje bubnja te istovremenog okretanja glavi. Kad se bubanj okreće sporije on je podešen za dizanje težih tereta a kad se okreće brže tada nije u funkciji da podiže teške terete. Inače na bubanj se namotava podigač (čelik-čelo) kojim se podiže ili spušta teret, a glave bubnja (mogu biti dvostruke) služe za pritezanje broda kod priveza ili za ukrcaj i iskrcaj lakših predmeta gdje kao podigač tereta koristimo konop.

Glave služe i za otvaranje brodskih skladišta čiji su poklopci tipa McGregor, ali tada se kao podigač koristi čelik-čelo. Bubanj je opskrbljen kočnicom kojom se usporava (zaustavlja) spuštanje tereta.

Motorna vitla za pogon koriste motor a rad se regulira dotokom goriva. Hod se mijenja uz pomoć kopče.

Mehanički dio je isti kao i kod parnog vitla.

Električna vitla za pogon koriste struju elektromotora koji pokreće vitla tako što se ručicom za upravljanje djeluje na otpornike koji puštaju jaču ili slabiju struju dajući tako vitlu veću ili manju brzinu.

SIDRENA VITLA *(ponavljanje lekcije sidreni uređaj)*

Sidrena vitla su uređaji kojima se spuštaju i dižu sidra. Vitla su kombinirana za rad sa sidrenim bubnjevima (barbotinima) odnosno za rad s bubnjevima za vez broda. Posebnim mehanizmom se barbotini uključuju u sustav odnosno isključuju iz sustava (ingranivanje)

Moguće je istovremeno dizanje sidra i uvitlavanje veznog konopa (uvitlavanje konopa je sporije nego da su barbotini isključeni iz sustava).

Sidro se može spuštati koristeći pogon i tada se obično spusti do površine mora i tu se zakoči kočnicom.

Nakon toga se barbotin isključi iz pogona (dezgranivanje) a otpuštanjem kočnice sidro se obara slobodnim padom. Ovo vrijedi i kad se sidro obara direktno iz oka.

Vitla mogu biti parna, električna i hidraulična.

Električno vitlo sastoji se od elektromotora, reduktora, barbotina, kočnice barbotina,, bubnjeva, kočnice bubnjeva te spojke za isključivanje i uključivanje barbotina u sustav.

PRITEZNA VITLA

Priteznim vitlima se brod za vrijeme manevra priveza ili odveza povlači konopima.

Pramac se povlači sidrenim vitlom koje ima funkciju i priteznog vitla kad su barbotini isključeni iz sustava.

Krma se povlači vitlom odnosno glavom bubnja vitla dizalice tereta ili postoji posebno pritezno vitlo namijenjeno isključivo za privez broda.

Da bi se konopi mogli uvitlavati glava vitla mora biti u liniji vođica konopa. Stoga na krmi, ako se za privez koristi vitlo za teret, osovine moraju biti dovoljno dugačke kako bi glave bile u liniji ili barem blizu linije vođica ali se u tom slučaju još na putu iz vođica do vitla za pravilan hod konopa postavljaju tzv. bituncini.

Kako ovaj način korištenja teretnog vitla za potrebe priveza zbog dugačkih osovina zauzima mnogo prostora, to se na lijevoj i desnoj strani krme ugrađuju pritezna vitla s dvostrukim glavama pa se u manovri mogu istovremeno natezati npr. krmeni konop i krmeni špring s time da se jedan od navedenih konopa namakne odozdo a drugi odozgo budući da dolaze na glave iz suprotnih smjerova a obje glave se okreću u istom smjeru.

Kad natežemo oba krmena konopa oba se namaknu ili odozgo ili odozdo ovisno o smjeru vrtnje glava vitla.

Kod pritezanja konopa treba paziti da konopi ne zagrizu a treba ih sprovest preko bitvi (ako su bitve na putu od vođica do vitla) ili što bliže bitvi na najpodesniji način kako bi nakon pritezanja i bocivanja na najbrži i najlakši način prebacili konop sa glave vitla na bitve. Ovdje dolazi do izražaja iskustvo mornara.

OSTALA BRODSKA VITLA

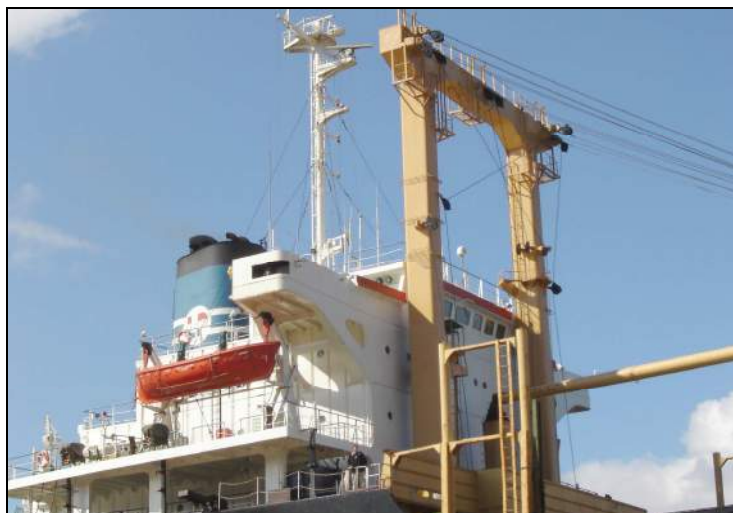
U ostala brodska vitla možemo ubrojiti vitla dizalica za manje terete (provison crane), vitla dizalica splavi za spašavanje odnosno vitla kojima se spuštaju i dižu čamci za spašavanje. Tu su i mala vitla za podizanje i spuštanje brodske skale (siz). Neka vitla (na roro brodovima) služe za spuštanje i podizanje brodske rampe.

SNAST TRGOVAČKOG BRODA

JARBOLI

Jarbol je na jedrenjacima bio najvažniji dio opreme jer su nosili jedra koja su prenosila pogonsku snagu vjetra na brod.

Suvremenim brodovima na mehanički pogon jarboli su dio teretnog uređaja a služe za pričvršćivanje samarica, postavljanje navigacijskih svjetala i oznaka, postavljanje antena elektroničkih uređaja. Na nekim trgovačkim brodovima klasični jarboli su išezli (bulk carieri, kontejnerski brodovi, tankeri) ali glavni jarbol koji se nalazi iznad komandnog mosta zadržan je na svim brodovima. Isto tako zadržan je i prednji jarbol koji se nalazi na kaštelu, a koji kao i glavni nosi navigacijska svjetla, antene elektroničkih uređaja, palubnu rasvjetu, košaru za osmatranje, sustav komunikacije itd.



Slika: Glavni jarbol na komandnom mostu

Glavna naprezanja jarbola uzrokuju brodske samarice čija dužina ovisi o širini broda jer ona mora biti dovoljno dugačka da prihvati teret izvan broda. Zbog toga konstrukcija jarbola ovisi i o nosivosti samarice.

Klasični trgovački brodovi za prijevoz generalnog tereta redovito ima više jarbola. Obično je jarbol smješten između dvaju brodskih skladišta.

Jarbol se sastoji od *debla* i *nastavka*

Deblo je donji dio jarbola a izrađeno je od čeličnih cijevi ili limova savijenih u obliku cilindra (na drvenim brodovima oni su od drveta.) Deblo je pojačano na djelovima gdje prolazi kroz palubu palubne kućice (trijema) te na gornjem djelu gdje se nalaze *glavina* i *veliki prsten* odnosno gdje započinje nastavak jarbola.

Glavina je izrađena od uglovnica i limova, nalazi se na gornjem kraju debla a za nju se pričvršćuju koloturi kojima se dižu i spuštaju samarice. Na prstenu je zavaren određeni broj očajnika za koje se pričvršćuju *puta* i *leta* kojima se jarbolu daje potrebna stabilnost. Puta rade po poprečnoj osi a leta po uzdužnoj osi broda. Zapuci su puta koja učvršćuju nastavak. Puta, zapuci i leta su jaka čelik čela koja na kraju imaju upletku i omču a za jarbol su pričvršćena spojnom karikom. Na drugom kraju pričvršćena su spojnim karikama za očajnike na palubi. Očajnicima prethode stezaljke kako bi se puta i leta mogla jednakomjerno nategnuti i time dati jarbolu stabilnost i čvrstoću.

Gornja leta (idu od nastavka) su redovito tanja a ono koje ide prema krmi naziva se još i signalno leto jer se na njega pričvršćuju koloturi signalnih uzica.

Za penjanje na jarbol ugrađuju se čelične stepenice uza samo deblo jarbola. Na dvije trećine visine nastavka nalazi se križ koji služi za dizanje signala. (kugle, stošci) i zastava.

Konstrukcija krmnog jarbola je nešto jednostavnija, npr nije nužno da ima križ.

Bipod jarboli izrađeni su od čeličnih limova u obliku obrnutog slova "V". Konstrukcijom ovakvih jarbola postignuta je željena čvrstoća, a samim oblikom jarbola postignuto je i to da nisu potrebna leta i puta kao dodatno pojačanje.

Na vrhu bipoda izvedena je glavina ili križ iznad kojeg se izdiže nastavak.

Za bipod jarbole pričvršćuju (uglavljaju) se samarice za rad s teretom. U podnožju tj. na palubi trijema nalaze se vitla za rukovanje teretnim uređajem.

Teretni stupovi zamjenjuju klasični jarbol. Grade se tako da se po dva teretna stupa pri vrhu povežu mosnom konstrukcijom u čijoj sredini se izdiže nastavak u obliku kratkog jarbola koji uglavnom služi za navigacijska svjetla. Na teretne stupove ugrađuje se i palubna rasvjeta. Montiraju se samarice a u podnožju tj na palubi trijema nalaze se vitla za rad s samaricama (rukovanje teretnim uređajem). Teretni stupovi su sastavni dio teretnog uređaja.



Slika: Teretni stup na brodu " Mirna"

TERETNI UREĐAJ

Teretni uređaj trgovačkog broda služi za ukrcavanje i iskrcavanje tereta.

Sastavni djelovi teretnog uređaja su jarboli ili teretni stupovi, samarice koje su za nj pričvršćene i teretna vitla za podizanje i spuštanje tereta.

SAMARICA

Sastavni djelovi samarice su deblo samarice, podizač tereta, klobučnica (podizač samarice) te brkovi i osigurači samarice.

Deblo samarice je čelična cijev okrugla profila čiji se promjer prema krajevima nešto smanjuje. Gornji dio debla samarice naziva se **glava** a na njoj se nalazi čelični obruč sa očnjacima (četiri). Na gornji očnjak pričvršćen je **kolotur klobučnice** (podigač samarice), na donji očnjak pričvršćen je **kolotur podigača tereta**, a za bočne očnjake pričvršćeni su **brkovi samarice** i **osigurači**.

Donji kraj debla samarice naziva se **peta samarice**. Peta je spojena za jarbol pomoću univerzalnog zgloba koji omogućuje da se samarica podiže uvis ali i kreće horizontalno (lijevo, desno). Jarboli su na djelu gdje je peta samarice posebno pojačani.

Podizač tereta sastoji se iz koloturnika s tegljem od čelik-čela i njime se podiže i spušta teret.

Klobučnica (podigač samarice) sastoji se iz koloturnika klobučnice (donji na samarici, a gornji na jarbolu), čelik-čela i vitla klobučnice.

Klobučnicom se glava samarice podešava po visini u vertikalnom smislu. Daje joj se potreban nagib.

Brkovi (sinjaleti) su kombinacija užadi i kolotura (gornji i donji kolotur i tegalj) a služe za pomicanje i podešavanje samarice u horizontalnom smislu tj. pomicanje lijevo i desno kako bi podigač tereta nesmetano mogao podizati i spuštati teret sa i na obalu.

Osigurači (riforci) su kombinacija čelik-čela i lanaca. Kad se samarica želi zakrenuti za neki kut ona se uz pomoć brkova zakrene malo više kako bi se mogao podesiti osigurač a onda se brkovi popuste da

osigurači dođu u napeti položaj odnosno da preuzmu opterećenje pri radu samarice. Brkovi se također nategnu i vežu za tzv. kljunaste bitve na ogradi palube.

Vitlom samarice (teretno vitlo) podiže se i spušta teret odnosno zadržava teret na željenoj visini. Vitlo ima bubanj na koji se namotava podigač tereta. Vitlo može imati električni, hidraulični ili kombinirani pogon.

Po završetku ukrcaja ili iskrcaja, a prije odlaska broda samarice se moraju spustiti i osigurati u svojim ležištima (škacama). Kuke podigača tereta zakvače se za predviđene očnjake na palubi a podigač se vitlom nategne.

Brkovi i osigurači skidaju se sa radnih pozicija i osiguravaju na za to predviđenim mjestima.

OPTEREĆENJE SAMARICE

Svaka samarica ima dopušteno radno opterećenje (**SWL- safe working load**) kojim se samarica može opteretiti pri radu.

Osim dopuštenog radnog opterećenja postoji i **pokusno opterećenje** samarice i njene opreme. Pokusno opterećenje uvijek je veće od radnog. Za neku opremu teretnog uređaja (čelik-čela, lanci) primjenjuje se **prekidno opterećenje**.

SWL je upisan na dinjem djelu debla samarice.

REGISTAR TERETNOG UREĐAJA

Registar teretnog uređaja (Cargo gear register) je dokument koji mora imati svaki brod Hrvatske nacionalnosti.

Hrvatski registar brodova mora svakom brodu koji ima ispitane teretne uređaje izdati Registar teretnog uređaja.

Registar teretnog uređaja ima formu knjižice i mora sadržavati:

- ime, luku upisa i BT, naziv i sjedište broдача odnosno brodovlasnika,
- opis, smještaj i oznaku opreme koja je pregledana i ispitana,
- svjedodžbe o izvršenim pregledima teretnog uređaja,
- datum i potpis osobe koja je obavila pregled odnosno ispitivanje.
-

PREGLEDI TERETNOG UREĐAJA

Hrvatski registar brodova obavlja periodične preglede koji mogu biti redovni i posebni.

Redovni pregledi obavljaju se svake godine a vizualnog su karaktera. Svrha vizualnog pregleda je da se otkriju eventualna oštećenja ili istrošenost teretnog uređaja i njegove opreme.

Posebni pregledi obavljaju se svake četiri godine a on obuhvaća iscrpan pregled svih dijelova i opreme teretnog uređaja. Sva skidljiva oprema se skida, rastavlja i pregledava te podvrgava pokusnom opterećenju i nakon toga ponovo pregledava. Sve djelove za koje se utvrdi istrošenost više od 10% treba zamjeniti novima.

Rezultat pregleda potvrđuje ovlaštena osoba HRB-a svojim potpisom na odgaovarajućoj stranici registra teretnog uređaja. Kontrolu registra teretnog uređaja i pripadajućih svjedodžbi obavljaju inspektori sigurnosti plovidbe pri Lučkim kapetanijama.

5.2. Oprema za spašavanje

Razlikujemo tzv. **brodicu za prikupljanje** (rescue boat) i **brzu brodicu za prikupljanje** (Fast rescue boat).

Odredbama SOLAS konvencije, brza brodica za prikupljanje obvezna je na putničkim ro ro brodovima. Ona sadrži tročlanu posadu koja po STCW konvenciji mora biti osposobljena za rukovanje brzom spasilačkom brodicom.

Brza spasilačka brodica postiže brzine veće od 20 čv.

Ostala obilježja ne odskaku od klasične spasilačke brodice.



Slika : Spasilačka brodica

Spasilačku brodicu mora posjedovati svaki brod za smještaj najmanje 5 osoba u sjedećem i jednu osobu u ležećem položaju.

Ovi čamci su dimenzija od 4 do 8 m, a svojim manevarskim sposobnostima omogućuje sigurno i brzo spašavanje ljudi kad to nije moguće učiniti čamcima za spašavanje.

Spasilački čamci odlikuju se čvrstom konstrukcijom a izgrađeni su najčešće kao kombinacija plastičnog dna i pneumatskih komora.

Komore su podjeljene u najmanje pet odvojenih potkomora tako da se plovnost ne poremeti u slučaju oštećenja. Svaka komora opremljena je bespovratnim ventilom.

Zbog male dužine i malog nadvođa, pramčani dio brodice mora imati uzvoj ili pokrov u dužini 15% od cijele dužine brodice.

Svaki spasilački čamac mora biti u stanju brzo i sigurno manevrirati pa se ugrađuju unutrašnji ili vanjski (benzinski) motori većih snaga (do 250 kw) čime razvijaju brzinu i do 35 čv .

Spremnici goriva moraju biti posebno izolirani i zaštićeni od požara ili eksplozije.

Može se ugraditi i mlazni pogon.

Ovi čamci moraju biti u mogućnosti sigurno tegliti potpuno nakrcanu splav.

Grade se čamci otvorenog, poluotvorenog i zatvorenog tipa.

Za spuštanje i podizanje brodice služe namjenske dizalice koje se nerjetko isporučuju sa brodicom.

Takve dizalice moraju omogućiti spuštanje brodice unutar 5 minuta vremena.

Osnovna je namjena ovakvog čamca brzo i sigurno prikupljanje ljudi iz mora.

Zbog toga ove brodice imaju sljedeće karakteristike:

- lagano rukovanje, brzo spuštanje i podizanje iz mora (namjenske dizalice)
- dobre manevarske sposobnosti

- malo nadvođe (radi lakšeg podizanja ljudi iz mora)
- pogon, jednostavan za rukovanje i održavanje (obično je to vanbrodski benzinski motor)
- otpornost na atmosferlije

Rasporedom za uzbunu utvrđeno je koji članovi posade na brodu rukuju spasilačkom brodicom odnosno brzom spasilačkom brodicom, za slučaj situacije "Čovjek u moru".

Posada mora izvoditi propisane vježbe brodicom koje su propisane SOLAS-om.

Potrebno je redovito održavanje brodice, a naročito uređaja (dizalice) za spuštanje, pogonskog stroja te kontrola inventara brodice.

Oprema brodice sadrži:

- zavlračno sidro
- pribor za prvu pomoć
- radar reflektor
- uža za tegljenje duže od 50 m
- dva plutajuća konopca duža od 30 m
- najmanje dva termozaštitna odjela
- prijenosni aparat za gašenje požara
- kompas sa osvjetljenjem
- vodootporna el.svjetiljku za odašiljanje signala Morse
- reflektor za noćno traganje
- naprava za davanje zvučnih signala
- privezaljka pričvršćena na pramcu sa mehanizmom za oslobađanje
- prva pomoć
- vesla i čaklju
- ručnu pumpu

Sva oprema mora biti spremljena i pričvršćena u vodonepropusnim prostorima te ne smije smetati posadi za vrijeme plovidbe i spašavanja.

STCW konvencijom se svi članovi posade obvezuju osposobiti za rukovanje spasilačkom i brzom spasilačkom brodicom. (D-17 i D-18).

5.3. Oprema za ukrcavanje i iskrcavanje tereta, načini ukrcavanja i iskrcavanja tereta

PLAN TERETA, UKRCAJ, ISKRCAJ, TERMINALI

MATIČNI BRODOVI- povezuju kontinente, 3000 TEU i više, plan broda sastavljaju "supercargo" krcatelja, koji su u svakom momentu multimedijalno povezani sa centralom i brodom. (sastavljanje plana tereta za više od 3000 teu po dolasku broda u luku značilo bi gubljenje vremena)

Tokom plovidbe brod dobije **preliminarni plan** krcanja, koji nakon verifikacije (aproval) tj **kompijutorske obrade** časnika dobiva zeleno svjetlo.

Verifikacija: - provjera stabiliteta, trima, gaza

- provjera opterećenja i naprezanja brodske konstrukcije te "stacking weight"-opterećenje palube po _____ jednom kontejnerskom mjestumještaj (kompatibilnost) kontejnera sa opasnim teretima (IMDG code)

- smještaj kontejnera s vangabaritnim mjerama tereta odnosno HC kontejnera
- smještaj frigo kontejnera (priključak na e.l.)
- težina kontejnera – mogućnost / nemogućnost korištenja vlastitih dizalica, stacking weights.

Ukoliko časnik utvrdi kakav **nedostatak** dužan je obavjestiti zapovjednika kako bi se do dolaska broda u luku **popravili** nedostaci na planu a o tome moraju biti **obavješteni** i svi sudionici u pomorskom prijevozu. Kad se prihvate primjedbe i sugestije broda moguće je izraditi konačan plan ukrcaja.

Kod ovakvih brodova rijetko se dogodi kakva promjena vezana za boking pa se u principu krca prema dogovorenom planu.

UKRCAJ / ISKRCAJ KONTEJNERA

Brodovi matice obično nemaju vlastite dizalice pa se ukrcaj / iskrcaj vrši obalnim dizalicama tzv “grujama” opremljenim tzv 20/40 stopnim **spraiderima**. Tu je i ostala lučka mehanizacija za manipulaciju kontejnerima.

Manji brodovi tzv feeder service brodovi razvoze kontejnere povezujući glavne svjetske terminale sa lokalnim (regionalnim) terminalima odnosno lokalni terminal sa manjim lukama.

Ovi brodovi su kapaciteta do oko 1000 teu-a, obično opremljeni vlastitim dizalicama. Brodovi na putovanju imaju i po desetak ukrcajno/iskrcajnih luka pa je nepohodno na vrijeme a na temelju booking liste (telex) sastaviti preliminarni plan.

Često se desi da konačan plan nije moguće napraviti do same partence jer se boking lista stalno mjenja (dodatni kontejneri, kanceliranje kontejnera, čekanje kontejnera)

Treba biti oprezan kad je težina nepoznata, pa sigurnosti radi uzimamo u proračun max težinu.

Sistemno težište nakrcanog kontejnera sa težim teretom obično je niže od proračunskog što nam donekle ide u prilog. Brodske su dizalice podešene tako da izbace u slučaju overweighta, a nerjetko imaju i ugrađenu vagu. Kontejneri se krcaju **čelikčelima** (4 kom) sa kukama koje se kače s unutarnje strane kontejnera ili je brod opremljen tzv **mehaničkim spraiderom** koji se kači direkto na kuku dizalice, locking / unlocking se obavlja ručno.

Kako se kod feeder brodova tokom jednog putovanja mora izmanipulirati velik broj kontejnera u više luka česte su situacije da se neki kontejner privremeno ukrca na jednu poziciju pa se u sljedećim lukama preslaže (**shifting** brod-brod, brod-obala-brod)

Časnici prate tok ukrcaja vodeći računa o: - predviđenom smještaju kontejnera osobito opasnih i specijalnih tereta.

(troškovi)

- smanjiti shifting kontejnera na najmanju moguću mjeru

samom ukrcaju

- eventualnom ukrcaju oštećenog kontejnera ili oštećenja pri

manifestu)

- sastavljaju “Container damage report”(primjedba u

momentu (balast)

- uvid u stabilitet, naprezanja , nagib i gaz broda svakom

- kontroliraju ispravan lashing (osiguravanje) kontejnera
- kontroliraju postojanost blombe (osoba na obali ili brodu)

primjedba se stavlja u manifest.

Kontejner koji sadrži opasan teret, mora biti označen propisanim naljepnicama u skladu sa IMDG kodom.

Naljepnice se postavljaju na bočne strane, prednju i stražnju stranu te na gornju stranu. Ovisno o raspoloživom broju tj. količini kontejnera za ukrcaj te njihovim težinama i destinacijama, kontejneri se slažu po sistemu jedan 40' na dva 20', osobito u zadnjem redu po visini, kako bi se dobila kompaktna cjelina.

Kontejneri se slažu uvijek s vratima prema krmu.

Brod neće isploviti dok i zadnji kontejner nije propisno osiguran- nepohodna međusobna komunikacija zapovjedništva za vrijeme krcanja osobito pred završetak krcanja (stroj, agent, pilot)

Na partenci se printa konačan plan tereta sa stanjem tankova, gazom, momentima naprezanja, MoG, koji se šalje u sljedeću luku. Plan tereta mora biti razumljiv i slikovit. U kontejnersko mjesto upisuje se broj kontejnera, tip, težina i ukrcajna odnosno određena luka.

Za kontejnerski brod preporuča se manji MoG tj izbjeći prestabilan brod kako bi period valjanja bio duži a na taj način manja su naprezanja a teret sigurniji.

KONTEJNERSKI I RO-RO BRODOVI

Prijevoz tereta ovim brodovima spada u grupu integralnog transporta robe. Svrha integralnog transporta (door to door) je ubrzati manipulaciju teretom tj krcanje tereta u standardizirane jedinice (kontejnere, trailere) kako bi se on mogao prevesti kopnenim, morskim ili zračnim putem.

Prednosti prijevoza tereta kontejnerima:

- brža manipulacija (ukrcaj na brod, iskrcaj sa broda), kraći boravak broda u luci
- prevoze se sve vrste tereta (generalni, rasuti, tekući, rashlađeni, plinoviti, komadni teret itd)

Nedostaci kontejnerskog prijevoza:

- smanjen korisni skladišni prostor
- vraćanje praznih kontejnera
- održavanje kontejnera

Kontejneri su obično u vlasništvu brodarka ili krcatelja ali mogu biti u vlasništvu željezničkog ili cestovnog prijevoznika te iznajmljeni za određeno putovanje ili na određeno vrijeme.

Gradnju kontejnera nadziru te ispituju klasifikacijski zavodi koji zatim izdaju **svjedožbu o ispitivanju prototipa kontejnera (Certificate of testing of the container)**.

Kontejneri se grade prema ISO standardima i moraju zadovoljavati sljedeće uvjete:

- propisane dimenzije
- okovi za dizanje u svih osam uglova
- utori za rad viljuškarom
- nepropusna vrata
- propisne oznake

Oznaka sadrži: vlasnika kontejnera sa serijskim brojem, ukupnu max težinu, težinu praznog kontejnera, vanjske dimenzije, oznaku tipa (open top, flat rack, flat bed, itd)

KLASIFIKACIJA KONTEJNERA

1.Prema namjeni:univerzalni i specijalni

2.Prema materijalu izrade: čelični, aluminijski, legure aluminija itd

3.Prema dimenzijama i korisnoj nosivosti (20´= 6x2.4x2.4m(20'x8'x8'), Bruto 24T
40´=12x2.4x2.4m,Bruto 30T high cube= h=2.6m(8'6"))

4. Prema konstrukciji: sklopivi, nesklopivi

5. Prema vrsti robe koja se prevozi:

- univerzalni zatvoreni kont. sa vratima za prijevoz komadne i paletizirane robe
- open top kontejner sa ceradom ili bez, sa vratima (za razne proizvode koji su otporni na atmosferlije)
- kontejner sa krovom koji se može otvarati i vratima (pakovana i rasuta roba)
- tanktainer za prijevoz tekućina i plina u tekućem stanju (LNG, LPG) flatrack kontejner sa niskim stranicama ili samo frontalnim stranicama (kamioni, automobili)
- refer frigo kontejner za prijevoz rashlađenog ili smrznutog tereta (el ili dizel pogon)
- flatbed kontejner platforma za prijevoz vangabaritnih tereta :

1. Overlength cargo: teret čija je dužina veća od dužine kontejnera

2. Overhigh cargo: ukupna visina tereta veća od visine kontejnera (obično se slaže u zadnji red, ovisno o težini)

3. Overwidth cargo: ukupna širina veća od širine kontejnera (obično se mora izgubiti nekoliko kontejnerskih mjesta)

4. Overweight cargo: ukupna težina veća od maksimalne dozvoljene 20 ili 40 stopnog kontejnera ili veća od max dozvoljene u cestovnom odnosno željezničkom prometu.

ŠTETE NA KONTEJNERIMA U POMORSKOM TRANSPORTU

Štete mogu nastupiti usljed nepažljivog rukovanja prilikom ukrcaja/iskrcaja, te usljed nevremena tokom plovidbe.

Totalno oštećenje (total loss) – ne dozvoljava se daljnja upotreba

Ogrebotine, udubljenja, ulegnuća, iskrivljenja – povlači se iz prometa ukoliko je značajno smanjena korisna nosivost

Za časnike je važno sačiniti odnosno popuniti formular “**Container damage report**” koji se predaje putem agenta brodaru, krcatelju odnosno vlasniku kontejnera a na temelju čega će se kontejner podvrgnuti pregledu klasifikacijskog društva i eventualno povući iz prometa ili prosljediti na popravak. Po završetku ukrcaja časnik unosi **primjedu** u listu manifesta tereta (pored broja kontejnera), a Container damage report mora potpisati i krcatelj ili agent u njegovo ime.

KARAKTERISTIKE I VRSTE KONTEJNERSKIH I RO RO BRODOVA

Kontejnerski brod odlikuju jaki uzdužni i poprečni elementi a kod ro- ro broda naglašena je uzdužna čvrstoća.

Prostor predviđen za ukrcaj kontejnera mora se uskladiti sa konstruktivnim zahtjevima za uzdužnu i poprečnu čvrstoću.

Tipovi kontejnerskih brodova su:

- tip za vertikalni ukrcaj – **full container ship** s ćelijama ili vodilicama (matice), **semi-container** kao kombinacija, **feeder** manji brodovi za razvoz
- tip za horizontalni ukrcaj (**ro ro**).

Kontejnerski brod s vertikalnim vodilicama

Opterećenje ukrcanih kontejnera po vertikali prenosi se direktno na dvodno a na vertikalne vodilice se prenose porečni momenti kod valjanja broda.

Vodilice su uglovnice koje čine sastavni konstruktivni dio broda. Poklopci skladišta su pontonskog tipa a dižu se mosnom brodskom dizalicom. Obično dužina jednog pontona odgovara dužini jednog 40 kontejnera (bay) a širina polovici broja vodilica, odnosno $\frac{1}{2}$ broja horizontalno složenih kontejnera.

Brod za horizontalno ukrcavanje (ro ro)

Kontejneri se krcaju u garažu ili na palubu. Kroz garažna vrata preko rampe kontejneri se krcaju viljuškarom u poprečnom smjeru, a na palubu također preko (druge) rampe viljuškarom ili obalnom dizalicom koja ima mogućnost okretanja kontejnera za 90° . Ovi brodovi imaju svoja obično dva viljuškara i nisu ovisni o dizalicama a uz kontejnere prevoze i drugi ro-ro teret.

Konstrukcija (širina) ovakvog tipa broda uvjetovana je brojem kontejnera postavljenih poprečno.



Kontejnerski brod u prolazu Panamskim kanalom

PRIČVRŠĆIVANJE I OSIGURANJE TERETA (LASHING)

Teret vangabaritnih dimenzija već prije ukrcaja na brod mora biti propisno pričvršćen za kontejner čineći jednu cjelinu. Povezivanje u čvrstu cjelinu vrši se pomoću čelikčela, lanaca, konopa, pa i zavarivanjem.

Časnik je dužan pregledati takav kontejner te ukoliko smatra da teret nije sigurno pričvršćen može odbiti ukrcaj takvog kontejnera na brod. Krcatelj odgovara za propisno složen i osiguran teret unutar kontejnera .

Prvi časnik i vođa palube odgovorni su za lashing tereta. Vodi se evidencija inventara lashing opreme na brodu, tzv. "List of lashing equipment".

Sva lashing oprema mora imati atest od klasifikacijskog zavoda ili ovlaštenog proizvođača. Oštećena oprema se izdvaja i šalje na popravak ili rashoduje. Opremu je potrebno održavati u skladu sa SMS-om kompanije odnosno djelom SMS-a koji govori o održavanju broda i opreme te vođenju zapisa. Nekorištenu lashing opremu potrebno je konzervirati i uskladištiti van atmosferskih utjecaja i utjecaja mora.

Na fullcontainer brodovima sa fiksnim vodilicama u skladištu, pričvršćivanje je nepotrebno, na semicontainer brodovima pričvršćivanje je obvezatno u skladištima a pogotovo i na palubi. **Svrha je pričvršćenja povezivanje kontejnera u jednu čvrstu i sigurnu cjelinu.**

SUSTAVI POVEZIVANJA KONTEJNERA po vertikali

Twistlocking – metoda povezivanja pomoću zakretnih zatvarača tzv **twistlockera**, postavljaju se na svaki ugao kontejnera a na njih “sjeda” po vertikali sljedeći kontejner, twistlocker se onda zaključava zakretanjem ručice (lijevi desni) bazični twistlocker je onaj koji se postavi na dno skladišta.

Najbolje je na brodu imati jednu vrstu twistlockera (sve desnozaključavajuće ili lijevozaključavajuće) da se spriječi dovođenje posade i ljudi na terminalu u zabludu te spriječi njihovo oštećivanje prilikom iskrcavanja. Ukoliko se pak dvojni twistlockeri ne mogu izbjeći tada ih je najbolje prikladno označiti ili primjenjivati na jednom bayu.

Kontejneri se dodatno pričvršćuju motkama ili lancima koji se vezuju za fiksne točke na palubi broda (2. ili 3. red).

Stacking – metoda pomoću nosećih konusa (**stacking cones**) gdje se konus postavlja između dva kontejnera po vertikali ali kako nema mogućnost zaključavanja svaki red kontejnera se obavezno dodatno osigurava za baznu točku na palubi pomoću lanaca, motki ili čelik čela. Ova je metoda prihvatljivija za skladišta jer je manje sigurna dok na palubi treba izgubiti više vremena i potrebno je više materijala.

Kontejneri se za palubu dodatno povezuju morskim vezom odnosno lashingom kojeg čini kombinacija lanaca, šipki te stezaljki.

SUSTAV HORIZONTALNOG POVEZIVANJA KONTEJNERA

Mostovi za kontejnere (bridge fittings) – naprave koje služe za međusobno povezivanje najviših redova kontejnera (zadnji red) po horizontali po sustavu kontejner – kontejner i to u poprečnom i uzdužnom smislu te kontejner- brod.

Postoji više izvedbi mostova a razlikuju se i po načinu pritezanja:

- konvencionalni most za povezivanje kontejner-brod
- most za povezivanje kontejner-kontejner
- zglobni most za povezivanje kontejner-kontejner (nejednake visine)

OSTALI SUSTAVI POVEZIVANJA

Pod ostalim sustavima povezivanja i osiguravanja podrazumjevamo kombiniranje svih raspoloživih tehničkih sredstava na brodu pogodnih za osiguranje kontejnera.

Npr situacija u zadnjem redu standardni kontejner-HC container- stand.- HC. Povezivanje se vrši lancima ili čelik čelima u kombinaciji sa stezačima (škartocima)

Kontejneri se za bazne elemente povezuju uvijek u križ.

PRIČVRŠĆIVANJE RO RO TERETA

Budući se radi o teretu na kotačima osiguranje zahtjeva posebnu pažnju i umješnost te nadasve iskustvo posade.

Tehnička sredstva koja se koriste su **lanci s kukama odnosno “elephant foot”** profil na drugom kraju, stezači, čelik čela, kad se radi o teškim kamionima, trailerima, mehanizaciji odnosno tzv “**car strips**” elastična zatezajuća i lakopodešavajuća braga za osiguranje automobila.

Vrlo je važno da teret na traileru bude čvrsto povezan u kompaktnu cjelinu, pa se nerijetko teret odbija ukrcati ali u praksi dodatno osiguranje izvrši posada broda.(trailer sa cjevima)

Traileri, kamioni i teška mehanizacija pričvršćuje se za bazične elemente lancima koji se za brod učvršćuju po sistemu “elephant foot”. Lanci se pričvršćuju u križ tako da podjednako rade po provi i po krmi (najmanje četiri lanca po provi te četiri po krmi, kod dužih jedinica lanci se stave i po sredini- lanci rade kao springovi).

Prednji dio prikolice (trailera) naslanja se na "kavalet" (trailer horse), a pod stražnji dio s obje strane postave se tzv. trailer jackovi. Svrha navedene opreme je da ublaži posljedice na trailer od valjanja broda.

Iznimno **visoki tereti** pričvršćuju se još za fiksne i konstrukcijsko čvrste brodske elemente (**sponje**).

Pod kotače obavezno se stavljaju gumeni ili drveni klinovi a vozila su u brzini (**in gear**).

Tokom plovidbe doći će do popuštanja (**slack lashing**) pa je obaveza časnika i vođe palube običi teret i popraviti lashing posebice prije i nakon nevremena. Teški tereti se u pravilu krcaju u lower hold a osobni automobili na gornje palube. Treba voditi računa i o **lashingu brodske mehanizacije** (viljuškar, mafi vozilo)

Treba izbjegavati previsoki **MoG** da se izbjegnu skosivanja kod valjanja i posrtanja broda zbog prestabilna broda.

Ako je brod u nevremenu, treba izbjegavati bočni nalet valova, smanjiti brzinu i održavati pramac na more.

Potražiti sigurno zaklonište.

OBALNE DIZALICE (GRUJA) I OSTALA LUČKA MEHANIZACIJA



5.4. Protupožarna oprema

U točki 2. SOLAS konvencije govori se o uvjetima koje u konstrukcijskom smislu i smislu opreme moraju zadovoljiti brodovi s obzirom na vrstu i namjenu.

U skladu s time u istoj točki se govori o protupožarnoj zaštiti na brodovima.

Klasifikacijski zavodi su dužni nadzirati gradnju broda pa tako i ugradnju protupožarnog sustava na brodove.

Vrste ugrađenih protupožarnih sustava ovise o vrsti i namjeni broda te o vrsti tereta kojeg prevozi.

U ugrađene sustave za gašenje požara ubrajamo:

- glavni protupožarni sustav gašenja morskom vodom
- automatski sustav za gašenje požara prskanjem (sprinkler uređaj)
- ugrađeni sustav za prskanje vode pod tlakom
- ugrađeni sustavi za gašenje požara plinom (CO₂)
- ugrađeni sustav za gašenje požara pjenom
- ugrađeni sustav za gašenje požara prahom
- sustavi inertnog plina (IGS)

Glavni protupožarni sustav sastoji se od protupožarne pumpe, glavnog protupožarnog cjevovoda, hidranata, vatrogasnih crijeva i mlaznica.

Navedena oprema mora zadovoljavati uvjetima SOLAS konvencije (glava IV).

SOLAS konvencija propisuje i jednu protupožarnu pumpu za nuždu na pogon (motor) koji je neovisan o pogonu glavne protupožarne pumpe. To je tzv. emergency fire pump koja može biti smještena u pramčanom ili krmenom djelu broda. Glavna protupožarana pumpa može se startati i sa komandnog mosta.

Klasifikacijski zavodi propisuju (na temelju SOLAS a) broj hidranata ovisno o veličini i vrst broda a oni moraju biti tako raspoređeni da najmanje dva mlaza mogu opošluživati bilo koji dio broda.

Protupožarna crijeva moraju biti izrađena od negorućeg materijala, i dovoljno dugačka. Mlaznice moraju biti izvedene za malaz i prskanje s mogućnošću isključivanja.

Crijeva, mlaznice i ključ nalaze se u kutijama (požarne stanice) koje se nalaze u blizini hidranata.

SOLAS konvencija propisuje da svaki brod mora na obje strane imati ugrađenu međunarodnu priključnicu pomoću koje se brodski protupožarni sustav priključuje na onaj s kopna.

Sprinkler uređaj spada u automatski sustav za gašenje požara prskanjem tj aktivira se automatski a najčešće se ugrađuje u putničkim i prostorima za posadu. Rasprskiči su raspoređeni po stropovima prostorije a kako imaju funkciju i detektora, reagiraju na povišenu temperaturu iznad određene granice te automatski daju vizualne i zvučne signale uzbune na indikatorima koji označavaju prostor u kome je rasprskič započeo djelovati.

Osim rasprskiča ovaj uređaj čini pumpa, cjevovod, ventili i tank slatke vode.

Ugrađeni sustav za prskanje vode pod tlakom djeluje na principu raspršivanja vode pod visokim pritiskom u formi spreja (prašine). Ovaj se sustav koristi na RORO brodovima tako da se mlaznice postavljaju po stropovima paluba (platformi) gdje se krcaju automobili. Sistem za gašenje podjeljen je u više sekcija a aktivira se ručno tako da se sve mlaznice jedne sekcije otvaraju istovremeno. Brodovi sa ovim sustavom moraju zadovoljiti propisane uvjete za drenažu i ispumpavanje vode.

Ugrađeni sustavi za gašenje požara plinom (CO₂) u kombinaciji je s cijevnim detektorima dima, pa se kroz iste cijevi detektora dima, dovodi CO₂ plin za gašenje požara u pojedinim prostorijama.

Cjevovodi koji se koriste za dovod plina opremljeni su kontrolnim ventilima, a CO₂ cjevovod mora biti propisno označen. Korištenje ovog sustava podrazumjeva mogućnost nepropusnog zatvaranja svih

prostorija u koje se plin dodvodi te mogućnost automatskog davanja zvučnog alarma o puštanju CO₂ u bilo koji prostor u koje posada ima pristup. Sustav je predvidio obavezno ručno davanje uzbune prije no što će se sustav aktivirati, kako bi se dalo vremena svima da izađu iz prostorija i nepropusno ih zatvore.

CO₂ plin smješten je u bocama pod visokim tlakom, a boce su smještene u posebnoj prostoriji (CO₂ room) koja se nalazi u odvojenom djelu nadgrađa, na pristupačnom mjestu s dobrom ventilacijom i dovoljno daleko od izvora topline. Obično je odvojen sustav za gašenje u strojarnici od ostalih prostora na brodu. U CO₂ prostoriji nalaze se boce pod pritiskom. Broj boca mora biti dovoljan za kapacitet svih prostora na brodu koji su predviđeni gašenjem CO₂. Za svaki prostor predviđen je određeni broj boca koje se aktiviraju ručno. Sve su boce priključene na glavni cjevovod ali se posebnim ventilima plin usmjerava u željeni prostor (aktiviraju se boce predviđene za taj prostor). U CO₂ prostoriji nalazi se glavni kontrolni ventil koji se aktivira neposredno prije uključivanja sustava. Ventilom se može upravljati i daljinski s mosta ili iz strojarnice. Time se uključuje i zvučni alarm o početku puštanja CO₂. Sustav podlježe obveznom godišnjem pregledu.

Prednost gašenja s CO₂ je u tome što sam medij gašenja nema štetnog utjecaja na okolinu pa su nastale štete isključivo štete od požara.

Prilikom gašenja požara ovim sustavom treba voditi računa o sljedećem:

- čuvši zvučni signal za aktiviranje CO₂ treba žurno napustiti prostoriju
- prije samog puštanja provjeriti da li su svi napustili prostorije i da li su prostorije zatvorene
- mora biti isključena ventilacija a sve klapne i otvori s palube zatvoreni

Postoje još sustavi za gašenje požara plinom halonom ili vodenom parom.

Ugrađeni sustav za gašenje požara pjennom može se kao zaseban sustav koristiti u prostorijama strojeva, u prostorijama gdje požar može izazvati curenje goriva (pump room). Ovaj se sustav najčešće ugrađuje na brodovima za prijevoz tekućih opasnih tereta (tankeri). Razlikujemo sustav teške, srednje i lake pjene ovisno o faktoru ekspanzije pjene (omjer volumena stvorene pjene spram volumena vode i pjenila). Uređaj za stvaranje pjene na tankeru mora biti u stanju stvoriti pjenu za cijelu površinu njegove palube. Za gašenje požara na palubi koristi se teška pjena. Laka pjena se koristi u prostoriji strojeva (prostorija se mora puniti pjennom od najmanje 1m visine u minuti) a srednja u zatvorenim prostorijama gdje može doći do curenja zapaljivog goriva. Uređaji za izbacivanje pjene nazivaju se monitori i smješteni su sa lijeve i desne strane broda. Domet svake naprave mora biti najmanje 15 m. Osim monitora sustav se sastoji od tanka pjenila, pumpe za pjenilo, cjevovoda i ventila. Sustavom se može upravljati daljinsko ili ručno upravljanim ventilima.

Ugrađeni sustav za gašenje požara prahom koristi se na tankerima za prijevoz plina i kemikalija. Prah se nalazi u spremnicima a sistem se aktivira pomoću plina koji se nalazi u bocama pod tlakom. Sistem čine još sistem glavnog cjevovoda, fleksibilne cijevi i mlaznice koje se nalaze u ormarićima po palubi.

Pogonski plin se nalazi u posebnim bocama pod visokim pritiskom. Rezervoari i boce nalaze se u posebno izoliranim prostorijama. Kao pogonski plin za izbacivanje praha koristi se CO₂ ili dušik.

Sustav inertnog plina (Inert gas) ugrađuje se na tankere prvenstveno radi preventive od izbijanja požara ili eksplozije zapaljivih i eksplozivnih para u tankovima tereta. Inertnim plinom se smatra svaki plin koji ne podržava gorenje, a to je svaki plin koji u sebi sadrži koncentraciju kisika manju od 5 %. Izvori inertnog plina na brodu mogu biti ispušni plinovi ili se ugrađuju generatori inertnog plina kojima se proizvodi inertni plin dušik. Na brodu postoji generator inertnog plina, cjevovod inertnog plina kojim se plin nakon što je pročišćen (od štetnih sastojaka) dovodi u tankove, te upravljački ventili. Sustav je opskrbljen alarmnim i mjernim uređajima.

5.5. Navigacijska oprema

Zapovjednik mora provjeriti da:

- je sva elektronička pomagala za navigaciju su u dobrom stanju i pravilno održavana,
- kursograf, pisač dubinomjera, pisač navtexa i pisač EGC imaju dovoljno zalihe papira,
- elektronski navigacijski sistemi GPS, DGPS i ECDIS pokazuju točnu poziciju broda,
- su sve publikacije za navigaciju, kao i pomorske karte ažurirane i korigirane,
- sekstant i magnetski kompas imaju važeću tablicu greške kao i tablicu devijacija.

Navigacijska pomagala (ARPA, radari, dubinomjeri, ECDIS, GPS) imaju **ugrađene alarme** koji se aktiviraju kada su određeni parametri prekoračeni (recimo kada brod dođe na dubinu manju od 20 metara ispod kobilice tada dubinomjer aktivira alarm, ako je tako namješten).

Svi su parametri namješteni uzimajući u obzir karakteristike broda i sigurnosne standarde.

Samo Zapovjednik može odobriti promjenu parametara i takvu promjenu unijeti u pisanom obliku u brodski dnevnik.

Brodski kompjuteri, integrirani navigacijski sistemi i automatizacija broskog pogona

Današnji brodovi su opremljeni IBS (*integrated bridge system*) tehnologijom na zapovjedničkom mostu i *total concept* automatizacijom brodske strojarne.

Svi brodovi građeni **poslije 01-07-2002** moraju biti opremljeni **VDR** (*voyage data recorder*), isto što je u zračnom prijevozu «crna kutija» i **AIS** (*automatic identification system*) **sistemom automatske identifikacije**. Danas gotovo svi brodovi imaju ugrađenu ovu opremu bez obzira na starost.

Konfiguracija na zapovjedničkom mostu:

- TFT / LCD ARPA radari
- VMS Voyage Management System
- ECDIS Electronic Chart Display and Information System
- GPS, DGPS
- Dopplerov brzinomjer
- Žiroskopski kompas
- Auto pilot i track pilot
- Dubinomjer sa memorijom
- Anemometar
- AIS sistem automatske identifikacije
- VDR «crna kutija»

Voyage management system uključuje:

- ekran pokazivač elektronskih karata sa mogućnošću stapanja radarske slike
- središnji komandni ekran na kojemu su integrirani i prikazani svi parametri važni za navigaciju, stanje pogonskog sustava broda i općenito alarmni sistem
- sistem planiranja putovanja koji uključuje ažuriranje elektronskih karata, planiranje rute broda na elektronskim kartama, izbor najbolje rute s obzirom na vremenske prilike, praćenje stanja vremena i prognoza vremena,
- automatsku navigaciju po planiranoj ruti u elektronskoj karti takozvani *track pilot*
- sistem praćenja opterećenja broskog trupa, stanja ljuljanja, posrtanja broda s prikazom poprečnih i uzdužnih sila na brod i teret.

Putnički brodovi su opremljeni sa duplim i nezavisnim IBS sa svim kritičnim komponentama dupliranim.

Automatizirani *total concept system* u brodskoj strojarnici

Kod modernih brodova brodske strojarnice su opremljene s:

- Sustavima za sveukupni monitoring i kontrolu (UMS/UCS) s alarmima i upravljačkim panelima, ne samo u strojarnici nego i u nadgrađu kao i na zapovjedničkom mostu
- DMS (*diesel maneuvering system*) potpuno automatiziranim sustavom upravljanja pogonskim strojem sa zapovjedničkog mosta i strojarnice
- DPS (*diesel protection system*) samostalnim sustavom smanjenja broja okretaja, smanjenja snage i u krajnjem slučaju gašenja pogonskog stroja da zaštiti brodski pogon od mogućeg oštećenja
- EGS (*electronic governor system*) sustavom optimalizacije potrošnje i brzine pogonskog stroja
- Automatskom kontrolom visokih okretaja motora u nevremenu
- PCS (*propulsion control system*) sveukupnim sustavom kontrole i monitoringa brodskog pogona

Poglavlje 7 ISM (*International Safety Management*) kodeksa zahtjeva od Tvrtke da indentificira **ključne operacije** na brodu koje predstavljaju opasnost za ljude, brod i prirodni okoliš. Postupci za takve ključne operacije moraju biti **dokumentirani** (razrađeni do detalja i napisani) i uspostavljeni u praksi. Takvi postupci definiraju postupke i zadaće kvalificirani pojedinačno.

Napredak u kompjuterizaciji navigacijskog mosta, strojarnice i općenito broda danas je svakodnevan i zahtjeva stalno usavršavanje Časnika i posade. Časnici koji **upravljaju, testiraju i održavaju upravljačke sisteme** moraju proći obuku na istima

Za **bitne strojeve ili uređaje** s električkim napajanjem predviđa se uz **glavni izvor napajanja** i napajanje iz **izvora za nužnost** i **sustav upravljanja** tim strojem ili uređajem, pored glavnog, mora se napajati i iz izvora za nužnost. **Prebacivanje** na napajanje za nužnost mora biti **automatsko** i popraćeno odgovarajućim **signalom**.

Napajanje sustava upravljanja bitnih strojeva i uređaja mora se izvesti s **dva napojna voda**. Jedan vod mora ići s **glavne sklopne ploče**, a drugi s **najbliže razvodne ploče** za bitna trošila. **Prebacivanje** s glavnog napojnog voda na rezervni mora biti **automatsko** i popraćeno odgovarajućim **signalom**.

Za **napajanje alarmnog sustava** i **sustava zaštite** mora se predvidjeti nezavisni **rezervni izvor napajanja** (akumulatorska baterija). **Rezervni** izvor napajanja alarmnog sustava mora napajati sustav u trajanju od najmanje **30 min**.

Integrirani sustavi mosta moraju biti tako napravljeni da u slučaju **kvara jednog od pod-sustava** časniku na dužnosti bude odmah skrenuta pažnja **zvučnom ili vizualnom signalizacijom**, te da ne prouzrokuje kvar ni jednog drugog pod-sustava. U slučaju kvara jednog dijela integriranog navigacijskog sustava, mora se omogućiti odvojeni rad svakog pojedinog dijela opreme ili dijela sustava.

Elementi sustava navigacije:

1. glavni i kormilarski magnetni kompasi zajedno s postoljem i uređajima za kompenzaciju devijacije, uređajima za smjerenje smijeranje, očitavanje i rasvjetu kao i uređaje za prijenos očitavanja;
2. zvrčne kompase;
3. kompase za čamce za spašavanje s uređajem za rasvjetu;
4. elektroničke pokazivače pomorskih navigacijskih karata s informacijskim sustavima (ECDIS);
5. sustave prijema zvuka;
6. radare;
7. elektronička sredstva za ucrtavanje (EPA);
8. automatska sredstva za praćenje (ATA);
9. uređaje za automatsko radarsko ucrtavanje (ARPA);
10. uređaje za pokazivanje položaja broda;
11. uređaje za pokazivanje brzine i prijednog puta;
12. zvučne dubinomjere;
13. automatske identifikacijske sustave (AIS);
14. sustav identifikacije i praćenja velikog dosega (LRIT);
15. sustave upravljanja brodom na kursu ili na putanji;
16. pokazivače otklona kormila;
17. pokazivače broja okretaja brodskog vijka;
18. pokazivače kutne brzine broda;
19. zapisivače podataka o putovanju i pojednostavljene zapisivače podataka o putovanju;

5.6. Oprema nastambi i prostorije za stanovanje

Prostorije za smještaj posade (putnika):

- *prostorije za stanovanje – kabine, blagovaonice, sanitarije, dvorane;*
- *prostorije za pripremu i čuvanje hrane – kuhinje, hladnjaci, ostave, pekarnice, ...*
- *zdravstvene prostorije – ambulanta, apoteka, operaciona sala, ...*
- *kod velikih putničkih brodova mnogi sadržaji koji mogu poremetiti uobičajene mjere sigurnosti:*
 - *visoki ili jako dugi hodnici, sale, promenade, ...*
 - *bazeni i “parkovi” ...*
 - *kina, klizališta, disco-clubovi, ...*

Gradnja prema strogim SOLAS mjerama:

- *puno drva, plastike, tekstila → zapaljivo!!!*
- *namještaj koji nije pričvršćen za konstrukciju → problemi kod valjanja broda, moguće ozljede!!!*
- *električna oprema → mogućnost iskrenja i nastajanja požara!!!*
- *vrata i prozori → nepropusnost!!!*
- *toplinska i zvučna izolacija, estetski izgled, higijena (kuhinje);*
- *protuklizni podovi (Ilovik) – kombinacija raznih materijala;*
- *kreveti posade s daskom sa strane;*
- *stolice i fotelje gotovo uvijek tapecirani;*
- *kuke za zakačivanje vrata, prozora, ...*
- *posebne stalaže za čaše, šalice, tanjure, ...*
- *oznake na svim prostorijama.*

Prostorije za pripremu hrane

- ovisno o namjeni i veličini broda, broju posade i putnika
- prostrane, dobro ventilirane, opremljene za lako održavanje higijene (inox, pločice od keramike i sl.)
- prostori za čuvanje hrane – ostave, hladnjače, duboko zamrzavanje,...
- galley, pantry
- ventilacija, protupožarne mjere,
- smeće – hrana, plastika, ostaci...
- praonice



Prostorije za boravak ljudi

- posada
 - viši časnici – jednokrevetne kabine s vlastitim tuš/wc-om
- često zapovjednici/upravitelji imaju i dodatnu radnu sobu
 - ostali članovi posade – na teretnim brodovima često 1- ili 2-krevetne kabine s vlastitim tuš/wc-om

- na brodovima s puno posade i 4-krevetne kabine.
- putnici – razne kombinacije ovisno o zahtijevanom luksuzu
- uskladiti estetiku, luksuz i sigurnost
- na putničkim brodovima razne trgovine, saloni, igraonice,...



ENLARGE

Prostorije za upravljanje brodom

- zapovjedni (komandni most) – kormilarnica, prostori s radio-postajom, chartroom, upravljačke kabine za brodsku strojarnicu (npr. na HSC)
- najviša paluba
 - dobra preglednost
 - manje smetnje za opremu
- zamračenje dijela broda pred zapovjednim mostom po noći i zatamnjivanje kormilarnice (zavjese, ...)



5.7. Rashladni prostori na brodu

Primjena na brodu

- provijant
- klimatizacija prostorija (nadgrađa, ECR)
- hlađenje skladišta
- ukapljivanje plinova (LPG)
- na brodovima za ulov i preradu ribe
- ukapljivanje CO₂

Brodove je danas teško i zamisliti bez sustava životnih namirnica, odnosno uređaja za očuvanje lako pokvarljive hrane. Klimatizacija zraka na brodu također se smatra potrebom a ne luksuzom.

Hlađenjem lako pokvarljivih proizvoda na temperaturi od oko 0°C, dubokim smrzavanjem (-30°C) i uskladištenjem na temperaturi od oko -18°C smanjuju se gubici i čuva kvaliteta.

Trajnost prehrambenih proizvoda ograničena je zbog:

1. kemijskih i biokemijskih promjena, npr. procesa sazrijevanja, hidrolize, vrenja i oksidacije;
2. fizikalnih promjena, npr. isparavanja vode, gubitka arome i onih sastojaka koji daju okus;
3. djelovanja mikroorganizama, bakterija, gljiva, kvasaca i slično.

Na fizikalne promjene moguće je utjecati smanjenjem temperature i visokom relativnom vlažnošću. Na kemijske i biokemijske promjene utječe se smanjenjem temperature. Djelovanje mikroorganizama smanjuje se niskom temperaturom i nešto nižom relativnom vlažnošću.

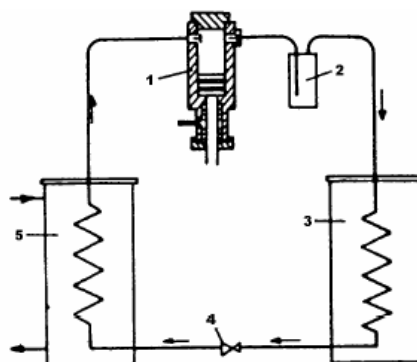
U tablici dole navedeni su parametri uskladištenja za neke važnije artikle.

Hlađene namirnice	Temperatura (°C)	Rel. vlažnost (%)	Broj promjene zraka na sat
smrznuto meso	-10 do -18	90 - 85	10
smrznuta riba	-8 do -10	75 - 80	10
maslac	+2 do +4	75 - 80	20
banane	+11 do +12	90 - 95	60 - 80
kruške i jabuke	0 do +0,5	82 - 90	40 - 60
narandže	+4 do +6	85 - 90	40 - 60
limuni	+8 do +12	85 - 90	40 - 60

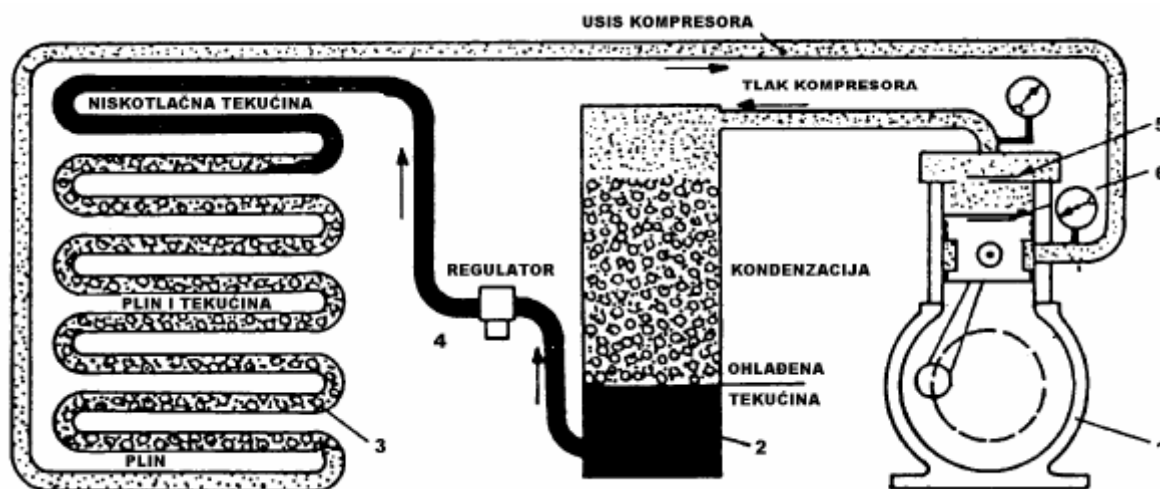
Tablica : Parametri uskladištenja za neke važnije artikle

Kompresorski rashladni uređaj

Na slici dole prikazana je pojednostavljena shema kompresorskog rashladnog uređaja. Rashladno sredstvo prolazi kroz određene faze kružnog procesa: 1. kompresija, 2. hlađenje i ukapljavanje, 3. ekspanzija, 4. isparavanje. Toplina potrebna za isparavanje oduzima se iz hlađenog prostora, te prilikom kondenzacije predaje morskoj vodi. Ta se toplina odvodi iz hlađenog prostora i prenosi na morsku vodu.



Slika: Kompresorski rashladni uređaj



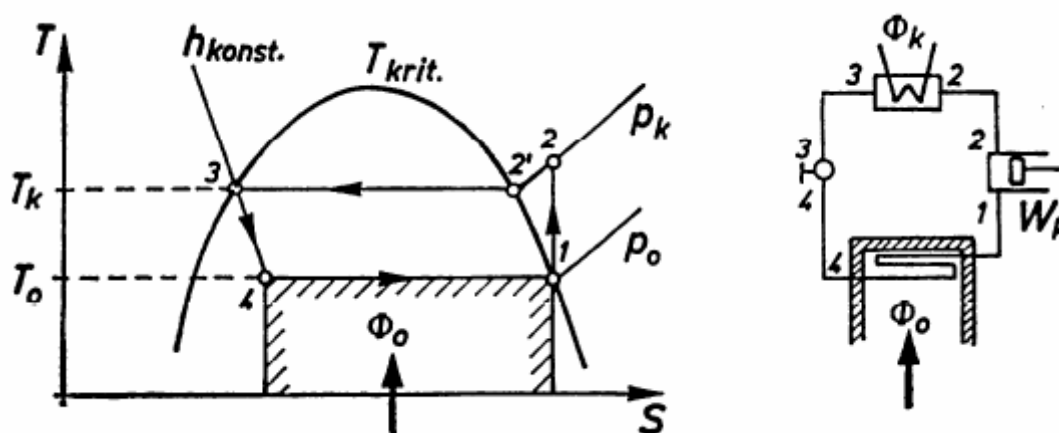
Kompresorski rashladni uređaj

1-kompresor, 2-kondenzator, 3-isparivač, 4-ekspanzijski ili regulacijski ventil, 5-tlačni ventil kompresora, 6-usisni ventil kompresora

Kompresorski rashladni uređaj ima četiri elementa: kompresor, kondenzator, ekspanzijski ventil ili regulator i isparivač. Plinoviti medij usisava se iz isparivača kompresorom i tlači uz približno adijabatsku promjenu stanja. Plin se zatim vodi u kondenzator gdje se zbog hlađenja pretvara u kapljevito stanje pod približno konstantnim tlakom. Oslobođena toplina u kondenzatoru prelazi na rashladnu morsku vodu. Nakon ukapljivanja, rashladni medij prolazi kroz ekspanzijski ventil gdje dolazi do prigušivanja s visokog na niski tlak uz konstantan sadržaj topline. Tekući medij niskog tlaka ulazi u isparivač i tu preuzima na sebe toplinu okoline iz rashladne komore te isparava.

Tlak i temperatura medija koji isparava određeni su položajem otvora ekspanzijskog ventila, a ravnoteža se održava omjerom količine plina, koja se isisava iz isparivača kompresorom, i količine tekućine koja prolazi kroz ekspanzijski ventil.

Rashladni se proces može pratiti u T-S dijagramu. Na slici 5.2. prikazan je T-S dijagram za prije navedeni rashladni uređaj koji je prikazan na slici 5.1.



T-S dijagram kompresorskog rashladnog uređaja

1-2 kompresija zasićene pare, 2-2' – 3-4 ohlađivanje i kondenzacija pregrijane pare, 3-4 prigušivanje rashladnog sredstva, 4-1 isparavanje rashladnog sredstva u isparivaču

Stanja u dijagramu, koja odgovaraju oznakama u shemi, dobivamo ako u dijagramu ucrtamo usporednice s apscisom (izoterme). Donja predstavlja temperaturu isparavanja T_o rashladnog sredstva i isparivača, a gornja usporednica predstavlja temperaturu kondenzacije T_k . Točku 1 (suhozasićene pare rashladnog sredstva prije ulaska u kompresor) daje sjecište izoterme T_o s desnom stranom granične krivulje. Točku 2 (pregrijane pare na izlazu iz kompresora) dobivamo u sjecištu vertikale kroz točku 1 (adijabatska kompresija) s izobarom P_k (tlak kondenzacije). Točku 3 (ukapljeno rashladno sredstvo) daje sjecište izoterme T_k s lijevom stranom granične krivulje rashladnog sredstva. Točka 4 (rashladno sredstvo nakon prigušenja u ventilu) leži u sjecištu krivulje $h=\text{konst.}$, te kroz točku 3 s izotermom T_o . Proces se odvija u smjeru označenom strjelicom. Pri tome nastupaju sljedeće promjene stanja:

1 – 2 Adijabatska kompresija. Kompresor usisava pare rashladnog sredstva iz isparivača i komprimira ih na tlak P_k .

2 – 3 Kondenzacija pregrijanih para pri konstantnom tlaku P_k . Pare se najprije ohlade ($2-2'$), a zatim ukapljaju ($2'-3$).

3 – 4 Prigušivanje tekućeg rashladnog sredstva na traženi tlak u isparivaču. Pri tome dio tekućine ispari i zato je točka 4 unutar granične krivulje.

4 – 1 Isparavanje kod stalnog tlaka P_o i stalne temperature T_o . Za isparavanje rashladno sredstvo oduzima toplinu od okoline (isparivač se grije od okoline – rashladne komore).

Prije su se kao rashladna sredstva koristili amonijak, sumporni dioksid, ugljični dioksid, a za manje uređaje metilni klorid. U današnje vrijeme sve se više primjenjuju ona rashladna sredstva koja ne oštećuju ozonski omotač.

Rashladna sredstva trebaju udovoljiti ovim zahtjevima:

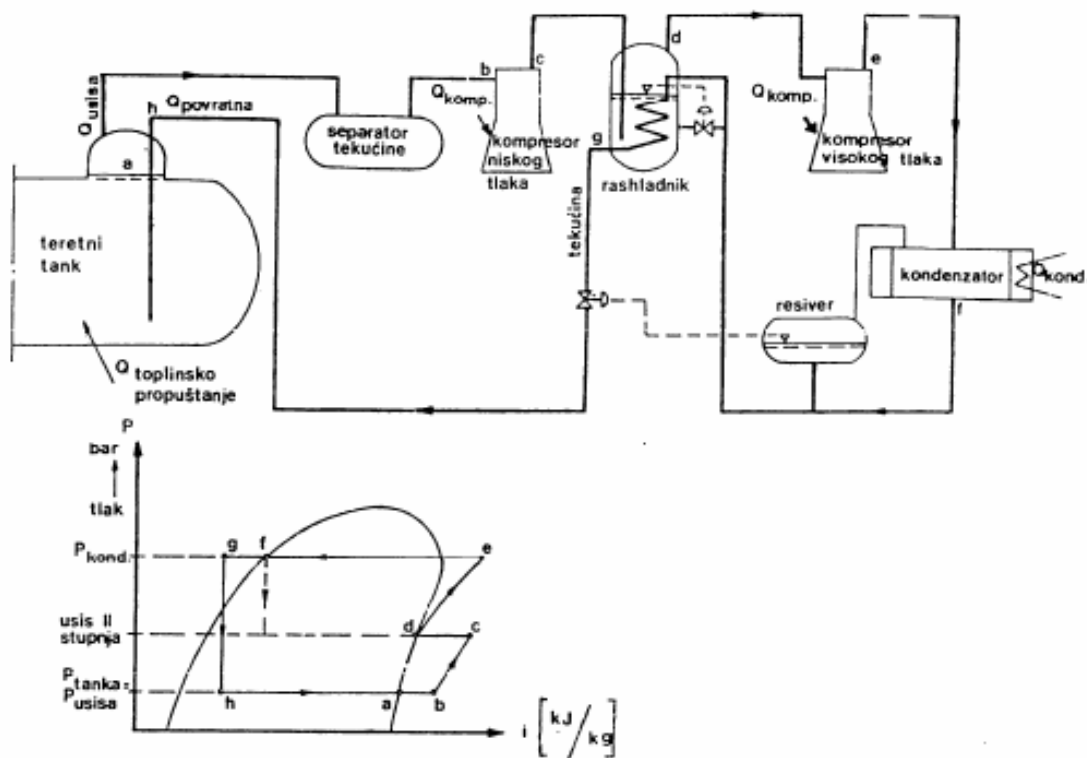
- da nisu zapaljiva,
- da nisu otrovna,
- da se mogu kondenzirati na nižem tlaku,
- da ne djeluju korozivno na metale,
- da se dobro miješaju s uljem radi lakšeg podmazivanja cilindra, ali da pri tom imaju različitu gustoću radi lakšeg odvajanja ulja u separatoru,
- da je toplina isparavanja velika jer su tada potrebne manje količine rashladne vode.

Freon 12 (CF_2Cl_2) je bezbojan plin slabog i ugodnog mirisa. Nije zapaljiv, a radni tlakovi su mu povoljni. Toplina isparavanja mu je malena, pa se upotrebljava za male i srednje rashladne uređaje. Istjecanje freona se teško može primijetiti, a miris se osjeti tek nakon koncentracije u zraku od 20%. Mjesto propuštanja freona određuje se pomoću specijalne plinske svjetiljke, elektronskog detektora, kao i po ulju koje izbija na mjestu istjecanja. Znači trovanja se pojavljuju kad ga ima u zraku u koncentraciji volumski većoj od 30%.

Rashladni sustav na brodovima za prijevoz ukapljenih plinova

Iz svega prije navedenog očito je da uvijek postoji razlika temperature između vanjske i unutarnje pregrade i da nije moguće spriječiti prodiranja topline u tank tereta. Zbog potrebe održanja konstantne temperature ukapljenog plina i zbog toga da tlak u tanku ne raste, ugrađuju se postrojenja za hlađenje tereta. Kao što je rečeno, najčešći prijevoz ukapljenih plinova je prijevoz pri atmosferskom tlaku. Kako ti tankovi nisu izloženi većim tlakovima, oni imaju oblik brodske strukture čime je dosta dobro iskorišten prostor unutar brodske oplate.

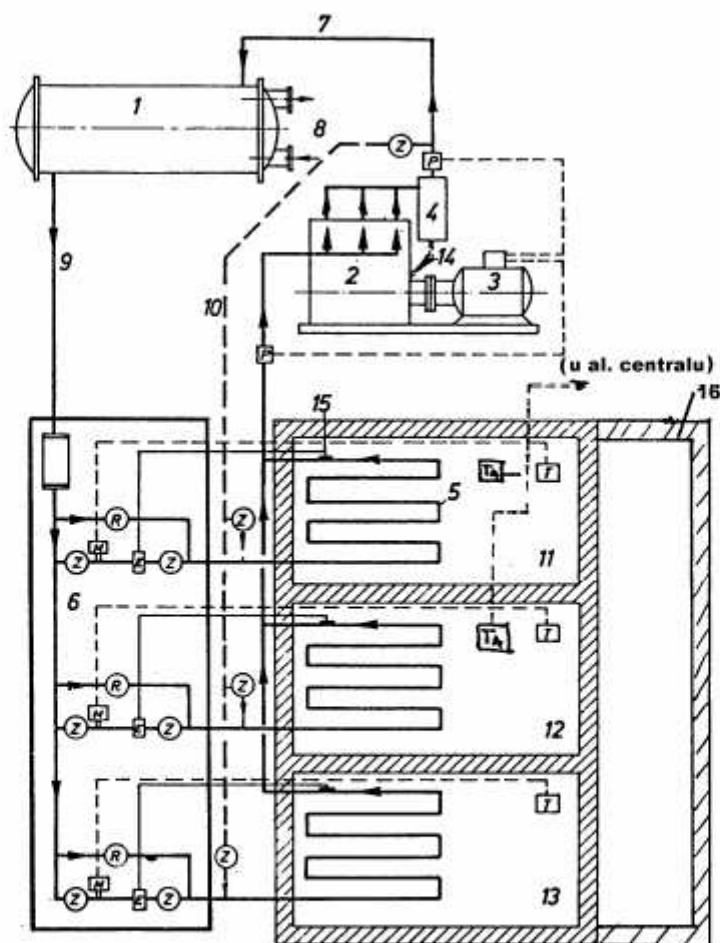
Na slici dole prikazan je rashladni uređaj s dvostupanjskom kompresijom koji se upotrebljava kod prijevoza jedne vrste tereta. S vrha tankova koji se hlade usisavaju se pare plinova (a-b) u kompresor niskog tlaka i na taj se način ujedno održava određeni tlak u tanku. Ispred kompresora niskog tlaka nalazi se separator tekućine. Taj kompresor tlači plin u rashladnik gdje se pare hlade (c-d). Ohlađenu paru siše kompresor visokog tlaka i tlači u kondenzator (d-e). U kondenzatoru se odvija kondenzacija (e-f), a nakon toga se u kondenzatoru tekućina pothlađuje (f-g). Prolaskom kroz termoekspanzijski ventil (g-h) pada tlak kondenzata koji uzroči isparavanje i na taj se način teret ohladi na temperaturu koja vlada u tanku.



Slika: Rashladni uređaj s dvostupanjskom kompresijom na brodovima za prijevoz ukapljenih plinova

Freon 22 (CHF_2Cl). Koeficijent prijenosa topline je za 25-30% veći nego kod freona 12 što omogućuje da se smanje dimenzije kondenzatora i isparivača. Lako prolazi kroz slabo brtvljena mjesta. Neutralan je u odnosu na metale kad u njemu nema vlage. Nije eksplozivan niti zapaljiv, ali je nešto otrovniji od freona 12. Koristi se u rashladnim uređajima s niskim temperaturama i u uređajima za klimatizaciju zraka. Freoni 12 i 22 postupno se napuštaju zbog štetnog utjecaja na ozonski omotač. Umjesto njih uvode se novi rashladni fluidi (R 123 A i drugi novi freoni).

Uređaj za očuvanje namirnica



1-kondenzator, 2-kompresor, 3-elektromotor za pogon kompresora, 4-odjeljivač ulja, 5-isparivač, 6-razvodna ploča, 7-odvod pare iz kompresora u kondenzator, 8-ulaz/izlaz rashladne vode, 9-izlaz kondenziranog rashladnog sredstva, 10-cjevovod za otapanje leda na isparivaču, 11-ćelija za meso, 12-ćelija za ribu, 13-ćelija za voće, 14-povratak ulja iz odjeljivača, 15-pipalo, 16-pretkomora, Z-zaporni ventil, R-ručni regulacijski (ekspanzijski) ventil, M-magnetski ventil, E-ekspanzijski ventil, T-termostat, P-presostat

Shema uređaja za očuvanje namirnica

Na slici gore prikazan je rashladni uređaj za namirnice s ciklusom izravne ekspanzije.

Pretkomora (s temperaturom od $+8^{\circ}\text{C}$) služi za smanjivanje gubitaka topline prigodom svakodnevnog ulaženja u hladnjaču.

U pojedinim ćelijama može se nalaziti jedan ili više isparivača smještenih po stijenkama prostora, a prijelaz topline obično se pospješuje ventilatorima koji se nalaze ispred isparivača. Svaki isparivač ima svoju armaturu na razvodnoj ploči izvan ćelije. Tu se nalaze termoekspanzijski ventili povezani s

osjetnikom na izlaznoj cijevi iz isparivača kapilarnom cijevi. Osjetnikom se podešava otvaranje termoekspanzijskog ventila. Kapilarna cijev s osjetnikom je obično napunjena istim rashladnim sredstvom koje se nalazi u rashladnom sustavu. Promjenom temperature u isparivaču nastaje promjena tlaka u osjetniku koja se prenosi kapilarnom cijevi na membranu u ventilu. Pri povišenom tlaku (povišenoj temperaturi komore) djeluje sila koja ventil otvara i propušta tekuće rashladno sredstvo. Obrnuto, pri smanjenju tlaka (nižoj temperaturi komore) tekućina u kapilari se skuplja (dok se pri povišenoj temperaturi širila) i ventil se pritvara.

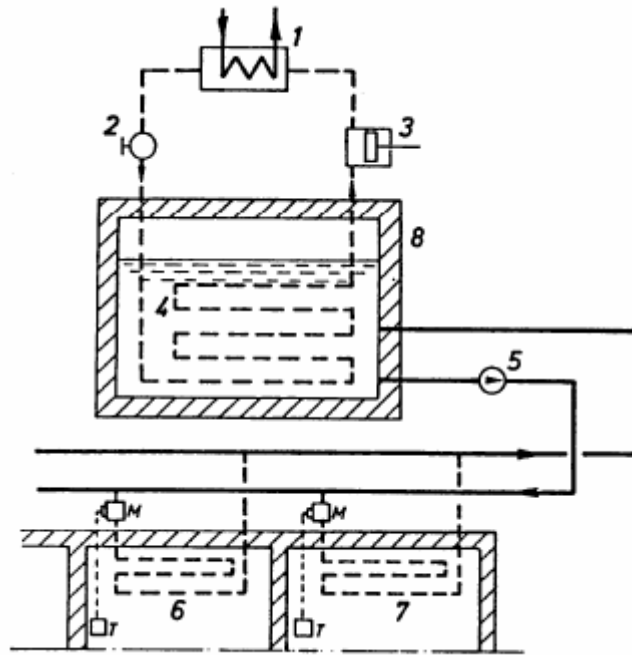
Magnetskim ventilom upravlja termostat smješten u ćeliji. Kod sniženja temperature na željenu, termostat zatvara magnetski ventil i sprječava freonu ulazak u isparivač. Kad se temperatura u ćeliji povisi, termostat otvori magnetski ventil i u isparivač ponovo ulazi rashladno sredstvo. Osim spomenutog termostata, u ćelijama koje imaju radne temperature ispod 0°C, obično se nalazi još jedan termostat povezan na alarmnu centralu. Naime, u slučaju zakazivanja uređaja, kada temperatura naraste iznad maksimalne dopuštene, termostat aktivira alarm za namirnice. U rashladnom uređaju s jednom ćelijom (kao npr. hladnjak u domaćinstvu) termostat bi mogao, umjesto da zatvori magnetski ventil, izravno isključiti pogonski stroj kompresora. U izvedbi s više ćelija to nije moguće. Kompresor se smije zaustaviti tek onda kad je u svim (a ne u jednoj) ćelijama željena niska temperatura. To se postiže ugradnjom tzv. usisnog presostata niskog tlaka na usisni cjevovod. Preostat niskog tlaka spojen je s pogonskim elektromotorom kompresora. Kad se magnetski ventili svih komora, tj. ćelija zatvore, (a zatvorio ih je termostat svojim djelovanjem jer je postignuta željena temperatura) tlak se u usisnom cjevovodu počinje smanjivati. Kod unaprijed određene vrijednosti tlaka reagira usisni presostat i zaustavlja elektromotor kompresora. Kad se temperatura u ćelijama povisi, otvore se magnetski ventili i rashladno sredstvo počinje ulaziti u isparivače. Tlak u usisnom cjevovodu zbog isparavanja raste i kod određene vrijednosti usisni presostat ponovo reagira i uključuje elektromotor kompresora.

Kad se prigodom punjenja ili nadzora otvaraju ćelije, u njih ulazi zrak s temperaturom okoline koja je znatno viša. Pri ohlađivanju u ćeliji temperatura zraka se snižuje, a pri tome raste njegova relativna vlaga. Pri određenoj temperaturi postiže se zasićenost, a pri daljnjem ohlađivanju dio vlage počinje se izlučivati u obliku kapljica vode i to na najhladnijem mjestu, tj. na isparivaču. Ukoliko je temperatura ispod 0°C, cijevi se oblože ledom i smanjuju prijelaz topline. Taj se led odstranjuje tako da se povremeno kroz cijevi isparivača puštaju vruće pare rashladnog sredstva u za tu svrhu predviđenom cjevovodu koji vodi s tlačne strane (prije ulaza u kondenzator) u isparivač.

Indirektni rashladni sustav

Kod rashladnih uređaja velikih kapaciteta uvodi se indirektni rashladni sustav tako da su isparivači primarnog uređaja uronjeni u velike posude s rasolinom. Ohlađenu rasolinu tjeraju cirkulacijske pumpe u izmjenjivače topline smještene u rashladnim ćelijama. Rasolina je otopina nekih soli (npr. kalijeva klorida $KaCl_2$) u vodi da joj se na taj način snizi leđište. Na slici 5.4. prikazan je indirektni rashladni sustav.

U indirektnom sustavu primarni cjevovod s rashladnim medijem je znatno kraći i time su automatski smanjeni gubici zbog propuštanja na spojevima i cjevovodu. Cjevovod rasoline je dosta velik, (ide do svih rashladnih skladišta – brod hladnjača) međutim, rasolina nije tako sklona propuštanjima kao plin, a kad do toga i dođe propuštanja se mogu lako uočiti. Na sekundarnoj strani temperatura u ćelijama regulira se količinom rasoline koja ulazi u izmjenjivače topline, tako da protok reguliraju magnetski ventili kojima upravlja termostat u ćelijama. Stupanj rashladnog učinka ovog uređaja je nešto lošiji od uređaja s izravnom ekspanzijom zbog dvostrukog prijelaza topline (od isparivača na rasolinu, te od izmjenjivača na zrak u ćeliji).

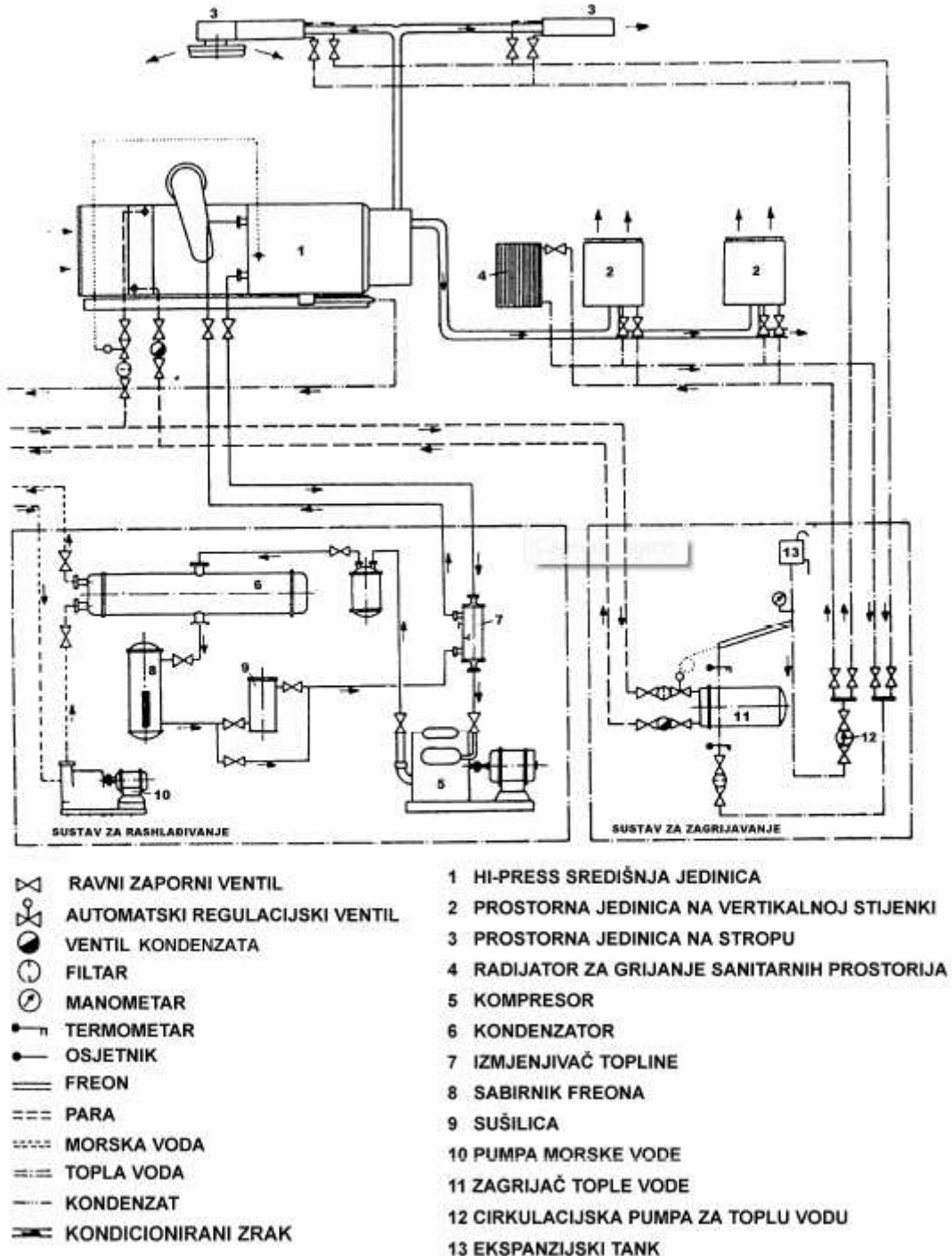


Indirektni rashladni sistem

Primarni rashladni krug: 1-kondenzator, 2-ekspanzijski ventil, 3-kompresor, 4-isparivač; Sekundarni rashladni krug: 5-cirkulacijska pumpa rasoline, 6-izmjjenjivač topline, 7-izmjjenjivač topline, 8-posuda s rasolinom, T-termostat, M-magnetski ventil

5.8. Ventilacija, grijanje i klimatizacija

Na slici je prikazan je shematski uređaj ventilacijske jedinice za klimatizaciju u kojoj se obavlja grijanje i hlađenje.



Slika: Shema uređaja za klimatizaciju

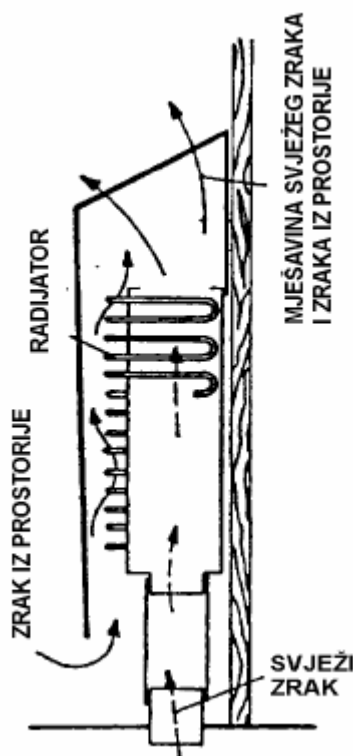
Uređaj se sastoji od središnje jedinice grijanja i hlađenja 1, prostorne jedinice 2 i 3, rashladnog uređaja s pripadajućim uređajima 5, 6, 7, 8, 9 i 10, cjevovoda za toplu vodu, cjevovoda za rashladno sredstvo – freon, cjevovoda za morsku vodu i cjevovoda za svježi zrak. Uređaj dobavlja isključivo svježi zrak. Grijanjem zrak će biti u središnjoj jedinici zagrijan i iz središnje jedinice će se zračnim vodovima dobavljati u pojedine prostorije. Gubitak topline grijanja u pojedinim prostorijama bit će nadoknađen pomoću jedinica u prostorijama. U tropskim uvjetima hlađenje zraka će se u cijelosti postići u središnjoj jedinici posredstvom rashladnog uređaja. Načelo rada prostorne jedinice vidljivo je iz slike 5.7.

U prostornim jedinicama ugrađeni su lamelni radijatori koji zagrijevaju inducirani zrak, a zagrijani zrak se miješa sa svježim zrakom pa ukupna količina zraka prolazi kroz rešetkasti otvor na gornjoj strani i zagrijava prostor.

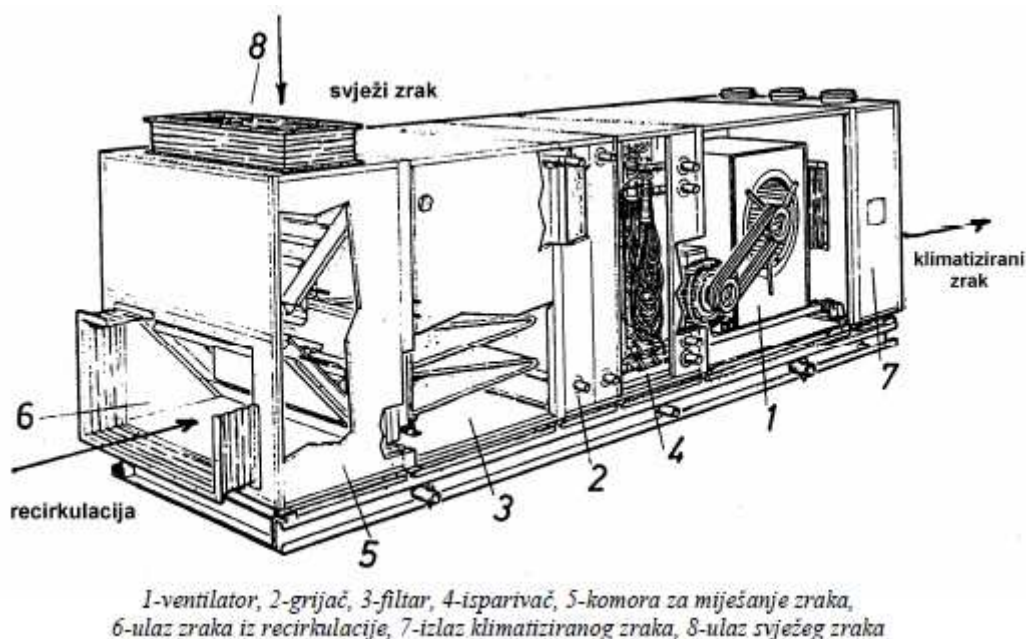
Središnja jedinica se sastoji od zračnog filtra, visokotlačnog ventilatora s motorom, isparivača za izravno isparavanje rashladnog medija, parnog zagrijača zraka s automatskim ventilom i sabirnicima za kondenzat. Svi su dijelovi ugrađeni u zajedničkom kućištu od čeličnog lima.

Sustav tople vode za dodavanje izgubljene topline jedinicama u prostorijama sastoji se od cirkulacijske pumpe za toplu vodu 12 i izmjenjivača topline 11 koji se grije parom. Predviđeno je grijanje toplom vodom sanitarnih prostorija, a ta voda se zagrijava parom u zagrijaču tople vode 12.

Na slici dole prikazana je klima-centrala sastavljena od standardiziranih sekcija koje se prema namjeni i potrebnom kapacitetu slažu u cjelinu.



Slika : Prostorna jedinica



Slika : Sekcijska klima-centrala

Pod ventilacijom odnosno provjetravanjem (prozračivanje) podrazumjevamo izmjenu zraka u brodskim prostorijama, tj. dovod svježeg zraka i odvod zagađenog zraka. Ventilacija se dijeli na prirodnu i umjetnu.

PRIRODNA VENTILACIJA

Prirodna ventilacija se u brodskim prostorijama postiže cirkulacijom zraka koja nastaje zbog razlike tlakova na odvodnim i dovodnim otvorima (kanali i vjetrolovke).

Kanali završavaju kratkim cijevima na otvorenoj palubi na čijim završecima se nalaze tzv. ventilacijske glave.

Ventilacijske glave imaju oblik tzv vjetrolovki ili zračnika, koji ovisno o brzini broda te brzini i smjeru vjetra vrše prirodnu ventilaciju brodskih prostorija

Svježi zrak se dovodi kroz zračnik ili vjetrolovku koja je smještena na krmenom djelu brodske prostorije (skladišta), a odvodi se zračnicima na pramčanom djelu. Vjetrolovka se može okretati i na taj način postaviti na najoptimalniji položaj, vezano za strujanje zraka (vjetar).

Zračnici ili vjetrolovke sastoje se od glave, nastavka i postolja. Svako skladište opslužuje najmanje dva a redovito više zračnika. U plovidbi se zračnici pokrivaju impregniranim (za to predviđenim) platnom i čvrsto veže. Ako prijeti jače nevrijeme tada se glave kompletno skinu a na postolja se uglave drveni čepovi koji se dodatno pokriju platnom i čvrsto vežu. Na taj način spriječit će se prodor vode u skladište. Postolja moraju uvijek biti podmazana kako bi se glave lako mogle skidati i ponovo staviti.

Zračnici se izrađuju u raznim oblicima ovisno o tome da li opslužuju dovod i odvod zraka za jednu ili više prostorija (nastamba, kabina). Npr. više kabina se može spojiti na zajedničku vjetrolovku sa koje se posebnim kanalima dovodi zrak u kabine. Zrak se zatim iz kabina odvodi u hodnike (kanižele), a odatle posebno izvedenim zračnikom, van broda.

UMJETNA VENTILACIJA

Za ostvarenje umjetne ventilacije potrebni su ventilatori koji tlače ili sišu zrak. Ventilacijski kanali u prostorijama završavaju tzv. istrujnim glavama koje se mogu podešavati i tako prema želji usmjeravati zračnu struju. Protok zraka se prema potrebi može smanjiti pa i zaustaviti.

U brodskim skladištima najmanje su četiri postavljena ventilatora, od kojih su dva tlačna koja ubacuju svježi zrak te dva usisna koja izbacuju zagađeni zrak iz skladišta. Ventilacijski vodovi završavaju na palubi u obliku stupova sa razno izvedenim završecima (vjetrolovka, gljiva) čiji otvori su zaštićeni čeličnom mrežom.

SISTEM SUŠENJA ZRAKA

Ovim sustavom oduzima se vlaga nastala u brodskim skladištima. Vlaga uzrokuje kondenzaciju na stijenama brodskih skladišta kao i na samom teretu što izaziva višestruke štete.

Kondenzacija uzrokuje koroziju limova, štetu na teretu, a neki tereti izloženi vlazi mogu se samozapaliti (ugljen).

Neki tereti (higroskopični) imaju svojstvo apsorpiranja vlage ali i njenog izlučivanja (žito, pamuk, duhan).

Tropska područja zasićena su vlagom pri relativno visokim temperaturama zraka. Prostorije na brodu, pa tako i brodska skladišta poprimit će iste karakteristike. Dolaskom broda u hladnije predjele vlaga se kondenzira na stijenama skladišta i po teretu zbog razlike između unutarnje (više) i vanjske (niže) temperature zraka.

Kondenzacija vlage u skladištima sprječava se strojevima na dva načina. Po jednom principu, vlaga se oduzima iz zraka hlađenjem, tako da zrak struji preko izmjenjivača topline te kad se ohladi dolazi do stvaranja vodenog kondenzata koja se odvodi van broda, a po drugome vlažan zrak se usmjerava kroz higroskopični materijal (Cargocaire sustav). Ovaj sustav sastoji se od sistema za cirkulaciju zraka i od posuda za njegovo sušenje. Ovaj sustav ima recirkulirajući karakter jer se zrak kome je oduzeta vlaga ponovo vraća u skladište.

Kad je neka brodska prostorija pri određenoj temperaturi zasićena vodenom parom, svako najmanje snižavanje temperature uzrokuje da se ona kondenzira čime se snižuje tlak.

Temperatura pri kojoj se to događa zove se **temperatura (točka) rosišta** ili temperatura kondenzacije.

Količina pare koja se nalazi u 1m³ zraka pri temperaturi rosišta naziva se **apsolutna vlaga**.

Omjer između stvarne količine vodene pare u zraku i količine koju bi zrak mogao primiti pri određenoj temperaturi naziva se **relativna vlaga**.

$$\text{Relativna vlaga} = \text{apsolutna vlaga} / \text{maksimalna vlaga} * 100$$

Kako će se ventilirati pojedine prostorije na brodu, a posebno brodska skladišta, ovisi o temperaturi i vlazi u njima i van njih. Kad mjeremlje pokaže da je rosište vanjskog zraka ispod rosišta zraka oko tereta (u skladištu), vanjski zrak može odstraniti vlagu iz broskog skladišta, pa se provjetranje može sa sigurnošću primjeniti. Temperatura i vlaga redovito se registriraju termometrima i higrometrima koji se nalaze u skladištu. Aparat kojim se mjeri temperatura rosišta i relativne vlage zove se **psihrometar**. (suhi + mokri termometar). Razlika suhog i mokrog termometra daje *depresiju mokrog termometra* te se sa tom vrijednošću i sa vrijednošću *suhog termometra* ulazi u predviđene tablice i očita *temperatura rosišta*.

Od ostalih sustava postoje još sustavi grijanja, hlađenja odnosno klimatizacije.

Klimatizacija

Klimatizacija je postupak potreban da se zrak učini prikladnim za određenu upotrebu, kako za disanje putnika i posade, tako za grijanje ili ohlađivanje prostorija posade. Zrak se suši, vlaži, te filtrira radi odstranjivanja nečistoća i neugodnih mirisa.

Kad se plovi u tropskim uvjetima uz visoke temperature, sama cirkulacija zraka putem ventilatora ima slab rashladni učinak. Razmjerno visoka temperatura lakše se podnosi ako je zrak suh, jer je učinak hlađenja zbog znojenja veći. U suhom zraku brzo isparava vlaga, koju ispuštaju i udišu posada i putnici, dok u zraku koji je zasićen jedva da ima nekog isparivanja.

Idealnom temperaturom smatra se temperatura od 18,5°C zimi, a 21°C ljeti. U tropskim uvjetima unutarnja temperatura treba biti 5-8°C niža od vanjske temperature u sjeni uz relativnu vlažnost od 50%. Veće temperaturne razlike mogu biti štetne za zdravlje.

Mnogo je ekonomičnije da se već jednom ohlađeni zrak ponovo dovede u dobro stanje, nego da se iznova tretira cijela količina vanjskog zraka. Tako se, da bi se smanjila potrebna energija za hlađenje zraka (ili grijanje, ako je riječ o grijanju), može uvesti recirkulacija, ali treba poštivati najmanju propisanu količinu svježeg zraka. Obično se može uzimati do 70-75% recirkuliranog zraka a 25-30% svježeg.