

**FAKULTET ZA MEDITERANSKE POSLOVNE STUDIJE  
TIVAT**

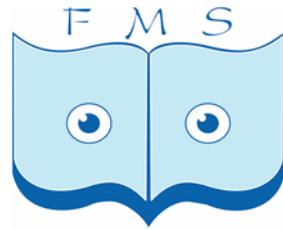
**Ivana Popović**

**KONSTRUKCIJA KATAMARANA ZA  
PREVOZ DO 50 PUTNIKA**

**SPECIJALISTIČKI RAD**

**TIVAT, 2016.**

**FAKULTET ZA MEDITERANSKE POSLOVNE STUDIJE TIVAT**



**KONSTRUKCIJA KATAMARANA ZA  
PREVOZ DO 50 PUTNIKA**

**SPECIJALISTIČKI RAD**

Predmet: **Projektovanje, konstrukcija i održavanje jahti**

Mentor:

**Prof. dr Oto Iker**

Student: **Ivana Popović**

Smjer: **Nautički turizam i  
upravljanje marinama**

Br. index-a: **S29/15**

Tivat, Decembar, 2016. godine

## Sadržaj:

<b>UVOD .....</b>	<b>2</b>
<b>1. OSNOVE KONSTRUKCIJE PUTNIČKOG BRODA .....</b>	<b>4</b>
1.1. OPTEREĆENJA BRODSKE KONSTRUKCIJE.....	4
1.2. ELEMENTI BRODSKE KONSTRUKCIJE .....	11
1.2.1. Oplata broda .....	11
1.2.2. Kobilica .....	13
1.2.3. Pramčana i krmena statva .....	14
1.2.4. Struktura dna broda .....	19
1.2.5. Orebrene broda .....	23
1.2.6. Nepropusne pregrade .....	25
1.2.7. Paluba broda .....	27
1.2.8. Sistemi gradnje broda .....	29
1.3. MATERIJALI ZA GRADNJU BRODOVA .....	31
<b>2. POMORSKI PROPISI O KONSTRUKCIJI PUTNIČKIH BRODOVA.....</b>	<b>33</b>
2.1. MEĐUNARODNI IMO PROPISI.....	33
2.2. NACIONALNI PROPISI .....	37
<b>3. ELEMENTI KONSTRUKCIJE TRUPA KATAMARANA ZA PREVOZ DO 50 PUTNIKA.....</b>	<b>42</b>
3.1. UVODNE NAPOMENE O KONSTRUKCIJI KATAMARANA .....	42
3.2. UOPŠTENO O „GO GREEN E CAT 15“ KATAMARANU .....	42
3.3. ELEMENTI UZDUŽNE I POPREČNE ČVRSTOĆE I MATERIJALI GRADNJE	45
3.4. TRUP I NADGRAĐE .....	51
<b>4. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>52</b>
<b>5. LITERATURA .....</b>	<b>54</b>

## UVOD

Katamaran predstavlja jedinstven brod koji ima dva ista paralelna trupa. Glavna prednost ovakvog plovila je upravo u stabilnosti koju stvara, zbog toga katamaran predstavlja najbolje i najprimamljivije rešenje za prijevoz putnika. Kod samog projektovanja katamarana uzimaju se pravila koja važe i za brodove koji imaju samo jedan trup. Poprečna stabilnost je osnovna razlika koju katamarani (uopšteno višetrupci) imaju u odnosu na jednotrupce. Sama poprečna stabilnost ne zavisi od oblika trupova i njegovih dimenzija, stoga konstrukcija koja će prvo biti objašnjena u ovom radu jeste konstrukcija putničkog broda. Ista pravila koja Međunarodna organizacija za more i klasifikaciona društva prepisuju putničkim brodovima, se primenjuju i za putničke katamarane.

Prva glava ovog rada govori o osnovama konstrukcije putničkih brodova. Čvrstoća broda predstavlja osobinu brodske konstrukcije da se odupre velikom broju opterećenja. Opterećenja koja se najteže određuju jesu primarna opterećenja, odnosno ona koja obuhvataju cjeli brod. Zatim slijede sekundarna opterećenja koja obuhvataju složenje elemente brodske strukture ili određene sklopove, i tercijalna opterećenja koja obuhvataju samo pojedine elemente, definišu se još kao i lokalna opterećenja. Složena naprezanja se stavaraju onda kada na istom konstruktivnom elementu deluje više sila poput: uvijanja, smicanja, torozije i aksijalna naprezanja. Korodivno agresivna sredina i inercijalne sile stvaraju posebne probleme koji napadaju čvrstoću brodske konstrukcije i dovode do smanjenja otpornosti materijala i njegovog starenja.

Strukturni sastav brodskog trupa predstavlja konstrukciju broda. Pod tim se podrazumjeva način spajanja, raspored, oblici i dimenzija konstruktivnih elemenata. Konstrukciju započinjemo od trupa koji predstavlja „kutijasti nosač“ koji je za vrijeme eksploatacije uvjek podvrgnut određenim naprezanjima. Trup zajedno sa ostalim elementima brodske konstrukcije treba da pruži takvu strukturu koja će pružiti otpor raznim opterećenjima i doprinjeti čvrstoći brodske konstrukcije. Postoje tri sistema gradnje broda: poprečni, uzdužni i kombinovani sistem. Zavisno od namjene broda, njegove veličine i područja plovidbe bira se i sistem njegove gradnje. Elementi uzdužne i poprečne čvrstoće broda se određuju na osnovu tih sistema. U osnovne uzdužne elemente čvrstoće ubrajaju se: kobilica, pasma, proveze, poprečna i krmena statva palubne podveze, uzdužna rebra i uzdužnjaci. Dok se u osnovne poprečne elemente ubrajaju: rebra, rebrenice, sponje i poprečne pregrade.

Materijali koji se koriste za gradnju putničkih brodova su konstantno napadnuta raznim opterećenjima, poput dinamičkih, statičkih sila, itd. Od opterećenja materijal se brani čvrstoćom svoje strukture. Čelik je materijal koji se najviše koristi u gradnji brodova, ali u ovom radu će se najviše posvetiti pažnja na kompozitne materijale, odnosno na plastične mase koje su stakлом ojačane. Klasifikaciona društva izdaju sve propise za vrste materijala koji se koriste za gradnju trupa. Da bi materijal mogao da se koristi u brodogradnji mora da prođe razne vrste ispitivanja.

Posebna pažnja se pridaje načinu zavarivanja i oblicima varova koji se isto moraju izvoditi po propisima klasifikacionih društava. Greška u zavarivanju može da napravi ogromnu štetu i da u toku plovidbe stvara dodatna opterećenja konstrukciji broda.

Zatim u drugoj glavi se opisuju međunarodni i nacionalni propisi. Propise koje obuhvata Međunarodna pomorska organizacija za more (IMO) pokrivaju sve aspekte u međunarodnoj plovidbi, gdje se najviše osvrće na konstrukciju, dizajn, opremu broda, rad pomoraca (odnosno na njihovu stručnost), sigurnost ljudskih života i ekološku očuvanost. Konvencije koje su opisane u sklopu IMO propisa jesu: Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života, Međunarodna konvencija o baždarenju broda i Međunarodna konvencija o sprečavanju

zagađenja sa brodova. Trenutno članice Organizacije najviše rade na održivom razvoju i uključenju zelenog koncepta u dalji razvoj pomorstva. Naravno to ujedno postaje i jedan od glavnih prioriteta Crne Gore, jer je i ona 2006. godine postala članica ove organizacije. U nacionalnim propisima u skladu sa temom detaljno se opisuju propisi iz Tehničkog pravilnika za gradnju čamaca od stakloplastike.

Promovisanje održivog pomorskog razvoja, samim tim i potreba za njegovim ostavljanjem nikada nije bila neophodnija. Zbog toga dolazi do stvaranja "Studije izvodljivosti za uspostavljanje održivog, pomorskog i javnog transporta u Boki Kotorskoj solarnim katamaranima" od strane Monte Marine Yachting kompanije (MMY). Projekat katamarana koji je u ovoj Studiji predstavljen jeste tema i objašnjen je u trećoj glavi ovog rada. „Go Green E Cat 15“ katamaran predstavlja nezagadjujući brod koji bi mogao da zadovolji sve potrebe zaliva i ljudi.

# 1. OSNOVE KONSTRUKCIJE PUTNIČKOG BRODA

## 1.1. OPTEREĆENJA BRODSKE KONSTRUKCIJE

Na samom početku razvoja ljudskog društva sve se gradilo na temeljima iskustva, tako da su se i brodovi islučivo gradila empirijskim metodama. Između 1705. i 1744. godine se dobijaju osnovni proračuni uzdužne čvrstoće broda od strane matematičara D. Bernoulli-a i L. Euler-a. Razlika u rasporedu između težine i uzgona se uočava 1811. godine od strane engleskog fizičara T. Young-a. "Standardnim proračunom" se nazivaju proračuni uzdužne čvrstoće trgovačkih brodova, koji se koristio do skoro. E. Reed i W. John (inženjeri engleske ratne mornarice) su ustanovila ovaj proračun. Zatim 1910. godine dolazi se do postupka koji govori o tome da dinamičke sile koje dovode brod u stanje poniranja i posrtanja utiču na veličinu momenta savijanja (A. N. Krilov i F Horen su ukazali na ovaj postupak). „Poznati radovi O. Grina (1956.) i G. Wenbluma (1989.) i E. V. Lewisa (1955.), iz teoretske hidrodinamike, na temu određivanja hidrodinamičkih sila koje se javljaju pri poniranju i posrtanju broda na valovima, omogućila je dalji napredak na području čvrstoće broda.”<sup>1</sup> Zatim se stvara "Metoda kriške" od strane Korwin-a i W. R. Jacobs-a (ova metoda se i danas koristi). Zbog ispitivanja ove metode dolazi do prvih eksperimenta u bazenima u Japanu (1936. godina). „Određivanje momenta savijanja na nepravilnim valovima omogućeno je tek kada su St. Denis i W. J. Pierson 1953. godine primjenili statičku teoriju i pojma spektara energije valova na gibanje broda.”<sup>2</sup> Ova teorija je dokazana u praksi.

Slijedi niz eksperimenata i teorija koje ako nisu bile dokazane, mnogo su doprinjele daljem razvoju u gradnji brodova. Postoje razne labaratorije za ispitivanje u SAD-u, Japanu, a najpoznatije u Evropi se nalaze u sledećim gradovima: Oslo-u (Norveška), Gleangarnock-u (V. B.) i Delft-u (Holandija). Zadatak ispitivanja jeste da se nađe najbolje rešenje za brodsku konstrukciju u vidu umanjenja rizika i posledice lomova konstrukcije, radi zaštite života, ekologije mora, imovine i osiguranja trajanja konstrukcije u predviđenom vrijemenu.

Čvrstoća broad predstavlja svojstvo brodske strukture koja treba da se odupre velikom broju statičkih i dinamičkih opterećenja. Čvrstoću brodske konstrukcije najviše određuju: dimenzije, oblik, materijali, raspored i način na koji se spajaju elementi konstrukcije. Elementi moraju da budu konstruisani po propisima i pravilima međunarodnih organizacija i klasifikacionih društva. „Čvrstoća broad se procenjuje usporedbom odziva trupa u obliku radnih naprezanja i deformacija u službi, sa izdržljivosti trupa koju određuju dopuštena naprezanja i deformacije kao svojstva materijala i same konstrukcije za pojedine načine oštećenja.”<sup>3</sup> Postoje kriterijumi na osnovu kojih se provjerava čvrstoća konstrukcije trupa. Započinje se od teorije, zatim se ona provjerava u praksi. Rezultat koji se dobije unosi se u pravila za izgradnju brodova, koja trebaju da sadrže determinisane mjere sigurnosti o trupu i glavnim djelovima.

Opterećenja nastaju zbog eksploatacije borda i sredine u kojoj se brod nalazi. U knjizi "Nauka o brodu" od dr Andrije Lompara opterećenja su podeljena na: primarna, sekundarna i tercijalna. Ovakva podjela najviše odgovara ovom radu, jer obuhvata sva opterećenja koja su neophodna da se objasne.

1. U primarnim opterećenjima, koja obuhvataju cjeli brod, ističu se sledeća opterećenja:

<sup>1</sup> <http://www.unizd.hr/Portals/1/nastmat/RT1/Dio2-20.pdf> - pristup 08.12.2016. godine u 02.51 časova.

<sup>2</sup> Ibidem.

<sup>3</sup> Dvornik J., i S. Dvornik, Konstrukcija broda, Pomorski fakultet, Split, 2013. str. 70.

- Opterećenja koja dolaze od sila i momenata koje stavaraju hidrostatički pritisak, odnosno uzgon, sa jedne strane i težine broda i terete sa druge. Ovo su opterećenja koja najviše ugrožavaju konstrukciju broda i mogu da sviju brod kao gredu. Poznato je da je ukupna težina broda jednak uzgonu broda, odnosno težini vode koju brod istisne, međutim kada treba da raspodjelimo sile uzgona i težine po dužini broda onda one nisu jednake. Kao prozvod nejednakih raspodjele ovih sila dolazi do momenta savijanja i transverzalnih sila. Uzgon "U" na jedinici dužine broda deluje odozdo prema gore, dok težina same konstrukcije i terete deluje vertikalno prema dolje  $G=\Sigma mg$ . Prikazana je formula i objašnjenje na slikama ispod teksta, gdje sledeći simboli znače:

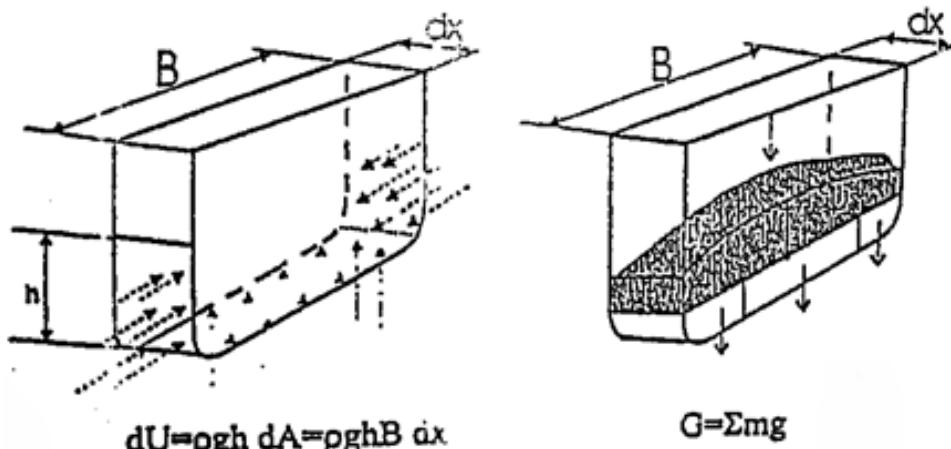
A – zaronjena površina rebra na mjestu određenom apcisom x ( $m^2$ ),

$\rho$  – gustina vode u kojoj brod plovi ( $kg/m^3$ ),

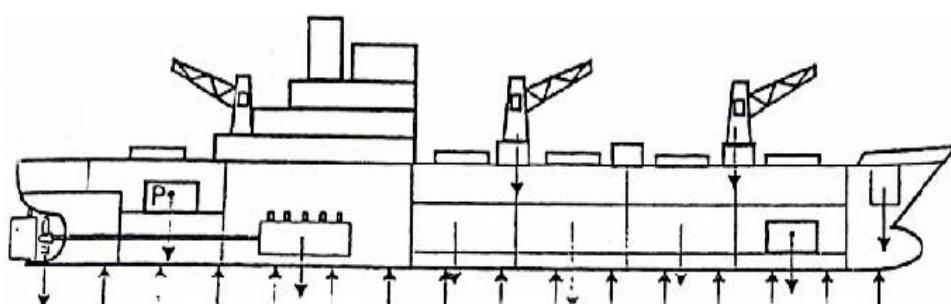
g – ubrzanje sile teže ( $m/s^2$ ),

B – konstruktivna širina broda,

G – težište sistema broda.



Slika br. 1. Opterećene jedinice dužine broda uzgonom i težinom.<sup>4</sup>

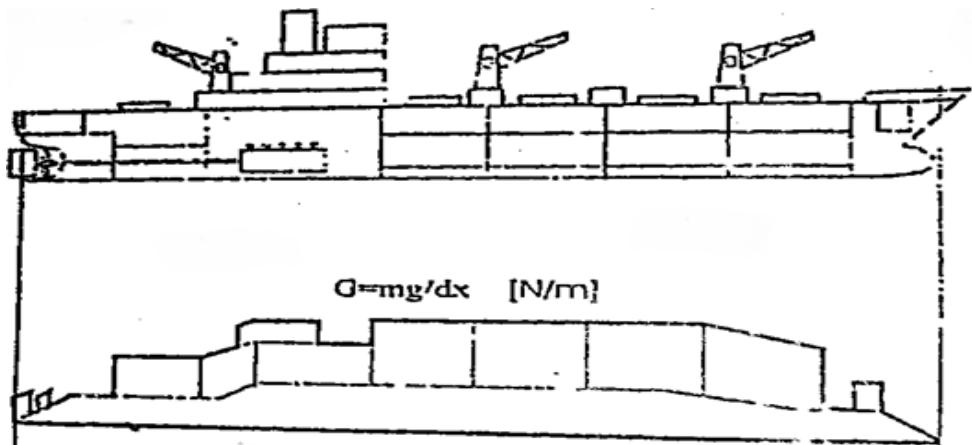


Slika br. 2. Raspored težine i uzgona uzduž broda.<sup>5</sup>

Od stanja ukrcanosti broda se stvaraju sile težine koje opterećuju jedinicu dužine broda, dok rasporeda uzgona po dužini broda zavisi od podvodne forme brodskog trupa. Na slici ispod može da se vidi raspored težine broda i terete po dužini.

<sup>4</sup> Lompar A., Nauka o brodu, Univerzitet Crne Gore, Kotor, 2002. str. 194.

<sup>5</sup> Ibid., str. 180.

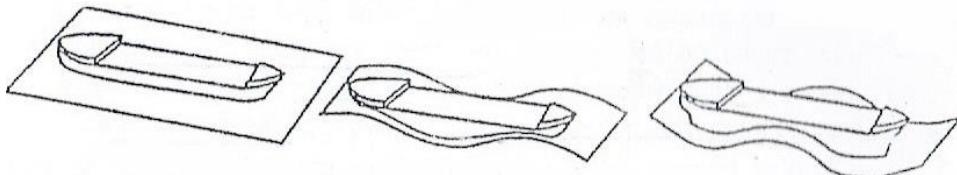


Slika br. 3. Raspored težine broda i terete po dužini.<sup>6</sup>

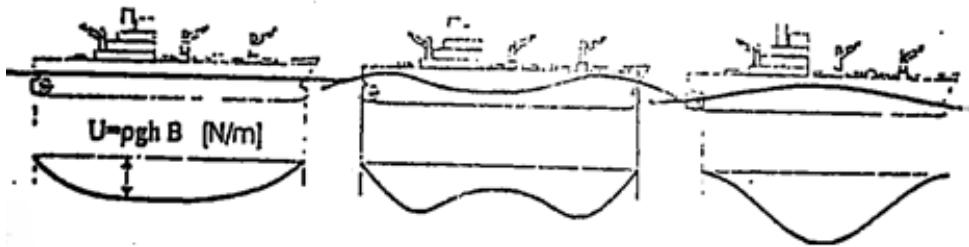
- Bitno je da se spomene da raspored uzgona zavisi od plivanja broda i da se u proračunima uzimaju tri slučaja i to onda kada brod:

- Pliva u mirnoj vodi,
- Kada je brijeđ talasa na sredini broda,
- Kada su brijeđovi talasa na pramcu i krmi.

Na slikama ispod vidi se brod kako pliva u odnosu na talase i raspored uzgona.



Slika br.4. Plivanje broda u odnosu na talase.<sup>7</sup>



Slika br. 5. Raspored uzgona na mirnoj vodi i talasa po dužini.<sup>8</sup>

Onda kada je brod u fazi eksploracije bitno je da dozvoljena opterećenja ne budu jednaka stvarnim. Pojedini brodovi pri krcanju terete imaju malu rezervu uzdužne čvrstoće i zbog toga se javljaju ograničenja. Ugib broda, se prikazuje kao nagib ili progib broda, zavisi od rasporeda uzgona i mase i on se stvara zbog momenta savijanja "M" koji deluje na brod. „Nagib broda se manifestuje kao trim broda, odnosno razlika gaza na pramcu i na krmi, a ugib broda se manifestuje kao razlika između gaza na sredini broda i srednjeg gaza koji se dobija kao aritmetička sredina gaza napred i gaza nazad.”<sup>9</sup> Na sledećim slikama je prikazan pregib (hogging) i progib (sagging) broda.

<sup>6</sup> Ibid., str. 195.

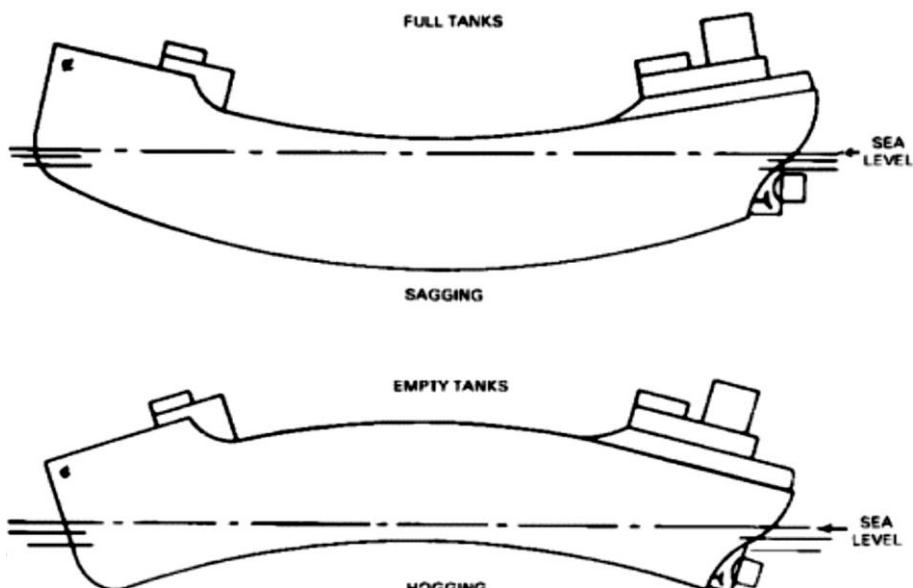
<sup>7</sup> Ibidem.

<sup>8</sup> Ibidem.

<sup>9</sup> Ibid., str. 198.



Slika br. 6. Progib broda.<sup>10</sup>

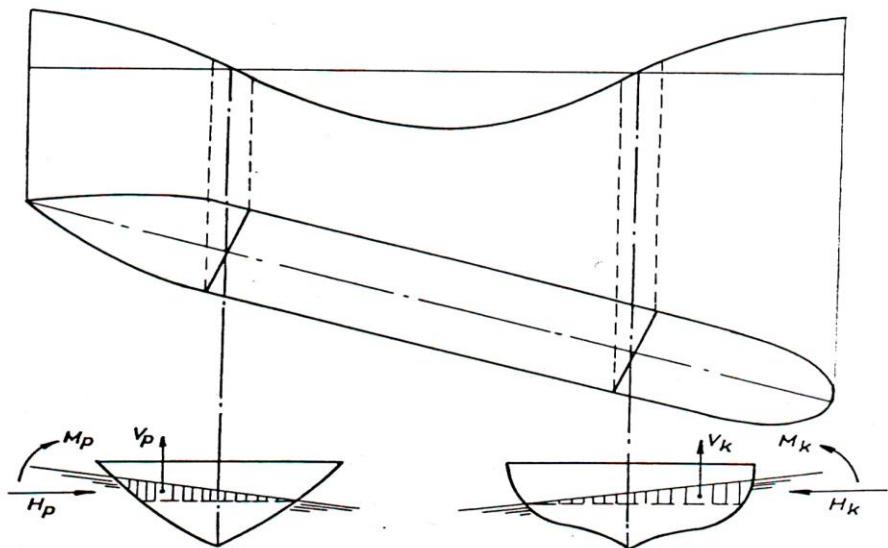


Slika br. 7. Analogija brodskog trupa opterećena na savijanja.<sup>11</sup>

- Opterećenja koja nastaju uslijed različite veličine talasa, odnosno torziona naprezanja. Ovakva opterećenja su proizvod horizontalnih sila koje savijaju trup uzduž broda i vertikalnih sila koje proizvode torzijske momente, onda kada brod koso polovi po talasima. Na sledećoj slici je prikazano djelovanje momenta torozija na brod.

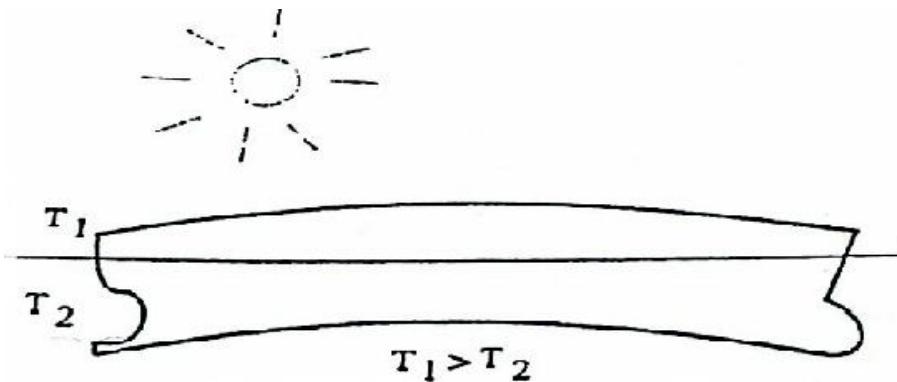
<sup>10</sup> <https://www.google.me/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fi566./> - pristup 15.11.2016. godine u 18:03 časova.

<sup>11</sup> Dvornik J., i S. Dvornik, op. cit., str. 74.



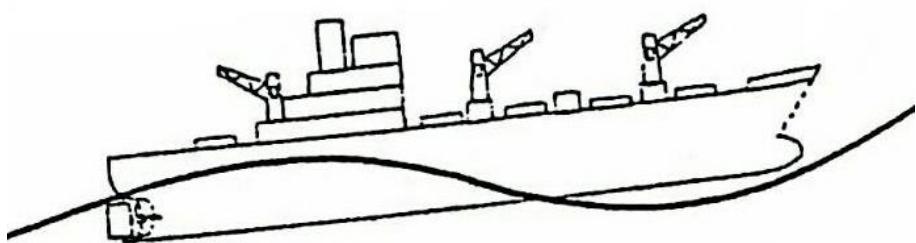
Slika br. 8. Djelovanje momenta torozija na brod.<sup>12</sup>

- Opterećenja koja se javljaju onda kada postoji razlika u temperaturama na dnu i palubi broda, odnosno termička naprezanja, prikazana su na slici ispod teksta.



Slika br. 9. Djelovanje termičkih naprezanja na konstrukciju broda.<sup>13</sup>

- Opterećenja koja nastaju uslijed udaranja talasa o pramac broda prikazana su na slikama ispod.



Slika br. 10. Dinamičke sile koje se pojavljuju prilikom posrtanja broda.<sup>14</sup>

---

<sup>12</sup> Ibid., str. 75.

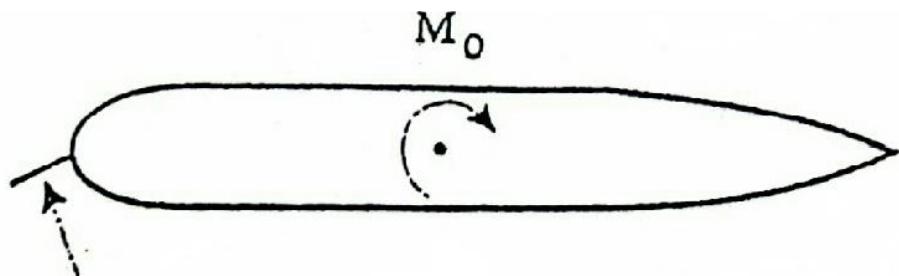
<sup>13</sup> Lompar A., op. cit., str. 181.

<sup>14</sup> Ibidem.



Slika br. 11. Udarci talasa o pramac putničkog broda.<sup>15</sup>

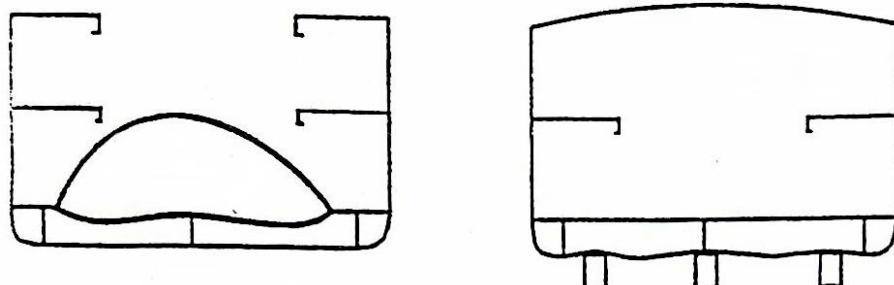
- Zatim slijedi opterećenje koje se stvaraju prilikom okretanja broda, odnosno sila koja deluje na kormilo broda, prikazano na sledećoj slici.



Slika br. 12. Momenat od sile na kormilu.<sup>16</sup>

Brod se konstantno kreće u promjenljivoj sredini, prema tome teško je definisati primarna opterećenja, a zatim i odrediti konstrukciju koja će im se oduprijeti. Sve ovo zahtjeva da se odredi veliki broj pretpostavki i aproksimacija.

2. Sekundarna opterećenja se lakše mogu prikazati nego primarna, ali i kod ovih opterećenja postoje teškoće u definisanju. Ona obuhvataju pojedine sklopove ili složenije elemente brodske strukture. U sekunadarana opterećenja spadaju:
  - Opterećenja koja se javljaju prilikom dokovanja i težina pojedinih tereta u skladištima. Prikazana su na slici ispod.



Slika br. 13. Naprezanja elemenata konstrukcije uslijed težine tereta i sila prilikom dokovanja.<sup>17</sup>

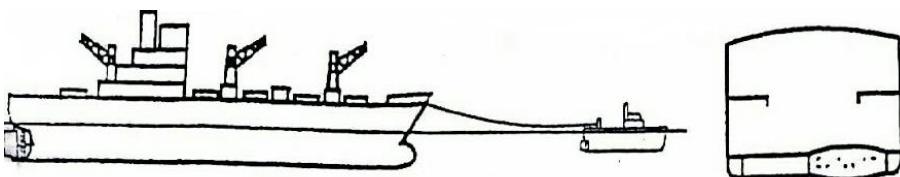
- Opterećenje koje se javlja u obliku sila koje se stvaraju prilikom sidrenja.
- Zatim slede sile koje se javljaju kod bokoštitnika (onda kada se brod oslanja uz obalu).

<sup>15</sup> <https://www.google.me/search?espv=2&biw=1366&bih=599&tbo=is/> - pristup 10.11.2016. godine u 19:04 časova.

<sup>16</sup> Lompar A., op. cit., str. 181.

<sup>17</sup> Ibid, str. 182.

- Opterećenja koja se stvaraju na pramcu broda zbog konopa za teglenje i pritisak u pojedinim tankovima su prikazani na slici ispod.



Slika br. 14. Opterećenja uslijed vučne sile i hidrostatickog pritiska u tankovima.<sup>18</sup>

- Opterećenja koja se javljaju zbog propellerske osovine, itd.

3. Tercijalna opterećenja je znatno lakše odrediti i ona predstavljaju opterećenja koja deluju samo na pojedine elemente brodske konstrukcije. U ova opterećenja spadaju:

- pojedine sile teže,
- pojedini momenti savijanja,
- pojedini momenti torozije, itd.

Pored nabrojanih opterećenja koja su razvrstana u primarna, sekundarna i tercijalna, brodsku konstrukciju napadaju još opterećenja koja nastaju prilikom:

- udaraca remorkera,
- sudara brodova,
- nasukanja,
- pomeranje tereta u skladištima,
- sudar sa ledenom korom, itd.

Brodska konstrukcija se ojačava na mjestima gdje se očekuje pojava opterećenja. To se radi na način da se elementi strukture prave sa jačim otpornim momentima. Na određenim mjestima limovi su debilji i češće se postavljaju. Kod putničkih brodova postoje tačno propisana pravila o tome da limovi moraju biti veće debljine nego inače, detaljnije će biti objašnjeno u drugom poglavlju ovog rada.

Neophodno je spomenuti da na pojedine elemente brodske konstrukcije deluje više različitih opterećenja poput: uvijanja, smicanja, torizije ili aksijalnih naprezanja. Takav način napadanja elemenata dovodi do područja složenih naprezanja. Kao posebne probleme koji napadaju čvrstoću konstrukcije elemenata, ističe se još:

- a) Dejstvo korozije. Za umanjenje sposobnosti čvrstoće elementa je zadužena korodivno agresivna sredina, jer u toj sredini se odvijaju sva opterećenja. Tu nastupa dejstvo korezije, koji zapravo u materijalu stvara tzv. korozioni napon. Kao posledice ovog dejstva jeste veliki dio deformacija, lomova, puknuća, itd. Koliko će biti smanjena čvrstoća elemenata isključivo zavisi od materijala i njegovog kvaliteta kao i od stepena agresivnosti sredine.
- b) Opterećenja koja se pojavljuju ciklično, jer ona tokom vremena menjaju svoj intezitet, a i sam smjer djelovanja. Inercijalne sile (koje nastaju od posrtanja, ljudjanja i poniranja broda) predstavljaju najbolji primjer pojave inteziteta i smjera delovanja opterećenja. Na smanjenje otpornosti materijala utiče: intezitet sile, broj ciklusa promjene, brzine, veličine promjene inteziteta sile, itd.

<sup>18</sup> Lompar A., op. cit., str. 182.

Za staranje elemenata brodske konstrukcije je odgovoran tzv. korozioni zamor. On predstavlja posebnu kombinaciju opterećenja, koja nastaje zbog dejstva korozije i ostalih opterećenja koja se pojavljuju ciklično.

## 1.2. ELEMENTI BRODSKE KONSTRUKCIJE

„Pod strukturom broda podrazumjeva se niz nosivih građevnih djelova, odnosno elemenata koji sa vanjskom oplatom i palubom čine trup broda.“<sup>19</sup> Kako će elementi biti raspoređeni, kakvog će oblika i dimenzija biti, isključivo zavisi od onih opterećenja koja napadaju brodsku konstrukciju i materijala koji čini brod.

„Trup broda se sastoji od skeleta prevučenog oplatom.“<sup>20</sup> Iznad njega se nalazi nadgrađe i palubne kućice. Statičke i dinamičke sile konstantno deluju na trup boda, dok njegova struktura mora da se odupre datim naprezanjima. Glavni zadatak elemenata brodske konstrukcije jeste da trup odbrane od opterećenja i obezbjede sigurnu eksplotaciju broda. Na više načina se mogu podjeliti oblici trupova broda. Prema Frudeovom broju (odnosno prema omjeru brzine i korjenu dužine broda) oblici trupa mogu biti: deplasmanski, poludeplasmanski i prema gliserskom obliku.

Neophodno je da konstrukcija elemenata bude sastavljena na način koji će biti pristupačan za mesta gdje se spajaju pojedini djelovi, zbog pregleda, popravljanja i dodatnog zavarivanja. Brod čine uzdužni i poprečni građevni elementi zajedno sa oplatom i limovima. Poprečni konstruktivni elementi obezbeđuju poprečnu čvrstoću, dok uzdužnu čvrstoću obezbeđuju uzdužni konstruktivni elementi.

### 1.2.1. Oplata broda

Spoljna oplata broda predstavlja element uzdužne čvrstoće trupa i pravljena je kao nepropusna ljska trupa. Na sredini dužine broda spoljna oplata je najdeblja, a nešto tanja je na krajevima broda. Razlog je to što najveći napon koji se stvara kod brodske konstrukcije je upravo na sredini. Ukrćenja koja su izvedena od plosnatog čelika, služe da bi limovi broda imali odgovarajuću krutost, jer brodska konstrukcija je zahtevna, a limovi su tanki.

Smatra se da su primarni elementi brodske konstrukcije ploče odnosno limovi. Limovi imaju razne funkcije na brodu i u odnosu od mesta gdje se nalaze, razlikuju se: limovi gornje i donje palube, limovi dvodna, limovi oplate dna i oplate boka, limovi pregrade.

Funkcija spoljne oplate su:

- sprečavanje ulaza i isticanja vode iz broda,
- preuzimanje statičkog i dinamičkog pritiska vode,
- preuzimanje lokalnih opterećenja nastalih prilikom pristajanja, udara predmeta koji plutaju u vodi, udara nastalih usled leda, porinuća i dokaovanja broda,
- sprečavanja svijanja konstrukcije (prilikom plutanja i plovidbe) i
- sposobnost protiv torzionih opterećenja.<sup>21</sup>

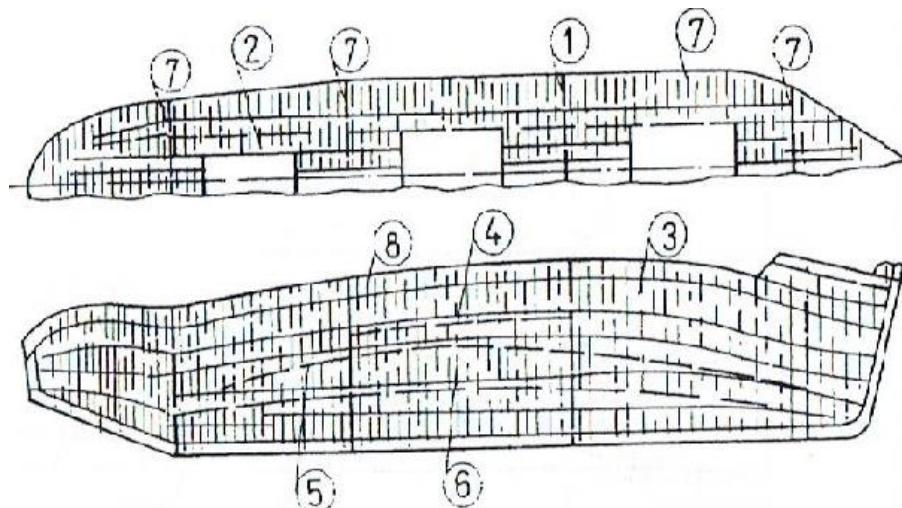
Na sledećoj slici može da se vidi razvoj oplate i gornje palube.

---

<sup>19</sup> Pomorska enciklopedija, Drugo izdanje, Tom 3. (I - Ko), Jugoslovenski leksikografski zavod, Zagreb, 1976. str. 695.

<sup>20</sup> Jovanović P., i N. Đorđević, Brodogradnja i žilavost broad, Beograd, 1997. str 70.

<sup>21</sup> Ibid., str. 83.



1-poprečna pregrada; 2-podveza; 3-gornja paluba; 4-bočni stringeri;  
5-unutrašnje dno; 6-proveza dna; 7-spone; 8-bočna rebra.

Slika br. 15. Razvoj oplate i gornje palube.<sup>22</sup>

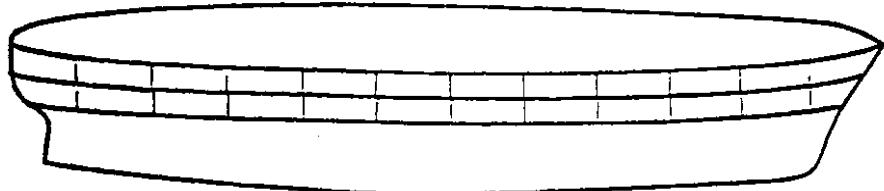
„Spoljna se oplata sastoji od uzdužno prostirućih limova koji se zovu vojevi.“<sup>23</sup> Šavovim se nazivaju oni vojevi koji idu po dužini u horizontalnom smjeru, odnosno vodoravno. Stikovima se nazivaju pojedini limovi u voju koji idu vertikalno. Stikovi se postavljaju u razmaku od dva rebra i to na sredini rebara, sve zavisi od mogućnosti, ali ovako bi bilo najprihvatljivije.

Od uzdužnih i poprečnih veza, na koje je oplata pričvršćena, zavisi i njena čvrstoća. Da bi se postigla laka čvrsta konstrukcija oplate potrebni su tanki limovi u kombinaciji sa lakinim poprečnim i uzdužnim rebrima. Onda kada se određuje debljina limova, u razmatranje se uzima i njihovo otpadanje debljine zbog procesa rđanja. Akcenat se najviše stavlja na one vojeve koji su najviše izloženi dejstvu kaljužne vode. Na kojim mjestima brodske konstrukcije i kolika će debljina limova biti propisuju klasifikaciona društva, odnosno oni daju formulu za debljinu limova na određenim mjestima.

Vojevi oplate se označavaju velikim slovima, a pojedini limovi u vojevima se označavaju rednim brojevima. Uzvojni voj predstavlja voj u predjelu prelaza dan u bokove, a završni voj je poslednji voj bokova koji se spaja za palubu broda. U području gdje je paralelni srednjak limovi oplate su pravougaonog oblika, dok na krajevima broda se sužavaju i menjaju svoj oblik. Do sužavanja dolazi zbog obima rebara koji je manji na krajevima nego što je na sredini broda. Na sledećim slikama su prikazani vojevi oplate, šavovi i stikovi i priprema šavova vanjske oplate.

<sup>22</sup> Ibid., str. 84.

<sup>23</sup> Ibidem.



Slika br. 16. Vojevi oplate broda.<sup>24</sup>



Slika br. 17. Šavovi i stikovi oplate.<sup>25</sup> Slika br. 18. Šavovi vanjske oplate.<sup>26</sup>

### 1.2.2. Kobilica

Glavni konstruktivni element trupa broda, koji obezbeđuje uzdužnu čvrstoću jeste kobilica. Kobilica se u donjem djelu broda proteže od jednog kraja do drugog u simetrali broda. Najveća debljina kobilice može da bude između 0,4 L i 0,6 L, koja se smanjuje ka pramcu i krmi. Kobilica predstavlja najdeblji lim i deblja je od ostalih vojeva oplate dna. Širina njenog lima mora da bude jednaka po cijeloj dužini broda. Otvori (čepovi) koji su napravljeni na kobilici isključivo služe za ispuštanje tečnosti iz tankova dvodna prilikom dokovanja broda. Centralna hrptenica i djelovi opločenja krova dvodna zajedno sa kobilicom čine uzdužni centralni nosač broda. Kobilica je ta koja podnosi najveća opterećenja u obliku istezanja i pritiska koja napadaju uzdužnu čvrstoću broda. Dva osnovna tipa kobilice su gredna i polosna kobilica, pored njih postoje još: ljudljiva, balastna, tunelska kobilica i kobilica drvenog broda.

Gredna kobilica se primjenjuje kod brodova manjih veličina. Prednosti gredne kobilice su sledeće stavke:

- pomaže kod održavanja kursa broda;
- uzdužna čvrstoća broda je povećana;
- dno broda štiti od nasukivanja i
- usporava ljudljjanje broda.<sup>27</sup>

Nedostaci gredne kobilice jesu:

- znatno povećava gaz broda i
- pritisak na elementima potklade se povećava, prilikom boravka broda u mjestima gdje se vrši gradnja ili popravka.

<sup>24</sup> Lompar A., op. cit., str. 183.

<sup>25</sup> <https://www.fsb.unizg.hr/kzihai/shipconstruction/main/trgovbrod/12oplate.pdf> - pristup 22.11.2016. godine u 12:24 časova.

<sup>26</sup> Ibidem.

<sup>27</sup> Jovanović P., i N. Đorđević, op. cit., str.72.

Plosna kobilica se koristi kod većih brodova i predstavlja središnji voj oplate dna. Limovi koji čine plosnu kobilicu mogu da budu savijeni u obliku korita ili da budu potpuno ravni. Plosna kobilica čini konstrukciju znatno lakšom i smanjuje gaz broda, a ništa se ne gubi povodom uzdužne čvrstoće broda. Postoji kombinacija gredne i plosne kobilice.

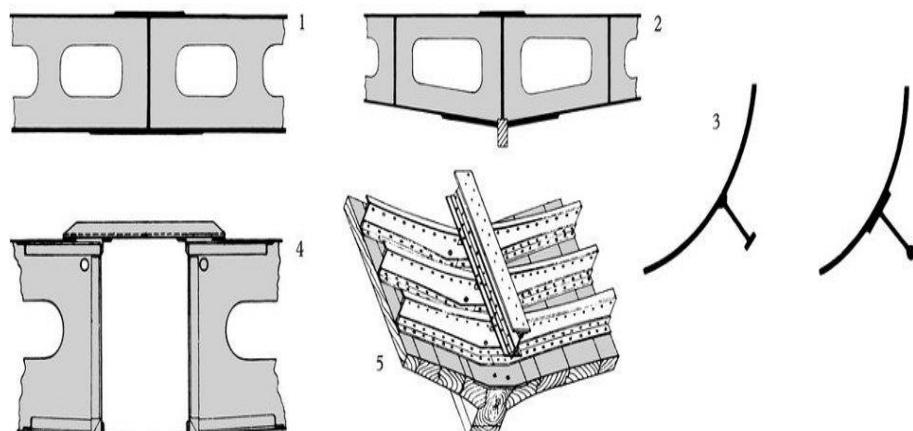
Ljuljna kobilica zapravo predstavlja pasivno dinamički stabilizator. Ona se ne proteže cijelom dužinom broda i njena glavna namjena jeste da smanji ljuljanje broda na talasima. Ona se nalazi na srednjem ravnom djelu dna, odnosno smješta se na uzvojnem limu i ne bi trebala prelaziti površinu boka broda.

Balastna kobilica se postavlja kod sportskih jedrilica i jahti da bi povećala njihovu stabilnost. Ovakva vrsta kobilice se najčešće izrađuje od olova ili od čeličnih oblika punjenih betonom.

Tunelska kobilica se uglavnom smješta od strojanice prema pramcu, a sadrži dvije paralelne hrptenice između kojih postoji slobodan prostor. Na sledećim slikama se mogu videti sve nabrojane vrste kobilica i dno putničkog broda.



Slika br. 19. Dno putničkog broda.<sup>28</sup>



Slika br. 20. Kobilica – 1. Plosna; 2. Gredna; 3. Ljuljna; 4. Tunelska; 5. Drvenoga broda. <sup>29</sup>

### 1.2.3. Pramčana i krmena statva

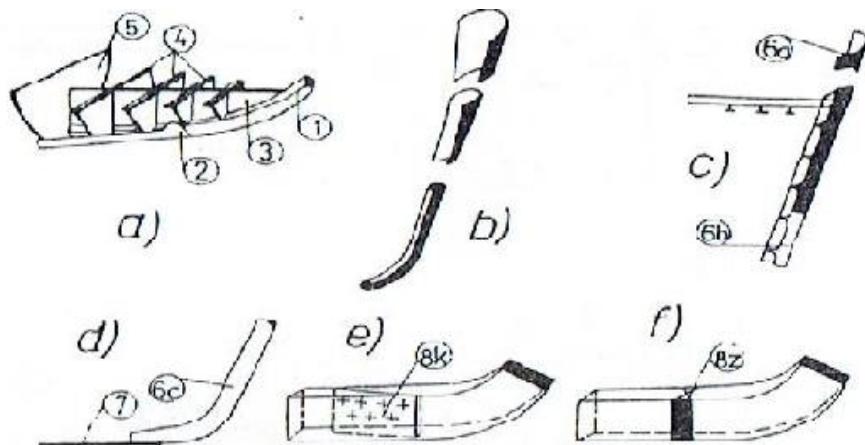
Kobilica se proteže cijelom dužinom broda i na svojim krajevima, odnosno na pramcu prerasta u pramčanu statvu dok na krmi prerasta u krmenu statvu. Neophodno je da statve svojim oblikom odgovaraju konstrukciji broda. Prvenstveno služe da se smanji otpor koji se stvara na pramcu i na krmi, iz istih razloga one moraju da budu odgovarajuće debljine i čvrstine.

<sup>28</sup> <https://www.google.me/search?biw=1366&bih=599&tbs=isch&sa=1&q=keel/> - pristup 22.11.2016. godine u 12:33 časova.

<sup>29</sup> <https://www.google.me/search?q=plosna+kobilica&espv=2&tbs=isc/> - pristup 15.11.2016. godine u 20:05 časova.

Pramčana statva predstavlja prednji dio broda. Na tom djelu strukture se sastaju vojevi bočne oplate sa strukturnim elementima dna. Kako se kroz istoriju razvijala nauka i tehnologija tako se i brodska konstrukcija menjala. Iz toga proizilaze različiti oblici pramčanih statvi.

Gredne uspravne statve mogu da se nađu kod starijih brodova. Ovakav oblik statve ima dosta mana, brodovi se loše ponašaju na talasima, i kod sudara ispod vodne linije postoji veća šteta. Pramčane statve koje su danas zastupljene se rade od formiranog lima koji mora da bude deblji od limova spoljne oplate pramčanog pika. Ova struktura statve je složenija i povećava radnu površinu palube. Kod putničkih brodova je zastupljeno da se pramčene statve grade od oblikovanih valjanih limova ili prave određene kombinacije (npr. donji dio je od kovanog čluka, gornji od oblikovanih valjanih limova). Na sledećim slikama su prikazane vrste pramčanih statvi i pramčani deo broda sa bulb pramcem.



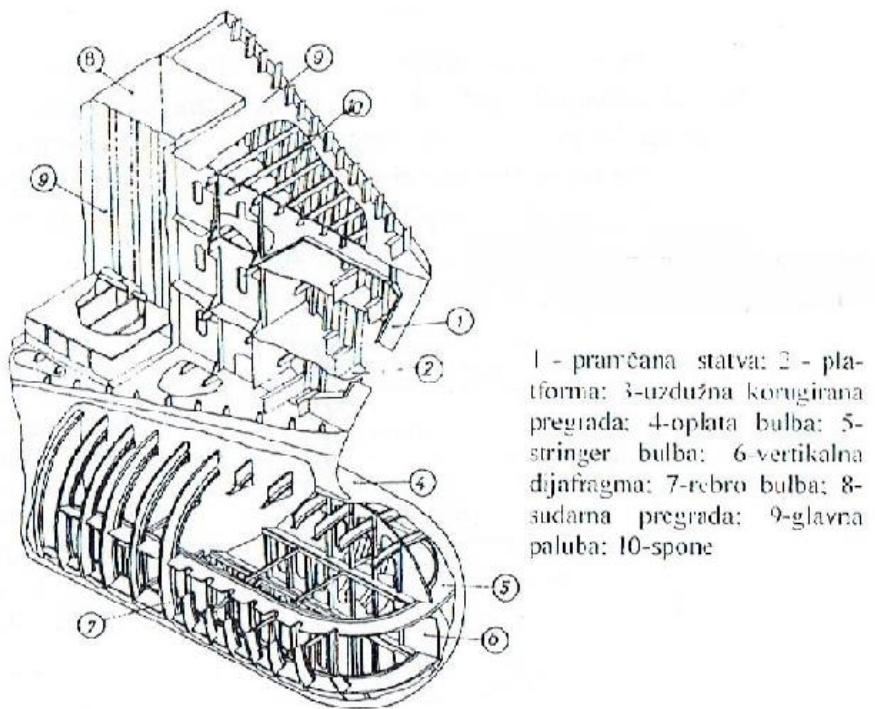
Slika br. 21. Oblici pramčanih statvi.<sup>30</sup>

Opis pramčanih statvi:

- 1 = donji kraj pravougaonog limenog dela pramčane statve; 2 = plosnata kobilica, oblikovana za spoj sa grednom kobilicom; 3 = središnja proveza (pasma); 4 = rebrenica; 5 = poprečna pregrada (sudarna).
- donji deo statve izrađen je od livenog dela, srednji i gornji od oblikovanog lima;
- gornji se deo radi od lima (6a), ostali je deo liven sa rebrima radi smanjenja težine (6b);
- statva je od kovanog čelika (6a), na donjem je kraju oblikovana za spoj sa plosnatom kobilicom;
- spoј statve sa kobilicom, izveden je zakivanjem (8k).
- spoј statve sa kobilicom je izveden zavarivanjem (8z).<sup>31</sup>

<sup>30</sup> Jovanović P., i N. Đorđević, op. cit., str. 111.

<sup>31</sup> Ibidem.

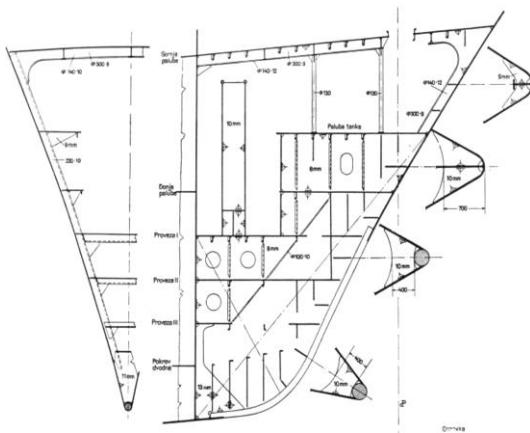


Slika br. 22. Pramčani deo broda sa bulb profilom.<sup>32</sup>

Plosna statva, koja je izgrađena kao nastavak plosne kobilice, se pravi zavarivanjem limova. U knjizi „Brodogradnja i žilavost broda“ je navedena formula za tačno propisanu debljinu limova koja ne smje da bude manja od vrijednosti koja se dobija sledećim iznosom:

$$t = (0,08 L + 6) \sqrt{k}, t_{\max} = 25 \sqrt{k} \text{ mm}$$

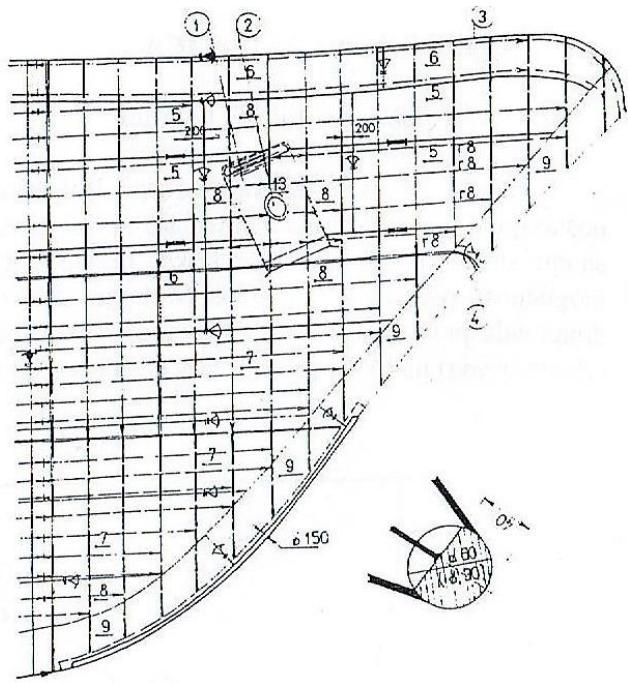
Plosna statva i bulb trebaju da budu ukrućeni u horizontalnom smjeru pomoću pregrada čiji razmak ne bi trebao da bude veći od jednog metra. Ako su pregrade, kod plosne statve, postavljene sa razmakom od pola metra, onda debljina limova može da se umanji za 20%. Kod bulb pramca debljina limova ne smje da bude manja od propisane debljine koju zahtjeva plosna statva. Na sledećim slikama je prikazano konstruktivno rešenje pramčanog djela broda i pramčana statva sastavljena od okruglog profila i limova.



Slika br. 23. Pramčana statva sastavljena od okruglog profila i limova.<sup>33</sup>

32 Ibidem.

<sup>33</sup> <https://www.fsb.unizg.hr/kzihai/shipconstruction/main/trgovb/> - pristup 17.11.2016. godine u 1:34 časova.



Slika. br. 24. Konstruktivno rešenje pramčanog djela broda. 1 = otvor sidrene cevi na boku broda sa ždrelo; 2 = sidreno ždrelo; 3 = glavna paluba; 4 = donja paluba.<sup>34</sup>

Pramčana statva je stalno izložena nizu opterećenja, poput udaraca talasa pri kretanju broda. Stvaraju se i opterećenja od plutajući predmeti na koje nailazi, ili pri sidrenju kada je opterećen gornji dio pramčane statve. Na čvrstoću pramčane statve utiču i sudari i udari o obalu.

Strukturno povezivanje pramčane statve sa ostalom konstrukcijom broda se odrađuje pomoću čvrstih spojeva statve za palbu, platforme, nosače dna, bočne proveze itd.

Pramčana i krmena statva se izvode od različitih materijala i to: od kovanog ili lijevanog čelika, od zavaranih valjanih limova ili od kombinacije već nabrojanih materijala.

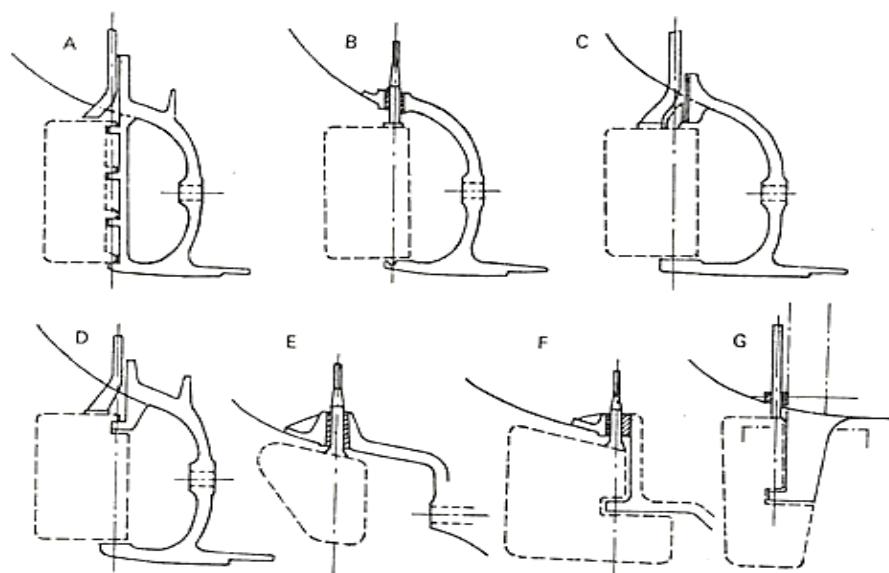
Krmena statva za razliku od pramčane je više opterećena, jer ona preuzima sledeće sile i opterećenja:

- sile koje deluju na kormilo prilikom okretanja broda,
- sile koje se stvaraju prilikom rada propeler i
- opterećenja koja se stvaraju pri udaru talasa o list kormila.

Oblik krmene statve najviše zavisi od broja propelera i velicine broda. Na sledećoj slici su prikazane vrste krmnih statvi.

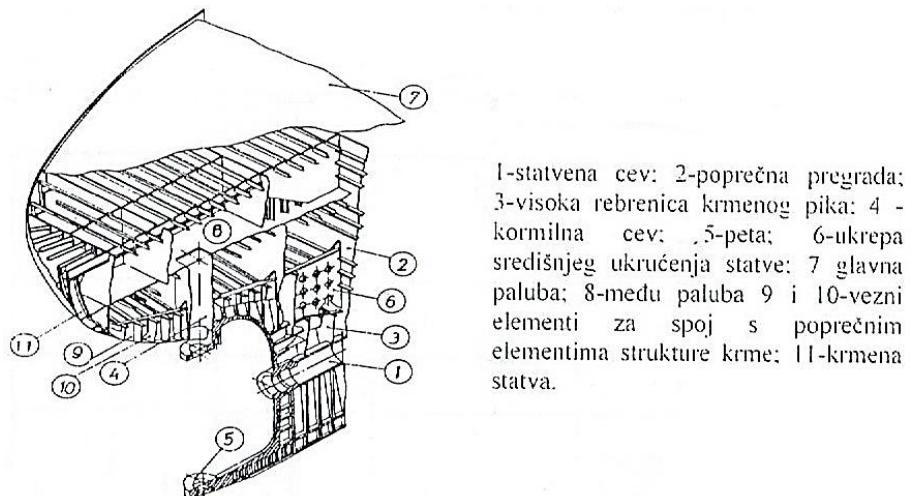
---

<sup>34</sup> Jovanović P., i N. Đorđević, op. cit., str. 112.



Slika br. 25. Tipovi krmenih statvi. A = zatvorena statva, s masivom glavčine statvene cijevi i masivom očnica za osnace kormila; B = otvorena statva s ležajem i osnacem kormila; C = otvorena statva s fiksnom osovinom kormila; D = otvorena statva sa dva osnaca; E = statva s pojačanim ležajem visećeg kormila; F = L-statva dvopropelernog broda; G = statva balansnog kormila.<sup>35</sup>

Pretežno krmene statve se djele na propelernu i na kormilnu statvu. „Kormilna statva služi za podupiranje kormila pomoću saonica, a propelerna stava ima odebljenje, koje je probušeno u cilju prolaza statvene cevi.“<sup>36</sup> U slučajevima gdje dolazi do nasukivanja broda krmom, peta statve je uvjek uzdignuta da ne bi nasjela na morsko dno. Na sledećoj slici je prikazan krmeni pik.



Slika br. 26. Krmeni pik.<sup>37</sup>

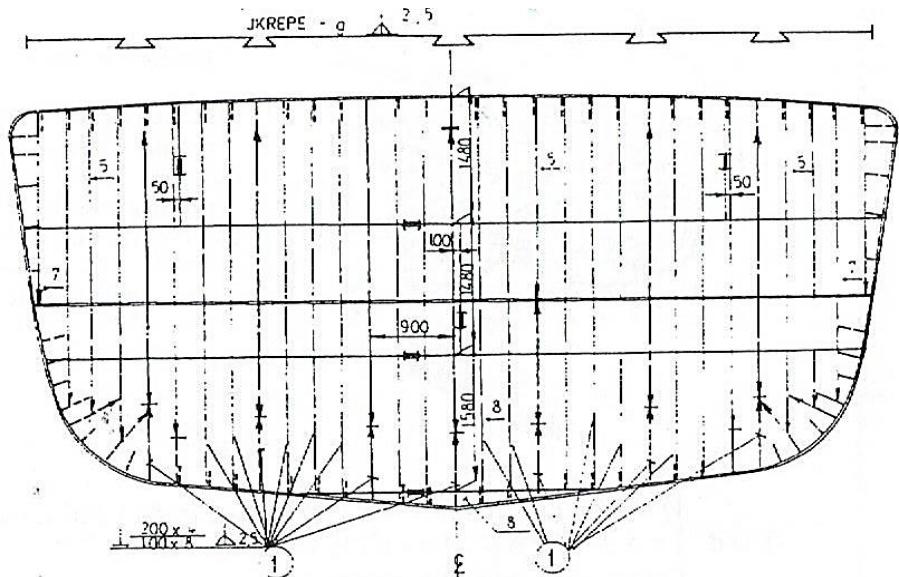
Krmeno zrcalo predstavlja jeftiniju i bolju izgradnju krmene statve. Propelerna i kormilna statva prodiru u trup i čvrsto se spajaju sa ostalom strukturu broda. U području gde se nalazi propelerna statva potrebno je pojačati oplatu. Kod ovakvog načina izrade krmene statve,

<sup>35</sup> Pomorska enciklopedija, Drugo izdanje, Tom 3. (I - Ko), op. cit., str. 702.

<sup>36</sup> Jovanović P., i N. Đorđević, op. cit., str. 113.

<sup>37</sup> Ibidem.

limovi mogu biti debljine od 5-10 mm. „Ukrepljenje se vrši sa vertikalnim ukrepama koje su kolenima vezane za proveze dna i proveze glavne i među palube sa plosnatim bulb profilom.”<sup>38</sup> Na sledećoj slici je prikazano krmeno zrcalo.



Slika br. 27. Krmeno zrcalo – 1. vertikalne ukrepe.<sup>39</sup>

#### 1.2.4. Struktura dna broda

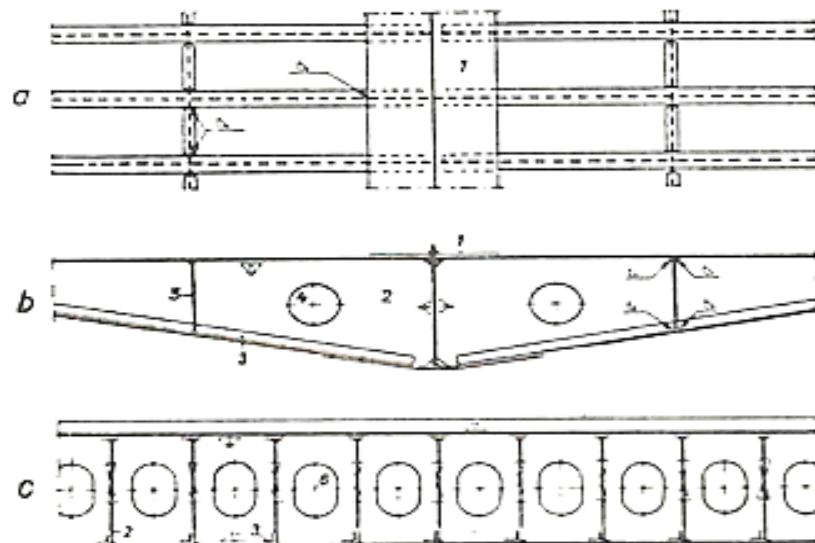
Razlikujemo jednostruko i dvostruko brodsko dno. Jednostruko dno obezbeđuje nepropusnost broda samo spoljnom oplatom dna, dok dvostruko dno (dvodno) obezbeđuje nepropusnost sa spoljnom i unutrašnjom oplatom dna.

Jednostruko dno se primenjuje samo kod brodova koji imaju manje od 500 BRT i kod ribarskih brodova. Rebrenicama je ukrućenje oplate dna koja se pruža od jedne do druge strane boka. Postavljaju se na razmaku od 500 do 1000 mm i predstavljaju glavne nosače dna. One se zapravo postavljaju na svakom rebru. Zavisno od vrste kobilice rebrenice mogu da budu prekinute na sredini, ili da ne budu prekinute od boka do boka broda, odnosno gredna kobilica zahtjeva neprekinuti niz, dok kod plosne kobilice može da se izabere. Neophodno je da se visoke rebrenice učvrstiju ukrepama, a posebno one koje se nalaze u krmenom piku. „Na mestu gdje se nalazi struk rebrenice koji prelazi preko šava, kojima su spojeni limovi oplate dna, u struku se iseca mali polukružni otvor.“<sup>40</sup> On služi za prolaz kaljužne vode do usisa pumpi i ujedno omogućava prolaz vara iznad šava oplate a ispod rebrenice. Kod većih brodova rebrenice imaju otvore i za olakšanje. Pored rebrenice dno broda se ukrepljuje sa bočnim uzdužni nosačima i sa centralnom i bočnom pasmom. Bočna i centralna pasma se moraju postavljati kod brodova koji su širi, a imaju jednostruko dno. Na sledećoj slici je prikazano ukrepljenje dan broda sa jednostrukim dnom.

<sup>38</sup> Ibid., str. 114.

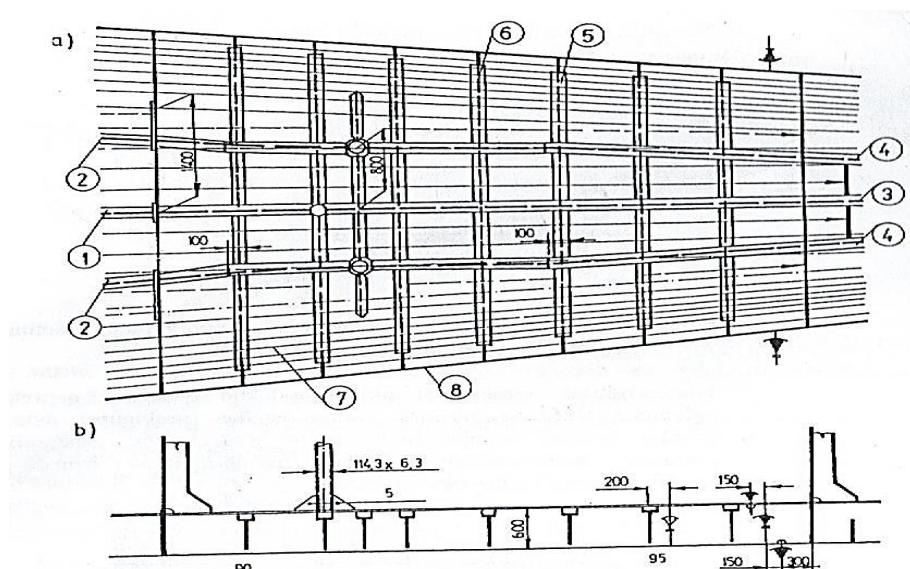
<sup>39</sup> Ibidem.

<sup>40</sup> Ibid., str. 74.



Slika br. 28. Ukrepljenje dna broda sa jednostrukim dnom. a = tlocrt; b = poprečni presjek; c = uzdužni presjek; 1 = temeljna ploča; 2 = rebrenica; 3 = rebra; 4 = rupa za olakšanje; 5 = bočno pasmo (interkostalno); 6 = prevlaka.<sup>41</sup>

„Po dužini broda, pod pravim uglom na rebrenice, pružaju proveze ili pasme, kako se često nazivaju. Pasme su uzdužni nosači na dnu u brod bez dvodna, odnosno u delu broda gde nema dvodna.“<sup>42</sup> Svi brodovi moraju da imaju u simetrali broda središnju pasmu ili dve usko razmaknute ploče. Na sledećoj slici je prikazano konstruktivno rešenje postavljanje pasma dna i rebrenica.



1-pojas središnje pasme (proveze); 2-pojas bočnih pasma; 3-struk središnje pasme; 4-struk bočnih pasma; 5-pojas rebrenice; 6-struk rebrenice; 7-uzdužna rebra (označeno samo jedno); 8-oplata boka.

Slika br. 29. Konstruktivno rešenje postavljanja pasma dna i rebrenica.<sup>43</sup>

<sup>41</sup> Pomorska enciklopedija, Drugo izdanje, Tom 3. (I – Ko), op. cit., str. 703.

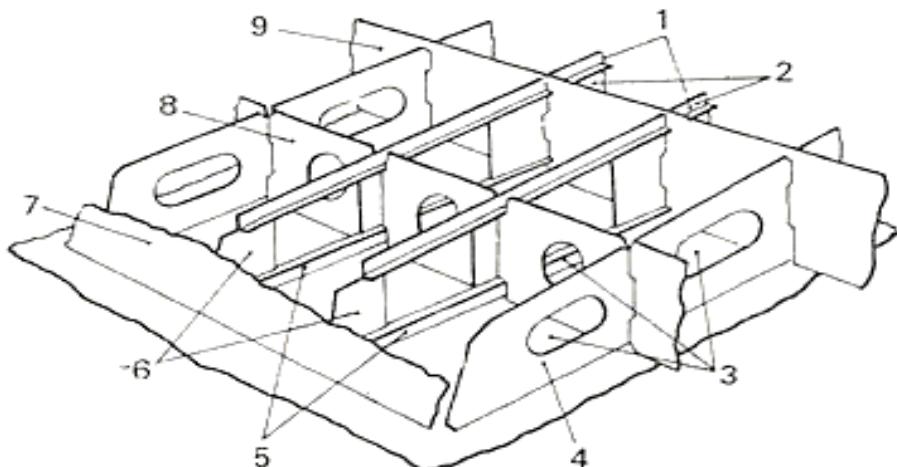
<sup>42</sup> Jovanović P., i Đorđević N., op. cit., str. 74.

<sup>43</sup> Ibid., str. 76.

Na slici konstruktivnog rešenja mogu se uočiti neprekinute proveze odnosno pasme, koje se protežu od zrcala prema pramcu. "Na prikladnim delovima između rebrenica proveze imaju rupe za olakšanje visine proveza, osim gde prelazi u temelje strojeva, a kreću se od 400 do 600 mm (vidi poziciju "b" na sl. 29.), a debljina limova je 6 i 7 mm. Pojas proveze ima dimenziju  $150 \times 10$  mm. Po čitavoj dežini dna, protežu se neprekinuta uzdužna rebro iz plosnatog bulb profila sa međusobnom razmakom od 300 mm. Uzdužna rebra u području kobiličinog voja većih su dimenzija ( $90 \times 5,5$  mm) u odnosu na uzdužna rebra bokova ( $80 \times 5$  mm)."⁴⁴

Bitno je još napomenuti da rebrenice na brodovima bez dvostrukog dna na svakoj svojoj strani imaju jednu ili dve uzdužne neprekinute bočne pasme.

Dvostruko dno ili dvodno, kao što je već spomenuto u tekstu, ima spoljašnju oplatu dna i na određenoj paralelnoj udaljenosti od nje je unutrašnja oplata dna. Svrha dvostrukog dna, pored toga što taj prostor služi za utovar goriva ili balasta, jeste da zaštiti brod od prodora vode. Izvodi se kao vodonepropusno dno brodskog trupa. Kontrolisanje protoka vode u dvodno i njeno izbacivanje (čak i u slučajevima ako je brod opterećen), je zadatak konstrukcije dvodna. Unutrašnju strukturu dvodna čine: hrptenice koje su neprekinute, bočni uzdužni nosači koji se izvode prekinuto i oni se stavljuju između rebrenica. Na sledećoj slici je prikazana struktura dvodna.



Slika br. 30. Struktura dvodna. 1 = proturebra; 2 = okvirne rebrenice; 3 = rupe za olakšanje; 4 = solidna rebrenica; 5 = rebra dna; 6 = koljena; 7 = završni lim; 8 = bočni nosač (umetnut); 9 = hrptenica (neprekinuta).<sup>45</sup>

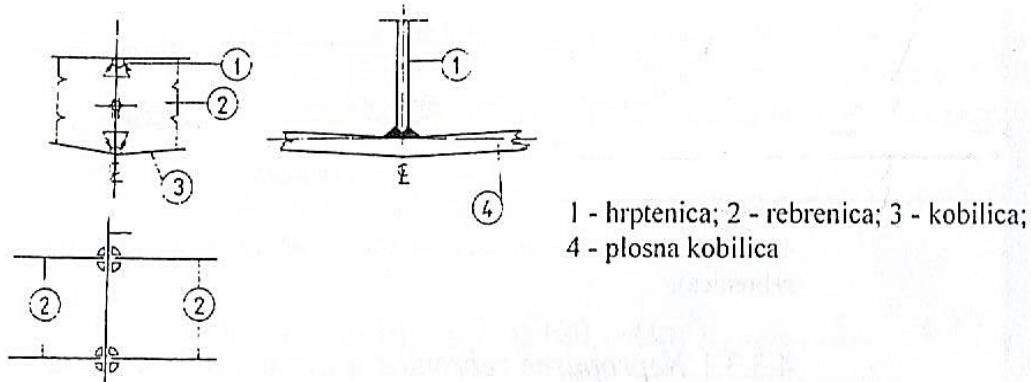
Danas se zahtjeva da se dvodno postavi na svim većim pomorskim brodovima. Rebrenice se povezuju sa centralnom nepropusnom provezom i bočnim provezom (isto kao i kod jednostrukog dna). Uzvojna kolena, koja su prekrivena sa limom, se postavljaju između rubne ploče i oplate uzvoja i na taj način je obezbeđena veza između rebrenica i bočnih rebara. Prorezi koji su napravljeni u limu stvaraju prolaz kraja bočnog rebara da bi se spojio sa uzvojnim rebrom.

Glavni uzdužni nosač broda u strukturi dvodna predstavlja hrptenica. Najpoželjnije bi bilo hrptenicu produžiti što više, odnosno spojiti je sa pramčanom i krmenom statvom. Visina hrptenice treba da bude iste visine kao što je dvodno. U mašinskom prostoru visina dvodna je

<sup>44</sup> Ibidem.

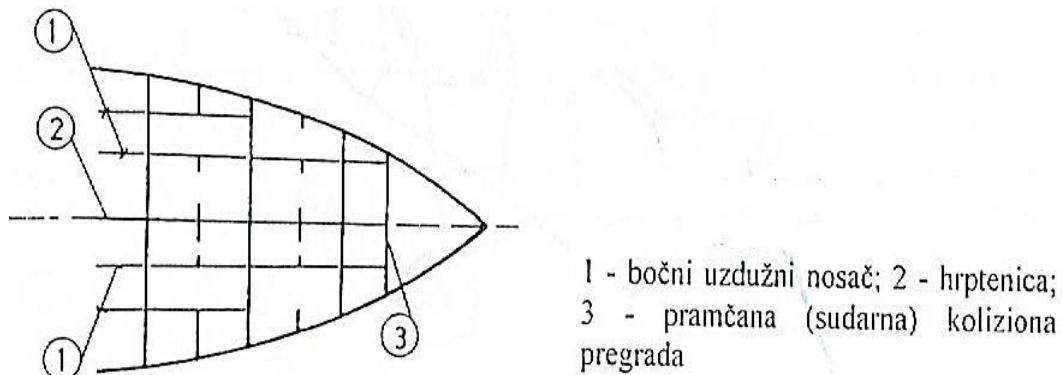
<sup>45</sup> Pomorska enciklopedija, Drugo izdanje, Tom 3. (I – Ko), op.cit., str. 703.

veća nego u skladištima, zbog većih opterećenja. Prelaz sa više visine dvodna na nižu visinu, mora da se izvede postupno i to izvan mašinskog prostora. Hrptenica može da sadrži provlake na krajevima brodova da bi postojao pristup svim prostorima dvodna. Na sledećoj slici je prikazan spoj hrptenice za rebrenicu i za kobilicu.



Slika br. 31. Spoj hrptenice za rebrenicu i za kobilicu.<sup>46</sup>

Bočni uzdužni nosači dna kod manjih brodova se izvode kao prekinute ploče na punim rebrenicama. Bilo bi poželjno da se protežu što više prema pramacu i krmi. Bočni uzdužni nosači predstavljaju jedne od elemenata uzdužne čvrstoće broda. Pored toga oni doprinose sprečavanju krvljenja dna broda, tj. pokrova dvodna. Kod brodova koji su duži, bočni uzdužni nosači moraju neprekinuto prolaziti kroz nepropusne pregrade, čije prolaze isto tako nepropusno treba zatvoriti (to se radi varenjem ili postavljenjem pločica oko profila). Mogu se napraviti određeni izrezi za proticanje tečnosti na uzdužnjacima od plosnatog profila. Na sledećoj slici je prikazano prostiranje bočnih uzdužnih nosača.



Slika br. 32. Prostiranje bočnih uzdužnih nosača.<sup>47</sup>

Otvori za prolaz i olakšenje konstrukcije se rade na bočnim uzdužnim nosačima i naravno otvor moraju da se ojačaju. Razmak između nosača je manji kod pramčanog pika. Da bi se ojačala konstrukcija broda na djelu gdje je pramac postavljaju se polunosači. U predjelima gde se nalazi mašinski prostor i krmeni pik sa propelerom ne postavlja se uzdužni sistem strukture dna (koji u svim ostalim djelovima broda može da se postavi). Razmak uzdužnjaka dna ne smje da bude veći od 600 mm.<sup>48</sup> Uzdužna rebra dna treba da idu od jedne do druge poprečne pregrade sa kojom su spojeni kolenima.

<sup>46</sup> Jovanović P., i N. Đorđević, op. cit., str. 78.

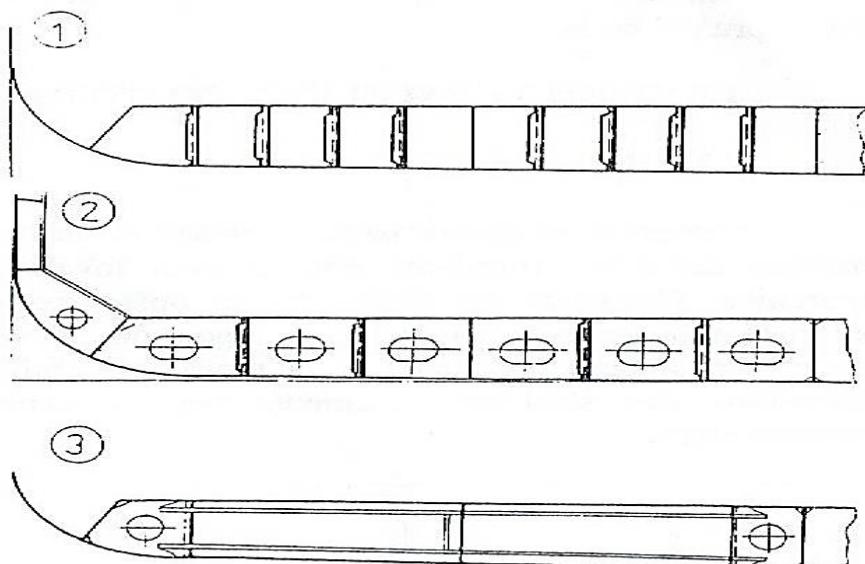
<sup>47</sup> Ibid., str. 79.

<sup>48</sup> Ibid., str. 80.

U strukturi dvodna se primenjuju tri vrste rebrenica i to:

- Nepropusne rebrenice koje se smeštaju ispod ili blizu nepropusnih pregrada. U slučajevima gdje je visina nepropusnih rebrenica veća od 915 mm, onda se one moraju pojačati ukrepama.
- Čvrste rebrenice, koje imaju okvire za olakšanje (nazivaju se još pune ili solidne). One se izvode u prostoru gdje se nalaze propulzorne mašine i u prednjem djelu broda (po dužini od 0,25 l). Pastavljaju se na svakom rebru.
- Lagane ili okvirne rebrenice. One se izvode u skladišnim prostorima.

Spajanje strukture dvodna i bokova broda mora da se izvede čvrsto, zbog opterećenja uzvoja broda. Na sledećoj slici su prikazane vrste rebrenica.



Slika br. 33. Vrste rebrenice. 1 = nepropusna rebrenic; 2 = čvrsta (puna) rebrenica; 3 = lagana (okvirna rebrenica).<sup>49</sup>

#### 1.2.5. Orebrenje broda

„Orebrenjem se ukrepljuje i podupore vanjska oplata.“<sup>50</sup> Ukrpe ili nosači u poprečnom ili uzdužnom smjeru čine sistem orebrenja koji zavisi od veličine i namjene broda.

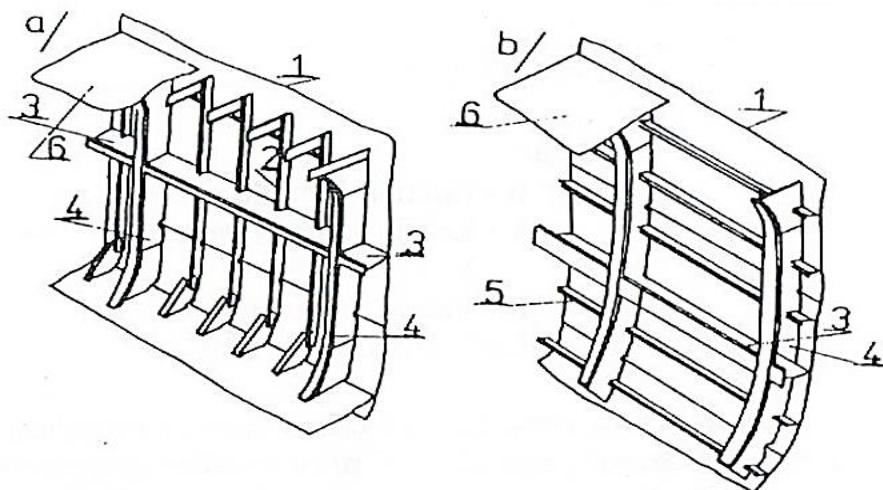
Rebra predstavljaju osnovni poprečni konstruktivni element koji drži spoljnu oplatu. Rebra su opterećena pritiskom vode na bokove broda. Njihov zadatak je da spriječe izvijanje limova spoljne oplate. Do toga dolazi jer je brodski nosač opterećen u uzdužnom smjeru.

Da bi se oblik brodskog trupa jasnije prikazao, i zbog teoretskih proračuna postoje tzv. teoretska rebra. Ta rebra, pored konstruktivnih rebara, su predstavljena u mnogo većim razmacima. Obilježavanje rebara se radi sa prirodnim brojevima i počinje se od nule.

Rebra djelimo prema njihovom položaju u odnosu na spoljnu oplatu broda i to na: poprečna i uzdžna rebra. Na sledećoj slici je prikazan njihov položaj u odnosu na spoljnu oplatu broda.

<sup>49</sup> Jovanović P., i N. Đorđević, op. cit., str. 81.

<sup>50</sup> Dvornik J., i S. Dvornik, op. cit., str. 138.



Slika br. 34. Položaj rebra u odnosu na spoljnu oplatu broda. a) poprečna rebra; b) uzdužna rebra. 1 = spoljno opločenje; 2 = rebra; 3 = bočna proveza; 4 = okvirna rebra; 5 = produžena rebra; 6 = paluba.<sup>51</sup>

Rebra se još djele po njihovoj konstruktivnoj izradi i to: okvirna rebra, obična rebra, međurebra i uzdužnjake.

Poprečna rebra prenose opterećenja palube na dno broda i to rade tako što podupiru krajeve spona. Prema odgovarajućim propisima razmak između ovih rebara bi trebao da bude od 535 do 955 mm. Rebra se smanjuju prema krajevima broda, a najmanja rebra se nalaze u pramčanom i krmenom piku. Rebra se u donjem djelu broda spajaju sa konstrukcijom dna preko uzvojnih kolena. Sa gornjim djelom broda rebra se spajaju preko spona i rebrima međupalublja ili nadgrađem.

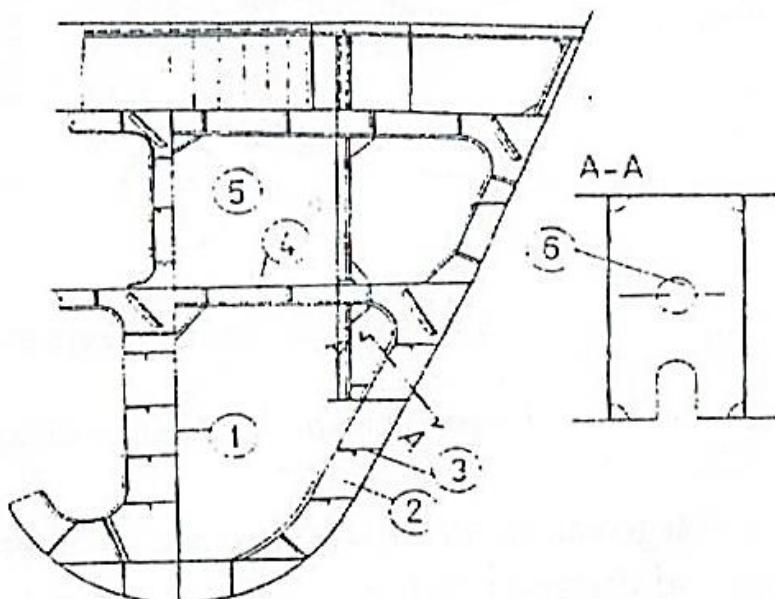
Uzdužna rebra povećavaju uzdužnu čvrstoću broda i ukrepljuju limove protiv tzv. izbacivanja. Kod ovakvih situacija poprečnu čvrstoću obezbeđuju poprečne pregrade i jači poprečni okviri. Od razmaka uzdužnih rebara (njihovih opterećenja, visine, raspona i dužine) zavisi i dimenzija samih rebara. Ovakav sistem se najviše primjenjuje kod gradnje ratnih brodova, a i pogodan je kod smanjenje težine konstrukcije.

„Glavno rebro (e: midship section) - poprečni presijek na polovini razmaka između pramčanog i krmenog perpendikulara.“<sup>52</sup>

Okvirno rebro se postavlja u djelovima gdje se nalazi mašinski prostor, jer taj prostor stvara velike izraze u palubi. To dovodi do slabljenja brodskog trupa u poprečnom smjeru i zbog toga se od prilike na svakom četvrtom rebru postavljaju okvirna rebra. Okvirna rebra se izrađuju od limova i profila. Sledeća slika prikazuje okvirno rebro.

<sup>51</sup> Jovanović P., i N. Đorđević, op. cit., str. 86.

<sup>52</sup> <http://www.fms-tivat.me/predavanja4god/PKIOJ6-2.pdf> - pristup 08.12.2016. godine u 8:33 časova.



Slika br. 35. Okvirno rebro. 1 = Uzdužno rebro; 2 = okvirno rebro; 3 = proveza; 4 = prostorna prečka; 5 = spona; 6 = lepeza.<sup>53</sup>

Uzdužnjaci se nalaze na: spoljnoj oplati, oplati dna, pokrovu dvodna, palubama i uzdužnim pregradama. Dimenzija im se mjenja uzduž brod i izvode se sa prekidima na određenim poprečnim elementima broda.

#### 1.2.6. Nepropusne pregrade

Pregrade moraju biti postavljene na način da pravilno podjele unutrašnji prostor u brodskom trupu. Pored toga što sprečavaju širenje vode (u slučaju prodora vode), one moraju biti dovoljno čvrste da izdrže hidostatički pritisak vode. Međunarodna konvencija za zaštitu ljudskih života na moru (SOLAS) propisuje kako će se izvoditi poprečne pregrade na putničkim brodovima (uzdužne pregrade se pretežno izvode na brodovima koji voze rasuti teret).

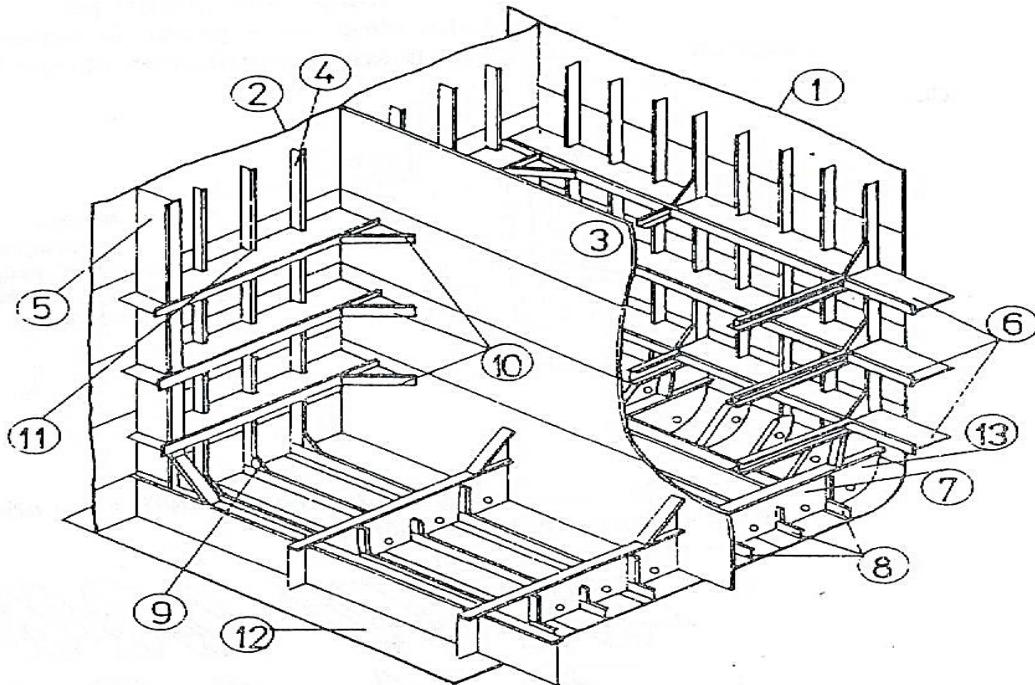
Pregrade se pojačavaju horizontalnim i vertikalnim ukrepama, jer njihova konstrukcija sastavljena samo od limova ne može da zadovolji zahtjeve broda. U slučajevima gdje se pregrade izvode naborano ukrućenja nisu potrebna.

Opšta pravila za pregrade su:

- moraju da imaju vodonepropusnu pregradu od dna do gornje palube (od 0,04 do 0,06 L na rastojanju od prepedikulara),
- vodonepropusnim pregradama mora biti ograničeno mašinsko odeljenje,
- prostor koji se nalazi ispod teretne vodne linije, a koristi se za smeštaj ljudi mora da bude zaštićen vodonepropusnim pregradama, ista situacija je sa teretnim prostorom i
- vodonepropusni prolazi se izvode jedino na sudarnoj pregradi radi prolaza cevi i kablova.

Na sledećoj slici je prikazan razmeštaj brodskih pregrada sa elementima. Prikazane pregrade su izvedene zavarivanjem, a glavnu ulogu imaju ukrepe, jer limovi su tanki. Debljina limova se postepeno smanjuje od dozdo prema gore.

<sup>53</sup> Jovanović P., i N. Đorđević, op. cit., str. 87.



1-oplata broda; 2-poprečna pregrada; 3-uzdužna pregrada; 4-elementi ukrućenja (profil) poprečne pregrade; 5-ojačane brodske konstrukcije potrebno pri dokovanju broda; 6-uzdužne proveze boka broda (ujedno namenjene i za povezivanje poprečnih rebara); 7-čvrsta rebrenica; 8-proveze dna; 9-koleno za spajanje proveze dna i ukrućenja poprečne pregrade; 10-kolena za spajanje horizontalnih ukrućenja poprečne pregrade sa uzdužnom pregradom; 11-poprečne proveze; 12-oplata dna broda; 13-uzvoino koleno

Slika br. 36. Razmeštaj brodskih pregrada sa elementima ukrućenja.<sup>54</sup>

Svi napravljeni prolazi kroz nepropusne pregrade moraju biti izvedeni nepropusno (oprema, određeni djelovi konstrukcije, cjevovodi, kablovi), odnosno trebaju da ispune zahtjeve hermetizacije.

Poprečne pregrade se u konstruktivnom smislu mogu izvesti kao ravne pregrade. One predstavljaju nepropusne poprečne pregrade i postavljaju se na mjestima gdje su poprečna rebra. Sadrže obode koji imaju uglovnice i pomažu u tome da se ravne pregrade nepropusno spajaju sa spoljnom oplatom broda.

Nabrane ili korugirane pregrade mogu isto da se izvedu kao ravne pregrade uz spoljnu oplatu broda. „Limovi se na korugiranim pregradama postavljaju vertikalno, pa je debljina limova često ista po visini cele pregrade ili se nešto smanjuje ispod gornje palube.”<sup>55</sup>

Propusne pregrade ili stubne pregrade se rijetko postavljaju i više izgledaju kao djelimične pregrade (ne postavljaju se po cijeloj dužini ili širini broda). Njihova svrha je u tome da preuzmu vertikalna opterećenja sa palube, odатle i proizilazi naziv stubne pregrade.

„Koliziona ili sudarna pregrada je prva nepropusna pregrada gledano od pramca prema krmi. Svrha joj je da u slučaju udarca broda pramcem i havarije pramčanog dela ne dozvoli podor vode u trup broda.”<sup>56</sup>

<sup>54</sup> Jovanović P., i N. Đorđević, op. cit., str. 93.

<sup>55</sup> Ibid., str 94.

Opremanje pregrada u protivpožarnom smislu propisuje konvencija SOLAS i nalaže da se koriste pregrade klase A i klase B (klasa A predstavlja vatrootporne pregrade, a klasa B predstavlja vatrousporavajuće pregrade).

Postoji više nepropusnih vrata i to: horizontalna klizna vrata, vertikalna vrata i teška i laka vrata (teška vrata se postavljaju na nepropusnim pregradama, a laka na mjestima koja se ne koriste često).

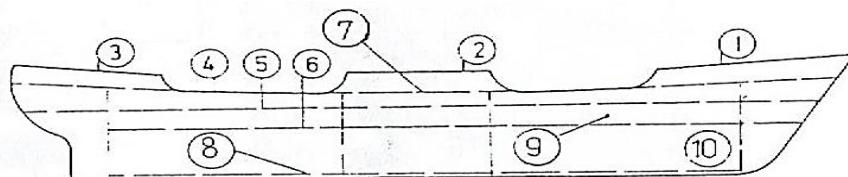
#### 1.2.7. Paluba broda

Palube predstavljaju vodoravne opne, ljske trupa broda i ona povećava uzdužnu čvrstoću broda. Ona sa elementima poput kolena spona i ukrućenja vezuje bokove broda. Na njoj se smeštaju putnici, teret i oprema. U ostale vodoravne opne spadaju: platforme, djelimične palube i krovovi. Postoji više vrsta paluba:

- Paluba čvrstoće (gornja paluba) predstavlja najgornju palubu i prostire se cijelom dužinom broda (neprekinuta je);
- Paluba nadvođa je paluba od koje se mjeri nadvođe broda;
- Paluba mosta može da bude posmatrana kao paluba čvrstoće ako neprekinuto pokriva 15 % dužine broda;
- Donja paluba predstavlja sve palube koje se nalaze ispod gornje palube.

„Razmak između paluba se mjeri na boku broda od donje do donje strane lima palube.“<sup>57</sup> Na manjim putničkim brodovima razmak koji treba da bude između paluba jeste od 2.25 do 2.40 metara. Kod većih putničkih brodova razmak između paluba je oko 2.40 metara, dok je u salonima od 2.70 do 3.30 metara. Prostor koji se stvara između paluba se naziva međupalubljem.

Skok palube predstavlja njen uzvod u uzdužnom smjeru prema krmi i pramcu. Funkcija skoka palube je u tome da doprinosi čvrstoći brodskog trupa, daje mu bolji izgled i omogućava bolju plovidbu. Vidno je da je skok palub veći na pramcu od dva do četri puta nego na krmi. Kod velikih brodova skok palube nema neku važnu funkciju tako da se često izostavlja, dok je kod manjih brodova skok palube jako bitan. Preluk predstavlja zaobljene palube u poprečnom smislu (kod manjih brodova visina mu je oko 1/50 širine broda). Njegova funkcija jeste u tome da povećava otpornost na izvijanje broda, a zajedno sa skokom palube prvenstveno služi za lakše oticanje vode sa palube broda. Na sledećoj slici je prikazan razmeštaj paluba i platformi.



1-paluba kaštela; 2- paluba mosta; 3-paluba kasara; 4-gornja paluba; 5-glavna paluba; 6-donja paluba; 7-platfroma; 8-pokrov dvodna; 9-medupalublje; 10-skladište

Slika br. 37. Razmeštaj platfovme i palube.<sup>58</sup>

<sup>56</sup> Ibidem.

<sup>57</sup> Dvornik J., i S. Dvornik, op. cit., str. 172.

<sup>58</sup> Jovanović P., i N. Đorđević, op. cit., str. 103.

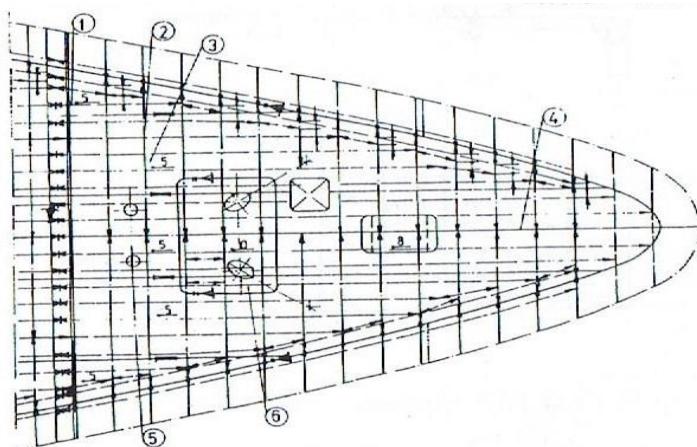
Na palubi postoje različiti otvori poput grotla, poklopaca, prevlaka itd. (grotlo predstavlja otvor na palubi kroz koji se kreće teret u brodska skladišta). Ovakvi otvori na palubi je oslabljuju, prema tome je neophodno da limovi oko otvora budu podvostručeni. Pored otvora paluba mora da se ojačava i kod jarbola, ispod težih vitala, na mjestima gde se krcaju teži predmeti.

Ukrućenje palube može da se izvrši poprečno i uzdužno.

Spone predstavljaju poprečne elemente u ukućenju palube. One se postavljaju na svakom rebru i pružaju se od boka do boka broda na svim nepropusnim palubama (to važi i za polupalube čija širina je veća od 4,5 m i kod brodova čiji razmak između rebara 0,75 m).

Poluspone ili palubne spone se postavljaju u ravni poprečne bočne konstrukcije, odnosno rebra (ovo važi za poprečan sistem gradnje palube). Spone se jedino ne postavljaju u pramčanom djelu broda na međurebrima. Kod uzdužnog sistema gradnje palube rastojanje između palubnih i uzdužnih spona ne smje da bude veće od 0,60 m, a rastojanje između okvirnih spona mora da bude 2,4 m. Uzdužne spone se postavljaju od jednog do druge poprečne pregrade. Kod poprečnih vodonepropusnih pregrada gdje se spone prekidaju, neophodno je da one budu spojene kolenima za pregradu ili za vertikalnu ukrepnu pregradu.

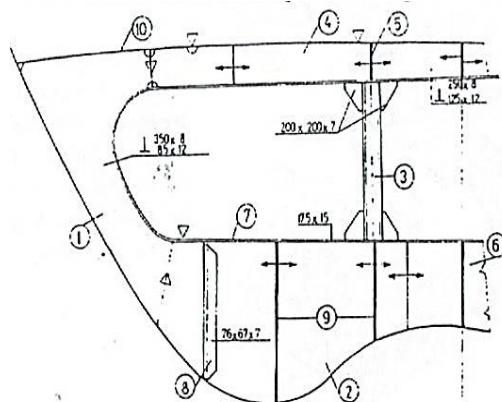
Spone se na sredini broda oslanjaju na podveze, a podveze se oslanjaju na poprečne pregrade. Glave upora se oslanjaju na donji pojas podveza. Upore se postavljaju na mjestima gdje je neophodno smanjiti raspon nosača palube ili dna. Upore se postavljaju i na mjestima gdje opterećenja ne mogu biti podupretna pregradama ili podvezama. U mašinskom prostoru se najviše postavljaju palubne upore. Postavljaju se na slobodnim krajevima platformi uz grotlo mašinskog prostora. Na sledećim slikama je prikazano opločenje glavne palube i postavljanje upora broda.



1-uzdužna rebra; 2-spone; 3-limovi opločenja palube; 4-centralna podveza; 5-otvor za ulaz lanaca u lančanik; 6-ojačanje palube na području sidrenog vitla i sidrenih cevi:

Slika br. 38. Opločenej glavne palube.<sup>59</sup>

<sup>59</sup> Ibid., str. 106.



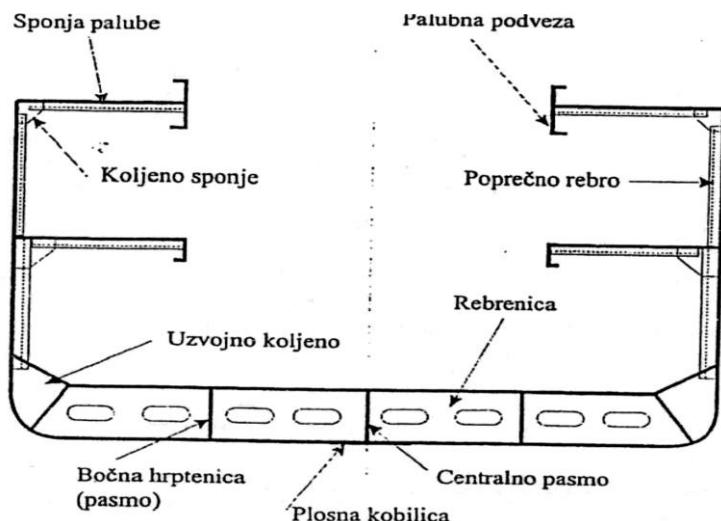
1-okvirno rebro; 2-rebrenica; 3-upora; 4-spona; 5-podveza; 6-centralna proveza (pasma); 7-traka; 8-ukrepa; 9-bočne proveze (pasme); 10-palubni lim.

Slika br. 39. Postavljanje upore.<sup>60</sup>

#### 1.2.8. Sistemi gradnje broda

Postoje tri vrste sistema gradnje broda i to: poprečni, uzdužni i kombinovani (mješoviti) sistem. Oni se razlikuju na osnovu toga što su njihovi glavni elementi postavljeni u odnosu na uzdužnu osu broda.

Poprečni sistem gradnje se koristi u gradnji brodova manjih veličina, jer kod njih uzdužna čvrstoća ne predstavlja veliki problem. Postoje dva sistema poprečne gradnje i to engleski i francuski sistem gradnje brodova. Ovaj sistem predstavlja poprečno otrebrenje trupa broda, odnosno rebrenice, poprečne pregrade, rebara i sponje čine osnovu ovakvog načina gradnje broda (elementi poprečne čvrstoće kod poprečnog sistema gradnje). Elementi uzdužne čvrstoće kod poprečnog sistema gradnje broda su: oplata dvodna, dna i boka, kobilica, paluba, palubne proveze, bočne i palubne podveze, završni voj i uzdužni nosači dvodna. U sekundarne elemente se svrstavaju obična rebra i sponje, lake rebrenice, koljena, upore i ukrepe nosača. Na sledećoj slici je prikazan poprečan sistem gradnje broda.



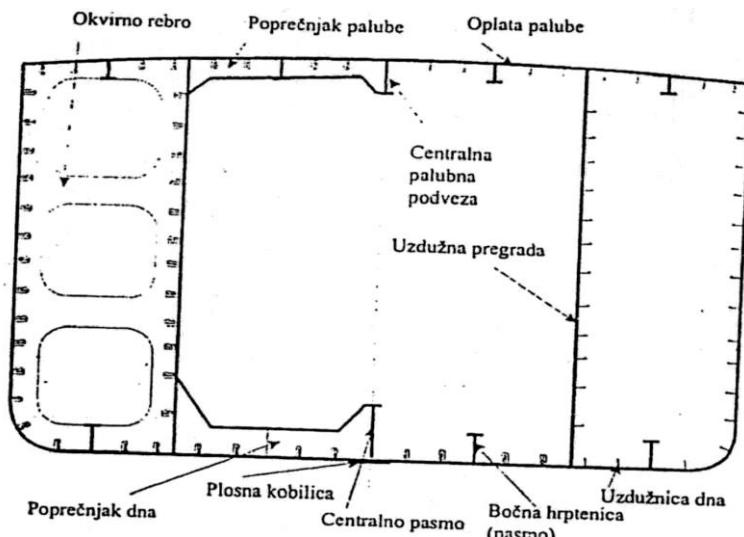
Slika br. 40. Elementi konstrukcije poprečnog građenog broda.<sup>61</sup>

Uzdužni sistem gradnje brodova se koristi za brodove većih veličina (namjenski se primjenjuje za gradnju tankera). Osnovni elementi ovog sistema su elementi uzdužnog otrebrenja broda, tj. uzdužnjaci dna, boka i palube. Veliku uzdužnu čvrstoću brod pored osnovnih elemenata čine i elementi poput: bočnih proveze, hrptenica, oplata dna, boka i palube, neprekinuti nosači dna i

<sup>60</sup> Ibid., str. 108.

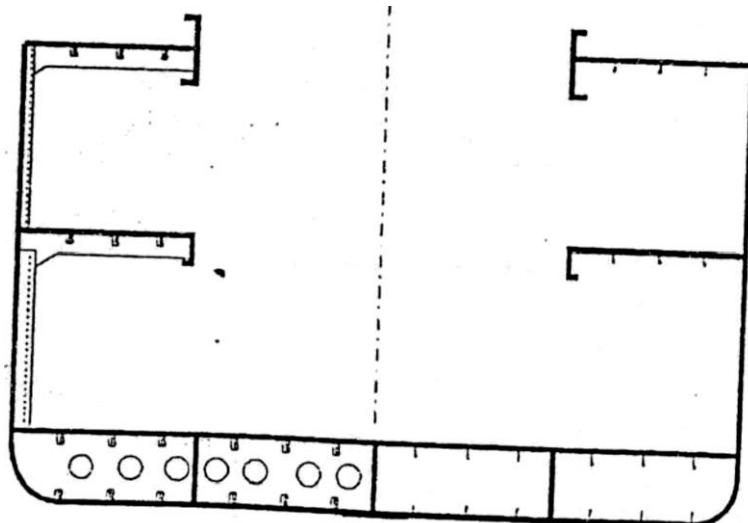
<sup>61</sup> Lompar A., op. cit., str. 186.

uzdužne pregrade. Elementi poprečne čvrstoće kod uzdužne gradnje jesu: okvirne sponje, poprečni nosači dvodna i poprečne pregrade. Dok sekundarni elementi strukture su uzdužnjaci svih oplata. Na sledećoj slici se može videte uzdužni sistem gradnje broda.



Slika br. 41. Elementi konstrukcije uzdužnog građenog broda.<sup>62</sup>

Mješoviti ili kombinovani sistem gradnje broda se razvija zbog nedostatka prostora u sistemima gradnje gdje bočne proveze i okvirna rebra zauzimaju prostor za krcanje terete. Kod ovog sistema paluba i dno broda su građeni kao kod uzdužnog sistema, dok su bokovi broda građeni kao kod poprečnog sistema gradnje broda. Na sledećoj slici može da se vid i ovaj sistem gradnje broda.



Slika br. 42. Elementi konstrukcije broda građenog kombinovanim sistemom.<sup>63</sup>

<sup>62</sup> Ibid., str. 187.

<sup>63</sup> Ibidem.

### 1.3. MATERIJALI ZA GRADNJU BRODOVA

Materijali koji se koriste za gradnju putničkih brodova su konstantno napadnuta raznim opterećenjima, poput dinamičkih i statičkih sila i slično. Od opterećenja, materijal se brani čvrstoćom svoje strukture. Svojstva strukture materijala se može podjeliti na: tehnološka, hemijska, mehanička i fizička svojstva.

Mehanička svojstva predstavljaju način na koji se materijal odupire određenoj sili. U mehanička svojstva spadaju: čvrstoća, elastičnost, tvrdoća, žilavost i plastičnost.

Fizička svojstva materijala jesu njegova: gustina, temperatura topljenja ili kristalizacija, toplotna i optička svojstva.

Hemijska svojstva materijala zavise od količine i vrste hemijskih elemenata koji se nalaze u datom materijalu (njegova otpornost na uticaja kiseline i slično).

Tehnološka svojstva materijala se nalaze u obrađivanju materijala i raznim tehnološkim postupcima poput: rezanja, kovanja, livenja, valjanja, zavarivanja, termičke obradivosti i itd.

Klasifikaciona društva izdaju sve propise za vrste materijala koji se koriste za gradnju trupa. Da bi materijal mogao da se koristi u brodogradnji mora da prođe razne vrste ispitivanja poput: ispitivanja tvrdoće, ispitivanja padnim tegom, ispitivanja rastezanja i savijanja, ispitivanja žilavosti, itd. Na brodu se nalaze različite vrste materijala. Svaka vrsta materijala mora da bude preispitana i izračunata na način da naprezanja koja mogu da se dese ne pređu granicu izdržljivosti materijala. Kod određivanja njihove dimenzije uvek se vodi računa o dodatnoj sigurnosti, kako bi čvrstoća materijal izdržala sva naprezanja. Materijal koji se najviše koristi u brodogradnji su: čelik, bakar, stakleno-plastične mase, drvo, legure bakra i aluminijuma.

Čelik je materijal koji se najčešće koristi u brodogradnji. To je željezo koje sadrži 0,2 - 1,7 % ugljenika i male količine silicijuma, mangana, fosfora ili sumpora.<sup>64</sup> Čelik može da ima različite strukture i da se primenjuje u različite svrhe i sve to zavisi od količine ugljenika i drugih primjesa (mješavina). Od čelika mogu da se naprave i specijalne vrste čelika i to na načina da se u njegov sastav doda neki od oplemenjivača, kao na primjer metali (krom, nikal, mangan, volfram, itd.). Liveni, valjani, kovani čelik i čelik koji ne rđa su samo neko od vrsta čelika. Za izradu pramčanih i krmnih statvi, skrokovca, djelova kormila, sidrenih ždrijela se najčešće koristi liveni čelik. Za osovine se na primjer koristi kovani čelik. Brodska oprema može da se izradi od čelika koji ne rđa. Termičko obrađivanje čelika i njihovih kombinacija stvaraju različita stanja čelika poput: valjanja, normalizacije, termo-mehaničko valjanje, ubrzano hlađenje, itd. Konstruktivni elementi broda (poput: koljena, rebrenica, limova, uzdužnjaka, itd.) se najčešće izrađuju od čelika koji se dobija valjanjem zajedno sa još nekim dodatnim postupkom obrade čelika. Meki čelik se najviše koristi za materijale gradnje broda.

Bakar predstavlja metal crvene boje, koji je posle srebra najbolji provodnik toplote i električne struje. Čvrstoća bakra je relativno mala, ali je vrlo rastezljiv i otporan na koroziju. Od njega se najviše prave legure, koje se djele na mesing i bronzu.

Mesing predstavlja mješavinu bakra (oko 85 %) i cinka (oko 35 %). Mesing može da bude dodatno otporniji prema morskoj vodi ako mu se doda odgovarajuća količina aluminijuma i kalaja. Kombinacije gdje se uz kalaj i aluminijum dodaje i mangan, može da stvori mesing koji se obrađuje i u toplom stanju. Kada se na ovakvu smesu doda i odgovarajuća količina

---

<sup>64</sup> Dvornik J., i S. Dvornik S., op. cit., str. 39.

željeza, mesing onda dobija na čvrstini. Bronza predstavlja mješavinu bakra i kalaja. Ona se u brodogradnji najviše koristi za djelove pumpi, kliznih ležaja, turbina, kotlovske armature, itd.

Plastične mase sa stakлом ojačane se dobijaju onda kada se staklena vlakna spoje sa materijalima od plastike, odnosno smole. Jedino zajedno ove dvije smese mogu da stvaraju materijal za gradnju broda. Zbog svojih prednosti ova vrsta materijala se danas najviše koristi u izgradnji manjih plovnih objekata i postaje konkurencija tradicionalnim materijalima.

U prednosti plastične mase se ubrajaju sledeće osobine:

- otpornost materijala protiv korozije, uticaj hemikalija i protiv zapaljivosti od 1200C (do ove temperature može sam da se ugasi);
- otpornost materijala na promjene koje se dešavaju u atmosferi;
- nema svojstva magneta (zbog toga je povoljan za gradnju nadgrađa čeličnih brodova);
- može da bude rezličite boje onda kada se smoli dodaju odgovarajući pigmenti;
- težina im je manja (onda kada se upoređuju sa drvetom), a čvrstoća veća;
- održavanje čamaca je jeftinije i lakše (vanska površina je glatka, manje obrsta školjkama i algama, a pri povećanju brzine dolazi do čišćenja obraslina trupa); i
- kompaktnost čamca je potpuna, tj. ne rasušuje se.

Nedostaci su:

- iskustvo u vezi sa staranjem materijala je malo;
- smola i staklena vlakna imaju visoku vrijednost na tržištu;
- tehnički proces je jako osteljiv (zato je neophodno da se prate sva upustva i da se sam proces stručno izvede);
- konstrukcija čamca od ovog materijala je jako lagana, zato vjetar i struja mogu lako da ga zanose; i
- ovakvi čamci moraju da budu opremljeni sredstvima da bi se održali na površini vode (ova masa je specifično teža od mora).

Aluminijum predstavlja lak metal srebrnasto-bjele boje koja se izrađuje od rude boksita (boksita je treća ruda po količini u svijetu). Najviše se primenjuje da bi smanjila težinu u djelovima gdje je to poželjno. Otporana je prema koroziji, zato je poželjana kod manjih brodova, jer stvara oksid na površini. Aluminijum se gnječi ili valja. Postupkom gnječenja od aluminijuma se najviše prave ključevi ili ručke, a od valjanja se izvode limovi ili šipke. Najviše se koristi kao legura. Aluminijumska legura ima u sebi samo 3 do 5 % magnezijuma, dok sve ostalo čini aluminijum. Prednost ovih legura je: u lakoj izradi, lijepo izgledaju, nemaju magnetičnost i imaju malu težinu.

Konstrukcija broda zahtjeva da određena mjesta u konstrukciji budu pristupačna radi zavarivanja ili naknadnih popravki. Na početku razvoja brodogradnje glavni način spajanja brodskih elemenata je bio kovanjem. Danas se to radi zavarivanjem i predstavlja mnogo efikasniji način (ušteda materijala i smanjuje težinu broda).

Postoje različite vrste zavarivanja poput: plinsko (autogeno) zavaraivanje, elektrolično zavarivanje, ručno elektrolično zavarivanje ili elektrolično zavarivanje pod zaštitom internog plima i slično. „Zavarivanju se poklanja izuzetno velika pažnja, s obzirom da greška u zavarivanju prouzrokuje izuzetno ozbiljne posledice na sigurnost eksploatacije broda, odnosno vodonepropusnost i čvrstoću konstrukcije.”<sup>65</sup> Klasifikacioni registri propisuju određena pravila za zavarivanja i sve neophodne uslove u kojima se spajaju elementi brodske konstrukcije.

---

<sup>65</sup> Lompar A., op. cit., str 192.

## **2. POMORSKI PROPISI O KONSTRUKCIJI PUTNIČKIH BRODOVA**

### **2.1. MEĐUNARODNI IMO PROPISI**

„IMO - Međunarodna pomorska organizacija (International maritime organization) je specijalizovana agencija Ujedinjenih Nacija koja je odgovorna za bezbjednost i sigurnost isporuke i sprečavanja zagađenja mora sa brodova.”<sup>66</sup> Jedna od glavnih uloga ove specijalizovane agencije je u stvaranju propisa koji trebaju da budu opšte prihvaćeni, fer i učinkoviti u oblasti brodarstva. Na početku razvoja pomorske plovidbe postojali su obavezni običaji, kojih su se samo određene zemlje pridržavale i to je tada predstavljalo jedinu pravnu zaštitu. Tek kasnije ubrzanim industrijskim razvojem, pa stoga i brodogradnje dolazi do češćih pomorskih nezgoda i širenja opasnosti kako za ekologiju mora tako i za ljudske živote. Iz toga proizilazi potreba da se oformi ovakva organizacija koja će doprinjeti većoj sigurnosti i ekološkoj zaštiti mora.

Za brodarstvo može da se kaže da predstavlja međunarodnu industriju koja spaja sve zemlje svijeta jer više od 80 % tereta se prevozi morem (ovakav način transportovanja robe i danas predstavlja najefтинiji, najefikasniji i najsigurniji način). Da bi ovako nešto uspješno funkcionalo neophodno je da se konstantno radi na unifikaciji pomorskog prava, postizanju pravne sigurnosti i pojednostavljenju pravnog uređenja, dok IMO predstavlja platformu na kojoj se taj proces jednim djelom odvija.

Međunarodna konferencija koja je bila održana u Ženovi 1948. godine donijela je odluku o osnivanju IMO konvencije. IMO konvencija stupa na snagu tek 1958. godine, onda kada dobija priznanje od 21 države. Ova Organizacija se prvenstveno nazivala IMCO – Međunarodna pomorska savjetodavna organizacija (Inter-Governmental Maritime Consultative Organization), tek 1982. godine je dobila naziv koji i danas nosi. „IMO trenutno ima 171 člana i tri prisajedinjena člana.”<sup>67</sup> Sjedište IMO-a je u Londonu i na čelu je Skupština koja se sastaje svake dvije godine i u kojoj prisustvuju predstavnici svih članica. Skupština donosi odluke o radu programa, o budžetu, o raspoređivanju finansija i bira članove Savjeta. Savjet predstavlja izvršni organ Organizacije i odgovoran je u okviru Skupštine za rad same Organizacije.

Mjere koje IMO obuhvata pokrivaju sve aspekte u međunarodnoj plovidbi koji se najviše osvrće na konstrukciju, dizajn, opremu broda, na rad pomoraca, sigurnost života i ekologiju. Trenutno članice Organizacije najviše rade na održivom razvoju i uključenju zelenog koncepta u dalji razvoj pomorstva. Promovisanje održivog pomorskog razvoja, trenutno predstavlja jedan od glavnih prioriteta IMO-a. „Kroz IMO razvoj i implementaciju globalnih standarda koji pokrivaju polja poput: energetske efikasnosti, nove tehnologije i inovacije, pomorskog obrazovanja i obuku, pomorske sigurnost, upravljanje pomorskog saobraćaja i razvoj pomorske infrastrukture; i druga pitanja biće osnova za posvećenost IMO-a da obezbredi institucionalni okvir neophodan za zeleni i održivo-globalni pomorsko saobraćajni sistem.”<sup>68</sup>

IMO svoje aktivnosti sprovodi kroz pet komiteta i to:

- Komitet za sigurnost plovidbe - MSC (Maritime Safety Committee);
- Komitet za zaštitu mora - MEPC (Maritime Environment Protection Committee);
- Pravni komitet (Legal Committee);

<sup>66</sup> <http://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx/> - pristup 27.11.2016. godine u 03:29 časova.

<sup>67</sup> <http://www.imo.org/en/About/Membership/Pages/Default.aspx/> - pristup 28.11.2016. godine u 22:10 časova.

<sup>68</sup> <http://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx/> pristup: 28.11.2016. godine u 23:42 časova.

- Komitet za tehničku kooperaciju (Technical Cooperation Committee); i
- Komitet za unapređenje (Facilitation Committee).<sup>69</sup>

U okviru prva dva komiteta postoji i niz podkomiteta.

“Putnički brodovi se definišu kao brodovi koji prevoze više od 12 putnika.”<sup>70</sup> Neophodno je da putnički brodovi budu u skladu sa IMO propisima, uključujući propise od LR (Lloyd’s Registar of Classification Societas). Do nastanka mnoštvo propisa i standard, koji obuhvataju sve aspekte izgradnje i eksploatacije broda, došlo je zbog niza pomorskih nesreća. Za putničke brodove je bitan Međunarodni kodeks upravljanja sigurnošću (ISM Code - International Safety Management), koji je stupio na snagu 1998. godine. Pored tehničkih propisa koji su tada bili znatno poboljšani, ISM Code je predstavljao važan korak u stavljanju akcenta na “ljudski element” u pomorskoj industriji. On reguliše međunarodne standard za sigurno upravljanje, rad brodova i kontrolu otpada. Međunarodna konvencija o standardima obuke, sertifikacijama i držanje straže - STCW (International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers) je donjeta 1995. godine, a na snagu je stupila 1997. godine. Ona uključuje posebne zahtjeve za osposobljavanje posade na putničkim brodovima (npr. kako odraditi hitnu evakuaciju ljudi kada je u pitanju gužva). Kod velikih putničkih brodova je poznato da mogu proizvesti ogromnu količinu otpada i zato je neophodno da se pridržava propisa koje reguliše MARPOL 73/78 konvencija. Pored ovih konvencija postoje i mnoge druge koje su donjete u sklopu IMO-a, poput: COLREG (Konvencija o međunarodnim pravilima o sprečavanju sudara na moru), LL66 (Međunarodna konvencija o teretnoj liniji), INMARSAT (Konvencija o Međunarodnoj pomorskoj satelitskoj organizaciji), SAR (Međunarodna konvencija o traganju i spašavanju na moru), itd. Za ovaj rad je neophodno opisati tri konvencije i to: SOLAS (Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru), TONNAGE 69 (Međunarodna konvencija o mjerenu nosivosti broda) i MARPOL (Međunarodna konvencija o sprečavanju zagađenja sa broda).

## 1. SOLAS

Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru (Safety Of Life At Sea) predstavlja najvažniju konvenciju Međunarodne pomorske organizacije. „Ona predstavlja skup normi kojima je cilj ostvarenje bezbjednosti na moru, i koja se dijeli na dvije grupe, i to: 1) sigurnosti plovidbe i 2) sposobnost broda za plovidbu.”<sup>71</sup> Ove dve grupe se sadržinski razmatraju i to sa pravnog i tehničkog gledišta. Pravna zaštita ljudskih života na moru se naglo razvija nakon industrijske revolucije (samo u određenim zemljama), ali tek posle Drugog svjetskog rata dolazi do njenog stvarnog značaja i to onda kada je IMO počeo da radi na osnivanju Konvencije o zaštiti ljudskih života na moru. Zapravo ova konvencija je još poznata kao „Titanik konvencija”, jer nakon katastrofe koja je zadesila Titanik-u, a to se desilo u vrijeme mira 14. aprila 1912. godine, dolazi do javne svijesti o njenoj potrebi. U januaru 1914. godine je usvojena prva Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru, međutim zbog Prvog svjetskog rata ona nikada nije stupila na snagu. Nakon toga 1929. godine dolazi do sazivanja Međunarodne konferencije od strane Britanske vlade. Ova konvencija je uglavnom sadržala propise o putničkim brodovima na mehaničkom pogonu. Nakon toga dolazi i do treće izmjene ove konvencije i to 1948. godine, potom i do četvrte izmjene 1960. godine. Danas je na snazi SOLAS konvencija iz 1974. godine sa Protokolima iz 1978. i 1988. godine sa brojnim amandmanima i aneksima. U Londonu 2002. godine je

---

<sup>69</sup> Ibidem.

<sup>70</sup> <http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Regulations/Pages/PassengerShips.aspx/> - pristup 28.11.2016. godine u 23:55 časova.

<sup>71</sup> Radulović M., Međunarodno javno pomorsko parvo, Univerzitet Crne Gore, Kotor, 2005. str. 119.

donjeta poslednja izmjena ove konvencije, gdje se uključuje i kodeks o medjunarodnoj bezbjednosti brodova i luka (ISPS Code). SOLAS Konvencija se odnosi na sve putničke brodove bez obzira na veličinu i na sve teretne brodove preko 500 BRT na međunarodnim putovanjima. Brodovi koji su manje veličine i oni koji plove u nacionalnim vodama mogu da se propisu i blaži standardi nego što je to predviđeno SOLAS konvencijom. Ovu konvenciju čini četrnaest glava koje govore o propisima sigurnosti broda:

- Glava I: Generalne napomene
- Glava II-1: Konstrukcija - Struktura, naplavljivost i stabilitet, mašinske i električne instalacije,
- Glava II-2: Konstrukcija - Protivpožarna zaštita, protivpožarna detekcija i gašenje požara,
- Glava III: Uređaji i sistemi za spašavanje života,
- Glava IV: Radiokomunikacije,
- Glava V: Sigurnost navigacije,
- Glava VI: Prevoz tereta,
- Glava VII: Prvoz opasnih tereta,
- Glava VIII: Brodovi na nuklearni pogon,
- Glava IX: Upravljanje u cilju sigurne eksploatacije broda (ISM),
- Glava X: Sigurnosne mjere za brza plovila,
- Glava XI: Posebne mjere u cilju unapređenja pomorske sigurnosti,
- Glava XII: Dodatne sigurnosne mjere za brodove za prevoz rasutog terete,
- Glava XIII: Utvrđivanje saglasnosti
- Glava XIV: Mjere za brodove koji posluju u polarnim vodama.<sup>72</sup>

„Svjedodzba, zvana Svjedodzba o sigurnosti putničkog broda mora se izdati nakon nadzora i pregleda putničkom brodu koji udovoljava zahtjeve Poglavlja II-1, II-2, III. i IV. i svim drugim zahtjevima ovih pravilnika koji su s tim u vezi.”<sup>73</sup> U sklopu ovog rada potrebno je opisati pojedine djelove drugog poglavlja.

U prvom djelu drugog poglavlja podejla putničkih brodova u vodonepropusnim pregradama mora biti takva da, nakon predpostavljenog oštećenja broda, trup brod će ostati na površini u stabilnom položaju. Zahtjevi za cijelokupnu nepropusnost broda i stabiliteta je utvrđeno SOLAS konvencijom. Maksimalna dozvoljena rastojanja između dve susjedne pregrade varira u zavisnosti od dužine broda i usluga za koje je angažovan. Najviši stepen podjela se odnosi na brodove najveće dužine, prvenstveno onhi koji se bave prevozom putnika, kao što se to navodi u Pravilu 6. u II-1 glave. Dok se u Pravilu 14. govori o konstrukciji nepropusnih pregrada koje su slične kao kod teretnih tako i kod putničkih brodova. „Svaka nepropusna pregrada, uzdužna ili poprijeko, mora biti građena tako da može s odgovarajućom granicom otpornosti izdržati tlak koji odgovara najvećem stupcu vode i koji bi mogao nastati ako se oštetiti brod, ali ni manje od talka koji odgovara stupcu vode do granične linije urona.”<sup>74</sup> U slučaju da rebra ili sponje prolaze kroz vodonepropusnu pregradu ili palubu, onda konstrukcija pregrada ili paluba mora da budu vodonepropusne bez ikakvih dodataka na nju. Sledeće pravilo govori o broju otvora koje može da sadrži nepropusna pregrada putničkog broda i da ti otvoru moraju da budu svedeni na minimum. Ukoliko postoje ventili koji nisu u sklopu cjevovodnog sistema, onda oni ne smiju da se stave na nepropusnu pregradu. Bitno je da nepropusna vrata budu klizna ili na šarke. Mora se voditi računa da se materijali koji nisu

<sup>72</sup> [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\)-1974.aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS)-1974.aspx) - pristup 28.11.2016. godine u 12:08 časova.

<sup>73</sup> Međunarodna konvencija o Zaštiti ljudskog života na moru, Združeni tekst, Jugoslovenski registar brodova, Tisak Tehničar-Kopirni centar, Split, 1987, str. 20.

<sup>74</sup> Ibid., str. 46.

otporni na toplotu ne koriste kao provodnici, jer može lako doći do požara. Otvori koji se nalaze na spoljašnjoj oplati ispod granične linije urona broda (propisani pravilom 17. u II-1 glavi) isto tako moraju biti svedeni na minimum. „U skladu sa zahtjevima Međunarodne konvencije o teretnoj liniji koja je na snazi, nijedan bočni prozor ne smije biti postavljen tako da njegov donji rub bude ispod vodne linije povučene na vanjskoj oplati paralelno s bočnim rubom pregradne palube, a koja ima najnižu točku na udaljenosti od 2,5 % širine iznad najviše pregradne linije, ili 500 mm (ovisno o tome koja je vrijednost veća).”<sup>75</sup>

Druga polovina drugog poglavlja (II-2) uključuje detaljne protipožarne odredbe za sve brodove i posebne mjera za putničke brodove (teretne brodove i tankere).

## 2. TONNAGE 69

Međunarodna konvencija o baždarenju broda 1969. (International Convention on Tonnage Measurement of Ships) stupa na snagu 1982. godine. Ova konvencija predstavlja prvi uspješni pokušaj da se uvedu univerzalni propisi o baždarenju brodova. Konvencija važi za:

- brodove koji imaju više od dvadeset i četri metra i obavljaju međunarodna putovanja;
- za one brodove kojima je kobilica postavljena prije 18. juna 1982. i za one kojima je postavljena nakon tog dana;
- isto podrazumjeva brodove na kojima je vršena prepravka koja vidno utiče na njihovu tonažu; i
- na sve ostale postojaće brodove na dan 18. juna 1994. godine.<sup>76</sup>

Svako pozivanje na ovu konvenciju podrazumjeva da su u to uključeni i dva priloga koja ova konvencija sadrži. Konvencija daje definicije za bruto tonažu koja podrazumjeva mjeru cjele veličinu broda, dok neto tonažu predstavlja mjeru korisnog kapaciteta broda (obje mjere su utvrđene odredbama ove konvencije). Država čiju zastavu brod vije preuzima odgovornost za utvrđivanje tonaže broda. Naravno provjeru i obavljanje ove radnje ona može da prepusti odgovarajućim licima. Ova konvencija izdaje Međunarodnu svjedodžbu o baždarenju svakom brodu kojem se utvrđuje bruto i neto tonaža na osnovu njenih propisa. TONNAGE konvencija određuje koji se zahtjevi na koje brodove odnose, a zapravo ne propisuje direktnе sigurnosne zahtjeve, zbog toga joj se pridaje značaj.

## 3. MARPOL 73/78

Međunarodna konvencija o sprečavanju zagađenja sa brodova (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) stupa na snagu 2. oktobra 1983. godine. Prva Međunarodna konvencija o sprečavanju zagađenja sa brodova koja obuhvata zagađenje naftom, hemikalijama, otpadnim vodama, štetnim supstancama u ambalaži, usvojena je 2. novembra 1973. godine, ali nije stupila na snagu. Zatim ova Konvencija se usvaja na Konferenciji o sigurnosti tankera i sprečavanju zagađenja koja je održana u februaru 1978. godine. Ova konvencija važi za sve brodove (sem za ratne i istraživačke brodove). Konvencija propisuje tehnička pravila koja se odnose na sprečavanje zagađenja sa brodova i to, kako slučajna zagađenja tako i ona koja nastaju uslijed rutinskih operacija. Konvencija ima šest aneksa koji obrađuju razne vrste zagađenja sa brodova:

- Aneks I: Sprečavanje zagađenja od ulja, odnosno goriva (stupio je na snagu 2. oktobra 1983.godine),

<sup>75</sup> Ibid., str. 51.

<sup>76</sup> <http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-on-Tonnage-Measurement-of-Ships.aspx/> - pristup 29.11.2016. godine u 01:09 časova.

- Aneks II: Kontrola zagađenja od strane tečnih opasnih materija koje se prevoze u bulk-u (stupio je na snagu 2. oktobra 1983.godine),
- Aneks III: Sprečavanje zagađenja od opasnih materija koje se prevoze u pakovanom obliku (stupio je na snagu 1. jula 1992. godine),
- Aneks IV: Sprečavanje zagađenja od otpadnih voda sa broda (stupio je na snagu 27. septembra 2003. godine),
- Aneks V: Sprečavanje zagađenja sa brodova smećem (stupio je na snagu 31. decembar 1988. godine) i
- Aneks VI: Sprečavanje zagađenja vazduha sa brodova (stupio je na snagu 19. maj 2005. godine).<sup>77</sup>

Sve države članice moraju da prihvate Anekse I i II, dok ostali Aneksi nisu obavezavajući.

## 2.2. NACIONALNI PROPISI

„Crna Gora je 10. oktobra 2006. godine deponovala instrument o pristupanju Konvenciji Međunarodne pomorske organizacije i njenim amandmanima, i time postala 167. članica IMO.”<sup>78</sup> Glavni cilj koji je Crna Gora postavila pred sobom jeste da konstantno radi na jačanju pravnog i administrativnog okvira da bi postigla odgovarajući nivo sigurnosti i bezbjednosti zaštite mora. U svom Zakonu o Sigurnosti morske plovidbe koji je donjela 2013. godine u Članu 42. govori o sposobnosti broda za plovidbu, i neophodnim tehničkim pravilima kojima treba da se postigne sigurnost na moru. Tehnička pravila propisuje Ministarstvo i njima obezbeđuje konstrukcionu i tehničku sposobnost brodova za plovidbu, pored toga se govori i o sigurnosti uređaja, mašina, opreme i materijala koji služi za održavanje sigurnosti plovidbe. Tehničkim pravilima se obezbeđuju i mnogi drugi segmenti poput: zaštite života, zaštita na radu i smještaj članova posade i drugih lica na brodovima, prevoz putnika, upravljanje sigurnošću, sigurnosna zaštita broda, pomorska oprema, pravila za obavljanje probne vožnje i sprečavanje zagađivanja mora sa brodova, konstrukciona i tehnička sigurnost uređaja za ukrcavanje tereta na brod i iskrcavanje sa broda i o načinu mjerjenja i izračunavanju tonaze.

U daljem tekstu će biti riječ o Tehničkim pravilima za gradnju čamac, gdje će biti detaljno opisana pravila o konstrukciji čamac od stakoplastike.

Simboli koji će se primenjivati u daljem obajšnjenu jesu:

- P = factor opterećenja za odnosno mjesto;
- V = maksimalna brzina čamca, u čvorovima;
- t = debljina laminate, u mm,
- Z = moment otpora, u  $m^3$ ;
- l = dužina raspona za rebra, ukrepe i sponje, u cm;
- s = razmak rebara, ukrepa i sponja, mјeren između njihovih središnjica, u cm.

Materijali koji se koriste za konstrukciju čamaca od stakoplastike moraju da budu u skladu sa Pravilima o materijalima i zavarivanju. Od velikog značaja je da se poštuju sva upustva od proizvođača i da osoblje koje radi na konstrukciji čamca bude stručno osposobljeno, odnosno kvalifikovano.

---

<sup>77</sup> [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx) pristup 29.11.2016. godine u 12:50 časova.

<sup>78</sup> [http://www.mvpe/Crna\\_Gora\\_i\\_Medunarodna\\_pomorska\\_organizacija IMO/](http://www.mvpe/Crna_Gora_i_Medunarodna_pomorska_organizacija IMO/) - pristup: 30.11.2016. godine u 05:02 časova.

Kod podvodnog djela trupa, nakon što se završi sa zaštitno-dekorativnim slojem, treba da se nanese prvi sloj staklenog ojačanja, koji treba da sadrži što manje topivih sredstava. Neophodno je da se koristi roving za špricanje ili mat s praškastim vezivom. Bitno je da se dokumentacija o materijalu čuva zbog inspekcije. Preporučuje se da se tvrdo drvo kao materijal jezgra izbjegava, a kod strukture čvrstoće trupa nesmje se koristiti.

Debljina zaštitno dekorativnog sloja može da varira od 0,3 - 0,6 mm i ukoliko situacija omogućava trebalo bi da se ovaj sloj nanese špricanjem. Sa procesom laminiranja se najkasnije započinje 24 sata nakon otvrdnavanja zaštitno-dekorativnog sloja. Kod strukturalnih djelova se nanosi ručno ili špricanjem. Onda kada su laminati svježi, preporučuje se postavljanje ukrepa i ostalih djelova. Potrebno je da se očisti laminat koji otvrdnjava više od 24 h, da bi se otklonile moguće naslage voska i treba da se izbrusi tako da se stakleno ojačanje ogoli prije laminiranja strukturalnih djelova.

Odgovarajućim zaštitnim slojem se moraju premazati i oni djelovi sa unutrašnje strane laminata koji mogu biti izloženi uticaju vode. Uukrepe i ostali djelovi se isto moraju zaštiti ako se ugrađuju na ovakve laminate. Rubovi laminate koji su izloženi vodi moraju da se premažu sa 0,3 mm debljine zaštitnog sloja (ili sa nekom sličnom smesom). Laminatom se moraju prekriti i rubovi sendvič ploče.

Onda kada se ručno nanosi prvi sloj nakon zaštitno-dekorativnog sloja, dopuštena je upotreba staklenog ojačenja do najveće težine od  $450 \text{ g/m}^2$  (preklapanje koje se dešava kod dva sloja staklenog ojačenja ne smije biti manji od 50 mm). Na svaki sloj staklenog ojačenja se nanosi poliesterska smola, a nakon svakog nanesenog sloja se moraju istisnuti mjehurići iz laminata. Proces valjanja slojeva se mora jako pažljivo izvoditi, pažnja se najviše posvećuje na prelazima i oštrim uglovima.

„Izraz „oblikovanje špricanjem“ znači istovremeno nanošenje poliesterske smole i staklenog ojačenja.”<sup>79</sup> Za ovu vrstu metod potrebno je posebno odobrenje. Ukoliko se dobije dozvola za korišćenje ove metode, onda se posebno skreće pažnja na ventilacijsku opremu, unutrašnju kontrolu proizvođača i druge važne faktore za izradu gotovog proizvoda. Oprema koja se koristi za ovu metodu mora da omogući čvrstu i homogenu izradu laminata i nijedna vrsta ojačanja ne smije biti kraća od 20 mm. Prvi sloje koji se nanosi nakon zaštitno-dekorativnog sloja mora da bude 1,5 mm, a svaki sledeći sloj može da iznosi 2,5 mm. Naravno po cijeloj površini se mora jednako nanositi i valjanje se mora izvoditi temeljno.

Sendvič konstrukcija predstavlja tako sklopljenu konstrukciju od tankih spoljnih slojeva i laganog srednjeg dijela koji služi za popunjavanje. Materijali koji se koriste za ovakvu izradu konstrukcije ne moraju biti čvrsti ni kruti, ali će sendvič konstrukcija imati oba svojstva. „Sendvič laminate mogu se izrađivati laminiranjem na materijal jezgra ili nanošenje materijal jezgra preko mokrog laminata.”<sup>80</sup> O svakom slučaju zasebno se odlučuje ako se materijal jezgra vezuje na otvrdnuti laminat. Prije nego što se jezgro od pjene sa otvorenim čelijama na površini postavi preko mokrog laminata treba da se premaže poliesterskom smolom. „Prilikom izrade sendvič ploče razmake ili spojeve u jezgru potrebno je popuniti poliesterskom smolom cementom ili materijalima za popunjavanje.”<sup>81</sup> Prije nego što se započne sa daljim oblikovanjem jezgra, mokri laminat mora da otvrdne do određene mjere.

Potpuno otvrdnuti laminati imaju sledeća mehanička svojstva:

<sup>79</sup> Tehnička pravila za gradnju čamaca, Uprava pomorske sigurnosti, Bar, 2006. str. 39.

<sup>80</sup> Ibidem.

<sup>81</sup> Ibidem.

- rastezna čvrstoća  $\delta$ :  $80 \text{ N/mm}^2$ ,
- čvrstoća na svijanje  $\sigma$ :  $130 \text{ N/mm}^2$ ,
- modul kod rastezanja  $E_s$ :  $7000 \text{ N/mm}^2$  i
- modul kod svijanja  $E_b$ :  $6000 \text{ N/mm}^2$ .<sup>82</sup>

Sva nabrojana mehanička svojstva (rastezna čvrstoća i modul kod rastezanja, i čvrstoća na savijanje i modul kod svajanja) se određuju u skladu sa Pravilima o materijalima i zavarivanju, a euprvete za ispitivanje se uzimaju u oba smjera. Srednja vrijednost koja se dobija rezultatima ispitivanja treba da odgovara utvrđenim zahtjevima, a svaka pojedinačna vrijednost ne smije da iznosi manje od 80% vrjednosti koje su uzete kao osnova za određivanje dimenzija.

Sadržaj staklenog ojačanja treba da bude najmanje 27%, a najviše 45 % težine u otvrdnutom laminatu i naravno u skladu sa prethodno spomenutim Pravilima.

Debljina zaštitno-dekorativnog sloja i zaštitnog sloja se ne uračunava u zahtjev za debljinu laminata. Korekcije se mogu napraviti u smanjenju dimenzija koje su prethodno opisane, samo ako proizvođač može dokazati bolja mehanička svojstva.

Sendvič ploča se sastoji od jezgra sa ljskom od laminata sa obje strane. Kada se proračunava čvrstoća njene konstrukcije, onda se to postmatra sa stanovišta da normalna opterećenja i ona opterećenja na svijanje se prenose preko ljske, dok se na jezgro prenosi smicanje na naprezanje. „Vezu između ljski i jezgra treba kontrolisati ispitivanjem na smicanje ili ispitivanjem u smjeru slojeva, a popuštanje se treba normalno pojaviti u jezgru.”<sup>83</sup> Čvrstoća koju treba da ima sendvič ploča jeste najmanje jednaka čvrstoći jednostavne konstrukcije (gdje se uključuje razmak ukrepe).

Minimalni odnos koji se dobija između najdeblje i najtanje ljske laminata je 0,75. Debljina spoljašnje ljske laminata u kobilici, pramčanoj statvi, bokovima i dnu ne smje da bude manja od 65 % zahtjevane debljine laminata za jednostavnu konstrukciju (nije uključen razmak ukrepe-s). Dok na palubi debljina vanjskog laminata ne smije da bude manja od iznosa koji se dobija po sledećem izrazu:

$$t = 2,0 + 0,1 L_{\text{oa}} (\text{mm})$$

Laminat dna treba da se proteže u istoj debljini do produžetka uzvoja ili do teretne vodne linije.

$$t = 0,56 \times f \times s \times \sqrt{p} (\text{mm})$$

$$t = 2,4 + 0,5 L_{\text{oa}} + 0,08 (\text{mm})$$

Debljina laminata bokova ne smje biti manja od veće vrijednosti po sledećim izrazima:

$$t = 0,40 \times f \times s \times \sqrt{p} (\text{mm})$$

$$t = 1,6 + 0,5 L_{\text{oa}} (\text{mm})$$

Uzdužna ukrućenja su neophodna kod čamaca koji razvijaju velike brzine. Uzdužna rebra dan moraju da imaju moment otpora koji ne smje biti manji od vrijednosti koja se dobija sledećim izrazom:

$$Z = 5,5 \times f \times s \times p \times \left( \frac{l}{100} \right)^2 (\text{cm}^3)$$

---

<sup>82</sup> Ibidem.

<sup>83</sup> Ibid., str.41.

Dok moment otpora uzdužnih rebara boka ne smje da iznosi manje od vrijednosti koja se dobija sledećim izrazom:

$$Z = 3,5 \times f \times s \times p \times \left(\frac{l}{100}\right)^2 (\text{cm}^3)$$

Uzdužna rebra bi trebalo ukrutiti poprečnim nosačima ili poprečnim pregradama. Poprečni nosači koji se postavljaju za uzdužna rebra trebaju da imaju dimenzije kao poprečna rebra.

Postoji varijanta da istinski tipovi čamaca imaju poprečna ukrućenja sa rebrima, a kobilica im predstavlja jedino uzdužno ukrućenje.

Poprečna rebra moraju biti neprekinuto povezana sa kobilicom ili sa rebrenicama, a vrhovi rebara trebaju biti ukrućeni palubnim sponjama, uzdužnim nosačima ili laminatima palube.

Na gornjem djelu uzvoja na momenat otpora nosača dna ne smije biti manji od iznosa dobijenog po izrazu:

$$Z = 4,5 \times f \times s \times p \times \left(\frac{l}{100}\right)^2 (\text{cm}^3)$$

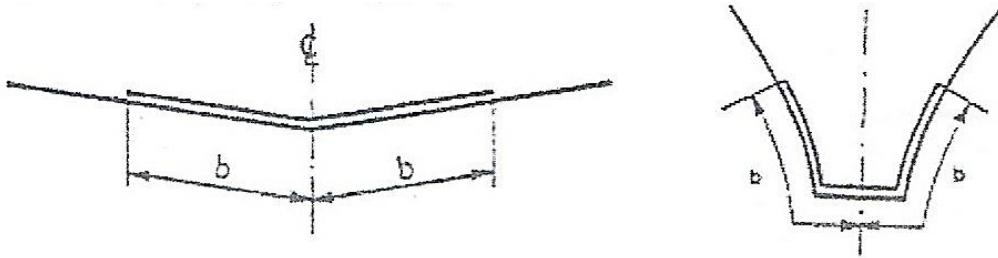
Rebra i nosače može zamjeniti nameštaj (klupe, podnici, itd.), samo ako su spojeni za trup broda po čitavoj svojoj dužini. Ako geometrija trupa doprinosi i uzdužnoj i poprečnoj čvrstoći broda onda se prethodno opisani zahtjevi za ukrućenje strukture mogu umanjiti.

Neophodno je da kobilica bude dimenzionirana na načina da može izdržati sva predviđena opterećenja koja se stvaraju prilikom dokovanja, pada, postavljanja balasta itd.

Debljine laminata kobilice ispodne vodne linije trebaju da se protežu od simetrale na udaljenosti koja ne može da bude manja od vrijednosti koja se dobija sledećim izrazom:

$$b = 3 \times L_{\text{oa}} (\text{cm})$$

Na sledećoj slici je prikazano mjerjenje širine laminata kobilice.



Slika br. 43. Način mjerjenja širine laminata kobilice.<sup>84</sup>

Debljina laminata pramčane statve ne smje da bude manja od vrijednosti koja se dobija sledećim izrazom:

$$t = 2,9 + 0,9 \times L_{\text{oa}} (\text{mm})$$

Debljina laminata statve treba postignuta u poprečnoj udaljenosti od simetrale maksimalno 20 cm. Dimenziju koju bi imalo krmeno zrcalo zavisi od toga da li je ono opterećeno pogonskim uređajem ili instalacijom za kormilo.

Debljina laminata palube ne smje biti manja vrijednosti koja se dobija putem sledećih izraza:

$$t = 0,45 \times f \times s \times \sqrt{p} (\text{mm})$$

$$t = 1,6 + 0,4 \times L_{\text{oa}} (\text{mm})$$

---

<sup>84</sup> Ibid., str. 44.

Sponje u sredini raspona moraju da imaju momenat otpora koji ne smje da bude manji od iznosa koji se dobija sledećim izrazom:

$$Z = f \times s \times p \times \left(\frac{l}{100}\right)^2 (\text{cm}^3)$$

Zahtjevi za ukrućenja kod kratkih paluba mogu da se smanje.

Dimenzije nadgrađa i kućica na palubi, koje su isto izložene opterećenju moraju da odgovaraju zahtjevima za bokove trupa. Zahtjevima za palupu i podnice moraju da odgovaraju dimenzije određenih djelova nadgrađa i krova kabine, za koje je predviđeno da će biti izloženi težini osobe.

Konstrukcija od stakoplastike zahtjeva da se izvede bez naglih prelaza i koliko je moguće da se izvede što oblije. U slučajevima gdje nije moguće da se izbjegne koncentracija naprezanja, kao na primjer na stepenastim prelazima i gdje se imitira gradnja oplate preklopnim spojem, neophodna su dodatna ojačanja. Konstrukcija mora da bude takva da omogući naknadnu kontrolu i popravku, a oblik mora da bude što jednostavniji. „Konstrukcioni projekat koji mogu izazvati vlačna naprezanja okomito na laminat moraju se izbjegići na mjestima gdje ovaj efekat može dovesti do delaminacije ili ljuštenja.”<sup>85</sup> Elementi čvrstoće se pričvšćuju laminatima za trup, a debljina laminata svuda mora da bude ista. Laminat koji se koristi da bi povezao djelove namještaja za trup mora da ima debljinu od najmanje 2 mm. Širina vezanog ugaonika mora da iznosi najmanje 50 mm i mora da preuzeme opterećenja koja su predviđena. Krajevi ukrepa koji su opterećeni trebaju da budu povezani sa drugim konstrukcionim djelovima (ili skošeni). Preporučuje se da se izbjegava nepovezanost u ukrepnim elementima. „Laminat različite debljine trebaju imati blagi prelaz od barem 40 puta debljine razlike laminata za vrlo opterećene laminate, a za ostale laminate barem 20 puta debljine razlike laminata.”<sup>86</sup>

Kod sendvič konstrukcije neophodno je da se spoljašnji laminate postavljaju neprekinuto (kontinuirano) ispod rebara i drugih elemenata čvrstoće. Prelazi sa sendvič ploče na jednostavne laminata jezgra trebaju da se blago sužavaju.

Dimenzije uzdužnih rebara ili nosača trebaju da budu povećane i međusobno trebaju da budu povezani u poprečnom smjeru ako se motor postavlja neposredno na njih. Postolja motora trebaju biti izvedena tako da se sile motora, pumpe i osovinskog voda prenose uspješno na trup broda. Balastna kobilica se mora na odgovarajući način pričvrstiti šrafima (vijcima) na konstrukciju trupa. Krom-nikal-molibden nerđajućeg čelika je vrsta materijala od koje su napravljeni odgovarajući šarafi. Mogu da se koriste šarafi i od drugih materijala koji su otporni na morsku vodu. Velike podložne ploče se postavljaju ispod glave vijaka. Na djelu gdje je pričvršćena balasna kobilica, laminti dna moraju da budu deblji i da imaju pouzdana ukrućenja.

Na djelovima gdje trebaju da se učvrste okovi na trupu ili palubi laminate treba ojačati (npr. od dodatne debljine laminata, metalnih ploča ili šerploča, itd.) radi pouzadnog raspoređivanja opterećenja. Vijci, podložne ploče ili zakovice moraju da budu otporne na koroziju. Neophodna su dodatna ispitivanja za čamce od stakoplastike kao na primjer: test bacanja, test preopterećenja i mjerjenje progiba.

---

<sup>85</sup> Ibid., str. 46.

<sup>86</sup> Ibidem.

### **3. ELEMENTI KONSTRUKCIJE TRUPA KATAMARANA ZA PREVOZ DO 50 PUTNIKA**

#### **3.1. UVODNE NAPOMENE O KONSTRUKCIJI KATAMARANA**

Riječ katamaran potiče iz tamilskog jezika - kaṭṭumaram i znači povezano drvo. „Katamaran je površinsko plovilo sa dva trupa jednake istisnine.“<sup>87</sup> Ovakvi plovni objekti su se prvo pravili u Polineziji i upotrebljavali su se za plovidbe preko Tihog okeana.

Katamaran spade u kategoriju višetrupaca. „Pri projektovanju čamaca višetrupaca pravila koja važe za jednotrupce važe i za višetrupce. Principijalna razlika ogleda se u poprečnoj stabilnosti, koja praktično ne zavisi od oblika trupa i dimenzije trupa, nego je definisana širinom višetrupaca.“<sup>88</sup> Radijalan oblik rebara koji imaju trupovi katamarana pružaju prednost u minimalnom otporu trenja i isto tako smanjuju otpor talasa (onda kada je u pitanju velika brzina onda se smanjuje ukupni otpor). Forma rebra u obliku “U” i “V” se najčešće primenjuju kod gradnje trupova katamarana. Odnos dužine i deplasmana je ono što ističe katamarane u poređenju sa drugim plovilima. U knjizi dr Lekića “Čamci – teorija” taj odnos se definiše izrazom:

$$L \sqrt[3]{D/2}$$

Ovaj parametar ima vrednost 6 – 10 kod katamarana za krstarenje, a kod brzinskih, odnosno takmičarskih katamarana on iznosi 16. „Mala masa i velika dužina trupa je osnovni kriterijum, koji određuje brzinu čamaca višetrupaca.“<sup>89</sup>

Katamaran istovremeno „leži“ na više talasa i zbog svoje lake konstrukcije ne uranja u vodu. Pramci oba trupa se obično ne spajaju platformom, jer nju odozdo udaraju nadolazeći talasi, zbog toga se postavlja mreža ili poprečne okrugle cijevi.

Kao jedan od najvećih problema kod katamarana, odnosno svih višetrupaca, se ističe čvrstoća konstruktivnih elemenata. „Kad trupovi višetrupaca na talasima dobiju suprotni trim, poprečni nosači su jako opterećeni na toroziju.“<sup>90</sup> Uobičajno je da se poprečni nosači prave kutijastog ili rešetkastog oblika.

Materijali koji se koriste su obično kompozitni materijali, ili laki metal.

#### **3.2. UOPŠTENO O „GO GREEN E CAT 15“ KATAMARANU**

Projekat „Go Green E Cat 15“ predstavlja katamaran na električan pogon predviđen za prevoz putnika. Katamaran može da plovi od 10 – 12 sati dnevno i tako omogućava plovidbu u potpunoj tišini, a uz pomoć solarnih panela domet ovakve vrste katamarana je skoro neograničen. Projekat pripada kompaniji Monte Marine Yachting (MMY) koji je kreiran radi potrebe Bokokotorskog zaliva. Ovakav koncept transporta je prepoznat u više značajnih studija koje su napravljene od strane Uprave za zaštitu kulturnih dobara. Zatim je izrađena “Studija izvodljivosti za uspostavljanje održivog, pomorskog i javnog transporta u Boki Kotorskoj solarnim katamaranima” od strane MMY kompanije. Sama Studija još uvek nije ostvarena, jer zahtjeva određeni broj sponzora i organizacija koje će isto tako prepoznati

<sup>87</sup> Pomorski leksikon, Jugoslovenski leksikografski zavod, Zagreb, 1990. str. 350.

<sup>88</sup> Lekić M., Čamci – teorija, Novi Sad, 2009. str. 336.

<sup>89</sup> Idem.

<sup>90</sup> Idid., str. 483.

potrebu korišćenja solarne energije u cilju očuvanja životne sredine, smanjenja troškova održavanja brodova i povećenju nivoa uživanja klijenata.

MMY kompanija uveliko izrađuje solarne katamarane i koristi solarnu energiju na svim svojim brodovima na električan pogon za dodatno punjenje baterije. Kod ovakvog načina izrade elektro-motor je direktno spojen sa propelerima i nema stvaranja gubitka na osovinskog vod. Na ovaj načij ova kompanija učestvuje u pokušaju neophodnog uspostavljenja održivog, pomorskog transporta.

Go Green E Cat 15 katamaran je namjenjen za prevoz do 50 putnika. Lak je za održavanje. Dva trupa koja poseduje ovaj brod stvara jaku stabilnost. Dok plovi ovaj katamaran ne pravi pramčane talase, a bočni talasi su minimalni, jer imaju „elegantnu“ vodnu liniju kao kod jedrilice i tako omogućava minimalni otpor. Dizajniran je na način da bude lak za manevrisanje, a najefikasniji je pri brzini od 6 čvorova. Namjena ovog katamarana je za prijevoz putnika na jednodnevne izlete u području nacionalne priobalne plovidbe. Osnovne karakteristike su mu:

- L (dužina broda) = 15,0 m
- B<sub>max</sub> (najveća širina) = 6,0 m
- H (visina) = 1,90 m
- T (konstruktivni gaz) = 0,48 m
- Snaga =  $2 \times 12 \text{ kW} + 2 \times 80 \text{ kW}$
- Brzina = 10 čvorova

Kapacite Go Green E Cat 15 katamarana je:

- tankovi goriva  $2 \times 1 \text{ m}^3$ ,
- tankovi pitke vode i
- tankovi fekalija.

Brod će biti projektovan u skladu sa Pravilima i propisima registra brodova i izgrađen prema overenoj dokumentaciji i pod nadzorom Registra. Na sledećoj slici se može videte Go Green E Cat 15 katamaran.

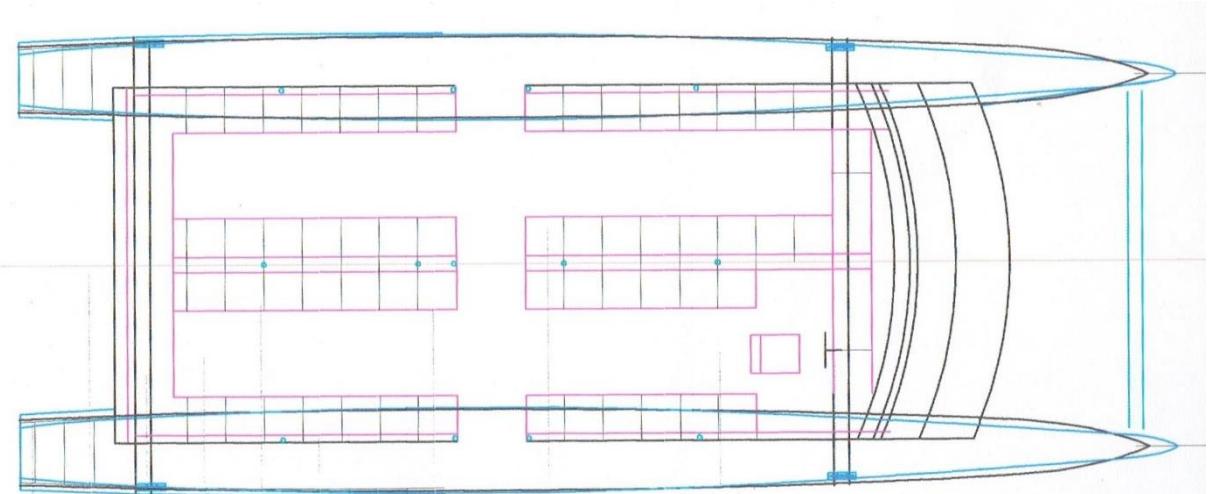


Slika br. 44. Go Green E Cat 15.<sup>91</sup>

Brodsko tijelo se može prikazati u sklopu tri projekcije i to uz pomoć teorijskih rebara (koji pokazuju poprečan presjek broda po uzdužnoj osi), presjek vodnih linija (one prikazuju horizontalni presjek broda) i uzdužne linije (sa njima se prikazuje uzdužni presjek broda). Na sledećoj slici se vidi plan linija.

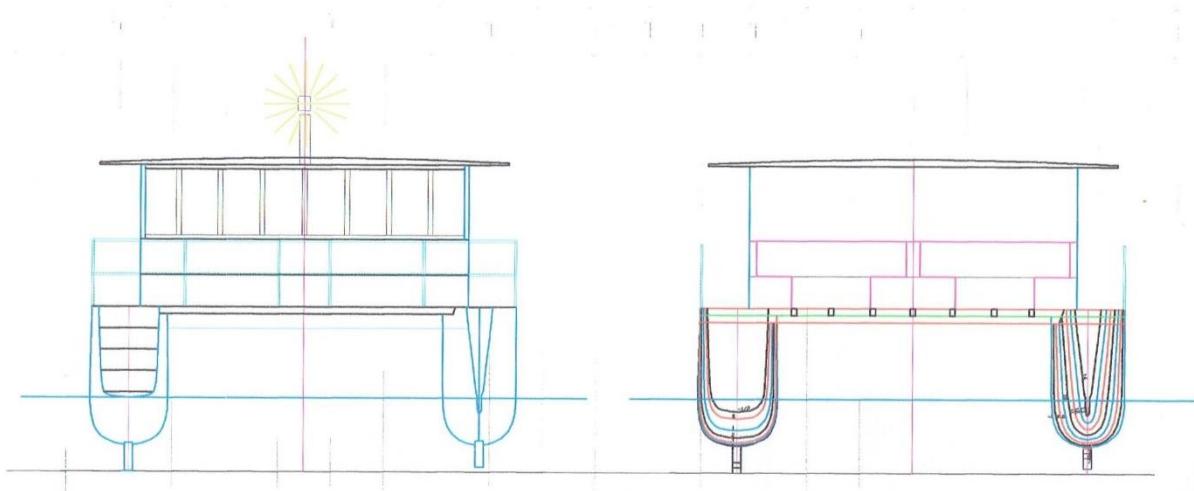
---

<sup>91</sup> <http://www.yachtmm.com/en/ecat.html/> - pristup 04.11.2016. godine u 20:04 časova.



Slika br. 45. Body lines plan (plan linija)<sup>92</sup>

O teoretskim rebrima već je bila riječ u podglavi o Orebrenju broda (1.1.5). Bitno je samo spomenuti da je uobičajno da se prednja rebra crtaju na desnoj strani plana rebara, dok se zadnja rebra crtaju na levoj strani. „Vodne linije (VL) broda predstavljaju presjek horizontalnih (vodoravnih) ravni sa brodskim tјelom.”<sup>93</sup> Konstruktivna vodna linija ili KVL predstavlja vodnu liniju za koju je brod konstruisan, a vodna linija koja se obilježava kao TVL predstavlja teretnu vodnu liniju, odnosno VL na kojoj brod plovi sa određenim teretom. Laka vodna linija (LVL) je ona linija na kojoj brod plovi bez terete (prazno opremljen brod). U presjeku vertikalnih ravni paralelnih sa ravni simetrije se dobijaju uzdužne linije brodskog tјела. Na sledećim slikama se može videte prikaz katamarana u tri proekcije i poseban prikaz poprečnog presjeka katamarana.

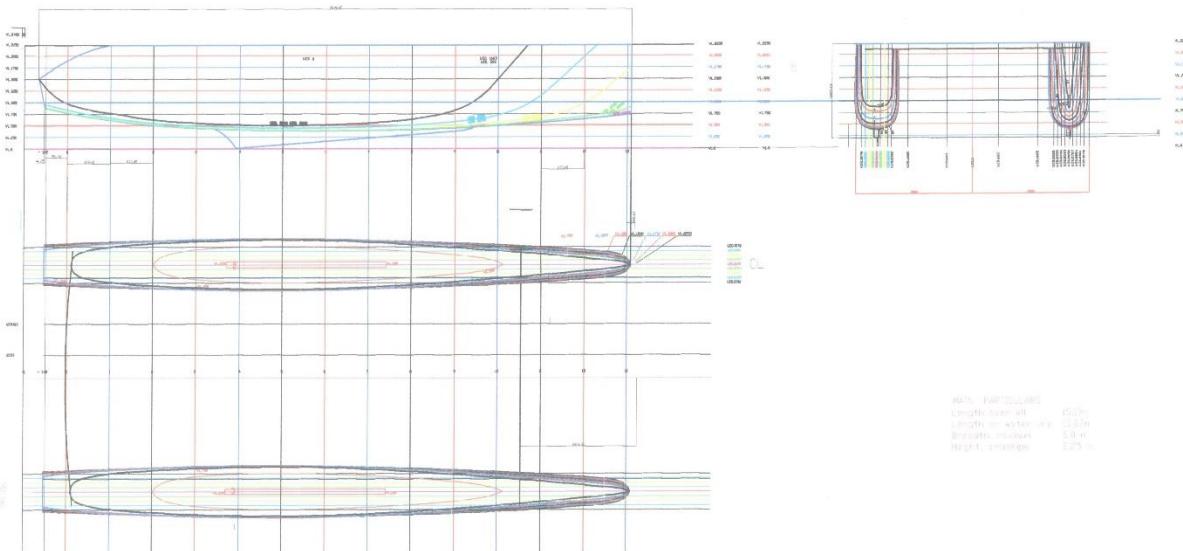


Slika br. 46. Lines – Linije poprečnog presjeka brodskog tјela.<sup>94</sup>

<sup>92</sup> Projektna dokumentacija, Monte Marine Yachting, E Cat – 15, Body Lines Plan, Kotor, 2012. str. 1.

<sup>93</sup> Lompar A., op. cit., str. 53.

<sup>94</sup> Projektna dokumentacija, op. cit., str. 2.



Slika br. 47. Body lines plan – Plan vodnih linija, uzdužnog presjeka i plan rebara.<sup>95</sup>

### 3.3. ELEMENTI UZDUŽNE I POPREČNE ČVRSTOĆE I MATERIJALI GRADNJE

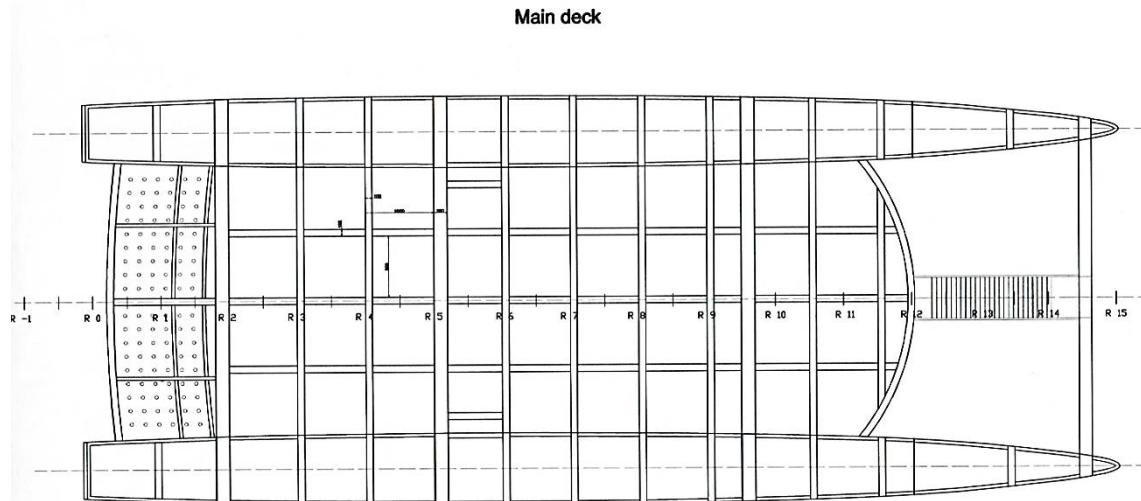
Go green E Cat 15 je građen po kombinovanom, odnosno mješovitim sistemu gradnje. Kao što je već spomenuto ovaj sistem podrazumjeva da katamaran ima uzdužno orebrenje dna i gornje palube, a da su mu poprečno orebreni bokovi i donja paluba. Materijal koji je korišćen za gradnju katamarana je stakлом ojačan poliester. Tri vodonepropusne poprečne pregrade djele trup u četri prostora: krmeni pik, mašinski prostor, prostor baterije i pramčani pik. U krmenom piku je postavljen kormilarski sistem. U mašinskom prostoru svakog trupa je postavljen propulzivni elektro motor, uz to ide i druga oprema koja je neophodna za motor. U prostoru za baterije je smještena pumpa sentina. Pored glavne palube, katamaran ima i parcijalnu palubu. Na glavnoj palubi su smještene klupe za prihvrat putnika i kormilarsko mjesto. Paluba je ravna i bez preluka. Putnicima je ulaz u brod obezbjeđen kroz vrata u punoj ogradi, po jedana na svakom boku. Stepenice omogućavaju sruštanje sa krmenog djela glavne palube u vodu. Krma je izrađena sa kosim zrcalom, a pramac sa ravnom statvom, a katamaran je tip broda sa kobilicom.

U uzdužne elemente kod ovog sistema gradnje ubrajamo: oplatu dna, boka i glavne palube, oplatu uzvojnog tanka, kobilicu, završni voj, palubne proveze i uzdužnjake oplata.

U poprečne elemente čvrstoće ubrajamo: okvire tankova, okvirne sponje, okvirna rebra i poprečne pregrade.

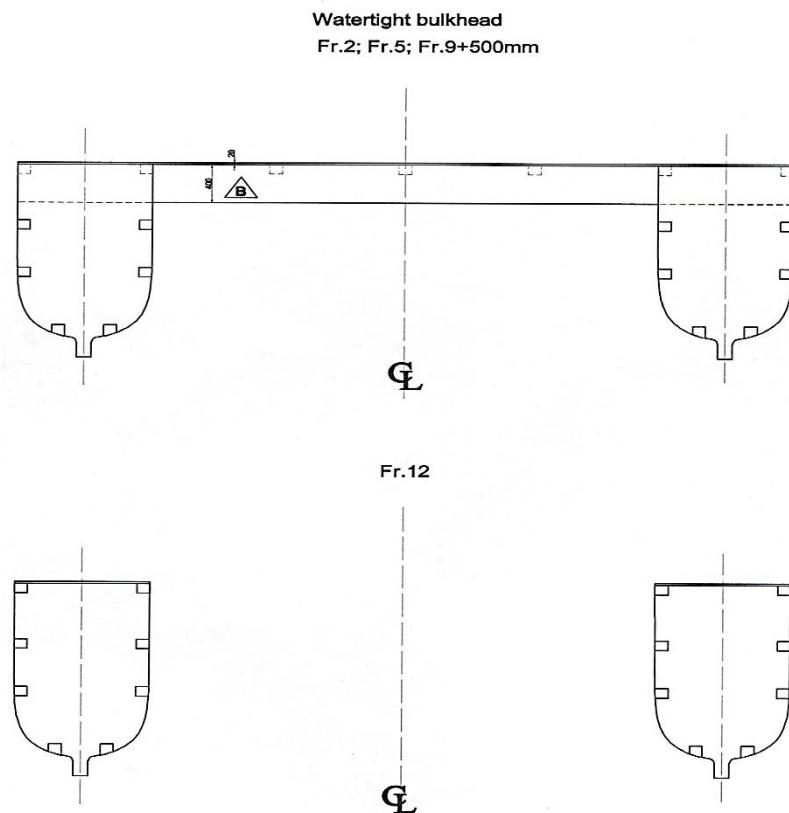
Vodonepropusno pregrađivanje će biti u skladu sa Pravilima i propisima registra brodova. Poprečne vodonepropusne pregrade se nalaze na R2, R5 i R9 + 500. Na sledećoj slici može da se vidi glavna paluba i njeni glavni noseći elementi, to su uluminirane poprečne grede čiji je raspored prikazan na sledećem planu.

<sup>95</sup> Ibid., str. 3.



Slika br. 48. Main deck - glavna paluba i raspored pregrada.<sup>96</sup>

Na sledećim slikama je prikazana konstrukcija vodonepropusnih pregrada koje su izgrađene od uliminirane vodonepropusne šper-ploče (one predstavljaju glavne elemente poprečne čvrstoće), držače i pregrade na pozicijama R12 i R8.

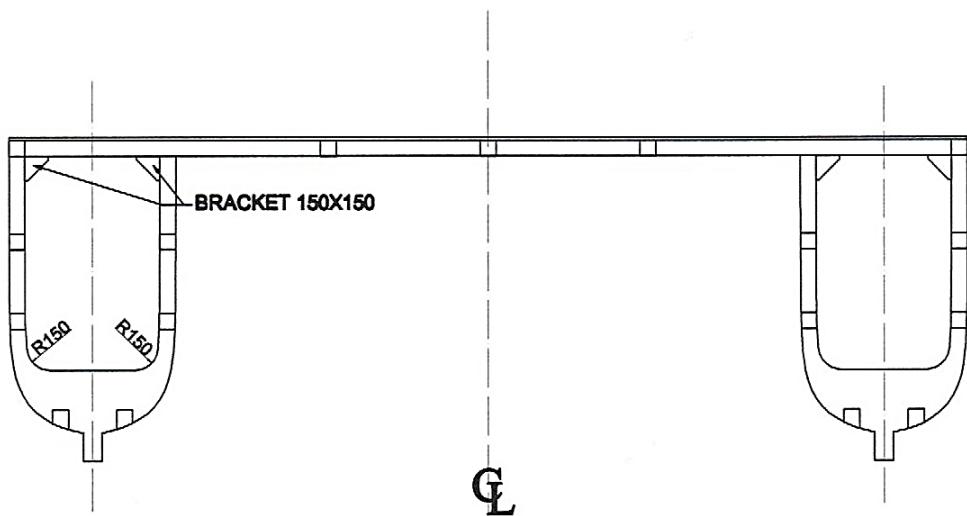


Slika br. 49. Watertight bulkhead.<sup>97</sup>

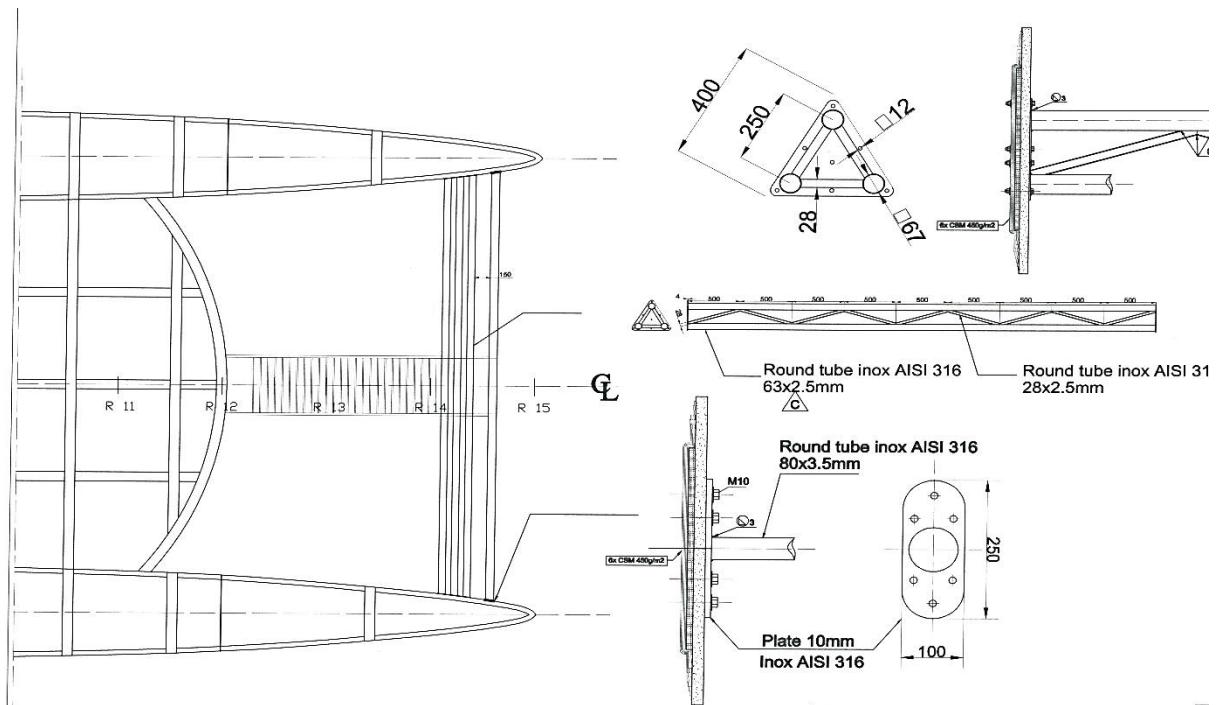
<sup>96</sup> Ibid., str. 4.

<sup>97</sup> Ibid., str. 5.

Fr.8

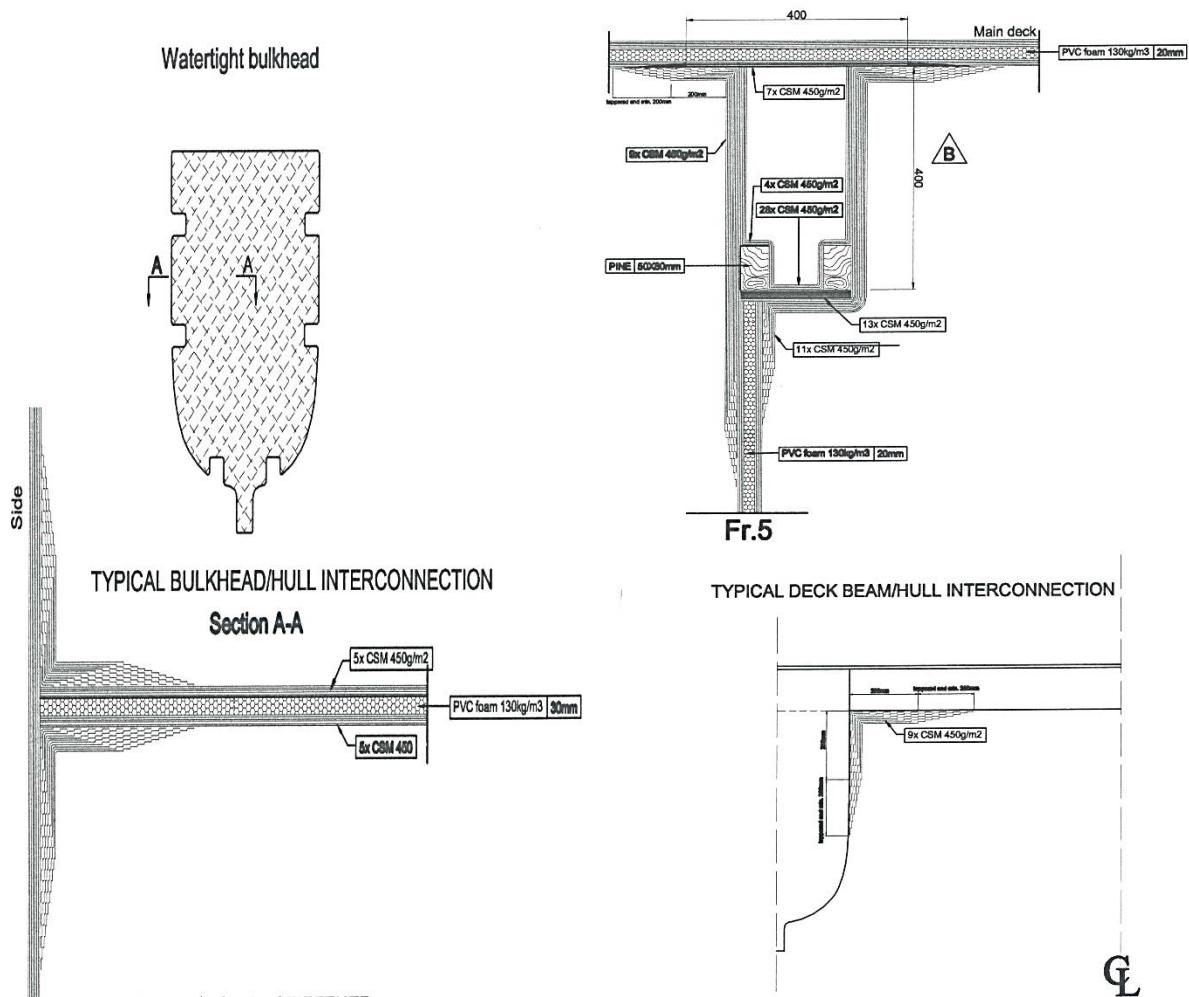
Slika br. 50. Watertight bulkhead.<sup>98</sup>

Na sledećoj slici će biti prikazani pojedini djelovi i uzdužne i poprečne čvrstoće. Na prvoj slici su prikazane poprečne okrugle cjevi od inox- a AISI 316 (Round tube inox AISI 316) koje dodatno povezuju trupove katamarana i tako sudešuju u poprečnoj čvrstoći broda. Zatim sledeći elementi čvrstoće su: palubne ukrepe (deck stiffener), ukrepa pregrade (typical bulkhead/ hull interconnection), dio postolja za motor (section through transom engine mount), palubna podveza (deck trans Grider), primjeri koljena koja povezuju palubnu sponju sa pregradama (typical deck beam / bulkhead interconnection).

Slika br. 51. Round tube inox AISI 316.<sup>99</sup>

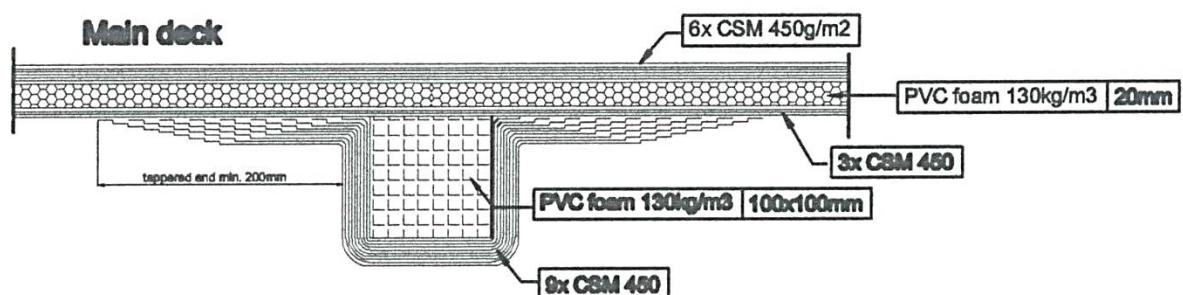
<sup>98</sup> Ibidem.

<sup>99</sup> Ibid., str. 6.



Slika. 52. Laminate plan (ukrepa pregrade i koljeno koje povezuje sponju sa palubom).<sup>100</sup>

## TYPICAL DECK/HULL STIFFENER

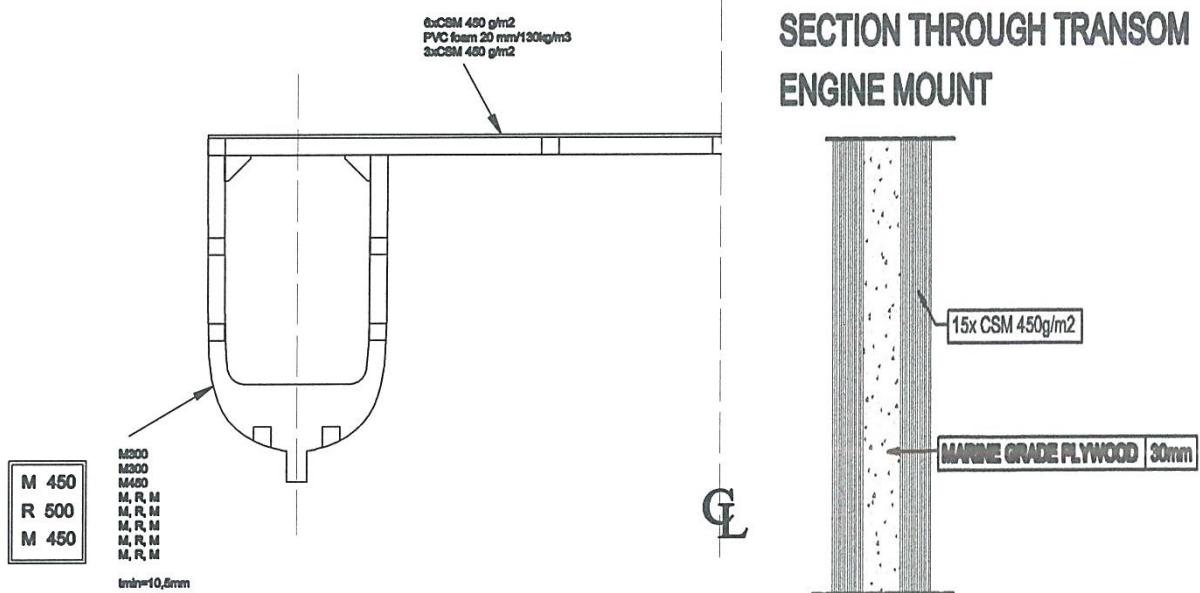


Slika. 53. Laminate plan (palbna ukrepa).<sup>101</sup>

<sup>100</sup> Ibid., str. 7.

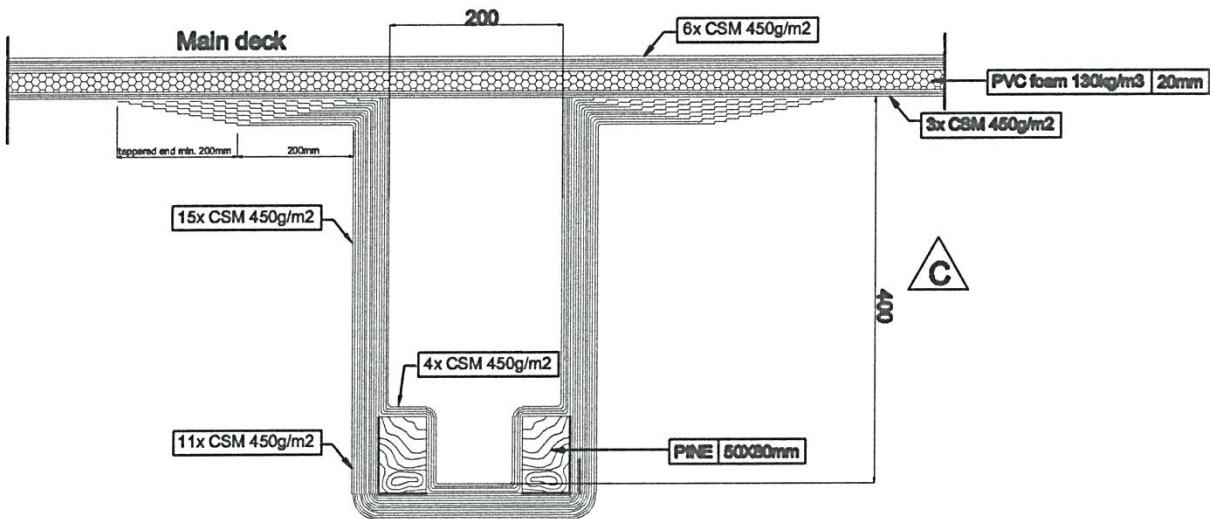
<sup>101</sup> Ibidem.

Fr.8



Slika br. 54. Laminate plan (primjer dimenzija na poziciji R8 i dimenzijske postolja za motor).<sup>102</sup>

### DECK TRANS. GIRDER



Slika br. 55. Laminate plan (palubna podveza).<sup>103</sup>

<sup>102</sup> Ibidem.

<sup>103</sup> Ibid., str. 7.

Tabela koja slijedi opisuje strukturni plan trupa.

Plating (Oplata)	Side shell (bočna oplata)	Laminate 10 layers	Frame 0 - 20
	Knuckle (voj krmene obline)	Laminate 10 layers	Frame 0 - 22
	Bottom shell (donja oplata)	Laminate 12 layers	Frame 0 - 22
	Deck shell (plaubna oplata)	Laminate 6 layers + airex 25 mm	Frame 0 - 22
Bulkhead (Pregrada)	Reinforcing (pojačanje)	a) 110 × 40 solide pine b) 40 × 40 solide pine	Frame 5, 8, 10 Frame 11, 18 21
	Shell (oplata)	a) t 25 WR plywood with laminate	in all hull
Deck framing	Carlining (uzdužna proveza)	100 × 100 polystyren	Frame 5-11, 15-21
	Beam (Palubna sponja)	100 × 100 polystyren	Frame 5 - 11, 15-21
Side framing	Stinger (proveza)	70 × 50 polystyren	Frame 5 - 11, 15 -21
Bottom framing	Bottom reinforcing rib (rebrenice)	70 × 50 solid pine	Frame 0 - 22
	Keelstones (pasko)	100 × 80 solid pine	Frame 0 - 12 Frame 12 - 14
	Name of framing	Profile of framing	The location

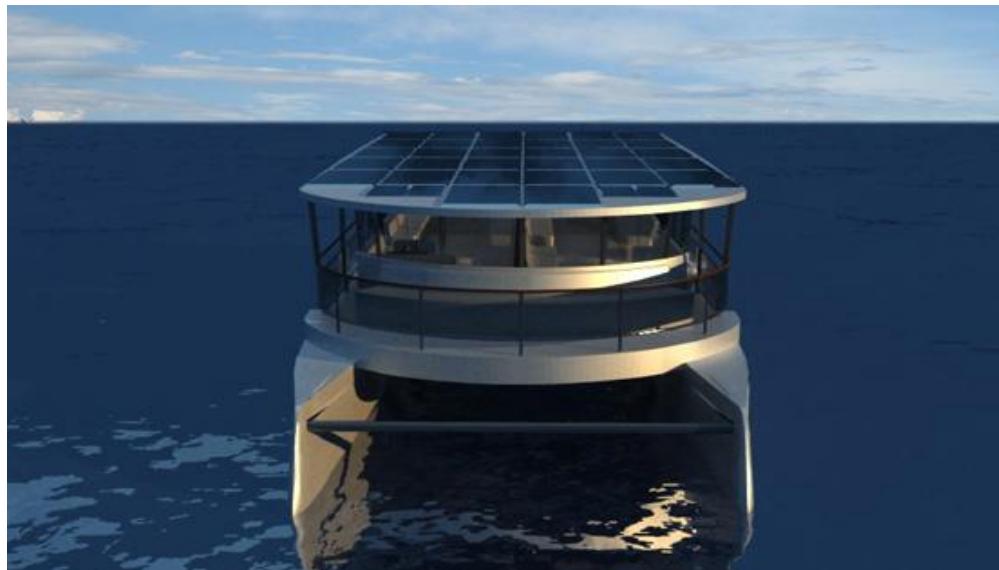
Tabela br. 1. Hull structure plan.<sup>104</sup>

---

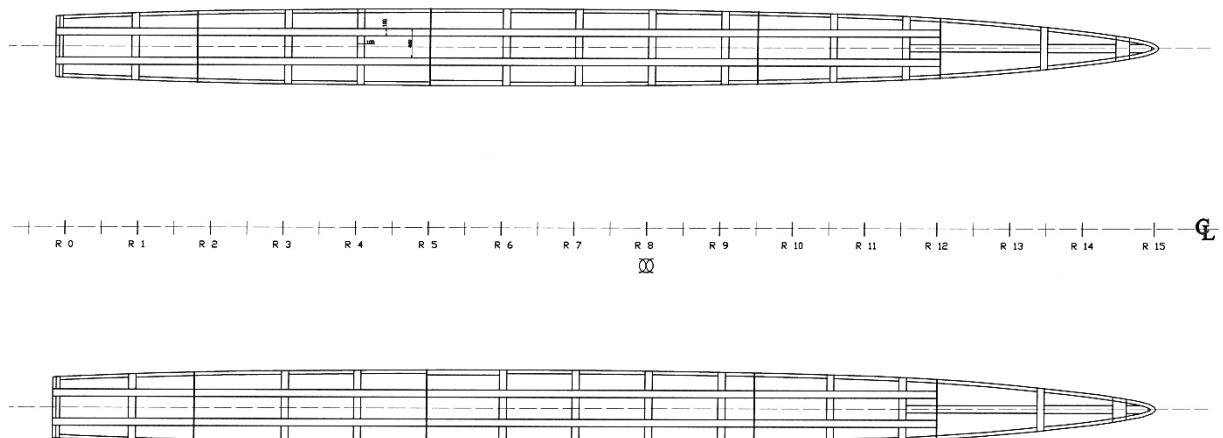
<sup>104</sup> Ibid. str. 8.

### 3.4. TRUP I NADGRAĐE

Trupovi i nadgrađe su sagrađeni od plastičnih laminata u skladu sa zahtjevima Registra i sam proces laminiranja će biti u skladu sa Tehničkim pravilnikom. Ojačanje trupa i palube je izvedeno u vidu profila trapeznog poprečnog presjeka, sa jezgrom od mekog drveta ili poliuretana. Na sledećim slikama može da se vide trupovi i nadgrađe, a zatim i struktura trupova.



Slika br. 56. Nadgrađe Go Green E Cat 15.<sup>105</sup>



Slika br. 57. Hull structure.<sup>106</sup>

<sup>105</sup> <http://www.yachtmm.com/en/ecat.html/> - pristup 04.11.2016. u 2:26 časova.

<sup>106</sup> Projektna dokumentacija, op. cit., str. 7.

## **4. ZAKLJUČAK**

Konstrukcija broda predstavlja zahtjevan podsistem konstruktivnih elemenata koji moraju da odgovore na zahtjeve službe broda. Opterećenja nastaju zbog eksploatacije broda i sredine u kojoj se nalazi. Zadatak konstrukcije broda i materijala od kojeg je sagrađen jeste da se odupru opterećenjima koje svrstavamo u primarna, sekundarna i tercijalna. Čvrstoča konstrukcije mora da obezbjedi vodonepropusnost i predviđen vijek trajanja broda. Obavezno je da se zadovilji trajnost u vidu dodataka na koroziju i čvrstoču na zamor materijala kroz vrijeme. Čvrstoču broda čine uzdužni i poprečni konstruktivni elementi.

Kobilica predstavlja najniži uzdužni element strukture broda. Proteže se od krme ka pramcu. Rebra predstavljaju osnovni element poprečne čvrstoče i ona brodu daju formu, dok oplata daje čvrstoču. Oplata je pravljena kao nepropusna ljska trupa i sačinjena je od limova. Na određenim mjestima limovi su debilji i češće se postavljaju. Na sredini dužine broda spoljna oplata je najdeblja, a nešto tanja je na krajevima broda. Razlog je to što najveći napon koji se stvara kod brodske konstrukcije je upravo na sredini. Ukrćenja koja su izvedena od plosnatog čelika, služe da bi limovi broda imali odgovarajuću krutost, jer brodska konstrukcija je zahtevna, a limovi su tanki. Kod putničkih brodova postoje tačno propisana pravila o tome da limovi moraju biti veće debljine nego kod drugih brodova. Centralno pasmo, bočno pasmo, proveze i uzdužnjaci su uzdužni elementi čvrstoče. Podeze se postavljaju najviše kod brodova čije palube su opterećene, a brod ima mali broj poprečnih pregrada. Rebrenice su poprečna ukrćenja dna i uglavnom se postavljaju na svakom paru rebara. Sponje se nalaze ispod palube koju ukrćuju i predstavljaju poprečne pregrade koje povezuju rebra oba boka. Paluba je ta koja hermetički zatvara trup, a pregraade djele unutrašnjost broda.

Međunarodne organizacije konstantno rade na pojednostavljenju pravnog uređenja i njegovoj unifikaciji. Međunarodna organizacija za more (IMO) predstavlja jednu od najuspješnijih međunarodnih organizacija, koja predano sprovodi određene mjere, koje trebaju da obezbjede sigurnosti ljudskih života i očuvanje ekologije. Pravila i propise daje u sklopu konvencija, koje moraju da budu ratifikovane i od članica ove organizacije. U poslednje vrijeme IMO najviše radi na održivom razvoju i uvođenju „zelenog koncepta” u brodogradnju.

Crna Gora je 167 članica ove organizacije, tako da je i ona obvezana da poštije sve propise. Tehničkim pravilima za gradnju čamaca su objašnjena pravila kojima moraju da se upravljaju svi graditelji takvih brodova. Neophodno je bilo da se u sklopu ovog rada baš ta pravila opišu, jer ona nas uvode u detaljan proces spajanja konstrukcije od stakloplastike.

Da bi se data tema odgovorno obradila bilo je potrebno da se prvo govoriti o osnovama konstrukcije putničkih brodova i njihovim propisima. Razlika u konstrukciji katamarana i putničkog broda nije velika i pravila koja su propisana od strane međunarodnih organizacija i države Crne Gore se primenjuju i za katamarane. Katamaran koji je opisan na samom kraju rada jeste od stakloplastike i predstavlja čist - nezagadjujući brod sa solarnim panelima. Namjena ovog katamarana je u prevozu putnika na jednodnevne izlete u području zaliva. Katamaran može da preveze do pedeset putnika kojima obezbeđuje potpuno tihu vožnju. Sam projekat ovog katamarana je napravljen od strane Monte Marine Yachting (MMY) kompanije i nastaje u sklopu ideje „Studije izvodljivosti za uspostavljanje održivog, pomorskog i javnog transporta u Boki Kotorskoj solarnim katamaranima”. Ovaj katamaran nosi ime Go Green E 15 Cat i poseduje dva paralelna trupa koja su uobičajna za ovu vrstu višetrupaca. Konstrukcija mu je napravljena na način da ne pravi pramčane talase dok plovi, a bočni talasi su minimalni, jer ima sličnu vodnu liniju kao što imaju jedrilice, pa je otpor sveden na minimum. Najefikasnija brzina mu je 6 čvorova, a dizajniran je da bude lak za manevriranje.

Ovaj katamarn daje odgovor na to da je pomorsko-održiv transport moguće ostvariti, jer neophodno je da se društvena zavisnost za fosilnom gorivima smanji, a da se što više uključuje solarna energija. Solarna energija kao jedana od predstavnika obnovljivih izvora energije, proizvodi energiju na „čist način” tako što neće imati dodira za ugroženim izvorima. Rešenja koja pruža ovakav način proizvodnje energije je sve više pristupačan i zastupljen.

Onda kada se uporede ovakvi brodovi sa solarnim panelima i konvencionalni brodovi, dolazi se do zaključka da su im troškovi slični, čak kod solarnih brodova mogu biti i niži. Istina je da solarni brodovi ne mogu da ostavre istu brzinu kao što to mogu brodovi na dizel pogon, ali u plovidbi pri obali, brzine su zakonom propisane i ograničene tako da ta razlika i nije toliko vidna. Ono što je svakao vidno u poređenju ove dve vrste jeste to što solarni brodovi koriste čistu energiju i ne zagađuju okolinu.

Tako da manji brodovi na električni pogon sa korišćenjem solarnih panela kao izvor električne energije mogu zaista postati pravo prevozno sredstvo u dužobalnim prevoženjima unutar Bokekotorske za turistička i panoramska razgledanja prekrasnih pejzaža.

U korelaciji sa pogonom velikih trgovačkih brodova, solarni izvori električne energije i elektro pogon su napredne tehnologije koje će jednog dana sigurno naći primjenu i na velikim trgovačkim brodovima.

## 5. LITERATURA

Štampani izvori:

1. Dvornik J., i S. Dvornik, Konstrukcija broda, Pomorski fakultet, Split, 2013.
2. Jovanović P., i N. Đorđević, Brodogradnja i životnost broda, Beograd, 1997.
3. Lekić M., Čamci – teorija, Novi Sad, 2009.
4. Lompar A., Nauka o brodu, Univerzitet Crne Gore, Kotor, 2002.
5. Međunarodna konvencija o Zaštiti ljudskog života na moru, Združeni tekst, Jugoslovenski registar brodova, Tisak Tehničar-Kopirni centar, Split, 1987.
6. Pomorska enciklopedija, Drugo izdanje, Tom 3. (I - Ko), Jugoslovenski leksikografski zavod, Zagreb, 1976.
7. Pomorski leksikon, Jugoslovenski leksikografski zavod, Zagreb, 1990.
8. Radulović M., Međunarodno javno pomorsko parvo, Univerzitet Crne Gore, Kotor, 2005.
9. Tehnička pravila za gradnju čamaca, Uprava pomorske sigurnosti, Bar, 2006.
10. Zakon o sigurnosti pomorske plovidbe Crne Gore, Podgorica, 2013.
11. Projektna dokumentacija, Monte Marine Yachting, E Cat – 15, Body Lines Plan, Kotor, 2012.

Elektrošni izvori:

1. <https://www.fsb.unizg.hr/kmb/>
2. <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=32154>
3. <https://www.google.me/search?q=plosna+kobilica&espv=2&tbo=isch&tbo=u&sourc e=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjH36mWiQzQAhWIuRoKHe95DqgQsAQIHA#imgrc =OzHzU2N-dYHfnM%3A>
4. [https://hr.wikipedia.org/wiki/Bulb\\_pramac](https://hr.wikipedia.org/wiki/Bulb_pramac)
5. [https://www.google.me/search?q=keel&espv=2&source=lnms&tbo=isch&sa=X&ved =0ahUKEwil1-yB0b3QAhWE0hoKHUPgBjMQ\\_AUICCgB&biw=1366&bih=599](https://www.google.me/search?q=keel&espv=2&source=lnms&tbo=isch&sa=X&ved =0ahUKEwil1-yB0b3QAhWE0hoKHUPgBjMQ_AUICCgB&biw=1366&bih=599)
6. <https://www.fsb.unizg.hr/kziha/shipconstruction/main/trgovbrod/14dno.pdf>
7. [https://hr.wikipedia.org/wiki/Trup\\_broda](https://hr.wikipedia.org/wiki/Trup_broda)
8. <http://www.unizd.hr/Portals/1/nastmat/RT1/Dio2-20.pdf>
9. <http://documents.tips/documents/05-naprezanje-brodske-konstrukcije.html>
10. <https://www.fsb.unizg.hr/kziha/shipconstruction/main/trgovbrod/14dno.pdf>
11. <https://www.fsb.unizg.hr/kziha/shipconstruction/main/trgovbrod/20statve.pdf>
12. <https://www.google.me/search?q=plosna+kobilica&espv=2&tbo=isc/>
13. <https://www.fsb.unizg.hr/kziha/shipconstruction/main/trgovbrod/12oplata.pdf>
14. <http://www.nautickiforum.com/Forum/index.php?topic=171.0>
15. <https://www.fsb.unizg.hr/kziha/shipconstruction/main/trgovbrod/15orebrenje.pdf>
16. [http://www.politehnika-pula.hr/\\_download/repository/Perusko\\_Matej.pdf](http://www.politehnika-pula.hr/_download/repository/Perusko_Matej.pdf)
17. <https://www.fsb.unizg.hr/kziha/shipconstruction/main/trgovbrod/13palube.pdf>
18. <http://www.scamarine.hr/upload/Tehni%C4%8Dki%20opis%20Putni%C4%8Dki%20Obrod%2012%20m.pdf>
19. [http://www.academia.edu/23734188/BRODSKE\\_PALUBE](http://www.academia.edu/23734188/BRODSKE_PALUBE)

20. <https://www.scribd.com/doc/85471792/Skriptica-Plastika-Kompoziti-Za-Gradnju-Brodova>
21. <http://www.mppi.hr/UserDocsImages/Pravila%20za%20teh.%20nadzor%20brodova%20od%20drva,%20alum.%20slitina%20i%20pl.%20mat,%202013.pdf>
22. <https://www.fsb.unizg.hr/kziha/shipconstruction/main/trgovbrod/6materijali.pdf>
23. <https://ironlady003.wordpress.com/2013/09/16/tehnoloska-svojstva-materijala/>
24. <http://www.imo.org/en/OurWork/safety/regulations/pages/passengerships.aspx>
25. <http://www.admiraltylawguide.com/conven/tonnage1969.html>
26. [http://www.mvpei.gov.me/rubrike/multilateralni-odnosti/Crna-Gora-i-UN/Crna\\_Gora\\_i\\_Medunarodna\\_pomorska\\_organizacija IMO\\_/\\_DIPLOMSKI\\_RAD.pdf](http://www.mvpei.gov.me/rubrike/multilateralni-odnosti/Crna-Gora-i-UN/Crna_Gora_i_Medunarodna_pomorska_organizacija IMO_/_DIPLOMSKI_RAD.pdf)
27. [http://repozitorij.fsb.hr/948/1/13\\_05\\_2010\\_Marin\\_Vlahovic\\_-\\_DIPLOMSKI\\_RAD.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/948/1/13_05_2010_Marin_Vlahovic_-_DIPLOMSKI_RAD.pdf)