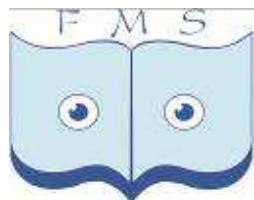


**FAKULTET ZA MEDITERANSKE POSLOVNE STUDIJE
TIVAT**

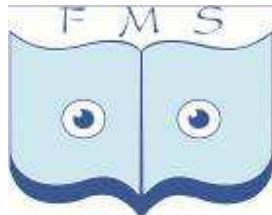


Mladen Ćupić

**Pripremni radovi brodogradilišta u funkciji tehnološkog
procesa gradnje jahte
SPECIJALISTIČKI RAD**

Tivat, 2016.

**FAKULTET ZA MEDITERANSKE POSLOVNE STUDIJE
TIVAT**



**Pripremni radovi brodogradilišta u funkciji tehnološkog
procesa gradnje jahte
SPECIJALISTIČKI RAD**

Predmet: Projektovanje, konstrukcija
i održavanje jahti

Mentor: Doc. dr Oto Iker

Student: Mladen Ćupić S17/15

Smjer: Nautički turizam i upravljanje
marinama

Tivat, Septembar, 2016.

SADRŽAJ

1. Uvod	5
2. POJAM GRADNJE JAHTE	7
2.1. Jahta	7
2.2. Proces projektovanja jahte	10
2.3. Proces gradnje jahte	13
2.4. Tehnička regulativa projektovanja, gradnje i eksploatacije brodova - jahti.....	15
2.4.1. Međunarodne organizacije i konvencije.....	15
2.4.2. Klasifikaciona društva i klasifikacioni propisi.....	16
2.5. Brodska konstrukcija, sistemi gradnje i materijali.....	17
2.6. Računarom potpomognuto upravljanje procesom gradnje broda	20
3. TEHNOLOŠKI PROCES GRADNJE BRODA - JAHTE.....	23
3.1. Priprema brodogradilišta.....	25
3.1.1. Organizacija brodogradilišta.....	25
3.1.2. Materijalna priprema gradnje jahte	27
3.2. Obrada građevnih djelova jahte	28
3.3. Izrada djelova (sekcija) – predmontaža.....	29
3.3.1. Načini izrade i naziv sekcija	31
3.3.2. Izrada volumenskih sekcija.....	32
3.3.3. Blok-sekcije	33
3.4. Sastavljanje trupa broda-jahte	33
3.4.1. Načini izgradnje brodskog trupa	35
3.4.2. Ugradnja i prilagođavanje sekcija na ležaju	37
3.5. Porinuće jahte	38
3.5.1. Opremanje broda.....	39
3.5.2. Probne vožnje, primoredaja broda, završni i garantni radovi	40
4. PRIPREMNI RADOVI BRODOGRADILIŠTA	42
4.1. Pripremni radovi izvan brodograđevnog odjeljenja.....	42
4.2. Pripremni radovi u brodograđevnom odjeljenju	42
4.3. Pripremni radovi pomoću numeričke metode	42
4.4. Alat i pribor za crtarnicu	43

4.5. Razvijanje pravilnih tijela	43
4.6. Trasiranje brodskih linija	44
4.6.1. Crtanje brodskih linija u mjerilu 1:10	44
4.6.2. Ucrtavanje linija šavova i stikova na nacrt rebara.....	45
4.6.3. Izrada specifikacije limova oplate.....	45
4.6.4. Crtanje brodskih linija u prirodnoj veličini.....	46
4.6.5. Određivanje preluka palube	47
4.6.6. Konstrukcija i profil uzvoja palube	47
4.7. Dotjerivanje brodskih linija metodom skraćivanja	48
4.8. Prenošenje linija raznih elemenata s poda crtarnice na šablove	49
4.9. Osnovne linije.....	49
4.10. Razvijanje brodskih linija.....	49
4.11. Prenošenje dužine krivulje na letvu	50
4.11.1. Prenošenje linije rebra na letvu.....	50
4.12. Razvijanje elemenata broda.....	51
4.13. Šabloni za oblikovanje građevnih djelova broda.....	55
4.13.1. Ravni šabloni	55
4.13.2. Prostorni šabloni	55
4.13.3. Modeli	56
4.13.4. Nacrt-šabloni.....	56
4.14. Teorijske linije elemenata broda.....	58
4.15. Pripremni radovi za obradu građevnih djelova pomoću numeričke metode	59
4.15.1. Dobijanje matematičkog izraza za oblik broda.....	59
4.15.2. Programiranje.....	60
5. Zaključak	63
6. Literatura.....	65
7. Prilozi.....	67

1. Uvod

Jahta je plovni objekat na motorni pogon ili jedra, koji može imati više od jednog trupa, namijenjen i opremljen za duži boravak na moru, za razonodu, sport i rekreaciju, čija dužina je veća od 7 m i koji se koristi za lične potrebe ili privrednu djelatnost. Jahte pripadaju grupi specijalnih brodova čija je svrha uživanje i razonoda. Kao kompleksan proizvod, jahta prolazi kroz dug i složen proces izrade u kojem dolazi do interakcije mnogih struka.

Brodogradnja, kao privredna grana bavi se gradnjom, opremanjem, održavanjem i popravkama brodova i drugih plovnih objekata. Ona je složena privredna djelatnost i u procesu nastajanja broda obuhvata proces projektovanja i gradnje broda.

Proces projektovanja pojednostavljen predstavljuju „svi poslovi (proračuni, nacrti, opisi)“ oko određivanja karakteristika i elemenata broda. Faze projektovanja se na prvi pogled teško razlikuju jer u postupku optimizacije obuhvataju niz koraka napred i u nazad radi što boljeg određivanja brodskih dimenzija. On zahtjeva da se sve faze preispitaju i po nekoliko puta da bi se došlo do konačnog dizajna broda. Početak procesa projektovanja polazi od zamisli o brodu koju definiše naručilac gradnje – brodovlasnik. U daljem toku nastaje idejni projekat broda i to u međusobnim kontaktima naručioca gradnje i brodograditelja, uz pomoć i konsultaciju klasifikacionih društava i nacionalnih autoriteta. Na kraju konačan projekat detaljno razrađuje i priprema sve potrebno za gradnju i eksploataciju broda. Takođe, prati sve faze gradnje i opremanja broda.

U svemu ovome važnu ulogu imaju klasifikaciona društva. Ona ustanovljavaju i primjenjuju tehničke standarde za projektovanje, gradnju i nadzor brodova i pomorskih instalacija. Klasifikacijom se postavljaju standardi za trup, strojni dio, opremu i službu, a provodi se i provjerava da li su brodovi građeni i održavani prema standardima. Klasifikacija je procjena usklađenosti koja se fokusira u prvom redu na brodsku konstrukciju i tehničko održavanje tokom eksploatacije.

Paralelno sa projektom broda odlučuje se i o metodi njegove gradnje. Ona zavisi od niza faktora npr., od tipa broda, njegovih dimenzija i karakteristika njegove konstrukcije, broja brodova u seriji, programa (plana predviđene djelatnosti) brodogradilišta i od tehničkih i ekonomskih činilaca uključenih u izgradnju broda. Proces gradnje broda se dijeli na nekoliko faza i obuhvata pripremne radove, obradu građevnih djelova trupa, predfabrikovanje sklopova (sekcija), izgradnja (montaža) trupa, porinuće, opremanje i primopredaju broda, završne i garantne radove.

Proces gradnje broda je dugotrajan pa se dijeli u segmente koji su jednoznačno određeni sa vrstom, količinom i istovremenošću rada, a što omogućuje pravovremenost i usklađenost svih aktivnosti. Svaki segment i nivo proizvodnog procesa naziva se tehnološkom fazom izrade broda.

Tehnologija je nauka koja izučava zakonitosti proizvodno-tehničkog procesa. Njen cilj je davanje osnove razvoja proizvodnog procesa materijala, uvažavajući tehničko-privredna i ljudska načela. Tehnologija propisuje radni postupak za izradu pojedinih djelova, sklopova, odnosno za gradnju brodskog trupa.

Pod tehnološkim procesom gradnje broda podrazumjeva se glavni dio proizvodnog procesa koji se odnosi direktno na promjenu (pomoću strojeva, uređaja i alata) dimenzija, oblika, spoljašnjeg izgleda i svojstava materijala, od kojeg se prave pojedini djelovi trupa, strojeva i opreme, koji se

utvrđenim redosledom spajaju u cjeline, koje čine završen brod. Tehnološki proces propisuje postupak za izradu pojedinih elemenata i sklopova, odnosno ugradnju istih u brodske trupe. Brodska trupa je tehnološki zaokružena cjelina i izrađuje se u nizu radionica raspoređenih na način da se proizvodnja obavlja neprekidno.

Prije početka stvarne gradnje broda, tj. prije početka obrade materijala (limova i profila) u radionicama, obavljaju se obimni pripremni radovi. Prije nego se počne sa pojedinim radnim operacijama u brodograđevnim radionicama, vrši se podjela limova po vrstama radnih operacija.

Nakon obrade građevnih djelova, u procesu gradnje brodskog trupa, slijedi izrada sekcija, tj. predmontaže. Sekcijska gradnja broda podrazumjeva sastavljanje pojedinačnih djelova, jednostavnih i složenih sklopova u jednu zajedničku cjelinu (sekciju), koja se zatim sastavlja s drugim odgovarajućim cjelinama (sekcijama), a predstavlja sastavljanje ili montažu trupa.

U zavisnosti od primjenjenog stepena predmontaže, trup se gradi spajanjem plošnih i volumenskih sekcija ili spajanjem blok-sekcija (prstenastih sekcija). Spajanje pojedinih djelova i sekcija uglavnom se vrši zavarivanjem. Nakon gradnje, izgrađeni brod se porine u vodu, nakon čega se odvlači na opremnu obalu gdje se vrši ugradnja razne opreme koju nije bilo praktično ugraditi tokom gradnje broda na navozu. U opremu broda spadaju svi uređaji, naprave i djelovi broda osim golog brodskog trupa i pogonskog postrojenja. Brodogradilišta obično ne izrađuju opremu već je isporučuju druge prateće grane industrije.

Prije početka radova u radionicama brodograđevnog odjeljenja, obavljaju se obimni pripremni radovi u planskom, projektnom, konstrukcijskom i tehnološkom uredu. Ti radovi obuhvataju izradu tehničke dokumentacije. Radovi koji se obavljaju u crtarnici obuhvataju: trasiranje brodskih linija, razvijanje elemenata trupa i izradu šablona. Trasiranje je crtanje linija i razvijanje elemenata na podu crtarnice ili na posebnom papiru za nacrt-šablonu u uredu za crtanje.

Iz projektnog ureda se u crtarnicu prvo dostavlja nacrt "linije broda", iz kojeg se odgovarajućim metodama i postupkom izrađuju tačne linije broda. Najprije se crtaju brodske linije u mjerilu 1:10 i po njima se izrađuje narudžbena specifikacija materijala za trup broda. U nacrtu "linije broda" navodi se i položaj osnovnih crta koje prilikom montaže djelova broda služe za provjeravanje ispravnosti ugradnje. Osnovne crte na pojedinim elementima su u stvari tragovi ravnina kojima sjećemo trup broda. One prate svaki građevni dio od nacrtu do montaže na dilju. Da bi se veliki broj elemenata, odnosno sekcija, pravilno sjedinio, donešena su određena pravila montaže. Ona se odnose na tzv. teoretske crte, koje određuju kako se pojedini elementi pri montaži orijentisu.

Počeci primjene računara u brodogradnji vezuju se za period od sredine sedamdesetih godina XX vijeka. Početkom osamdesetih godina su se pojavile prve ozbiljne radne stanice koje su preuzele dio pripreme tehničke dokumentacije. Danas su računarski programi usavršeni i integrirani u tolikoj mjeri da omogućuju da se kompletan tok dokumentacije, od izrade idejnog projekta pa do sjećenja limova i montaže radi na računaru. Većina zemalja sa razvijenom brodogradnjom su razvile sopstvene sisteme, tj. postupak matematičkog definisanja brodske forme. Svaki od tih sistema se međusobno razlikuje u pristupu, gradnji i korišćenju sistema, ali su konačni ciljevi i rezultati isti.

2. POJAM GRADNJE JAHTE

2.1. Jahta

Pojam brod u Pomorskoj enciklopediji ima sljedeće značenje: „Brod (engl. *the ship*, franc. *le vaisseau*, njem. *das Schiff*, rus. *судно*, španj. *buque*, talij. *la nave*) je plovilo, jer se u pravilu gradi zato da plovi po vodi ili pod vodom (podmornica).“¹

Značenje pojma brod u Vojnoj enciklopediji je: „Brod (engl. *ship*, fr. *navire*, ital. *nave*, nem. *Schiff*, rus. *sudno*) je plovno sredstvo na vodi ili pod vodom (podmornica) namjenjeno za prevoz ljudi, tereta, za obavljanje tehničkih i naučnih radova, za ribarenje i za vršenje vojnih zadataka.“²

U Zakonodavstvu Crne Gore, pojam brod ima sljedeće značenje:

“Brod je plovni objekat namijenjen za plovidbu morem (putnički, teretni, tehnički plovni objekat, ribarski, javni ili naučno-istraživački), čija je dužina viša od 12 metara i BT viša od 15 ili koji prevozi više od 12 putnika, osim ratnog broda.”³

“Brod je putnički, teretni, ribarski, javni ili naučno-istraživački plovni objekat namijenjen za plovidbu morem čija je dužina veća od 12 metara, a nosivosti najmanje 15 tona ili je namijenjen da prevozi više od 12 putnika.”⁴

“Brod, osim ratnog broda, je plovni objekat namijenjen za plovidbu morem čija je dužina veća od 12 metara, a bruto tonaga veća od 15 ili je sposoban da prevozi više od 12 putnika. Brod može biti putnički, teretni, ribarski, javni ili naučno istraživački brod.”⁵

Da bi brod zadovoljio namjeni, on mora biti sposoban da pluta, da razvija neku brzinu, da ima određene manevarske sposobnosti, te konačno da je sposoban, a po mogućnosti i podoban za plovidbu. Brodovi se mogu svrstati prema veličini, prema materijalu od kojeg im je sagrađen trup, prema vrsti pogona, prema porivnom sredstvu, području plovidbe i namjeni. Prema veličini plovila se dijele na čamce, brodiće i brodove.⁶

Prema svrsi kojoj su namijenjeni, brodovi se dijele na ratne, trgovačke, ribarske i specijalne.⁷ Prema ovoj podjeli brodova u Pomorskoj enciklopediji, jahte pripadaju grupi specijalnih brodova. Jahta se izdvaja od svih drugih brodova kao specijalni brod čija je svrha uživanje i razonoda.⁸

¹ Pomorska enciklopedija, Drugo izdanje, Tom 1 (A - Cez), (1976). Zagreb: Jugoslovenski Leksikografski Zavod, str. 452.

² Vojna enciklopedija, Drugo izdanje, Tom II, (1971). Beograd: VIZ, str. 35.

³ ZAKON O SIGURNOSTI POMORSKE PLOVIDBE, (2014). Podgorica: Službeni list CG, br. 06/14, član 6, alineja 1.

⁴ ZAKON O ZAŠTITI MORA OD ZAGAĐIVANJA SA PLOVNIH OBJEKATA, (2011). Podgorica: Sl. list Crne Gore”, br. 20/11, član 3, alineja 4.

⁵ ZAKON O MORU, (2008). Podgorica: Sl. list Crne Gore, br. 06/08, član 3, alineja 2.

⁶ Pomorska enciklopedija, Drugo izdanje, Tom 1 (A - Cez), op. cit., str. 452.

⁷ Ibid., str. 453.

⁸ Durdenović I. (2015.). Istorija jahti (Specijalistički rad). Tivat: FMS, str. 6 – 8.

U leksikografiji, značenje riječi jahta je “*engl. (yacht) manji brod (na jedra, paru ili motor) za šetnje po moru, za sport.*”⁹

Jahta kao specifični plovni objekat koji spada u kategoriju specijalnih brodova, a koji služe za posebne namjene¹⁰, određen je u pomorskoj literaturi na sljedeći način:

“Jahta (holand. *jaghte lov*), svaki brod (jedrenjak) ili brodić (jedrilica) namijenjen za odmor, razonodu ili sport pojedinca ili grupe ljudi. Velike jahte grade se za pojedine ličnosti (šefove država, predsjednike vlada) za reprezentativne svrhe ili ih drže vlasnici velikih brodarskih i drugih kompanija za vlastitu razonodu ili reprezentaciju. Posebna vrsta jahti su jahte za krstarenje i regatne jahte, namijenjene za jedriličarska natjecanja. Konstrukcija i oprema regatnih jahti prilagođene su osnovnom cilju: postizanju što veće brzine makar na štetu udobnosti posade i putnika.”¹¹

“Jahta (eng., fr., ital. i nem. *yacht*, rus. *jaxta*), brod za razonodu, sport i turizam, naziv potiče od holandske reči *Jaght* kojom se u XVII veku nazivao manji brzi jedrenjak sa 1 ili 2 jarbola, u floti upotrebljavan kao kurirski brod. Naziv se zatim prenio i na brodove građene za potrebe razonode vladara, komandanta i bogataša.”¹²

U pravnom smislu, jahta je u Zakonodavstvu Crne Gore određena na sljedeći način:

“Jahta je plovni objekat na motorni pogon ili jedra, koji može imati više od jednog trupa, namijenjen i opremljen za duži boravak na moru, za razonodu, sport i rekreativnu, čija dužina je veća od 7 m i koji se koristi za lične potrebe ili privrednu djelatnost.”¹³

“Jahta je plovni objekat namijenjen za razonodu, sport i rekreativnu, dužine veće od 7 metara, a koja nije angažovana u međunarodnoj trgovini.”^{14 15}



Slika 1. MY Eclipse (LOA 162.5 m, GRT 13,000, crew 70, brodogradilište Blohm and Voss, Decembar 2010., cijena oko 340 mil. €) i najveća superjahta na svijetu “AZZAM” (L=180 m, V>30 knots, 2 gasne turbine i 2 dizel motora, ukupno 94,000 ks, porinuta u aprilu 2013).

Izvor: Papanikolaou A., (2014). *Ship Design Methodologies of Preliminary Design*. Dordrecht: Springer, str. 601

Razlika između putničkog broda i jahte jeste u tome što se kod jahti ne uzima u obzir rentabilnost, prostorije su udobnije, brodska konstrukcija je čvršća, a raspored prostorija i

⁹ Klaić B., (1989.) *Rječnik stranih riječi A - Ž*. Zagreb: NAKLADNI ZAVOD MH, str. 622.

¹⁰ Pomorska enciklopedija, Drugo izdanje, Tom 1 (A - Cez), op. cit., str. 452 - 453.

¹¹ Pomorska enciklopedija, Tom 3 (I - Ko), (1976). Zagreb: Jugoslovenski leksikografski zavod, str. 214.

¹² Vojna enciklopedija, Drugo izdanje, Tom 3, (1971). Beograd: VIZ, str. 797 - 798.

¹³ ZAKON O JAHTAMA (“Sl. List RCG”, br. 16/16), član 2, alineja 1.

¹⁴ Pravila za statutarnu sertifikaciju jahti. (2012). Bar: Uprava pomorske sigurnosti, str. 8.

¹⁵ ZAKON O SIGURNOSTI POMORSKE PLOVIDBE, op. cit., član 6, alineja 11.

opreme je izведен prema zahtjevima vlasnika i podređena je razonodi. Zato se u brodograđevnoj industriji govori o proizvodnji manjih i super jahti, a kada se govori o mega jahtama tada se ne govori o proizvodnji već o gradnji jahte. Cijene jahti kreću se od nekoliko stotina hiljada dolara do nekoliko miliona ili nekoliko desetina miliona dolara. Po broju i kompleksnosti ugrađenih sistema spadaju u jedne od složenijih sredstava.¹⁶

Kriterijumi za podjelu brodova se na sličan način mogu primjeniti i za podjelu jahti, tako da se jahte najčešće dijele u odnosu na:

1. Veličinu, tj. dužinu jahte: mini jahte od 7 do 12 m, male jahte od 12 do 24 m, srednje jahte od 24 m do 50 m, velike jahte ili super jahte od 50 m do 70 m, mega jahte od 70 m do 90 m i giga jahte dužine preko 90 m.
2. Materijale gradnje trupa: drvene, čelične, aluminijskih legura, staklo-plastike, grafitnih vlakana, betona i kombinovane gradnje (npr: čelik - aluminijum; čelik - stakloplastika; grafitna vlakna - stakloplastika itd.).
3. Broju trupova; jedno trupne, dvo-trupne (katamaran) i tro-trupne (trimarani).
4. Načinu ostvarivanja uzgona: deplasmanske, poludeplasmanske, gliserske i hidrokrilne i na vazdušnom jastuku.
5. Pogonom na: jedra – jedrilice, motor sa unutrašnjim sagorjevanjem – motorne jahte, elektro motor, kombinovani pogon jedra i motor i hibridni pogon - solarne čelije, elektromotori, aerodinamička krila itd.
6. Području plovljjenja: nacionalna dužobalna plovidba, mala obalna plovidba (u oviru jednog mora), velika obalna plovidba (u oviru više mora) i prekooceanska plovidba.
7. Pravnom statusu države zastave: domaća jahta, strana jahta, jahta za lično uživanje i komercijalna jahta, tj. jahta u čarteru.
8. Istoriskom periodu gradnje: Egipatske jahte, Holandske srednjovijekovne jahte, Jahte savremenog doba na parni pogon i Savremene jahte na motorni pogon.¹⁷

Jahti se u odnosu na područje plovidbe, izdavanjem Sertifikata i Privremenog sertifikata o registraciji, određuje jedna od sljedećih kategorija:

- 1) A – plovidba bez ograničenja;
- 2) B – plovidba do 200 nautičkih milja od luke zaklona;
- 3) C1 – plovidba do 60 nautičkih milja od luke zaklona i 25 nautičkih milja od obale;
- 4) C2 – plovidba do 20 nautičkih milja od luke zaklona i 6 nautičkih milja od obale;
- 5) C3 – plovidba, za vrijeme dnevne svjetlosti i u povoljnim vremenskim uslovima, do 8 nautičkih milja od luke zaklona i 2 nautičke milje od obale.¹⁸

Jahta je sposobna za plovidbu u određenim kategorijama plovidbe i za određenu namjenu ako ispunjava zahtjeve utvrđene potvrđenim međunarodnim ugovorima i Zakonom o jahtama, u odnosu na:

- sigurnost ljudskih života, jahte i imovine;
- sigurnosnu zaštitu;
- sprečavanje zagađivanja mora sa jahte;

¹⁶ <http://www.fms-tivat.me/>, (2015). Predavanja iz predmeta Projektovanje, konstrukcija i održavanje jahti, pristupljeno 30.10.2015. godine u 22:30 časova.

¹⁷ Durdenović I., op. cit., str. 17 – 18.

¹⁸ ZAKON O JAHTAMA, op. cit., član 15.

- sprečavanje zagadivanja vazduha;
- zaštitu mora od bioinvazionih vrsta u balasnim vodama;
- zaštitu morske okoline od štetnog djelovanja sistema protiv obrastanja trupa;
- zaštitu na radu, smještaj posade i drugih lica zaposlenih na brodu;
- uslove za prevoz putnika;
- najmanji propisani broj članova posade sa odgovarajućim ovlašćenjima o osposobljenosti i/ili posebnoj osposobljenosti;
- smještaj i broj ukrcanih putnika u skladu sa propisanim uslovima za prevoz putnika i uslovima datim u dokumentima;
- pružanje medicinske pomoći.¹⁹

Sposobnost jahte za plovidbu utvrđuje se tehničkim pregledom. Poslije izvršenog tehničkog pregleda jahte, izdaje se Izvještaj o tehničkom pregledu.²⁰ Sa tehničke strane ista mora ispunjavati standarde koji joj omogućavaju duži boravak na moru i to:

1. Kabinu za sve putnike sa najmanje dva ležaja dužine ne manje od 180 cm.
2. Toaletom koji u sebi sadrži WC i umovaonik ili tuš kabinu sa slatkom vodom, povezanim sa sanitarnim čvorom;
3. Tank pitke vode;
4. Tank fekalija;
5. Fiksna VHF radio stanica²¹

2.2. Proces projektovanja jahte

Projektovanjem se smatra sav posao (proračuni, nacrti, opisi) oko određivanja karakteristika i elemenata broda. Proces²² projektovanja počinje postavljanjem projektnog zadatka, a nastavlja se razradom pretprojekta i zatim projekta²³, koji se produžava razradom konstruktivnih, radnih i drugih nacrtu, proračuna, opisa i specifikacija. Teško je povući granicu među pojedinim fazama projektovanja, one prelaze i zadiru jedna u drugu.²⁴ Proces projektovanja i gradnje broda obuhvata sledeće faze:

1. Iskazivanje potrebe i definisanje misije broda;
2. Idejni preliminarni (basic) projekat;
3. Ponuda brodogradilišta;
4. Potpisivanje ugovora o gradnji broda;
5. Izrada detaljnog projekta;
6. Proces gradnje broda;

¹⁹ Ibid., član 15a, Stav 1.

²⁰ Ibid., član 15a, Stav 2.

²¹ Pravila za statutarnu sertifikaciju jahti. op. cit., str. 7.

²² proces, lat. (processus – napredak, rastenje) 1. dosljedna izmjena stanja, tjesna veza zakonomjerno uzastopnih stadija razvitka ili rada koji predstavljaju neprekidno jedinstveno kretanje; 2. sudska rasprava; 3. tok bolesti u razvitku; 4. uopće: tok, tijek, razvoj, razvitak, napredovanje, rast, postupak, način rada, nastajanje, postajanje. (Klaić B., (1989.) Rječnik stranih riječi A - Ž. Zagreb: NAKLADNI ZAVOD MH, str. 1092.).

²³ projek(a)t - 1. razrađeni plan (uredaja, stroja); 2. prethodni, koncipirani tekst nekog akta, dokumenta i sl.; 3. plan, zamisao, osnova, nacrt, skica; 4. prenes. prijedlog, nakana, naum; projektovati – načiniti plan, nacrt, projekt; nacrtati, snovati, zasnovati, planirati, smisliti, zamisliti. (Klaić B., (1989.) Rječnik stranih riječi A - Ž. Zagreb: NAKLADNI ZAVOD MH, str. 1096.).

²⁴ Šilović S., et al., (1969). Čamac Brod Brodogradnja. Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod, str. 364.

7. Testiranje uređaja i opreme;
8. Isporuka broda.²⁵

Početna tačka je obično “tipski” brod (prototip). To je onaj koji ima sve ili većinu funkcija koje se zahtjevaju od novog broda i za koji se procjenjuje da je približan veličini broda koja se zahtjeva. Od ove osnove, projektant može dobiti približne glavne dimenzije (mjere) za novi brod.²⁶

I - ISKAZIVANJE POTREBE I DEFINISANJE MISIJE BRODA

Proces nabavke novog broda počinje prikupljanjem ponuda od brodogradilišta. Zahtjeve misije utvrđuje naručilac gradnje i oni se generalno mogu podijeliti na:

- tip broda;
- količina raspoloživog tereta koju brod ima namjeru da transportuje;
- frekvencija transporta;
- broj brodova koji će se graditi za istu namjenu;
- kapacitet broda u odgovarajućim jedinicama;
- zahtjevi rute, luka, kao i navigacioni, telekomunikacioni i eksplotacioni zahtjevi;
- radni vijek broda;
- posada, broj i standard smještaja;
- registar, klasifikacija i saglasnost sa konvencijama i pravilima;
- tip motora, brzina i potrošnja goriva;
- oprema broda;
- akcioni radijus;
- faktori optimizacije.

Isto tako, misija broda može sadržavati i određene restrikcije, koje se mogu odnositi na: glavne dimenzije, rutu kojom će brod ploviti, teret koji će se prevoziti, manevarske karakteristike broda (pramčani propeler, kormilo), klasu broda (odnos dimenzija, materijali, oprema), zahtjeve zemlje čiju zastavu brod vije. Za ovako detaljno definisanu misiju potrebno je u prvom koraku odrediti optimalnu veličinu i brzinu broda.

II - IDEJNI PRELIMINARNI (BASIC) PROJEKAT

Da bi brodograditelj mogao započeti pripreme za gradnju, ali i da bi procijenio troškove, vrijeme i druge faktore gradnje, neophodno je uraditi idejni projekat. Idejni projekat nastaje u međusobnim kontaktima naručioca gradnje i brodograditelja, uz pomoć i konsultaciju sa klasifikacionim zavodom, nacionalnim autoritetima, konsultujući IMO propise i druge relevantne faktore. Na kraju idejnog projekta poznati su osnovni elementi, npr.: pravila i propisi koje brod mora zadovoljavati, glavne dimenzije, brzina broda, glavni pogon i potrošnja, presjek glavnog rebra, težine i položaji težišta, oblik trupa i njegove karakteristike, raspored i veličina tankova, elementi brodskih sistema i njihovi kapaciteti, stabilitetni zahtjevi, stanja opterećenja broda, generalni raspored na brodu, specifikacija opreme i sl.

Tek nakon definisanja svih ovih elemenata brodogradilište je u mogućnosti da sačini svoju kalkulaciju troškova i ponudi cijenu broda.²⁷ Svi nacrti kao i proračuni kod osnivanja

²⁵ Lompar A., (2002). Nauka o brodu. Kotor: Fakultet za pomorstvo, str. 9 – 18.

²⁶ Tupper E., (2002). Introduction to naval architecture (3rd Edition). Oxford: Butterworth-Heinemann, p. 313 – 314.

²⁷ Lompar A., op. cit., str. 9 – 12.

preprojekta nisu detaljni. Na nacrtima (u nekom malom mjerilu) su prikazane osnovne karakteristike preprojekta. Proračuni su vrlo često izvedeni sa samo nekoliko podataka različitim skraćenim postupcima. Predstavnici naručioca i projektanta analiziraju izrađeni preprojekt, te se dogovaraju o bitnim izmjenama i dopunama.²⁸

III - PONUDA BRODOGRADILIŠTA

Osnovni elementi koje brodogradilište nudi brodovlasniku se uglavnom sastoje od sledećeg: dimenzije i kapaciteti broda, brzina broda, snaga motora i potrošnja, opis broda i crteži generalnog rasporeda sa specifikacijama, dinamika gradnje i vrijeme isporuke broda, cijena broda sa šemom i uslovima plaćanja, obezbjedenje i garancije koje kupac mora izvršiti, uslovi koje obije strane moraju ispuniti i predlog brodograđevnog ugovora.

IV - POTPISIVANJE UGOVORA O GRADNJI BRODA

Nakon definisanja i usaglašenosti osnovnih elemenata i broda i gradnje i plaćanja, brodograditelj i brodar (naručilac) sklapaju brodograđevni ugovor. Ugovori najčešće sadrže sledeće klauzule:

1. Opis broda, glavne karakteristike, klasu i dokumente broda;
2. Inspekciju tokom gradnje broda;
3. Mogućnosti modifikacije utvrđenih elemenata;
4. Garancije u pogledu brzine, nosivosti i potrošnje;
5. Uslove isporuke broda, način isporuke, dokumentaciju kod isporuke;
6. Cijenu, način i dinamiku plaćanja;
7. Registracija broda tokom gradnje, prava na vlasništvo;
8. Osiguranje tokom gradnje;
9. Slučaj nepoštovanja ugovora od strane kupca ili prodavca;
10. Garancije;
11. Patenti i druga intelektualna svojina;
12. Zakon i načini rješavanja sporova;
13. Uslovi koji se ispunjavaju da bi ugovor stupio na snagu;
14. Način komuniciranja tokom gradnje broda između svih uključenih strana.²⁹

V - IZRADA DETALJNOG PROJEKTA

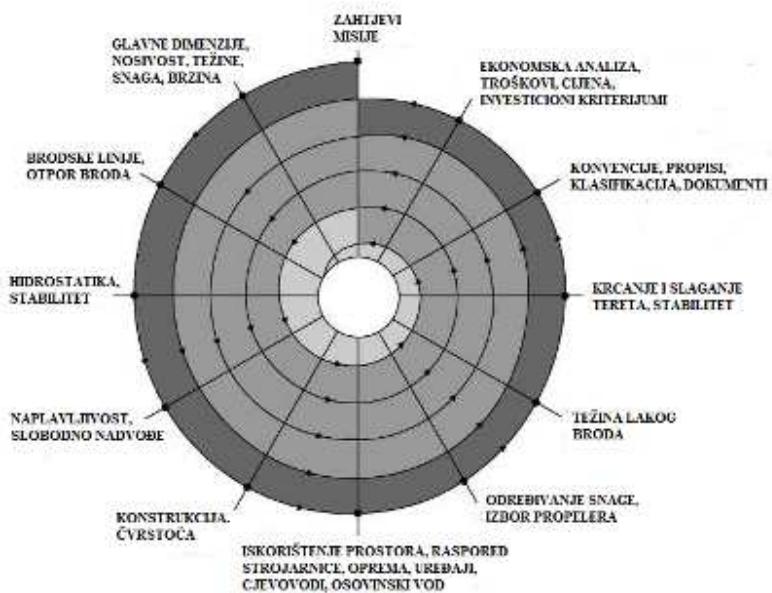
Tek nakon potpisivanja ugovora, brodogradilište ili u nekim slučajevima brodograđevni biro, pristupa izradi detaljnog projekta broda. Ovaj proces je veoma skup i obično iznosi oko 5 do 12% ukupne cijene broda. Proces se završava izradom obimne dokumentacije koja obuhvata: plan vodnih linija, dijagramska list, "S" krive stabiliteta, plan glavnog rebra, generalni plan rasporeda, plan strojarnice, planove raznih brodskih sistema, plan kapaciteta, plan dokovanja, plan veza i odveza, plan sidrenja, plan rasporeda sigurnosne opreme, plan ukrcaja i iskrcaja tereta i sl., a koji svi čine tehničku dokumentaciju broda. Dokumentacija sadrži i sve tehnološke crteže koji idu u proizvodnju, kao i tehnološki postupak sa svim fazama.

Projektovanje broda se ilustruje brodograđevnom spiralom kroz različite korake, ponavljanja, učestale procedure za određivanje brodskih dimenzija i drugih pojedinosti i, u konačnom, postepeni pristup konačnoj fazi detaljnog brodskog projekta.³⁰

²⁸ Ugrinović D., (1979). Osnivanje broda II dio. Split: Viša pomorska škola, str. 81.

²⁹ Lompar A., op. cit., str. 12 – 13.

³⁰ Papanikolaou A., (2014). Ship Design Methodologies of Preliminary Design. Dordrecht: Springer, p. 19.



Slika 2. Brodograđevna spirala (proces dizajniranja broda)

Izvor: Eyres D. J. i Bruce G. J., (2012). Ship construction (7th Edition). Oxford: Elsevier, p. 4; Lompar A., (2002). Nauka o brodu. Kotor: Fakultet za pomorstvo, str. 14.

Optimizacija po brodograđevnoj spirali zahtijeva da se do konačnog dizajna sve faze preispitaju i po nekoliko puta, svaki put približavajući se željenom cilju, u sve više i više detalja i sa sve većom tačnošću. Ključne tačke spiralnog puta na kojima brodar mora usmjeriti svoju pažnju zbog njihovog ekonomskog značaja u kasnijoj eksploraciji broda su: optimizacija linija i forme broda, izbor pogona broda, izbor propelera i izbor opreme i uređaja.³¹

Razrada konačnog projekta uključuje izradu radnih nacrta i planova na osnovu kojih je moguće naručivati materijal i graditi brod. Ovi radni ili kako se još nazivaju radionički nacrti upućuju radnika kako će izraditi i ugraditi pojedini dio na brodu i moraju biti potpuno jasni i detaljni. Pored radioničkih nacrta, konačan projekt uključuje i slijedeće: konačno prikazivanje linija broda u velikom mjerilu, detaljno računanje težine, računanje i izrada uputstava, planova i specifikacija kod pojedine faze gradnje i opremanja broda.³²

2.3. Proces gradnje jahte

Nakon izrade detaljnog projekta i plana gradnje broda, pristupa se gradnji broda. Proces gradnje broda može se podijeliti na sljedeće faze: pripremne radove, obradu građevnih djelova trupa i predfabriciranje sklopova (sekcija), izgradnju (montažu) trupa, porinuće broda, opremanje broda, primopredaju broda, završne i garantne radove.³³ U zavisnosti od dinamike, neke faze gradnje mogu početi i ranije. To se posebno odnosi na kupovinu određenog materijala, opreme itd. Proces gradnje počinje proizvodnjom limova i profila u željezarama. Limovi i profili su očišćeni pjeskarenjem (sačmarenjem) i premazani zaštitnim premazom. U prvoj fazi u brodogradilištu

³¹ Lompar A., op. cit., str. 13 – 16.

³² Ugrinović D., op. cit., str. 82.

³³ Šilović S., et al., op. cit., str. 379.

limovi i profili se režu, savijaju i zatim spajaju u manje sekcije. Na limove se postavljaju nosači (uzdužnice ili rebra), formiraju se pregrade, djelovi tankova itd. Isto tako, ostavljaju se i prostori za prolaz cjevovoda i kablova. Ove manje sekcije se zatim transportuju, bojadišu i sklapaju u veće sekcije. Ovaj dio posla se najčešće radi u zatvorenom prostoru. Posebnim transportnim dizalicama ove veće sekcije se zatim odnose na navoz ili dok gdje se konačno spajaju pri čemu nastaje trup broda. Kroz čitav ovaj proces vrši se i ugradnja cjevovoda u sekcijama, ventilacijskih vodova, elektro i komunikacijske mreže itd. Nakon što su sve sekcije spojene, brod se porinjava, odnosno izvodi iz doka, pri čemu se daljnji radovi nastavljaju u plutajućem stanju. U plutajućem stanju brod se veže uz obalu, pri čemu može biti izložen vremenu ili potpuno ili djelimično natkriven. Tu se brod oprema i ugrađuju se brodski sistemi i uređaji.

VI - TESTIRANJE UREĐAJA I OPREME

Najveći dio opreme i uređaja se testira prije ugradnje na brod. Neki značajniji elementi (npr. glavni motor) testiraju se u fabrikama gdje su proizvedeni u prisustvu ovlaštenih predstavnika brodara, brodogradilišta i klasifikacionih društava, dok se najveći dio testira na obali neposredno prije ugradnje.³⁴ Prije primopredaje potrebno je izvršiti ispitivanja broda na vezu i u vožnji, kojima je osnovni cilj pokazati da su ispunjeni svi ugovoreni uslovi kao i pokazati kako će se brod ponašati u eksploataciji. Ovo ispitivanje naziva se probna vožnja³⁵ i za nju se brodu izdaje posebna svjedodžba. Za vrijeme probne vožnje broda, vrši se:

- a) Ispitivanje rada glavnih i pomoćnih strojeva za različita opterećenja u vožnji;
- b) Određivanje brzine broda vožnjom na mjernoj milji;
- c) Ispituje se vrijeme potrebno za zakretanje broda;
- d) Ispituje se rad kormilarskog uređaja;
- e) Utvrđuje se najmanji radius okretanja broda te nagib broda prilikom opisivanja kruga okretanja;
- f) Određuje se ustrajnost gibanja broda nakon što je izdata komanda za prekret strojeva;
- g) Ispituje se vrijeme i dužina za zaustavljanje broda;
- h) Određuje se ispitivanje sidrenog uređaja i sidrenja.

Osim navedenih vrši se još niz drugih ispitivanja i kontrola prema unaprijed utvrđenom planu i redoslijedu ispitivanja. Kod svih ovih ispitivanja prisutni su predstavnici klasifikacionog društva i naručioca.³⁶ O svim ispitivanjima se pišu izvještaji koji ostaju kao trajni dokumenti na brodu.

VII - ISPORUKA BRODA

Nakon usješno obavljene probne vožnje, brod se isporučuje brodaru. U prvom periodu eksploatacije broda, brodar dobija garanciju na opremu i uređaje, kako na kvalitet ugradenih materijala, tako i na kvalitet rada i primjenjene tehnologije. Garantni period može, u zavisnosti od dogovora, biti godinu ili čak duže. U toku tog perioda brodar detaljno prati sve uređaje i opremu na brodu i ukoliko nade da nešto nije u skladu sa standardima, ima pravo da prilikom prvog dokovanja broda to otkloni na trošak brodograditelja. Neki brodograditelji praktikuju da na brodu, čitavo vrijeme ili samo dio vremena, imaju svog garantnog inženjera koji prati rad

³⁴ Lompar A., op. cit., str. 16 – 18.

³⁵ Probna vožnja je međunarodnim pravilima i pravilima klasifikacionih društava propisan set vježbi koje novi ili rekonstruisani brod mora sprovesti da bi se utvrstile njegove prave brodograđevne, manevarske, eksploatacione i druge karakteristike.

³⁶ Ugrinović D., op. cit., str. 83 – 85.

opreme i uređaja i priprema sve aktivnosti za otklanjanje nedostataka.³⁷ Prilikom primopredaje uručuje se sva propisana dokumentacija određena tehničkim opisom i ugovorom o gradnji. Nakon što je protekao garantni rok ukidaju se sve obaveze brodogradilišta prema naručiocu, a ostaju samo one dužnosti utvrđene unutar garantnog roka.³⁸

2.4. Tehnička regulativa projektovanja, gradnje i eksploatacije brodova - jahti

2.4.1. Međunarodne organizacije i konvencije

Standardi projektovanja, gradnje i eksploatacije broda su pod velikom pažnjom međunarodnog pomorskog okruženja. U brizi o sigurnosnom aspektu, posebnu ulogu i mjesto imaju: Međunarodna Organizacija za More - IMO (*International Maritime Organization*), klasifikaciona društva, koja djeluju samostalno ili u ime administracije pomorskih zemalja i lučke vlasti.³⁹ Ujedinjene Nacije su 1948. godine osnovali Međunarodnu Organizaciju za More (IMO). Sjedište organizacije je u Londonu i ima 155 članova, kao i dva prisajedinjena člana. Na čelu Organizacije je Skupština koja se sastaje svake četvrte godine, a u međuvremenu Organizacijom upravlja Savjet (Vijeće) u kojem se nalaze predstavnici 36 zemalja članica koje bira Skupština. Organizacija svoje aktivnosti sprovodi preko pet komiteta: Komiteta za sigurnost plovidbe, Komiteta za zaštitu mora, Pravnog komiteta, Komiteta za tehničku kooperaciju, i Komiteta za unapređenje.

Konvencije, Protokoli, Pravilnici ili Preporuke se obično iniciraju od zemalja članica, odnosno od njihovih predstavnika u komitetima i podkomitetima, ali isto tako i od drugih subjekata i aktera na pomorskom tržištu. Poslije stupanja dokumenta na snagu, sve zemlje članice su dužne da poštuju konvencije i protokole i da njihove elemente uvrste u svoje nacionalne pravne sisteme. Pravilnici i Preporuke koje su usvojene od IMO-a nisu obavezne za sve članice, ali u vezi sa značajem koje imaju najveći broj zemalja ih poštuje i inkorporira u svoju nacionalnu pravnu infrastrukturu.

Neke od značajnijih IMO-ovih konvencija su: Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskog života na moru – SOLAS (*Safety Of Life At Sea*), a koja se sastoji od 14 glava koje se tiču sigurnosti brodova; Međunarodna konvencija o teretnoj liniji (*International Convention on Load Lines, 1966*), koja definiše minimalno slobodno nadvode (*freeboard*) koji brod mora imati da bi se obezbijedio dovoljan stabilitet i da ne bi došlo do preopterećenja brodske konstrukcije; Međunarodna konvencija o mjerjenju nosivosti brodova (*International Convention on Tonnage Measurement of Ships*); Međunarodna konvencija o sprečavanju zagađenja sa brodova - MARPOL (*International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*), koja ima 6 aneksa koji obrađuju razne vrste zagađenja sa brodova.⁴⁰

Osim IMO-a, sigurnošću i ekološkim aspektom se bave i druge međunarodne organizacije od kojih se posebno izdvajaju: IACS (International Association of Classification Societies - Međunarodno udruženje klasifikacionih društava); ILO (*International Labor Organization*) preko svojih konvencija od kojih se najviše ističe MLC (Maritime Labour Convention) koja

³⁷ Lompar A., op. cit., str. 18.

³⁸ Ugrinović D., op. cit., str. 86.

³⁹ Lompar A., op. cit., str. 19 – 20.

⁴⁰ Ibid., str. 25.

obuhvata uslove koje brod (jahta) mora ispunjavati u pogledu posade, prostorija u kojima ona boravi i uslovima rada; Međunarodna organizacija za standarde - ISO (*International Standard Organization*) definiše razne aspekte u pogledu gradnje i eksplotacije brodova u vezi sa kvalitetom materijala koji se koriste u gradnji brodova, goriva koje se upotrebljava na brodovima, postupcima mjerena i kontrole itd.; ITF International Transport Workers Federation); EMSA (European Maritime Safety Agency); Paris MoU i EU svojom Direktivom 94/25/EC o usklađivanju zakona i propisa država članica u vezi sa rekreacijskim plovilima.⁴¹

2.4.2. Klasifikaciona društva i klasifikacioni propisi

Klasifikaciona društva su organizacije koje ustanovljavaju i primjenjuju tehničke standarde za projektovanje, gradnju i nadzor brodova i drugih pomorskih konstrukcija. Te standarde klasifikaciona društva objavljaju u obliku tehničkih pravila. Pravila klasifikacionih društava razvijena su da doprinesu čvrstoći konstrukcije i integritetu bitnih djelova brodskog trupa, pouzdanosti pogonskog i drugih sistema itd.⁴² Klasifikaciona društva u velikoj mjeri rade i za račun određenih zemalja, obezbjeđujući poštovanje međunarodnih konvencija, pravilnika, procedura i uputstava, i izdajući svjedožbe o saglasnosti u ime zemalja čije zastave brodovi viju. Brodovima koji se po njihovim pravilima grade ili održavaju u eksplotaciji, klasifikaciona društva daju klasnu oznaku i svjedodžbe klase. Svjedodžbe potvrđuju da je brod građen i održavan u skladu sa zahtjevima klasifikacionog društva.⁴³

Naziv **klasifikacija** potiče od prvotno zamišljenih klasa sigurnosnih normi. Klasifikacijom se postavljaju standardi za trup, strojni dio, opremu i službu, a provodi se i provjerava da li su brodovi građeni i održavani prema standardima.⁴⁴ Klasifikacija je procjena usklađenosti koja se fokusira primarno na brodsku konstrukciju i tehničko održavanje tokom eksplotacije.

Klasifikacija se može sažeti dodijeljenim notacijama. Primjer oznake klase BV-a za jahte:

I ✪ HULL ✪ MACH YACHT-MOTOR-C

- "I" - Klasifikacioni simbol/oznaka ("I" označava najveću klasu);
- ✪ HULL ✪ MACH - Konstrukciona oznaka za trup i stroj;
- YACHT-MOTOR-C - Servisna notacija koja označava specifičnost jahte (YACHT ili CHARTER YACHT), propulziju (MOTOR ili SAILING) i materijal trupa ("S" - steel, "A" - aluminium, "C" - composite, "W" - wood).

Dodatane notacije: CLEANSHIP (sistem za prevenciju zagađenja), COMF & COMF+ (kriterijum konfora za buku i vibraciju), AUT (automatizacija mašina u strojarnici), SYS-NEQ (centralizovana navigaciona oprema), ICE CLASS (za navigaciju u vodama s ledom), INWATERSURVEY (pregled dna u vodi), HHP & VHHP (u zavisnosti od opreme za sidrenje), HEL (postrojenje za helikopter na brodu), ACCOMMODATION (strukturalna usaglašenost sa MLC2006).⁴⁵

⁴¹ Ibid., str. 27.

⁴² Dvornik J. i Dvornik S., (2013). Konstrukcija broda. Split: Pomorski fakultet, str. 81.

⁴³ Lompar A., op. cit., str. 29 – 30.

⁴⁴ Dvornik J., Dvornik S., (2013). Konstrukcija, otpor i propulzija jahti. Split: Pomorski fakultet, str. 6.

⁴⁵ http://www.bureauveritas.com/iNOKwHpw/BC+007+DCM+R03_Yacht.pdf, Bureau Veritas, (2015), Private or Commercial Yachts and Mega-Yachts, pristupljeno 14.11.2015. u 00:15 časova.

Navigacione notacije mogu biti: unrestricted navigation, navigation limited to 60 nautical miles, coastal area, sheltered area.⁴⁶

Medjunarodni i nacionalni propisi, a i naše pravo, radi utvrđivanja sposobnosti broda za plovidbu u tehničkom pogledu predviđaju: nadzor nad gradnjom ili prepravkom broda, inspekcijsku kontrolu, obavezni osnovni pregled broda, a zatim redovni, kontrolni i vanredni pregled broda. Nadzor nad gradnjom se sprovodi postupkom ocjene usklađenosti projekta i gradnje jahte. Tehnički nadzor jahte obuhvata:

1. odobrenje tehničke dokumentacije na osnovu koje se jahta gradi popravlja ili prepravlja;
2. tipsko ili pojedinačno odobrenje pogonskih mašina, uređaja i opreme namijenjene za ugradnju u jahti;
3. nadzor nad izradom materijala, pogonskih mašina, uređaja i opreme namijenjene za ugradnju u jahtu u radionicama proizvođača;
4. odobrenje proizvođača i uslužnih organizacija;
5. nadzor nad gradnjom trupa i ugradnjom pogonskih mašina, uređaja i opreme u brodogradilištu;
6. verifikaciju sigurnosne zaštite jahte;
7. preglede, ocjene i verifikacije postojećih jahti.⁴⁷

2.5. Brodska konstrukcija, sistemi gradnje i materijali

Pod konstrukcijom broda podrazumjevaju se svi elementi iz kojih su izvedeni brodski trup i nadgrađe, njihov oblik, dimenzije i način spajanja.⁴⁸ Brodska konstrukcija se od opterećenja brani elementima koji čine grede, ploče i vezni elementi. Kao primarni elementi brodske konstrukcije pojavljuju se ploče (limovi) i to na raznim mjestima i u raznim funkcijama (limovi palube, limovi oplate dna, oplate boka, limovi dvodna, limovi pregrada itd.). Ploče (limovi) mogu biti ravne ili savijene i opterećene raznim silama i momentima na razne vrste naprezanja. Kraće strane ploča se nazivaju "krajevi", a duže strane "ivice". Svojim kraćim stranama ploče se međusobno spajaju pri čemu se dobijaju trake koje se nazivaju vojevi. Zadnji voj bokova koji se spaja za palubu je pojačan i naziva se završni voj, dok se voj prelaza dna u bokove naziva uzvojni voj. Ploče kao primarni elementi strukture se oslanjaju na grede. Grede su napravljene od raznih profila i međusobno se spajaju u ravni i prostoru pri čemu nastaju ravanske, odnosno prostorne rešetke.⁴⁹

Konstrukcija mora da obezbjedi nepropusnost brodskog trupa i da bez lomljenja ili trajnih deformacija primi sve sile koje na brod mogu da djeluju u eksploataciji. Vodonepropusnost brodskog trupa se obezbjeđuje limovima. Pošto su limovi veoma tanki u odnosu na dimenzije broda, potrebna čvrstoća i krutost im se obezbjeđuje pomoću ukrućenja izvedenih od profilisanog čelika. Konstrukcija broda izведенog od nekog drugog metala ili legure metala ne bi se razlikovala od čelične konstrukcije. Osim čelika se koriste i aluminijumske legure, i to za građu manjih jedinica kao i za gradnju pojedinih djelova konstrukcije na čeličnim brodovima. Legure aluminijuma (pošto se radi o metalu), u pogledu izvođenja konstrukcije veoma su slične čeliku, pa se opšti principi gradnje čeličnih brodova primjenjuju i za aluminijumske brodove.⁵⁰

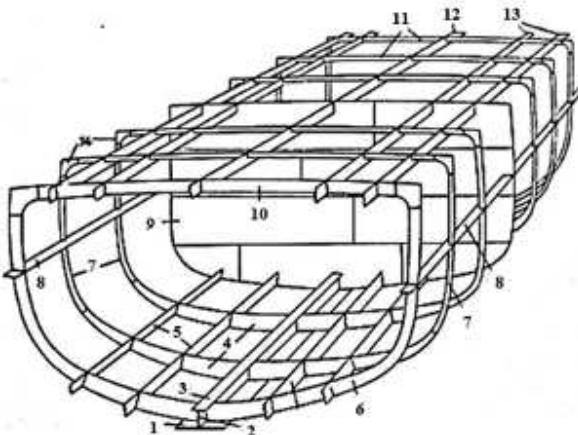
⁴⁶ Rules for the Classification and the Certification of Yachts. Bureau Veritas, (2012), p. 54.

⁴⁷ Pravila za statutarnu sertifikaciju jahte, op. cit., str.3.

⁴⁸ Grgić A., Živić R., (1988). Osnove brodogradnje. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, str. 164.

⁴⁹ Lompar A., op. cit., str. 183 – 185.

⁵⁰ Grgić A., Živić R., op. cit., str. 164.

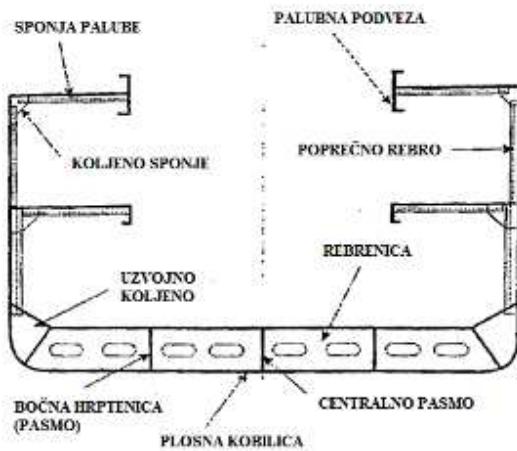


Slika 3. Skelet čeličnog broda: 1 kobilica, 2 vertikalni lim centralnog pasma, 3 horizontalni lim centralnog pasma, 4 rebrenica, 5 bočno pasmo, 6 okvirno rebro, 7 rebro, 8 bočna proveza, 9 poprečna pregrada, 10 sponja okvirnog rebra, 11 sponja, 12 centralna palubna proveza, 13 bočna palubna proveza, 14 koljeno.

Izvor: Šilović S. et al., (1969). Čamac Brod Brodogradnja. Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod, str. 157

U zavisnosti od toga kako su glavni elementi brodske konstrukcije postavljeni u odnosu na uzdužnu osu broda, razlikujemo tri sistema gradnje brodova: poprečni, uzdužni i kombinovani.

Poprečni sistem gradnje upotrebljava se za gradnju brodova manjih dužina, na kojima problem uzdužne čvrstoće nije naročito izražen. Razvijen je na određeni način prenosom iskustava i konstrukcije drvene gradnje.⁵¹ Kod poprečnog sistema gradnje broda, limovi palube se oslanjaju na poprečne grede koje se nazivaju sponje. Oplata bokova se oslanja na rebra, a oplata dna i dvodna na rebrenice. Sponje i rebra, kao i rebra i rebrenice se međusobno spajaju spojnim elementima (koljenima). Kompletan okvir se naziva okvirno rebro.⁵²



Slika 4. Elementi konstrukcije poprečno građenog broda

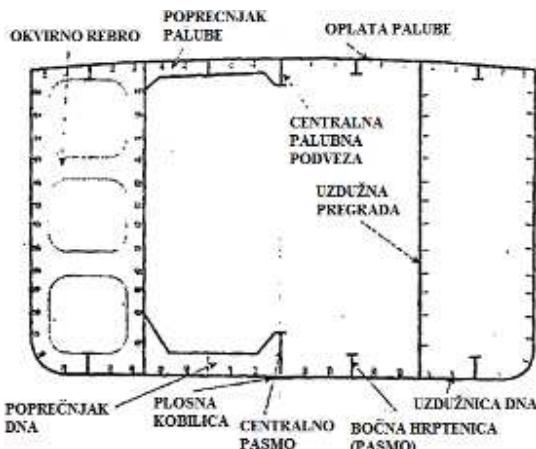
Izvor: Lompar A., (2002). Nauka o brodu. Kotor: Fakultet za pomorstvo, str. 186

Pri gradnji brodova većih dužina uobičajen je uzdužni sistem gradnje, koji se najprije počeo primjenjivati pri gradnji tankera. Karakteristika mu je uzdužno otrebrenje trupa broda, tj. osnovni elementi strukture trupa su uzdužnjaci dna, boka i paluba, a zajedno s oplatom dna, boka i paluba, hrptenicom, neprekinutim uzdužnim nosačima dna, bočnim provezama i uzdužnim pregradama, osiguravaju brodu veliku uzdužnu čvrstoću. Poprečnu čvrstoću i ukrepljenje

⁵¹ Dvornik J., Dvornik S., op. cit., str. 112.

⁵² Lompar A., op. cit., str. 186.

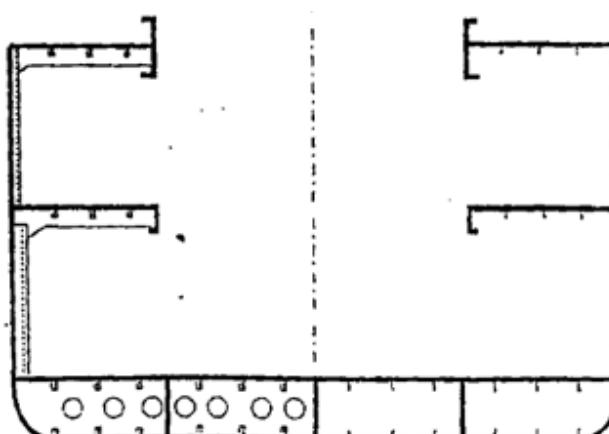
uzdužnih veza osiguravaju jaki poprečni okviri. Pri ovom sistemu se lakšom konstrukcijom postiže potrebna čvrstoća broda, što znači da je takav brod ekonomičniji zbog uštede na težini. Kod uzdužnog sistema gradnje uzdužni elementi prolaze kroz poprečne elemente.⁵³



Slika 5. Elementi konstrukcije uzdužno građenog broda

Izvor: Lompar A., (2002). Nauka o brodu. Kotor: Fakultet za pomorstvo, str. 187

Kod kombinovanog sistema gradnje, paluba i dno broda su gradjeni uzdužnim sistemom, dok su bokovi broda građeni poprečnim sistemom.⁵⁴



Slika 6. Elementi konstrukcije broda građenog kombinovanim sistemom

Izvor: Lompar A., (2002). Nauka o brodu. Kotor: Fakultet za pomorstvo, str. 187

Pri gradnji brodova danas se upotrebljavaju razni materijali, ali kad govorimo o materijalima najčešće mislimo na čelik, bakar, legure bakra, aluminijum, staklene i plastične mase i drvo.⁵⁵ Prema materijalu gradnje brodovi se dijele na: čelične, aluminijumske, plastične, drvene, kompozitne i betonske.⁵⁶ Elementi brodske konstrukcije se proizvode od čelika dobijenog valjanjem. Komplikovani i teški elementi broda kao što su djelovi kormila se uobičajeno proizvode od livenog čelika, dok se neki jednostavniji djelovi koji se ne mogu proizvesti valjanjem, proizvode presovanjem ili kovanjem. Elementi brodske strukture se oblikuju najčešće na hladno pomoću hidrauličnih presa ili posebnim mašinama za savijanje rebara, limova itd. Presovanje se obavlja na kalupima koji su izvedeni prema brodskim linijama. Elementi brodske

⁵³ Ibid., str. 187.

⁵⁴ Ibidem.

⁵⁵ Dvornik J., Dvornik S., op. cit., str. 38.

⁵⁶ Grgić A., Živić R., op. cit., str. 58.

konstrukcije se nakon oblikovanja međusobno spajaju zavarivanjem. U gradnji brodova se najčešće upotrebljava elektrolučno zavarivanje. Zavarivanju se poklanja izuzetno velika pažnja. Klasifikacioni registri svojim pravilima definišu za spajanje pojedinih elemenata konstrukcije i način zavarivanja, oblik varova i dimenzije varova, međusobno rastojanje varova, kvalifikaciju varioca, utvrđuju standarde koje treba da zadovoljavaju proizvođači opreme za zavarivanje, definišu uslove u kojima se zavarivanje može obavljati, tretman varova nakon zavarivanja, postupke kontrole varova itd.⁵⁷ Od stakloplastike se grade manji brodovi, do oko 50 m. Stakloplastika je materijal koji se sastoji od dvije komponente staklenih vlakana, koja služe za ojačanje i smole, koja povezuje staklena vlakna. Ovaj materijal se naročito koristi u izgradnji brodova za turizam i sport, čamaca, jedrilica, jahti i ribarskih brodova. Pri gradnji brodova od stakloplastike prave se kalupi sa kojih se oblikuju trup i nadgrađe broda.⁵⁸

2.6. Računarom potpomognuto upravljanje procesom gradnje broda

Uobičajena metodologija primjene računara pri projektovanju (CAD) i proizvodnji (CAM) nastojala se primijeniti i kod upravljanja procesom gradnje broda. Brod, kao kompleksan proizvod prolazi kroz dugotrajan i složen proces nastajanja u kojem dolazi do interakcije raznih struka. Da bi bilo moguće kvalitetno pratiti gradnju broda, organizovati izradu dokumentacije, nabavku materijala, proizvodnju, i sve to isplanirati potrebno je izvršiti podjelu oba kompleksna sistema u karakteristične sistemske djelove, tj. **brod** podijeliti u zaokružene cjeline, sekcije trupa za period gradnje i opremanja te farbanja trupa u fazi predmontaže, brodske prostore - zone opremanja za period gradnje broda na ležaju pa do isporuke, **proces** podijeliti u tehnološke faze, nezavisne vremenske intervale u kojima će se dio procesa odvijati. Podjelom broda u grupe i sekcije nastoji se zadovoljiti logika formiranja zaokruženih, samostojećih, lako prenosivih cjelina koje se kvalitetno mogu uklopiti u linijski koncipiranu proizvodnju, a u okviru nosivosti sredstava transporta kako u predmontažnoj radionici tako i na relaciji predmontažna radionica - mjesto montaže. Podjelom broda u zone opremanja nastoji se zadovoljiti logika formiranja zaokruženih prostora opremanja kako bi se postiglo svrshishodno grupisanje opreme koja se ugrađuje u prostor bez gomilanja velikih količina materijala i bez potrebe dodatnih transportnih troškova, rasortiranja i distribucije materijala po velikim prostorima.

Proces gradnje broda zbog same složenosti proizvoda je dugotrajan te se neminovno treba razdijeliti u segmente koji su jednoznačno određeni sa vrstom, količinom i istovremenošću rada da bi omogućili pravovremenost i usklađenost svih aktivnosti koje su nužne za uspješnu realizaciju. Svaki segment i nivo proizvodnog procesa naziva se **tehnološkom fazom** izrade broda.

Postoje tri osnovna elementa na kojima počiva računarski program i to: nacrt onog što se planira izraditi/montirati; pozicija (ident) - najmanja jedinica koja se prikazuje na nacrtu i za koju se vrši planiranje; radna lista - planski dokument utroška resursa.⁵⁹

Osnovni nosilac svih informacija je nacrt, koji treba posmatrati kao složeni proizvod koji se sastoji od crtanog dijela i popisa. Nacrt se izvodi na nivou jedne tehnološke faze u osnovnoj grupi podjela: izrada ili montaža. Popis se obrađuje informatički i uz nacrt je samo informatički povezan. Zavisno od tehnološke faze, vrši se i detaljisanje popisa. Popis sadrži informacije o: izratku kojeg treba izraditi / ugraditi na poziciju; komponentama (pozicijama) iz kojih se izradak

⁵⁷ Lompar A., op. cit., str. 192 – 193.

⁵⁸ Grgić A., Živić R., op. cit., str. 164.

⁵⁹ Markovina R. (Ed.), (2010). Zbornik radova XIX Simpozij “Teorija i praksa brodogradnje SORTE 2010”. Split: Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje , str. 139 – 141.

sastoji; materijalu iz kojeg se izradak izrađuje; raspoloživosti materijala za izradu / ugradnju; nositeljima aktivnosti izrade / ugradnje izratka; organizacijskim cjelinama koje su uključene na izradi / montaži izratka; planskoj dinamici početka i završetka aktivnosti na izradi / montaži izratka; informaciju o gotovosti izrade / montaže izratka.

IZBOR I SPECIFICIRANJE MATERIJALA						4/05/2010
PREGLED MONTAŽNOG POPISA MATERIJALA						09:43:34
NOV. : 4428	468	BRODOVI PUTNIČKI, SA SKLADIŠTIMA SASTAVNICA:	433			
NRCRT: 54931201	286538	CJEVOVOD U DVODNU STR.R-45 1/2-78 D				
FRZA : 54	PROSTOR: 201	DVODNO STROJARNICE - PRAMAC				
R.BR. KL.MAT	POZICIJA	KOLIČINA JMJ	NARZIV MATERIJALA	POZICIJA: 01	5	
MATERIJAL SFT	MASR			MT.M	IZ. BOX	
5 31111113 01	5	8.00 KOM VIJAK EN ISO 4014 M 16x75	2900 N	232	MT.I	BR.ZM
10221299 582490		1.000 8.8 POC.				
6 312128 01	6	12.00 KOM MATECA EN ISO 4032 M 16 8	2900 N	232		
10221758 582490		1.000 POC.				
7 5934 01	42	3.00 KOM BRTVR HRN M.C4.110 2,0 20X 2900 IZ 000				
10035100 722490		1BXTESNIT BA U .	8300	2984		
B 31111113 01	43	12.00 KOM VIJAK EN ISO 4014 M 12X50	2900 N	232		
10221259 722490		1.000 8.8 POC.				

Slika 7. Elektronska verzija sastavnice nacrta – popisa materijala (okosnica informatičkog praćenja procesa)

Izvor: Markovina R. (Ed.), (2010). Zbornik radova XIX Simpozij „Teorija i praksa brodogradnje SORTA 2010“. Split: Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, str. 142

Najniži nivo planiranja je pozicija (ident). Zavisno od nivoa nacrta, montažnog ili izradbenog, detaljišu se i pozicije, te se u popisima prikazuju kao: **JCD** - jedinični crtani dio, dio koji se izrađuje prema nacrtu i nosi oznaku **IZ**; **SB** - brodski standard, dio koji se izrađuje prema važećem standardu i nosi oznaku **IZ**; **N** - materijal, materijal (izradak) koji se kupuje i nosi oznaku **N**. Tako, na primjer, jedna cijev koja se sastoje od više elemenata (cijev ravni dio, cijevni luk, prirubnica, ispusni čep i sl.) u montažnom nacrtu se prikazuje kao jedan ident (JCD ili SB), dok se u izradbenom nacrtu detaljiše do materijala od kojeg se izrađuje. Nacrtima pripadajući popisi se povezuju s planskim aktivnostima (jedna aktivnost više popisa ili jedan popis više aktivnosti). Vrši se distribucija materijala iz skupnog popisa prema aktivnostima. Prilikom planiranja se sumiraju sva potrebna vremena svih zavisnih događanja u lancu i nastaje planirano vrijeme potrebno za svaku operaciju odnosno aktivnost. Iz toga proizlazi i planirano vrijeme prispjeća materijala (15 dana prije početka aktivnosti ili operacije).

MATERIJAL I ENERGIJA						11/05/2010
PREGLED AKTIVNOSTI I PРИПАДАЈУЋИХ OPERACIJA						08:02:15
NOV 468 NACRT 286538 54931201	CJEVOVOD U DVODNU STR.R-45 1/	POPIS	433	201	54	
AKTIVNOST: 1205	- 2900 GR.201-1	UGRAD. OPREME U SEK OD	12/10/2009 DO	15/01/2010		
0 433	2900	27/09/2009	12/10/2009	15/01/2010		
1 2983	8300	20/09/2009	5/10/2009	10/10/2009		
1 2984	8300	20/09/2009	5/10/2009	10/10/2009		
1 2985	8300	20/09/2009	5/10/2009	10/10/2009		

Slika 8. Prikaz planiranja na nivou aktivnosti i operacija

Izvor: Markovina R. (Ed.), (2010). Zbornik radova XIX Simpozij „Teorija i praksa brodogradnje SORTA 2010“. Split: Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, str. 144

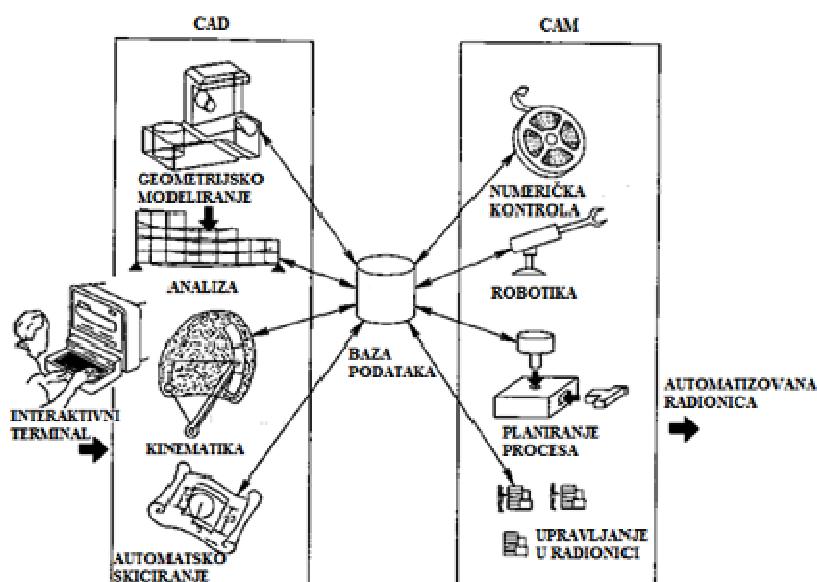
Osim izrade planova na makro nivou, ovim programom je predviđena izrada planova i na mikro nivou, tj. nivou svake pojedine aktivnosti. Dok se planiranje na makro nivou koristi u strateškom rukovođenju procesom gradnje broda dotle se planiranje na mikro nivou koristi u realnoj proizvodnji. Glavni nosilac planskih informacija na ovom nivou je Radna lista. Radna lista u sebi nosi informaciju o: objektu opremanja, vremenu trajanja aktivnosti, planskom početku i završetku aktivnosti, vremenskom utrošku i finansijskom trošku resursa radne snage.⁶⁰

benzus01			RADNA LISTA		4/09/2010 12:47:52	
Šifra koncepta : 100875	Šifra Radnog Lista : 848528		Radni nalog : 22020244			
Šifra proizvoda: 250792						
Rk1: 1027 % 100						
Pozicija :			Greška dorada:			
Naziv proizvoda: GR. 215.2. PLATFORMA I PREGRAĐA R. 34/35						
Uputa:						
Šifra cjenika : 215	Uzročnik :		Preuzeo od:			
Izdaj-sastavio : 29.04.2005.-M.M.						
Broj operacije : 001 Hjesto --> Troška : 2200 Izrade : 3404 Šif.oper.: 000						
Broj radnika : 01 Norma sati : 37,00						
N.osn: 577,00 N.tur: 78,00 N.prek:			Vrijednost :	822,360		
Prihvareno Ostvareno Ostvaren sati :						
Početak Završetak Početak Završetak						
04042005 14042005 14052005 18052005	Dobri : 001					
Pozlovoda: 250888	Oznaka kooperante:					

Slika 9. Radna lista - elektronička verzija

Izvor: Markovina R. (Ed.), (2010). Zbornik radova XIX Simpozij „Teorija i praksa brodogradnje SORTA 2010“. Split: Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, str. 144

Poslovanje brodogradilišta je integrisano u zajednički informatički sistem. Računarski program iz sistema vuče one podatke koji su potrebni za obradu podataka i servisiranje informacijama koje se traže u programu računarski upravljanog procesa gradnje broda.⁶¹



Slika 10. Integrисани CAD/CAM sistem

Izvor: Storch R. L. et al., (1995). Ship Production (2nd Edition). Centreville: Cornell Maritime Press, p. 245

⁶⁰ Ibid., str. 143 – 144.

⁶¹ Ibid., str. 147.

3. TEHNOLOŠKI PROCES GRADNJE BRODA - JAHTE

Tehnologija je nauka koja izučava zakonitosti proizvodno-tehničkog procesa. Njen cilj je davanje osnove razvijanja proizvodnog procesa materijala, uvažavajući tehničko-privredna i ljudska načela. Osobitost tehnologije brodogradnje je u tome što je brod, s obzirom na svoj oblik, te broj raznovrsnosti elemenata, složen proizvod.⁶²

Brod je vrlo složena tehnička struktura izložena velikim promjenljivim opterećenjima. On pliva u vodi ili uslovno je poduprta tečnim medijem. Iz tih razloga, uz raznovrsnost sastavnih djelova opreme broda objašnjava zašto je projektovanje broda tako složeno i zašto se postavljaju tako veliki zahtjevi za materijale i tehnološke procese primjenjene pri gradnji broda. Materijal i struktura trupa predviđeni pri projektovanju moraju udovoljavati tehnološkim zahtjevima. Pri izradi radioničkih nacrta za trup, naročitu pažnju treba dati što većem smanjenju otpadaka materijala.⁶³ U projektnom uredu se uz projekt broda istovremeno odlučuje o metodi njegove izgradnje. Ona se zasniva na tipu broda, njegovim dimenzijama i osobini njegove konstrukcije, broju brodova u seriji, programu (planu predviđene djelatnosti) brodogradilišta, te tehničkim i ekonomskim činiocima uključenim u izgradnju broda.

Pod tehnološkim procesom gradnje broda podrazumjeva se glavni dio proizvodnog procesa koji se odnosi direktno na promjenu (pomoću strojeva, uređaja i alata) dimenzija, oblika, vanjskog izgleda i svojstava materijala, od kojeg se prave pojedini djelovi trupa, strojeva i opreme, koji se utvrđenim redosledom spoje u cjeline, a te cjeline čine dovršen brod. Tehnološki proces i tehnološki zahtjevi struktura (posebno zavarenih struktura) su složeni, pa radionice ne mogu napraviti kvalitetan proizvod jedino pomoću nacrta. Stoga se istovremeno s izradom konstrukcijskih nacrta pravi i ostala radna dokumentacija. Ona mora ukazivati na sve operacije u tehnološkom procesu, metode kojima se radovi trebaju obaviti i redosled njihovog izvođenja, naprave i alate koje treba upotrebiti, posebno podučavanje radnika, potrebnu radnu snagu za obavljanje pojedinih poslova, vrijeme izrade, mesta obavljanja poslova i na osnovne zahtjeve isporuke.⁶⁴

Tehnološki proces propisuje postupak za izradu pojedinih elemenata i sklopova, odnosno ugradnju istih u brodski trup. Brodski trup je tehnološki zaokružena cjelina, a izrađuje se u nizu radionica raspoređenih na način da se proizvodnja obavlja neprekidno.⁶⁵ Prije pristupanja gradnji broda izrađuju se kompletni projekti broda i sva potrebna radionička dokumentacija. Zatim se brod trasira i pripremaju se potrebni nacrti i šabloni u razmjeri 1:1 za izradu elemenata trupa. U novije vrijeme je cijeli ovaj posao automatizovan. Trasiranje se obavlja kompjuterski pri čemu se dobijaju gotovi podaci podaci za vođenje automatskih mašina za sječenje elemenata trupa iz limova i profila, kao i za njihovo formiranje. Paralelno s ovim nabavlja se osnovni material, čelik, za gradnju broda kao i mašine i oprema koji se u brodogradilištu ne proizvode već se naručuju spolja. Takođe se vrše pripreme i izgradnja onih mašina i opreme koji se grade u brodogradilištu.⁶⁶

⁶² Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 181.

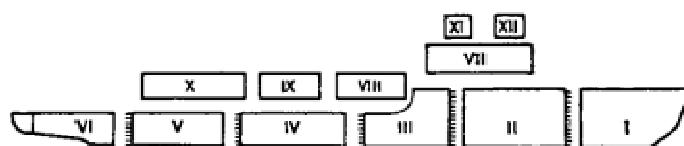
⁶³ Ibid., str. 1.

⁶⁴ Ibid., str. 4.

⁶⁵ Jovanović P., Đorđević N., op. cit., str. 228.

⁶⁶ Grgić A., Živić R., (op. cit., str. 159).

Gradnja broda kraće traje i ekonomičnija je ako se što više radova obavi u radionicama, a što manje na diljevima i na opremnoj obali. To znači da u radionicama treba osnovne građevne djelove trupa ne samo proizvoditi nego i spajati u manje ili veće sklopove (prema specifičnosti samog sklopa i prema mogućnosti transporta gotovih sklopova), pa u takve sekcije treba ugraditi što više opreme. Uz takav proizvodni proces, na diljevima se samo sklapaju velike sekcije brodskog trupa koje su već djelimično opremljene, pa i montaža na dilju⁶⁷ i oprema gotovog brodskog trupa (tj. svi radovi na otvorenom prostoru) traju znatno kraće. Broj sekcija na koji se brod prema planu unaprijed podjeli zavisi od, u prvom redu, kapaciteta dizalica i transportnih uređaja za prenos gotovih sekcija iz radionice do diljeva. Prema težini i obimu dijele se sklopovi na površinske sekcije (npr. sklop vanjske oplate s ukrućenjima), manje prostorne sekcije (npr. dio dvodna), veće prostorne sekcije (npr. krmeni pik s krmenom cijevi) i blok-sekcije (kad je čitav brod podijeljen na svega 5 do 12 velikih sekcija u koje je već dobrim dijelom ugrađena i oprema). Izgradnja broda montiranjem i spajanjem sekcija na dilju razvila se u dva smjera: konvencionalno montiranje sekcija i spajanje velikih blok-sekcija u suvim dokovima.



Slika 11. Podjela broda na blok-sekcije

Izvor: Šilović S. et al., (1969). *Čamac Brod Brodogradnja*. Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod, str. 387

Za konvencionalno montiranje sekcija, brod se podjeli u odgovarajući broj sekcija. Manje prostorne sekcije predfabrikuju se u radionicama. Veće prostorne sekcije zahtjevaju visoke radionice opremljene jakim dizalicama. Često takve radionice imaju pomican krov, pa vanjske jake dizalice preuzimaju gotovu sekciju kroz otvor krova. I pri konvencionalnom montiranju sekcija izrađuju se pojedini sklopovi kao velike blok-sekcije, npr. pramčani pik, gornji dio pramca, gornji dio krme, kompletno nadgrađe itd. Dovršena blok-sekcija po pravilu sadrži i opremu.⁶⁸

Proizvodnja brodogradilišta je u principu industrija sastavljanja, odnosno montaže. Tu je najvažnije da se svaki dio ili sklop nađu u pravo vrijeme na određenom mjestu i to na tehnički najispravniji način. Tehnologija propisuje radni postupak za izradu pojedinih djelova, sklopova, odnosno za gradnju određenog proizvoda, brodskog trupa. Budući da je trup tehnološki zaokružena cjelina, to se za izgradnju trupa redovno formira posebna organizacijske jedinica, koja se naziva brodograđevno odjeljenje. Brodska trup izgrađuje se u nizu radionica raspoređen na način koji omogućuje da se proizvodnja obavlja neprekinuto. Moguća su različita rješenja opšteg plana brodogradilišta.⁶⁹

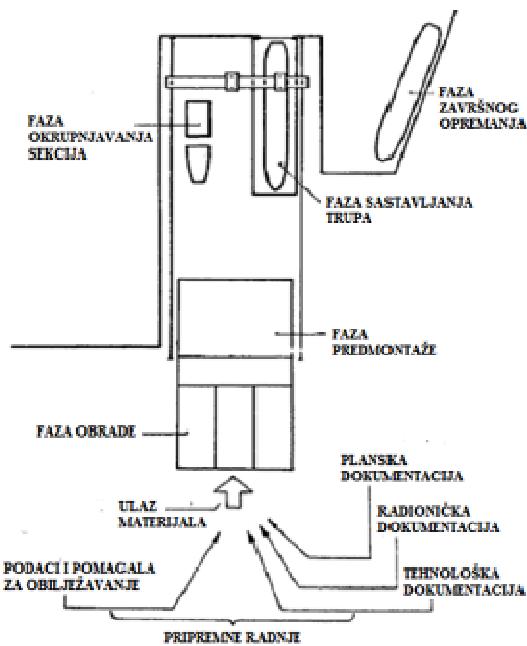
Proces gradnje brodskog trupa dijeli se na: pripremne radove, obradu građevnih djelova broda, predmontažu trupa, sastavljanje trupa (montaža) i predaju broda vodi.⁷⁰

⁶⁷ Dilj je mjesto gradnje manjeg broda.

⁶⁸ Šilović S. et al., op. cit., str. 387.

⁶⁹ Grubišić M., op. cit., str. 5.

⁷⁰ Ibid., str. 7.



Slika 12. Šematski prikazan proces gradnje broda

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 6

3.1. Priprema brodogradilišta

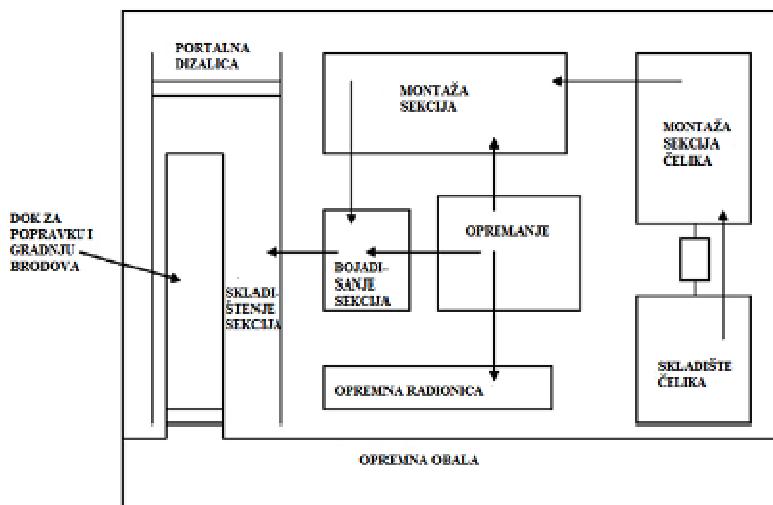
3.1.1. Organizacija brodogradilišta

Brodogradilišta su preduzeća koja grade, opremanju i popravljaju brodove.⁷¹ Brodogradilišta mogu biti: autonomna, montažna i remontna. U autonomnom brodogradilištu proizvodi se brod i sve mašine i oprema koja se na taj brod ugrađuju. Montažna brodogradilišta grade samo brod dok se mašina i oprema nabavljaju kod drugih proizvođača. U remontnim brodogradilištima se ne grade novi brodovi već se samo vrše opravke i pregradnje na starim brodovima. Autonomna brodogradilišta praktično više ne postoje. Danas uglavnom postoje montažna brodogradilišta iako se pojedini djelovi brodskih mašina i opreme često proizvode u samom brodogradilištu.

Veličinu i kapacitet brodogradilišta je dosta teško definisati s obzirom da je brod veoma kompleksan objekat i da se pojedini tipovi broda znatno razlikuju po kompleksnosti opreme i uređaja koje u njih treba ugraditi. Zato se veličina i kapacitet brodogradilišta određuju prema veličini i broju mjesta za gradnju brodova, količini čelika koji brodogradilište godišnje preradi, broju zaposlenih radnika, površini na kojoj se brodogradilište prostire itd.⁷²

⁷¹ Jovanović P., Đorđević N., op. cit., str. 225.

⁷² Grgić A., Živić R., op. cit., str. 153.



Slika 13. Raspored (plan) velikog i modernog brodogradilišta

Izvor: Eyres D. J. i Bruce G. J., (2012). *Ship construction (7th Edition)*. Oxford: Elsevier, str. 121

Brodogradilišta imaju pogone potrebne da se brod izradi - popravi, a dijele se na tri osnovne grupe: brodograđevinski pogon, opremni pogon i pomoćni pogon. Za različite proizvodne programe (tipove i asortiman brodova) ovi su pogoni i različito razvijeni i opremljeni. Radionice u kojima se izrađuju trup broda čine brodograđevinski pogon. To su:

- skladište limova i profila,
- sala za trasiranje ili biro automatskih strojeva za projektovanje brodskog trupa i izradu programa za automatski rad mašina za obradu proizvoda crne metalurgije,
- radionica za obradu limova i profila,
- radionica za izradu sekacija trupa,
- skladište sekacija,
- navozi, dokovi i sinhro-liftovi.⁷³

Sala za trasiranje (biro za automatsku obradu brodskog trupa) je velike površine i najčešće je smještena iznad radionice za obradu limova, radi saradnje u proizvodnom procesu. Dimenzije sale su takve da se na podu mogu nacrtati linije najvećeg broda koji brodogradilište može graditi. Danas sale za trasiranje gube na važnosti zbog nailaska sve savremenijih automatskih strojeva za obradu proizvoda crne metalurgije i prelaskom na automatsku obradu. Ipak su sva brodogradilišta zadržala sale za trasiranje jer se pojedini djelovi broda još uvijek obrađuju na klasičan način. Radionica za izradu sekacija trupa je obično najveća i najviša radionica u brodogradilištu. Pojedina brodogradilišta imaju halu za predmontazu. U njoj se izrađuju teške sekcijske, pa je opremljena dizalicama većih nosivosti (do 150 t).⁷⁴

⁷³ Jovanović P., Đorđević N., op. cit., str. 231.

⁷⁴ Ibid., str. 233 – 234.



Slika 14. Osnovne proizvodne površine brodogradilišta: **1** Glavno skladište čeličnog materijala; **2** Radionica za rezanje i oblikovanje limova; **3** Radionica za rezanje i oblikovanje profila; **4** Radionica za rezanje limova; **5** Radionica za izradu panela; **6** Radionica predmontaže; **7** Radionica za zrnčenje i bojenje gotovih sekcija; **8** Radionica za rezanje, oblikovanje i opremanje cijevi; **9** Bravarska i limarska radionica; **10** Opremna obala i ostale opremne radionice; **11** Radionica za zrnčenje i bojenje opreme; **12** Površina za odlaganje/ukrupnjivanje gotovih sekcija; **13** Površina za odlaganje sekcija prije montaže na navozu; **14** Navoz; **15** More.

Izvor: Markovina R. (Ed.), (2010). Zbornik radova XIX Simpozij “Teorija i praksa brodogradnje SORTA 2010”. Split: Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, str. 222

3.1.2. Materijalna priprema gradnje jahte

Prije početka stvarne gradnje broda, tj. prije početka obrade materijala (limova i profila) u radionicama, treba obaviti obimne pripremne radove. Ti radovi obuhvataju: izradu tehničke dokumentacije (teorijskih proračuna, projektnih nacrta, tehničkog opisa i nacrta prema zahtjevima klasifikacionih društava, radioničkih nacrta, specifikacije materijala i tehnoloških uputstava za gradnju); planiranje nabavki materijala, strojeva i opreme; sastavljanje komercijalnih specifikacija; traženje ponuda; analizu ponuda; narudžbe materijala, uređaja i opreme; planiranje uskladištenja materijala i opreme; planiranje izgradnje trupa, ugradnje strojeva i opreme; izradu radioničke dokumentacije (radnih listova, radioničkih nacrta, tehnoloških uputstava, izdatnica materijala). Smatra se da je brodogradilište dobro organizovano ako su pripremni radovi za neki brod dovršeni do momenta polaganja kobilice broda, odnosno do polaganja prve sekcije na dilj.⁷⁵

Limovi se prije ulaza u radionicu za obradu ravnaju na valjku za ravnjanje, zatim čiste u postrojenju za pjeskarenje i konačno zaštite osnovnim premazom boje. Profili se takođe čiste i boje prije ulaza u radionicu za obradu. Ako se obrada limova i profila vrši mehanički upravljanim strojevima, onda ih je potrebno obilježiti kako bi se mogla po ucrtanim linijama obaviti strojna obrada. Limovi i profili se obrađuju na jednom ili više strojeva, zavisno od njihovog konačnog oblika. Istovarivanje, raspored i dostavljanje profila radionicama obavlja se raznim dizalicama, zavisno od opreme brodogradilišta: mosnom dizalicom, portalnom dizalicom, autodizalicom, motornom dizalicom na normalnom željezničkom kolosjeku i sl.⁷⁶

Limovi i profili se u čeličanama označavaju. Svaki završeni komad treba da je jasno označen na najmanje jednom mjestu žigom klasifikacijskog zavoda. Žig potvrđuje da su ispitivanja i

⁷⁵ Šilović S., et al., op. cit., str. 379.

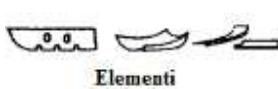
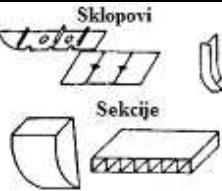
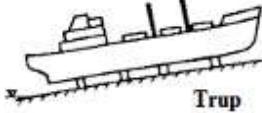
⁷⁶ Grubišić M., op. cit., str. 183 – 187.

pregledi izvršeni u čeličani dali zadovoljavajuće rezultate. Na zahtjev brodogradilišta, čeličane često unose i tehnološke oznake iz narudžbene specifikacije materijala, i to brojeve novogradnje, grupe, sekcije i građevnog dijela, odnosno brojeve modula tehnološke rasčlane broda. Zbog neujednačenog hlađenja poslije valjanja, limovi se iz čeličana dobiju uzdužno valoviti, lokalno ispušteni ili iskrivljeni u plohi. Osim toga, limovi se prilikom transporta od čeličane do brodogradilišta mogu manje ili više deformisati. Zbog toga ih je potrebno izravnati na valjku za ravnanje prije nego se otpreme u radionicu za obradu. Nakon ravnanja lim se transportuje valjčanom stazom u postrojenje za čišćenje. Odmah nakon čišćenja limovi se zaštićuju osnovnim premazom boje.⁷⁷

3.2. Obrada građevnih djelova jahte

Limovi i profili namjenjeni za izgradnju brodskog trupa prolaze kroz proizvodno-tehnički proces brodogradilišta određenim razvojnim putem, da bi se od njih proizveli određeni građevni djelovi, podsklopovi, sklopovi, brodske prostore i konačno sastavio trup i nadgrađe broda.

Tabela 1. Tehnološka podjela broda s obzirom na proces gradnje

Razvojni stepen gradnje	Tehnološki stepen	Tumačenje
Obrada		Rezanje plinskim plamenom ili raznim mehaničkim noževima rubova, izreza i otvora na limovima i profilima, te oblikovanje limova i profila na odgovarajućim strojevima, sve u skladu s radioničkim nacrtima tih elemenata.
Predmontaža		Spajanje obrađenih elemenata elektrolučnim zavarivanjem u sklopove nosača i sklopove limova i sastavljanje volumenskih i blok sekcija od sklopova i pojedinačnih elemenata.
Montaža		Sastavljanje na ležaju volumenskih i blok sekcija u brodske prostore.
Predaja broda vodi		Postavljanje opreme ležaja i pripremanje broda, namjenjenih, za predaju izgrađenog broda vodi, te izvršenje ove posljednje operacije.

Izvor: Grubišić M., (1978). *Tehnologija gradnje broda*. Split: Viša pomorska škola, str. 182

Razvojni put limova i profila u proizvodno-tehničkom procesu podijeljen je u nekoliko faza:

- obrada limova i profila u skladu s tehničkom dokumentacijom, da bi se proizveli pojedinačni građevni djelovi (limovi vanjske oplate, limovi pregrada, limovi paluba, limovi razdjelnih stijenka brodskih prostora te rebara, sponje, uzdužnjaci itd.);
- spajanje građevnih djelova u manje ili veće cjeline (sekcije) na pogodnim površinama izvan ležaja;
- izgradnja brodskog trupa na ležaju, sastavljanjem sekcija;

⁷⁷ Ibid., str. 197 – 208.

- predaja broda vodi.⁷⁸

Prije nego se pređe na pojedine radne operacije u brodograđevnim radionicama, potrebno je izvršiti podjelu limova po vrstama radnih operacija. Građevni djelovi trupa, koji se prave od limova, su različiti po veličini i obliku. S obzirom na načine obrade i potrebne strojeve za njihovu obradu, oni se mogu svrstati u četiri osnovne grupe:

1. ravne djelove pravougaonog oblika,
2. ravne manje djelove raznolikog oblika,
3. ravne djelove nepravilnog oblika i blago zakriviljene djelove,
4. jako zakriviljene djelove.

Svaka od tih grupa ima tačno utvrđen redosled radova. Tehnologijom rada tačno je zacrtan put pojedinih grupa kroz radionice i preko pojedinih radnih mjesta. Grupisanjem srodnih građevnih djelova, prema kriterijumu tehnologije obrade, bez obzira na njihovu funkcionalnu pripadnost, postiže se racionalna proizvodnja.⁷⁹

Najvažniji elementi broda koji se prave od profilisanog čelika su: rebra, sponje, uzdužnjaci i ukrepe. Obrada profila se sastoji od oblikovanja specifikovanog profila na potrebni oblik i rezanja krajeva prema ucrtanim linijama i/ili označenim uputama.⁸⁰

Da bi se čelični materijal trupa broda, a naročito limovi, mogao dobro zaštитiti premazom, osnovno je da podloga bude dobro očišćena. Nakon ravnjanja, čišćenja i označavanja limova i profila počinje njihova obrada. Postupci obrade su: obrezivanje rubova, bljanjanje rubova, probijanje ili bušenje rupa, upuštanje rupa, probijanje ili rezanje otvora i provlaka, privijanje, isklinjavanje, savijanje, prirubljivanje, isijecanje skalopa, krivljenje na hladno ili na toplo itd.⁸¹

3.3. Izrada djelova (sekcija) – predmontaža

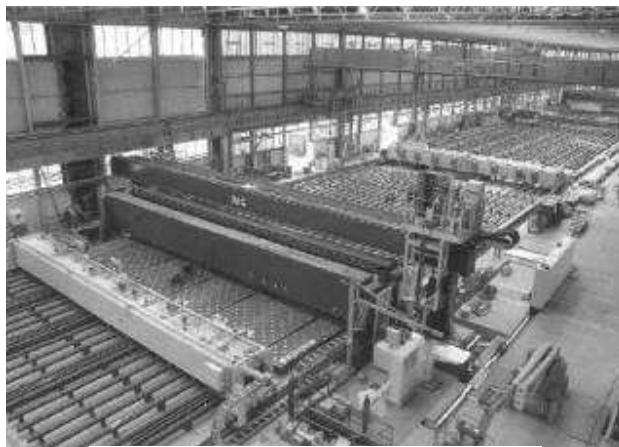
Nakon obrade građevnih djelova, u procesu gradnje brodskog trupa, slijedi izrada sekcija. Prvo se iz limova i profila spajaju ravne sekcije, takozvani paneli, a zatim se iz ovih grade poluzapreminske i zapreminske sekcije. Elementi se spajaju zavarivanjem, a pri tome se do maksimuma koriste automatizovani postupci zavarivanja. U visokoproduktivnim postupcima se odmah ugrađuju cjevovodi i razna druga oprema, pa se tako formirane sekcije zajedno s opremom nazivaju blok-sekcije ili moduli.

⁷⁸ Ibid., str. 181.

⁷⁹ Ibid., str. 219.

⁸⁰ Ibid., str. 311 – 312.

⁸¹ Šilović S., et al., op. cit., str. 381.



Slika 15. Linija za izradu tankih panela

Izvor: Markovina R. (Ed.), (2010). Zbornik radova XIX Simpozij „Teorija i praksa brodogradnje SORTA 2010“. Split: Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, str. 186

Izrada sekcija se naziva predmontaža. Transport na prostorima za izradu elemenata i sekcija se najčešće obavlja dizalicama. Obično su to mosne, portalne ili dizalice kotarke.⁸² Sastavljanje obrađenih djelova u sekcije izvan ležaja za gradnju broda ima svoje opravdanje zato što su uslovi za rad u predmonatži povoljniji, nego što su na ležaju. Da bi gradnja bila kvalitetna, ekonomična i brza, sekcije je nužno graditi redosledom koji je utvrđen tehnološkim procesom gradnje. Za sve operacije u tehnološkom procesu potrebno je imati radnu dokumentaciju i odgovarajuću organizaciju radova.⁸³



Slika 16. Portal za montažu profila

Izvor: Markovina R. (Ed.), (2010). Zbornik radova XIX Simpozij „Teorija i praksa brodogradnje SORTA 2010“. Split: Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, str. 191

Za sekciju gradnju broda značajno je sastavljanje pojedinačnih djelova, jednostavnih sklopova i složenih sklopova u jednu zajedničku cjelinu (sekciju), koja se zatim sastavlja s drugim odgovarajućim cjelinama (sekcijama), a to je sastavljanje ili montaža trupa. Osnovna tehnološka koncepcija osniva se na tipu i veličini broda koji se gradi, te na tehničkim sredstvima kojima brodogradilište raspolaze. Zbog toga je ona različita skoro za svako brodogradilište. Osnova svih

⁸² Grgić A., Živić R., op. cit., str. 160.

⁸³ Grubišić M., op. cit., str. 330.

tih koncepcija je izrada određenih prostora broda u predmontaži. Što se tiče redosleda izrade sekcija, osnova te koncepcije je da se najprije grade oni prostori u kojima je najveća koncentracija opremnih radova.⁸⁴

Kolike će sekcije neko brodogradilište da radi uglavnom zavisi od sposobnosti dizalica na području montaže brodskog trupa, od razvoja i opremljenosti brodogradilišta i od sposobnosti radne površine (namjenjene za sastavljanje broda) da izdrži opterećenje broda koji se gradi. U površinske sekcije se ubrajaju sekcije poprečnih i uzdužnih pregrada, sekcije paluba, sekcije bočnog opločenja, sekcije pokrova dvodna. Zapreminske sekcijama pripadaju: sekcija dvodna, fundamenti glavnih i pomoćnih mašina, sekcije pramčanog i krmenog pika, osovinski tunel, sekcije nadgrađa i dr. Od površinskih i zapreminske sekcije mogu se raditi blok sekcije (tzv. prstenaste sekcije).⁸⁵

3.3.1. Načini izrade i naziv sekcija

Najprije se utvrđuje opšti naziv pojedinih građevnih sklopova trupa sastavljenih iz dvaju i više djelova: bilo to limova ili profila, ili kombinacije limova i profila. Od najjednostavnijih do najsloženijih, to su: jednostavni sklopovi nosača, složeni sklopovi nosača, sklopovi limova, plošne sekcije (ravne, zakrivljene), volumenske sekcije, blok-sekcije.

Tabela 2. Podjela građevnih sklopova trupa

Naziv	Skica	Primjer
1	2	3
Jednostavni sklopovi nosača		Razni izrađeni profili, poveze, proveze, poprečnjaci dna i palube, ugaoni djelovi okvira, okvirne ukrepe pregrada itd.
Složeni sklopovi nosača		Poprečna okvirna rebra, uzdužni okvirni nosači, kompletni okviri, rešetke temelja i drugi slični nosači
Sklopovi limova a) zakrivljeni b) ravni (panel)		Opločenja za sve plošne sekcije
Plošne sekcije a) ravne b) zakrivljene		Orebrena oplata dna, orebrena oplata boka, orebreni pokrov dvodna, orebrena pregrada, orebrene stijenke nadgrađa itd.
Volumenske sekcije		Sekcija dvodna, sekcija strukturnog tanka, sekcija pramca, sekcija krme, sekcija nadgrađa itd.
Blok-sekcije		Prstenasta sekcija trupa, blok-sekcija nadgrađa i slične

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 339-340

⁸⁴ Ibid., str. 338.

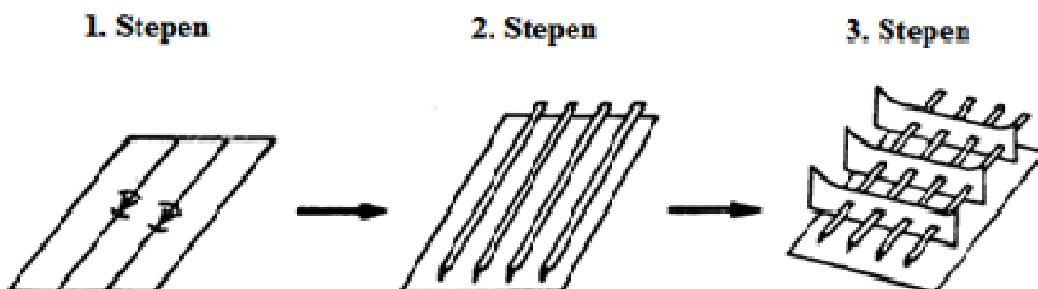
⁸⁵ Jovanović P., Đorđević N., op. cit., str. 193.

Savremeni način gradnje broda se sastoji u primjeni sistema prostornih ili blok-sekcija i procesnoj predmontaži opreme, tj. u istovremenom opremanju pojedinih brodskih prostora s izgradnjom i primopredajom tih prostora.⁸⁶ Budući da je brod vrlo složen proizvod, organizovanje njegove izgradnje postavlja pred brodograditelje mnoge probleme, koji su karakterisani s jedne strane složenošću objekta, a s druge strane opsežnošću poslova. Planiranje svih radova od narudžbe do primopredaje broda obuhvata barem 20 do 30 hiljada aktivnosti.⁸⁷ U načelu, od svih se proizvoda očekuje da budu 100% sigurni. Uprkos tome, greške ili nedostaci se ne mogu u potpunosti izbjegći. Stoga, danas ne postoji brodogradilište koje ne vrši kontrolu kvaliteta proizvoda za vrijeme ili nakon bilo koje faze izgradnje brodskog trupa. Kontrola nekog dijela trupa, npr. neke plošne sekcije, sastoji se od: provjeravanja dimenzija ugrađenih elemenata, limova i profila; provjeravanje ispravnosti obrade elemenata; pregled radi eventualnih oštećenja limova i profila; provjeravanje ispravnosti montaže elemenata; pregleda svih zavara plošne sekcije.⁸⁸

3.3.2. Izrada volumenskih sekcija

Nakon plošnih sekcija, sledeći stepen izgradnje trupa je izrada volumenskih sekcija. One mogu biti otvorenog ili zatvorenog tipa. Tipične volumenske sekcije zatvorenog tipa su: sekcije dvodna, strukturnih tankova, dvostrukе oplate, dvoplatne pregrade, tunela, nadgrađa i krajeva brodskog trupa. Trodimenzionalne sekcije imaju mnogo različitih konstrukcijskih osobina: ima vrlo jednostavnih bočnih sekcija, do složenih sekcija krmenog pika (krmena statva i nekoliko redova platformi i paluba). Zbog toga se one prave po različitim tehnološkim postupcima. Volumenska sekcija otvorenog tipa je npr. bočna uzdužna pregrada s okvirnim nosačima.

Postupni prelaz s jednostavnih na složenije sekcije je potreban da bi se mogla kontrolisati stezna naprezanja pojedinih zavarenih šavova. Naime, na velikim zavarenim konstrukcijama ne smiju spomenuta stezna naprezanja djelovati na čitavu konstrukciju, jer bi na kraju mogla dovesti do velikih odstupanja u dimenzijama sekcije. Stoga, konstrukciju brodskog trupa treba podijeliti na pojedine sklopove, koji se prije sastavljanja u sledeću veću sekciju, npr. volumensku, mogu potpuno završno zavariti i, kada je potrebno, naknadno izravnati.⁸⁹



Slika 17. Primjer sastavljanja otvorene volumenske sekcije
Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 436

⁸⁶ Grubišić M., op. cit., str. 339 – 341.

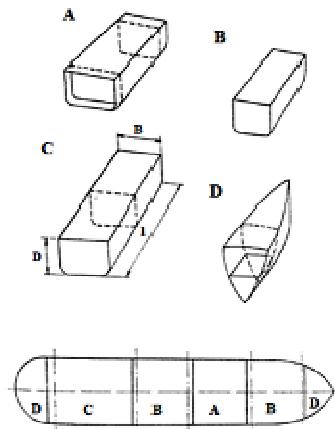
⁸⁷ Ibid., str. 351 – 352.

⁸⁸ Ibid., str. 420.

⁸⁹ Ibid., str. 427.

3.3.3. Blok-sekcije

Izgradnja blok-sekcija se vrši u velikim radnim dvoranama ili na otvorenom prostoru u blizini dilja. Sastavi li se određeni broj plošnih, odnosno plošnih i volumenskih sekcija, dobije se složena prostorna sekcija ili blok-sekcija. Tehnološkom razradom izgradnje broda danas se često predviđa takvim načinom sastavljanja izrada cijelih nadgrađa. Blok-sekcije se protežu po cijeloj širini i visini broda, a po dužini broda, obično za dužinu jednog lima. Tehnologijom izgradnje trupa tačno je određeno mjesto spoja dviju blok-sekcija. Pri poprečnom sistemu rebara taj spoj je udaljen od poprečnog rebra oko 1/3 do 1/4 razmaka, pa i manje. Pri uzdužnom sistemu rebara spoj dviju blok-sekcija treba da bude takav da omogući laku montažu. Zbog toga, profili jedne sekcije preklapaju se s limovima druge sekcije, i obratno.



Slika 18. Nekoliko tipičnih podjela broda na tzv. prstenaste blok sekcije: A - blok-sekcija s dvije poprečne pregrade, B - blok-sekcija bez poprečnih pregrada, C - blok-sekcija s jednom poprečnom pregradom, D - blok-sekcija pramaca, odnosno krme.

Izvor: Grubišić M., (1978). *Tehnologija gradnje broda*. Split: Viša pomorska škola, str. 443

Velike blok-sekcije obično se prave u neposrednoj blizini dilja. U modernijim brodogradilištima predmontaža velikih blok-sekcija se vrši na gornjem kraju suvog doka koji je natkriven i nalazi se u produžetku dvorane za predmontažu.⁹⁰ Novi načini izrade sekcija, posebno onih za velike brodove, omogućuju da se čitavi djelovi broda (pramac, krma, nadgrađe) dovrše s potpunom ili djelimičnom opremom prije nego se transportuju na ležaj. Tendencija je da se gotove blok-sekcije potpuno opremljene montiraju na brod i zavaruju, što omogućava da se brod preda vodi opremljen i do 80%.

3.4. Sastavljanje trupa broda-jahte

Izgradnja broda na dilju obuhvata: pripremu dilja, spajanje sekcija, ispitivanje tankova i opremanje broda na dilju. Dilj je radni prostor na kojem se gradi brod. Ukratko rečeno, dilj je gradilište za brod, odnosno opremljeno gradilište za izgradnju brodova i za njihovu predaju vodi. Diljevi mogu biti kosi i vodoravni:

1. Kosi diljevi: navoz za srednje brodove - uzdužno porinuće, navoz za male brodove - bočno porinuće, navoz za gradnju u taktu - bočno i uzdužno porinuće.
2. Vodoravni diljevi: suvi dokovi, montažne površine.

⁹⁰ Ibid., str. 440 – 445.

Od vrste dilja zavisi način gradnje trupa na ležaju i način kako se brodovi predaju vodi. Kosi dilj se naziva zato jer mu je ploha ležaja broda koso položena. Kosi ležaj broda se uopšteno naziva navoz. Taj naziv je nastao iz razloga što se manji brodovi radi popravka izvlače na kosi ležaj. S obzirom na način porinuća, postoji uzdužni i poprečni navoz. Navoz se uopšteno dijeli na nadvodni i podvodni dio, odnosno na navoz i prednavoz.⁹¹ Navoz je mjesto gdje se vrši montaža i popravak brodskog trupa, izrađen je sa nagibom prema površini vode tako da se nakon dovršenja brod po kosini može porinuti u vodu. Navozi se dijele na navoze za uzdužno porinuće i navoze za poprečno porinuće. Uzdužni navozi se obično koriste kod morskih brodogradilišta. Navoz se dijeli na nadvodni i podvodni dio.⁹² Poprečni navozi mogu biti:

1. Poprečni navozi sa stazama (kliznim) kod kojih podvodni dio omogućava mirno spuštanje broda i da brod normalno zaplovi.
2. Poprečni navoz za spuštanje pomoću nakretanja.
3. U pojedinim zemljama se laki brodovi puštaju da padnu s poprečnog navoza.⁹³

Izgradnja broda na vodoravnom dilju je lakša, pošto se brod na njemu može graditi na ravnoj kobilici, tj. u vodoravnom položaju. Vodoravni diljevi se dijele u tri grupa: vodoravni diljevi za gradnju malih brodova, vodoravni diljevi za gradnju srednjih brodova i vodoravni diljevi za gradnju velikih brodova (suhi dok).⁹⁴

Podloga kosog uzdužnog navoza mora biti dovoljno čvrsta da bez ikakvih deformacija preuzme sva opterećenja koja nastaju prilikom postepenog montiranja broda. Ispod središnjice broda postavljaju se potklade koje mogu biti od drva, armiranog betona ili čeličnih limova i profila. Betonske i čelične potklade imaju na vrhu drveni pokrov. Potklade se po pravilu postavljaju ispod svakog drugog rebra. Osim centralnih potklada, ispod broda se postavljaju bočna sjedala, koja se ne postavljaju gusto kao potklade, nego po pravilu samo ispod pregrada i okvirnih rebara. Osim potkladama i sjedalima, brod se podupire još bočnim potpornim gredama od drva. Osnovna linija kobilice nije uvijek postavljena s nagibom navoza. Nakon što je dilj pripremljen i potklade pravilno postavljene, počinje montaža broda.

Gotovi elementi se dovoze i na mjestu izgradnje montira se brod. Sekcije trupa moraju prije spajanja biti pravilno postavljene i fiksirane. Prilikom spajanja blok-sekcija treba naročito paziti na redosled zavarivanja, da ne bi nastale deformacije ili nedozvoljeno veliki naponi u konstrukciji. Teške blok-sekcije se pomiču jedna prema drugoj na specijalnim valjčanim stazama ili pomoću jakih dizalica.⁹⁵ Brodska trup nastaje spajanjem raznovrsnih sekacija izrađenih u predmontaži. Tokom tog postupka, prilagođavaju se i dovode u međusobni sklad različiti proizvodi predmontaže. Opseg i način sastavljanja zavisi od primjenjenog načina gradnje i konstrukcije broda. Nezavisno od načina gradnje, radovi se redovno izvode od prednje pregrade strojarnice prema krmi i pramcu, od simetrale broda prema bokovima i od kobilice prema palubi i nadgradnjama (nadgrađa). Tako se postupa zbog toga jer je u strojarnici i nadgradnjama nad njom koncentrisan veliki dio postrojenja, uređaja i opreme broda. Svrha toga je da se glavni pogonski stroj, osovinski vod, pomoćni strojevi i uređaji strojarnice, kormilni stroj i uređaji i

⁹¹ Ibid., str. 465 – 466.

⁹² Jovanović P., Đorđević N., op. cit., str. 235 – 238.

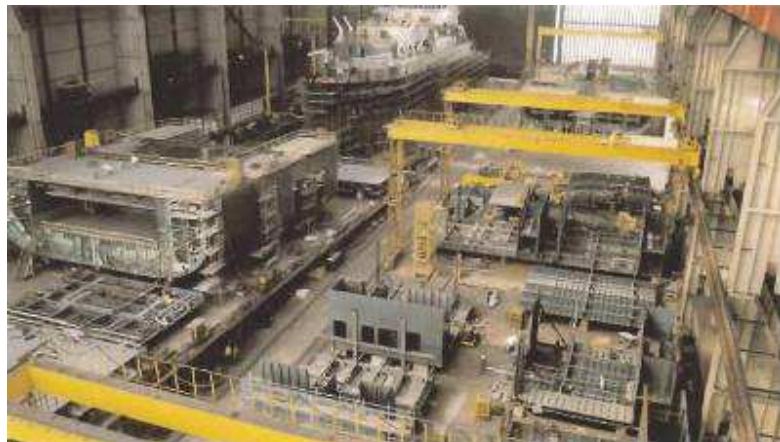
⁹³ Ibid., str. 242.

⁹⁴ Grubišić M., op. cit., str. 474 – 475.

⁹⁵ Šilović S., et al., op. cit., str. 387 – 389.

oprema prostorija krmene nadgradnje ugrađuju u trup u vremenu dok se prednji dio trupa sastavlja.⁹⁶

Sekcije trupa, napravljene u predmontaži, uskladište se po poljima, predviđenim za tu svrhu, u neposrednoj blizini dilja. Blok-sekcije i nepravilne volumenske sekcije uskladišćuju se pojedinačno, a pravilne volumenske i plošne sekcije u skupinama. Sekcije položene u skupinama složene su u redu koji odgovara postupnosti njihove montaže na ležaju. Dosta sekcija, a pogotovo one prostorne, transportuju se s radnih površina predmontaže direktno na ležaj dilja.⁹⁷



Slika 19. Montažna radionica

Izvor: Van Dokkum K., (2003). Ship knowledge – A modern encyclopedia. Enkhuizen: DOKMAR, p. 76

3.4.1. Načini izgradnje brodskog trupa

Gradnja trupa na ležaju izvodi se spajanjem sekcija izrađenih u predmontaži. Zavisno od primjenjenog stepena predmontaže, trup se na ležaju može graditi:

- spajanjem plošnih i volumenskih sekcija,
- spajanjem blok-sekcija (prstenastih sekcija).

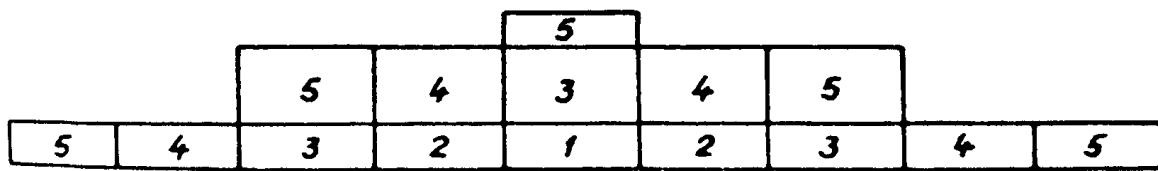
Uopšteno rečeno, pri gradnji trupa treba uskladiti montažu različitih predmontažnih proizvoda. Redosled ugradnje pojedinih sekcija nije uvijek i svugdje isti, razlikuje se od jednog do drugog brodogradilišta, a isto tako od broda do broda. U brodograđevnoj praksi su se ustalila tri osnovna postupka gradnje:

- način gradnje u obliku piramide,
- slojasti način gradnje,
- prstenasti način gradnje.

Koji će postupak brodogradilište primjeniti zavisi od njegovih tehničko-tehnoloških mogućnosti, vrsti i veličini broda koji se gradi, kao i od stečenog iskustva. Brodogradilišta primjenjuju na istom brodu i kombinaciju postupaka gradnje: jedan dio broda grade jednim, a drugi drugim postupkom. Odlučujuću ulogu ima razvoj tehnologije opremanja broda. Brodogradilišta su tehnološki podjelila brod na prikladne sekcije koje omogućuju uranjeno opremanje, a time se dobrim dijelom opremanje broda prenijelo u predmontažu.

⁹⁶ Grubišić M., op. cit., str. 464.

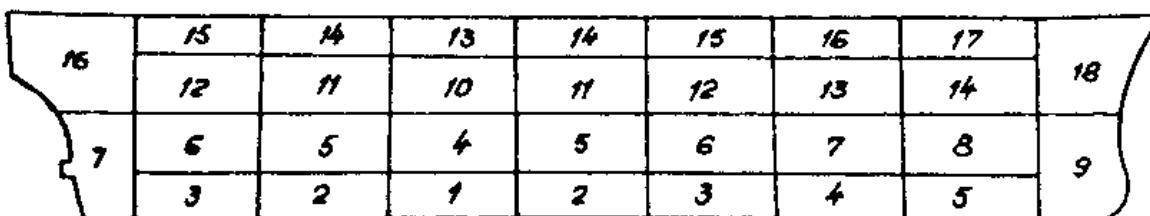
⁹⁷ Ibid., str. 504.



Slika 20. Način gradnje u obliku piramide

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 515

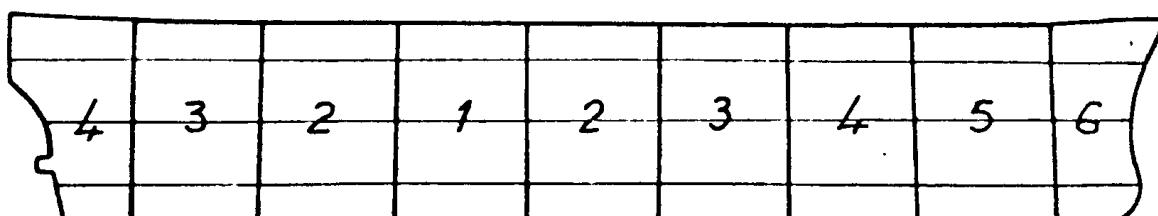
Montaža prve sekcije počinje od prednje pregrade strojarnice. Od te sekcije gradnje se nastavlja prema krmi i pramcu, a istovremeno i prema palubi. Takav način izgradnje primjenjuje se u brodogradilištima u kojima nije razvijena tehnologija uranjenog opremanja sekcijsa. Piramidalnim načinom gradnje želi se brzo zatvoriti prostor strojarnice, kako bi se što prije omogućio početak opremanja tog prostora.



Slika 21. Slojasti način gradnje trupa

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 516

I pri ovom načinu gradnje trupa započinje se od prednje pregrade strojarnice. Odatle se gradnja širi prema krmi i pramcu. Istim redosledom gradnja napreduje i na sledećem sloju po visini, tj. u drugom sloju. Tako se gradi trup sve do gornje palube. Takav način izgradnje trupa omogućuje istovremeno uključivanje u posao velikih radnih kapaciteta i zahtjeva potpuno opremanje sekcijsa u predmontaži.



Slika 22. Prstenasti način gradnje

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 516

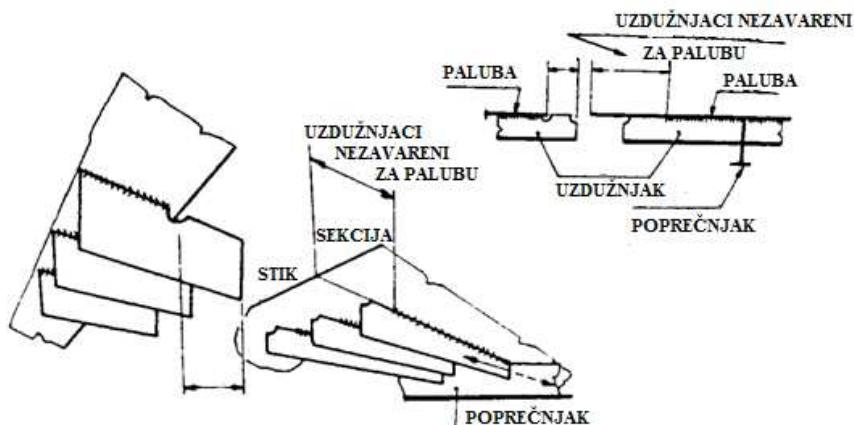
Brod se podjeli po dužini na određeni broj prstena. Veličina, odnosno težina prstena, zavisi od kapaciteta dizalica dilja na kojem se gradi brod. Gradnja trupa na ležaju započinje takođe od prednje pregrade strojarnice, pa se istovremeno nastavlja prema krmi i pramcu. Za taj način gradnje značajno je da se u predmontaži najprije međusobno spoje plošne sekcijs u prstenastu sekcijs, a zatim se prstenaste sekcijs spoje na ležaju jedna s drugom. Takav način izgradnje zahtjeva veliku tačnost predmontaže i strogu dimenzijsku kontrolu.

Treba razlikovati stacionarnu od pokretne montaže na ležaju. Pri stacionarnoj montaži trup broda ostaje nepomičan na ležaju za čitavo vrijeme montaže, dok se pri pokretnoj montaži trup kreće po postupku koraka. Gradnja krme započinje pod krovom, u koje područje prodire prednji dio bazena suvog doka. Kad se krma izgradi, pomakne se jakim hidrauličnim napravama za "korak" prema vani, na otvoreno, i nakon toga uz tu sekcijs započinje, opet pod krovom, gradnja sledeće

blok-sekcije trupa, kada se ta sekcija izgradi, izvrši se sledeći korak, itd., sve do pramčane sekcije. Dok se pod krovom vrši izgradnja i opremanje sekcije za sekcijom, vani se odvijaju preostali radovi na opremanju broda. Takav način rada omogućuje izgradnju trupa pod krovom i pravovremeno opremanje krmenog dijela broda. Kombinacija ovih dvaju načina jest gradnja broda po tzv. polu-tandem sistemu. Pri tom načinu, istovremeno se grade jedan brod i krmeni dio drugog, ispred njega. Izgradnja se vrši u suvom doku. Kad se prvi brod preda vodi, pomakne se krma drugog broda naprijed, u konačni položaj. Istovremeno s nastavkom izgradnje drugog broda, započinje gradnja i krmenog dijela trećeg broda. Takvim načinom gradnje postiže se maksimalno iskorišćenje doka.⁹⁸ Kod gradnje velikih brodova (dužine preko 250 m) na ograničenim dužinama navoza, brod se gradi na navozu iz dva dijela. Brodu se prvo radi krmena polovina i ona se porine u more, a na navozu se zatim nastavlja gradnja pramčane polovine. Za vrijeme gradnje pramčane polovine broda, oprema se krmena polovina broda.⁹⁹

3.4.2. Ugradnja i prilagođavanje sekcija na ležaju

Nakon što se potklade pravilno postave, počinje izgradnja trupa. Danas se pod izrazom "polaganje kobilice" podrazumjeva postavljanje prve sekcije na potklade dilja, bez obzira kakva je vrsta sekcije.¹⁰⁰ Da bi se dvije blok-sekcije mogle ispravno međusobno spojiti, njihovi poprečni presjeci na mjestu spoja moraju biti potpuno jednakih dimenzija i oblika, tj. sukladni. Osim toga, svi poprečni presjeci na spoju moraju se nalaziti u ravnini koja je okomita na uzdužnu osu broda. Dovođenje svih elemenata na mjestu spoja u spomenutu ravninu postiže se obilježavanjem.¹⁰¹ Uopšteno gledajući, da bi se olakšala ugradnja sekcija, ostavlja se, u predmontaži, na jednoj sekciji pretičak profila, a na susjednoj pretičak limova. Takvom izvedbom sekcija je osigurana povoljna čvrstoća spoja.



Slika 23. Spajanje dvije plošne sekcije palube

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 568

Pri tehnološkoj razradi izgradnje sekcija u predmontaži, treba težiti da svaka sekcija pri ugradnji na ležaju dovodi sama sebe u relativni položaj prema susjednim sekcijama. Da bi se to postiglo, upravo se i ostavljaju spomenute pretičke, koji se naslanjaju jedan na drugoga.¹⁰² Međusobno

⁹⁸ Ibid., str. 514 – 519.

⁹⁹ Jovanović P., Đorđević N., op. cit., str. 205.

¹⁰⁰ Grubišić M., op. cit., str. 535 – 536.

¹⁰¹ Ibid., str. 563.

¹⁰² Ibid., str. 567 – 568.

spajanje pojedinih djelova, pa tako i sekcija na ležaju, skoro isključivo, vrši se zavarivanjem. Prilikom spajanja blok-sekcija treba naročito paziti na redosled zavarivanja, da ne bi nastale deformacije ili nedopušteno velika naprezanja konstrukcije.¹⁰³

3.5. Porinuće jahte

Nakon gradnje, izgrađeni brod se porine u vodu. To je jedan od najkritičnijih trenutaka u procesu gradnje broda, naročito ako su u pitanju brodovi čija je veličina blizu gornje granice mogućnosti brodogradilišta. Zbog toga se vrše opsežni proračuni porinuća, a često i modelske probe.¹⁰⁴ Predaja broda vodi se može izvesti na više načina:

- a) punjenjem bazena suvog doka dok brod zapluta,
- b) spuštanjem u vodu dizalicom,
- c) saonicama ili drugim napravama brod se s navoza porine u vodu,
- d) spuštanjem u vodu na platformi.

Za predaju broda vodi a), b) i d) postupcima nisu potrebne neke osobite pripreme. Ako se brod gradi u suvom doku, onda se nakon završnih radova, odstrane bočne potklade, a zatim u bazen doka pusti voda. To je zapravo operacija razdokovanja broda. Kad se nivo vode podigne do plovne vodne linije, brod zapluta. Kritično stanje stabiliteta broda nastaje kada se kobilica započne odvajati od potklada na jednom ili na drugom kraju, normalno na pramcu. Zato je važno poznavati veličinu trima broda kad zapluta, jer je ta veličina vodeći činilac za veličinu reakcije kobiličnih potklada. Zbog toga je često potrebno smanjiti trim dodavajući kruti ili tečni balast prije predaje broda vodi.¹⁰⁵ Jedino porinuće s kosog navoza zahtjeva brojne predradnje i pripreme. Treba pripremiti saonik i saonice, težinu broda prenijeti sa centralnih potklada i bočnih sjedala na saonice, podmazati klizne površine saonika i saonica, postaviti zaporne naprave koje sprečavaju da brod prije vremena sklizne niz navoz itd. Gotovo svi uzdužni navozi imaju saonik sa dvije klizne staze, ali postoje i saonici s jednom stazom i sa tri, pa i četiri staze. Posebni zaporni uređaji sprečavaju saonice da prije vremena krenu niz saonik. Porinuće je jedna od najvažnijih i najkritičnijih etapa u toku gradnje broda, jer kad se masa broda jednom počne kretati, nema mogućnosti da se ispravi neka greška učinjena u pripremama za porinuće. Upravo zato se priprema navoza detaljno planira, a za samu operaciju porinuća se daju se detaljna uputstva i sastavlja se program.¹⁰⁶

Pod porinućem se podrazumjeva spuštanje broda niz naročito opremljenu kosu ravan sa navoza (ležaja), mjesto gdje je brod na obali građen, u vodu. Pri tom je brod djelimično završen tako da težina pri spuštanju iznosi 60-90% od težine na konstruktivnoj vodnoj liniji. Obično se brod spušta sa montiranim propelerom, propelernim vratilom i dijelom pomoćnih mašina. Ima slučajeva kad se spušta brod u skoro završenom stanju sa glavnim mašinama i opremom.

Prema tome da li brod ulazi u vodu u uzdužnom ili poprečnom smjeru, razlikuje se uzdužno porinuće i poprečno porinuće. Pri uzdužnom porinuću brod ulazi u vodu najprije krmom, i to iz sljedećih razloga: oblici krme su puniji pa brod prije dobija uzgon koji će ga dignuti s navoza; otpor vode pri kretanju krmom je veći nego pri kretanju pramcem pa će se brod nakon porinuća prije zaustaviti; zbog uskih oblika pramca i njegove čvrste konstrukcije lakše je preuzeti na

¹⁰³ Ibid., str. 573.

¹⁰⁴ Grgić A., Živić R., op. cit., str. 163.

¹⁰⁵ Grubišić M., op. cit., str. 605 – 607.

¹⁰⁶ Šilović S., et al., op. cit., str. 389 – 391.

pramcu nego na krmi veliku reakciju koja se javlja prilikom okretanja na čelu saonica, krma je mnogo osjetljivija prema većoj deformaciji, zbog osovinskih vodova i uređaja za kormilarenje pa je treba postaviti u područje manjih pritisaka.¹⁰⁷ Može se reći da se morski brodovi skoro isključivo spuštaju uzdužno, a riječni poprečno.¹⁰⁸ Proces porinuća ili cijelo porinuće se dijeli na četiri karakteristične faze:

1. U prvoj fazi se brod kreće po suvom dijelu navoza, kad još nema nikakav uzgon.
2. U drugoj fazi porinuća brod ulazi jednim svojim dijelom u vodu, pa se javljaju sile uzgona i otpora broda.
3. Treća faza porinuća, brod se počne okretati oko čela saonica, te se cijelokupni pritisak koncentriše na tom mjestu.
4. Četvrta faza porinuća. Kod ove faze imamo slobodan otplov.¹⁰⁹

Prije porinuća broda potrebno je izvršiti niz priprema i predradnji i na brodu i na dilju. Manji brodovi koji se dizalicom polažu u vodu, po pravilu su potpuno dovršeni na dilju, pa ih za polaganje u vodu ne treba specijalno pripremati. Isto vrijedi i za brodove srednje veličine koji se na specijalnim platformama dovlače na obalu i zajedno s platformom spuštaju u vodu. Brodovi građeni u horizontalnom položaju u jami ili u suvom doku moraju biti toliko dovršeni, tj. izgrađeni, da sigurno zaplataju, ali treba završiti i sve one radove koji zahtjevaju posebno dokovanje (npr. radove na otvorima i privjescima podvodne oplate trupa, ugradnju i regulisanje osovinskog voda s propelerom itd.). Gradnja u jami ili suvom doku ima tu prednost da se osovinski vod može ugraditi i centrirati bez poteškoća, što nije slučaj ako se brod gradi na kosom navozu.¹¹⁰ Normalno je da se u trup broda prije predaje vodi ugraditi propeler i njegova osovina s ležajima, kormilo, podvodni ventili, priključci za dubinomjer i brzinomjer i čepovi dna. Osim toga, potrebno je podvodni dio broda obojiti antikorozivnim premazom i zaštititi ga od štetnog uticaja galvanske struje u moru.¹¹¹

3.5.1. Opremanje broda

Poslije porinuća brod odvlače na opremnu obalu gdje se vrši ugradnja razne opreme koju nije bilo praktično ugrađivati tokom gradnje broda na navozu.¹¹² U opremu broda spadaju svi uređaji, naprave i djelovi broda osim golog brodskog trupa i pogonskog postrojenja. Prema namjeni, standardna oprema broda se može podijeliti na ove glavne grupe:

- oprema koja služi za baratanje teretom, za zaštitu i čuvanje tereta;
- oprema stambenih prostorija i prostorija potrebnih za normalan život na brodu;
- navigacijska oprema;
- oprema koja služi za sigurnost i zaštitu broda;
- oprema za spasavanje;
- oprema za sidrenje i privez broda;
- oprema za grijanje, hlađenje i ventilaciju brodskih prostorija;
- obloge i izolacije prostorija i paluba;

¹⁰⁷ Ibid., str. 183.

¹⁰⁸ Ribar B., (1986). Teorija broda. Beograd: Mašinski fakultet, str. 185.

¹⁰⁹ Jovanović P., Đorđević N., op. cit., str. 239 – 241.

¹¹⁰ Šilović S. et al., op. cit., str. 389.

¹¹¹ Grubišić M., op. cit., str. 605.

¹¹² Grgić A., Živić R., op. cit., str. 164.

- sanitarna oprema i razni sistemi cijevnih vodova;
- oprema za signalizaciju i održavanje veze s vanjskim svijetom.

Specijalni tipovi brodova imaju osim standardne i različitu specijalnu opremu, neophodnu da brod može obavljati svoje specifične funkcije. Obično većinu te opreme ne izrađuje brodogradilište već je isporučuje ostala industrija.¹¹³ Gotovo bez izuzetka, uobičajena brodogradilišna praksa je da se glavni i pomoćni strojevi nabavljaju od vanjskih dobavljača. Odgovornost brodogradilišta je, u prvom redu, instalacija opreme, koja uključuje obezbjeđivanje adekvatnih osnova (temelja), konekcije zahtjevanih pomoćnih sredstava (cijevovoda i električne opreme), spajanje osnove (vratila) i poravnavanje (centriranje) i testiranje sistema.¹¹⁴ Na putničkim brodovima su zajedničke prostorije putnika, kao saloni, barovi, čitaonice itd., uređene prema individualnim rješenjima arhitekata.¹¹⁵

Tabela 3. Redosled radova pri opremanju broda

Etapa	I	II	III	IV
Vrsta radova	Montaža glavnih i pomoćnih strojeva		Ugradnja nestrukturnih tankova	Montaža jarbola, soha, stepenica
	Zatvaranje palube		Montaža cijevnih vodova i armature u strojarnici	
	Montaža ventilacijskih uređaja		Opreamanje prostorija	
			Montaža sanitarnih uređaja	Montaža elektroinstalacija
			Montaža sitnih djelova	Postavljanje izolacija
			Čišćenje i skidanje rde	

Izvor: Šilović et al., (1969). *Čamac Brod Brodogradnja*. Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod, str. 391

Opremanje broda obavljaju posebne radionice koje pripremaju za montažu opremu nabavljenu od drugih proizvođača i opremu koju su same izradile. Brodogradilište po pravilu nabavlja svu električnu opremu, strojeve, navigacijske instrumente itd., ali mora samo izraditi cijevne odvode i bravarske i limarske izratke specifičnog oblika. Brodogradilište izrađuje katkada samo nacrte za cijevne vodove, bravarske, limarske itd. predmete i onda te radove naručuje od kooperanata. Ide se katkada i dalje, pa se kooperantima daje samo generalni plan broda i odgovarajući strukturni nacrti trupa, pa oni sami izrađuju konstruktivne i radioničke nacrte djelova opreme. Nakon ugradnje strojeva i uređaja u brod ispituje se najprije svaki sistem pojedinačno, a zatim strojni sistem kao cjelina.¹¹⁶ Proizvodnja i sklapanje cijevnih sistema predstavlja jedan od najvećih oprennih zadataka u brodogradnji.¹¹⁷

Dok je brod vezan uz opremnu obalu obavljaju se i prve probe mašina i raznih brodskih sistema, kao i otklanjanje uočenih grešaka. Pošto se završi opremanje, brod može da krene na probne vožnje.¹¹⁸

3.5.2. Probne vožnje, primoredaja broda, završni i garantni radovi

Primopredaja završenog broda brodovlasniku sastoji se od niza kontrola i ispitivanja kojima se mora utvrditi da brod odgovara propisanim tehničkim uslovima i uslovima ugovora. Sav

¹¹³ Šilović S., et al., op. cit., str. 282.

¹¹⁴ Storch R. L., et al., (1995). *Ship Production (2nd Edition)*. Centreville: Cornell Maritime Press, p. 137.

¹¹⁵ Šilović S. et al., op. cit., str. 294.

¹¹⁶ Ibid., str. 391 - 392.

¹¹⁷ Storch R. L., et al., op. cit., str. 138.

¹¹⁸ Grgić A., Živić R., op. cit., str. 164.

materijal i oprema koji se ugrađuju na brod moraju imati atest klasifikacionog društva, a i pojedine faze gradnje broda kontrolišu eksperti klasifikacionog društva i nadzorni organi brodovlasnika. Brodogradilište mora primopredajnoj komisiji pripremiti tehničku dokumentaciju koja je bila priložena uz ugovor (tehnički opis i generalni plan), kao i dokumentaciju o svim ispitivanjima, kontrolama i izmjenama konstrukcije i opreme tokom gradnje, ateste materijala i opreme, inventarske spiskove opreme i uređaja, popis rezervnih djelova i tablice težina. Takođe, u skladu sa Zakonom o sigurnosti pomorske plovidbe i Pravilima za obavljanje probne plovidbe, brod mora od klasifikacionog društva dobiti svjedodžbu o sposobnosti broda za obavljanje probne plovidbe.

Po dovršenim pripremama obavljaju se najprije ispitivanja na mjestu, a zatim probne vožnje broda. Ispitivanja na mjestu po pravilu obuhvataju pregled broda uz upoređivanje s tehničkom dokumentacijom (projektom i tehničkim uslovima) i kvalitativnu i kvantitativnu kontrolu cijekoplne opreme i svih uređaja broda. Na mjestu se ispituju uređaji za sidrenje, kormilarenje i krcanje tereta, svi sistemi cijevnih vodova, navigacijski instrumenti, funkcionisanje pogonskog uređaja i električnih instalacija, uređaji za vezu, alarmni i sigurnosni sistemi i uređaji za grijanje i ventilaciju. Na probnim vožnjama se ispituju pogon i pomorska svojstva broda. Glavni strojevi, već ispitani na mjestu, ispituju se na probnoj vožnji pod različitim uslovima pogona i pri tome se određuje snaga strojeva, broj okretaja, potrošnja goriva i brzina broda. Ispituje se i ubrzavanje i zaustavljanje broda, kormilarska svojstva broda, vibracije brodskog trupa i pogonskog postrojenja, uređaji za sidrenje.

Ako je sve u redu, komisija sastavlja primopredajni zapisnik i predaje brod naručiocu. Primopredaja se ne može sprovesti dok brodogradilište ne otkloni sve bitne greške koje je utvrdila komisija. Ponekad se sitniji nedostaci otklanjaju za vrijeme prve vožnje broda. Od momenta predaje komande broda brodovlasniku počinje ugovoren garantni rok. Sve nedostatke uočene za vrijeme garantnog roka, a za koje se utvrdi da nisu nastali pogrešnim radom posade, brodogradilište mora popraviti bez nadoknade. Ako je brod daleko od matičnog brodogradilišta, otklanjanje nedostataka može uprava broda povjeriti najbližem brodogradilištu, a radovi padaju na trošak brodogradilišta koje je brod izgradilo. Po isteku ugovorenog garantnog perioda gase se sve obaveze brodogradilišta.¹¹⁹

¹¹⁹ Šilović S., et al., op. cit., str. 393 – 394.

4. PRIPREMNI RADOVI BRODOGRADILIŠTA

4.1. Pripremni radovi izvan brodograđevnog odjeljenja

Prije početka stvarne gradnje trupa, tj. prije početka radova u radionicama brodograđevnog odjeljenja, treba obaviti opsežne pripremne radove u planskom, projektnom, konstrukcijskom i u tehnološkom uredu. Ti radovi obuhvataju izradu tehničke dokumentacije, koja sadrži:

- 1) Planove: dokumentacije, materijala, obrade crne metalurgije, predmontaže i montaže;
- 2) Projekat tehnologije gradnje;
- 3) Projektnu dokumentaciju: klasifikacione nacrte, narudžbene specifikacije materijala;
- 4) Radioničku dokumentaciju: radioničke nacrte, popise materijala i izdatnice materijala;
- 5) Izvedbenu tehnološku dokumentaciju: uputstva za predmontažu, uputstva za montažu, uputstva za transport, uputstva za postavljanje privremene energetike, tehnološki list itd.;
- 6) Normativne i radne naloge.¹²⁰

Brodske linije su prvi nacrt koji se dostavlja u brodograđevno odjeljenje. Linije se osnivaju na osnovu iskustva s izведенih brodova i sistematizovanih podataka o ispitivanim formama. Linije se crtaju prema numeričkim podacima datim u tablici očitanja, a predstavljaju koordinate sjecišta teorijskih rebara s vodnim linijama, uzdužnicama i eventualno širnicama.

4.2. Pripremni radovi u brodograđevnom odjeljenju

Pripremni radovi u brodograđevnom odjeljenju obavljali su se ranije samo u crtarnici. Razvojem optike i elektronike oni su većim dijelom prešli s poda crtarnice na crtače stolove, gdje se obavljaju poslovi:

- a) nacrt-šablon za fotoelektrično upravljanje strojevima za obradu građevnih djelova,
- b) programiranje za numeričko crtanje brodskih linija,
- c) programiranje za numeričko upravljanje strojevima za obradu građevnih djelova.

Da bi se materijal za gradnju trupa mogao započeti obrađivati, potrebno je prethodno izvršiti određene pripremne radove u brodograđevnom odjeljenju. Radovi koji se obavljaju u crtarnici obuhvataju: trasiranje brodskih linija, razvijanje elemenata trupa i izradu šablona.

Glavni posao koji se obavlja u crtarnici je određivanje i crtanje pravog oblika i dimenzija svih građevnih djelova trupa. To se vrši pomoću plana rebara crtanog u mjerilu 1:10 i/ili u prirodnoj veličini, pa se tako dobijaju tačne izmjere brodskog oblika. Na osnovu građevnih elemenata trupa izrađuju se letve i šabloni koje služe za prenos oblika pojedinih djelova trupa na limove, odnosno profile.

4.3. Pripremni radovi pomoću numeričke metode

Dugo vremena je brodograditeljima bio san matematičkim putem opisati brodski trup. Rezultat je da danas imamo desetak raznih numeričkih metoda za obradu trupa. Obavljanje opsežnih računskih operacija koje su te metode iziskivale omogućio je računar. Kompjuterski programi omogućuju da se premosti put od radioničkih nacrta do upravljačke jedinice stroja za obradu. Sistemi za programiranje imaju, pored ostalog, i sljedeće mogućnosti:

¹²⁰ Grubišić M., op. cit., str. 8.

- crtanje brodskih linija, pravljenje tabela očitanja, davanje numeričkog opisa plana rebara;
- skladištenje informacija koje se odnose na trup i njegove pojedinačne djelove;
- izradu plana krojenja limova broda, da bi se osigurala racionalna upotreba materijala;
- izdavanje ulazne bušene vrpce za automatsko crtanje linija broda i detalja, kao i za numeričko upravljanje strojevima za plinsko rezanje raznih građevnih djelova.

Te mogućnosti se dobiju s četiri paketa (sloga) programa, i to s: programom za definiciju trupa, programom za dobijanje obrisa djelova trupa, programom za krojenje limova (plan krojenja) i programom za razvijanje oplate.

Pripremne radnje pomoću numeričke metode sjedinjuju pripremne radnje izvan i u brodograđevnom odjeljenju. Takvom brodogradilištu nije više potrebna crtarnica, jer numerički upravljeni strojevi za oblikovanje, odnosno rezanje limova, traže potpuno analitičko predstavljanje brodskih elemenata. Takvo brodogradilište ima ured u kojem se pripremaju programi za automatske strojeve.¹²¹

4.4. Alat i pribor za crtarnicu

Radnici - traseri na svom poslu u crtarnici upotrebljavaju posebni alat, a dijelom i stolarski alat:

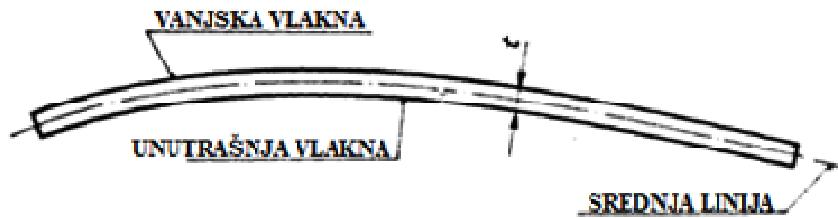
- lenjire;
- trserski šestar;
- pravougaonike;
- uglomjere;
- alate za ucrtavanje raznih linija i označavanje šabloni i elemenata raznim oznakama: tuševe raznih boja, redis-pera, flomastere, brzosušeći bezbojni lak, crtača pera, raznobojne olovke, ribarski upon i kredu;
- stolarski alat: stolarski čekić, klijesta, stolarsko dlijeto, bušilice, razne turpije za drvo, blanje, jednoručne široke pile, tračne pile, ručne pile, stolarske klupe i stolarskog konja;
- alat za traserske radove u radionici izrađen od čelika: tačkalo, čeličnu olovku sa šiljkom i, osim toga: veliki pravougaonik, mali pravougaonik, veliki šestar, mali šestar, boju i četkicu za označavanje limova.

4.5. Razvijanje pravilnih tijela

Iz konstrukcijskih nacrta određenog elementa broda ili dijela opreme broda potrebno je znati date podatke prenijeti u stvarnost. Pri prenosu tih podataka koriste se razne metode, koje mogu biti vrlo jednostavne, a i prilično složene, što zavisi od oblika predmeta koji treba izraditi. U takvom poslu vrlo često može jedan pogrešan potez, izmjera ili drugo, uzrokovati velike štete. To naročito vrijedi za jako zakrivljene limove, koje je potrebno razviti u ravninu, da bi se po tako dobijenom obliku mogla napraviti ispravna narudžbena specifikacija materijala, a poslije i sama obrada tog elementa. Pri razvijanju, uvijek se radi po neutralnoj liniji limova, koja se naziva i srednja linija. Pri savijanju vanjska vlakna se rastežu, a unutrašnja tlače, pa mora postojati jedan sloj u kojem vlakna ne mijenjaju svoju dužinu.¹²²

¹²¹Ibid., str. 11 – 14.

¹²²Ibid., str. 14 – 21.



Slika 24. Srednja linija pri razvijanju

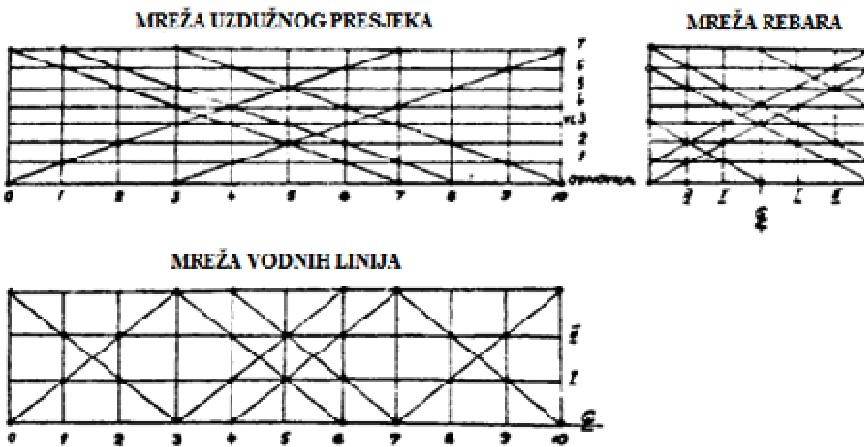
Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 22

4.6. Trasiranje brodskih linija

Umjesto teorijskih rebara, kojih ima 11 ili 21, u crtarnici se na mreži rebara crtaju stvarna rebara, tj. građevna rebara, kojih je znatno više. Osim rebara, nacrtaju se šavovi i stikovi vanjske oplate, linije pokrova dvodna, paluba i niz drugih detalja. Takav plan rebara služi za izradu šablona i za određivanje detalja obrade limova i profila. Iz projektnog ureda u crtarnicu se najprije dostavi nacrt "linije broda". Tu se iz tog nacrta odgovarajućim metodama i postupkom izrađuju tačne linije broda. Pristupa se najprije crtanju brodskih linija u mjerilu 1:10. Crtanje linija broda u takvom mjerilu je dovoljno tačno, pa se po njima može sa sigurnošću izraditi narudžbena specifikacija materijala za trup broda.

4.6.1. Crtanje brodskih linija u mjerilu 1:10

Na komadu panel ploče, koja se prethodno kituje i oboji, ucrtava se mreža rebara sastavljena od vodnih linija i uzdužnica. Vodne linije su razmaknute jedna od druge 1 m (u prirodnoj veličini), a isto tako i uzdužnice jedna od druge. Uz osnovku se ucrtaju dodatne vodne linije VL $\frac{1}{4}$ i VL $\frac{1}{2}$, a takođe uz simetralu broda dodatne uzdužnice $\frac{1}{4}$ i $\frac{1}{2}$. Mrežu rebara, mrežu vodnih linija i mrežu uzdužnog presjeka broda treba dobro kontrolisati, jer od kvaliteta mreža zavisi i tačnost samih linija.



Slika 25. Način kontrole mreža pomoću dijagonala

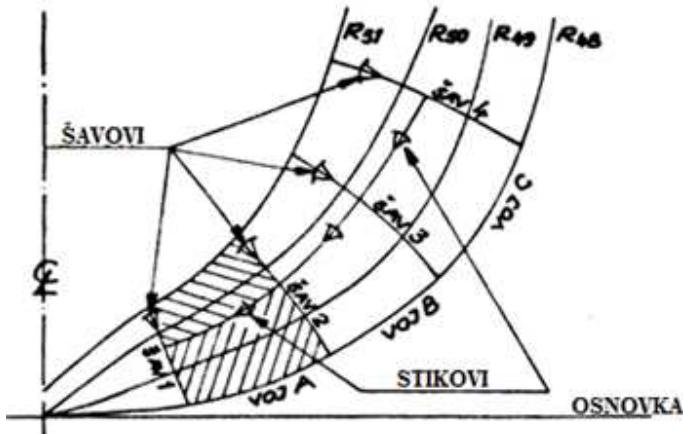
Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 27

Nakon toga se na kontrolisanu mrežu rebara unose očitanja iz tablice nacrta "linije broda" za sva teorijska rebra. Potom se pomoću letvica izvuče linija svakog rebra. Tada se na pod crtarnice

položi nekoliko panel-ploča i na njima se nacrtava mreža vodnih linija i mreža uzdužnog presjeka. Nakon toga se na mrežu vodnih linija prenose očitanja teorijskih rebara s mreže rebara za svaku vodnu liniju. Kad se na takav način prenesu poluširine svih rebara na određenoj vodnoj liniji, odmah se kroz dobijene tačke ucrtava ta linija. Da bi smo se uvjerili u ispravnost dobijenih linija, pravimo kontrolu s uzdužnicama i širnicama. U tako dotjerane linije u mjerilu 1:10 traseri unose iz nacrta "razvijena oplata" šavove pojedinih vojeva, koje dotjeruju i ispravljaju.

4.6.2. Ucrtavanje linija šavova i stikova na nacrt rebara

Raspored šavova oplate na nacrtu rebara pravi se na osnovu posebnog nacrta nazvanog "shema šavova oplate". U taj nacrt najprije se uneše raspored šavova na glavnom rebru. Raspored šavova dna vrši se od simetrale prema boku, a bočnih šavova od gornje palube prema dolje. Uzvojni šavovi ostaju neodređeni, pa se njihove mjere dobiju poslije unošenja položaja šavova dna i boka. Takvim postupkom se nastavlja posao i na drugim rebrima. Kroz dobijene tačke na pojedinim rebrima izvuku se linije šavova. Nakon toga u nacrt se unesu stikovi prema dužini limova i formi broda i imenuju pojedini šavovi (npr.: šav 1, šav 2, itd.). Tada se iz nacrta rebara očitavaju koordinate presjekista šavova s rebrima. Kad traseri dobiju te podatke, pristupaju crtanju šavova na planu rebara izrađenom u mjerilu 1:10.¹²³



Slika 26. Jeden dio plana s ucrtanim šavovima i stikovima

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 30

4.6.3. Izrada specifikacije limova oplate

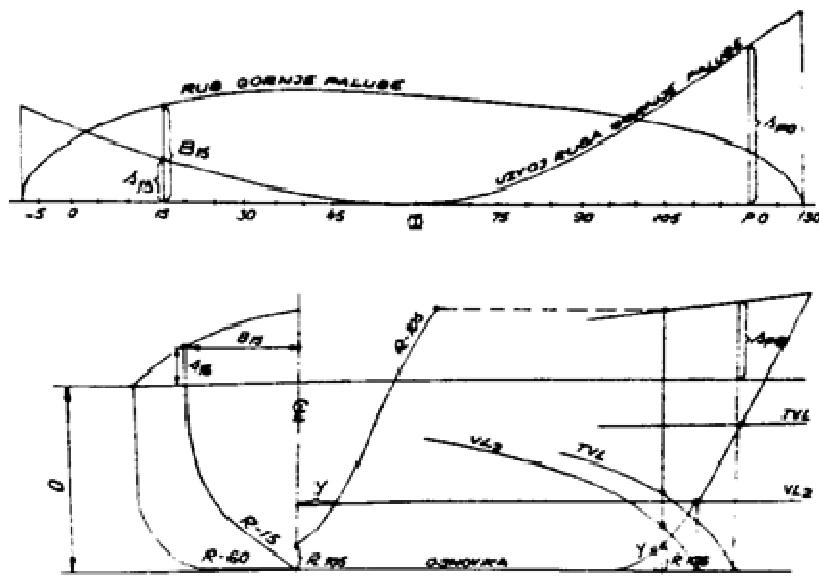
Nakon što su linije šavova provjerene, traseri izrade specifikaciju limova oplate po ugradbenim i narudžbenim dimenzijama koje šalju u konstrukcijski ured, a odatle se, nakon sređivanja podataka, naručuju limovi putem nabavne službe. Zaobljene limove potrebno je razviti, da se ne bi previše odstupilo u dimenzijama. Pri izradi narudžbene specifikacije, potrebno je voditi računa o tome da se prilikom valjanja lima u valjaonici na rubovima ne postiže nominalna vrijednost, nego je na tim položajim lim nešto tanji. Lim je pri obradi u brodogradilištu potrebno sa svih strana obraditi, zbog toga da bi što bolje dosjedao uz susjedne limove, što je naročito važno za automatsko zavarivanje. Zbog tih razloga je pri pravljenju narudžbene specifikacije potrebno dodati na dobijene ugradbene dimenzije približno 20 mm na širinu i 30 mm na dužinu lima.

¹²³ Ibid., str. 26 – 29.

4.6.4. Crtanje brodskih linija u prirodnoj veličini

Prva crta koju treba nacrtati na podu crtarnice je osnovka. Nakon toga na podu crtarnice nacrtaju se mreže. Srednji dio rebara uzdužno se zbije, a na krajevima, zbog velikih krivina, crta se pravi, tj. stvarni razmak rebara. Pomoću linija pramca i krme, odrede se takođe i počeci pojedinih vodnih linija. Uzvoj palube trasira se pomoću očitanja skoka iz plana linija u mjerilu 1:10. Visina uzvoja, odnosno skok palube, uzima se na boku broda, gdje su i završeci rebara, tj. na rubu palube. Nakon toga se u tlocrtu trasira rub gornje palube.

Poslije toga se na 2-3 kvadratne letve za sve vodne linije i palubu ucrtaju i označe očitanja za svako rebro, i to u prirodnoj veličini. Očitanja se dobiju nakon izrade linija u mjerilu 1:10. S letava se poluširine rebara prenesu na odgovarajuće okomice na mreži vodnih linija. Tako dobijene tačke za određenu vodnu liniju spoje se crom, pomoću duge letve.¹²⁴ Kada je sve pripremljeno, može se pristupiti ucrtavanju linija pojedinih građevnih rebara u prirodnoj veličini.¹²⁵ Pri uzdužnom sistemu gradnje, traser unosi između okvirnih građevnih rebara dovoljan broj pomoćnih poprečnih presjeka (rebara) koji se na pramcu i krmi stavlju čak na svakih 400 mm (naročito na krmi).



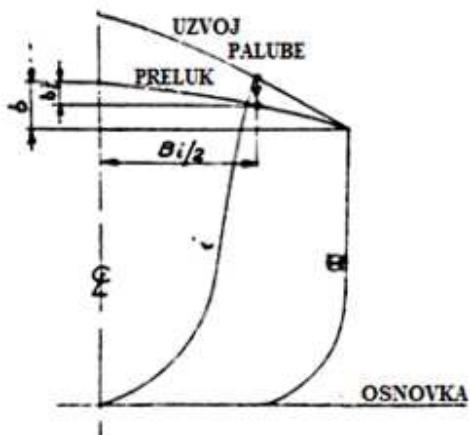
Slika 27. Postupci crtanja brodskih linija u prirodnoj veličini

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 39

¹²⁴ Ibid., str. 35 – 39.

¹²⁵ Ibid., str. 41.

4.6.5. Određivanje preluka palube



Slika 28. Preluk palube

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 52

Nakon što su konačno ucrtana rebra s teoretskom linijom palube na boku, potrebno je konstruisati i krivulju preluka palube. Ona se može nacrtati na više načina. Visina preluka palube na glavnom rebru varira od 1/25 do 1/50 širine broda. Vrijednost standardnog preluka je $B/50$, a krivulja zaobljenja palubne sponje je parabola. Odstupanje od tog standarda odražava se na vrijednost nadvoda.¹²⁶ Zakrivljenost preluka palube je na svim rebrima ista. Ako krivulju preluka konstruišemo za glavno rebro, ona se može upotrijebiti za bilo koje drugo rebro.

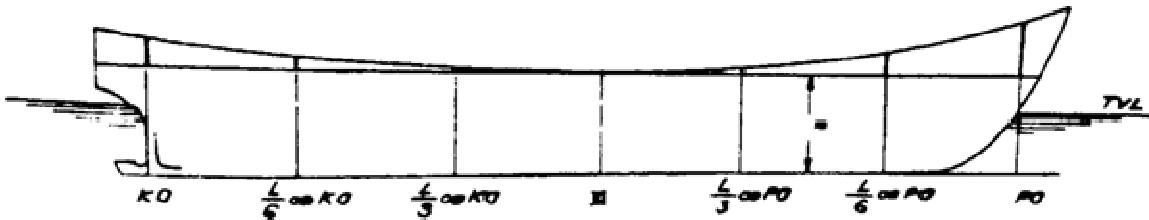
Kada se krivulja preluka bilo kojeg oblika konstruiše na podu crtarnice, tada se s poda ona prenosi na šablon ili se očitavanja svakog rebra unose u prikladne tablice i poslije se koristi za oblikovanje sponja.

4.6.6. Konstrukcija i profil uzvoja palube

Uzvoj je pravilna krivulja koja se redovno uzdiže od glavnog rebra prema pramcu i krmi, ili joj se najniža tačka nalazi nešto iza glavnog rebra, tj. prema krmi. Ta krivulja je projekcija presjecišta teoretskih crta rebara s teoretskom crtom palube na boku na uspravnu ravninu na simetrali broda. Standardni skok na prednjoj okomici dobije se prema jednačini: $h = L_{pp}/60 + 0,50$ [m] ili $h = 16,66L_{pp} + 500$ [mm]. Na krmenoj okomici skok je dva puta manji.¹²⁷ Uzvoj palube određuje projektant. Na vrijednost skoka utiče najmanja veličina rezervne istisnine, koja je propisana po Međunarodnoj konvenciji o sigurnosti ljudskog života na moru. Standardni uzvoj palube određen je na Međunarodnoj konferenciji za teretnu vodnu liniju. Standardni brod ima standardni profil uzvoja palube koji se sastoji od dviju parabola: jedne ispred, a druge iza sredine broda. Skok se mjeri od palube na boku do pravca povučenog uporedno s kobilicom kroz tačku linije uzvoja na sredini broda. Dužina broda je podjeljena na šest djelova i za tu podjelu date su vrijednosti ordinata skoka.

¹²⁶ Ibid., str. 43.

¹²⁷ Ibid., str. 52 – 53.



Slika 29. Grafički prikaz ordinata skoka

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 55

Tabela 4. Standardne ordinate krivulje uzvoja, prema pravilima LL 69

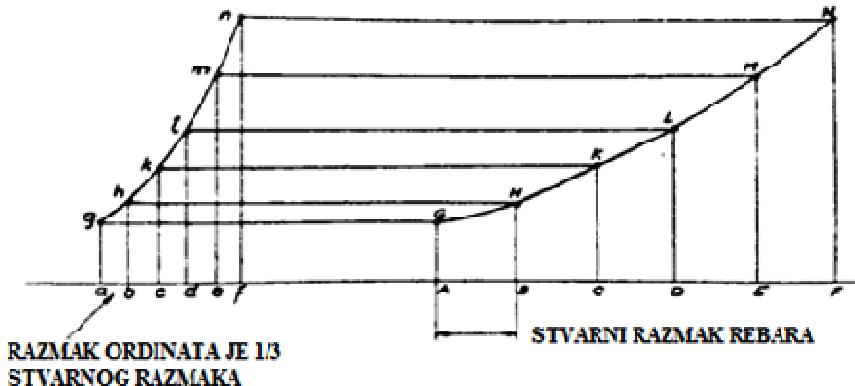
STANDARDNA KRIVULJA UZVOJA PALUBE		
	Položaj ordinate	Vrijednost skoka, mm
Krmena polovina broda	krmena okomica (KO)	25 (L/3 + 10)
	1/6 L od KO	11,1 (L/3 + 10)
	1/3 L od KO	2,8 (L/3 + 10)
	sredina broda	Ø
Pramčana polovina broda	sredina broda	Ø
	1/3 L od PO	5,6 (L/3 + 10)
	1/6 L od PO	22,2 (L/3 + 10)
	pramčana okomica (PO)	50 (L/3 + 10)

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 56

4.7. Dotjerivanje brodskih linija metodom skraćivanja

Obično se linije koje teku u smjeru naprijed-nazad dotjeruju metodom skraćivanja. To se vrši tako da se ordinate približe na određeni dio stvarnog razmaka, npr. 1/3 ili 1/4. Preklapati smo prisiljeni ako linije dotjerujemo sa stvarnim razmacima u jednoj crtarnici čija dužina nije dovoljna za izvlačenje odjednom bez preklapanja. Prednost je u tome da se istovremeno bez preklapanja mogu dotjerati dugi djelovi broda, ali i u tome što krivine prikazujuemo izrazitije.

Iz linija broda u prirodnoj veličini se uzimaju očitanja za izračunavanje istisnine broda. Linije broda izvučene u crtarnici su konstrukcijske, na rebrima, i zbog toga je potrebno dodati debeljinu oplate da bi se mogla izračunati istisnina broda.¹²⁸



Slika 30. Metoda skraćivanja na proizvodnoj liniji

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 57

¹²⁸ Ibid., str. 55 – 57.

4.8. Prenošenje linija raznih elemenata s poda crtarnice na šablone

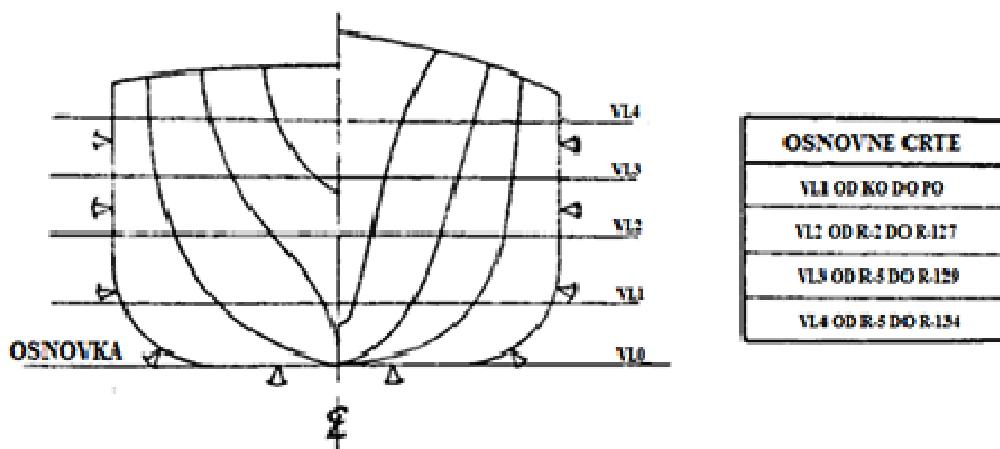
Za izradu šablonu upotrebljava se tanka daska debljine oko 8 mm (I i II klase), lesonit, karton od 1-2 mm, šper-ploča i deblje daske za pravljenje košara-šablonu, te odgovarajući ekseri. Postoji nekoliko načina za prenošenje krivulja s poda crtarnice na šablove:

1. Pomoću otvorene rešetke;
2. Pomoću podešavajuće letve (banjo);
3. Pomoću roštilja;
4. Pomoću čavlića;
5. Pomoću zasječene letve;
6. Pomoću koordinatnog mjerila.

4.9. Osnovne linije

Među ostalim podacima, u nacrtu "linije broda" navodi se i položaj osnovnih crta (baza) koje prilikom montaže djelova broda služe za provjeravanje ispravnosti ugradnje. Osnovne crte na pojedinim elementima su u stvari tragovi ravnina kojima sječemo trup broda. Postoje stalne i proizvoljne osnovne crte. Stalne osnovne crte su simetrala i osnovka broda. Uspravna ravnina, koja u uzdužnom smislu raspolaže brod, ostavlja na presječnim elementima svoj trag, koji se u brodogradnji naziva simetrala broda. Vodoravna ravnina, koja na glavnom rebru prolazi unutrašnjim licem kobilice, ostavlja na presječnim elementima svoj trag, koji nazivamo osnovku broda. Promjenjive osnovne crte su tragovi ravnina položenih na odabrane vodne linije.

Na brodovima se vodne linije postavljaju na svaki metar visine, a pri dnu i gušće - svakih 50 ili 25 cm. Dovoljno je da svaki voj boka po sredini broda ima po jednu osnovnu crtu. Osnovne crte prate svaki tangirani građevni dio, počevši od nacrta, preko trasiranja, šablonu, ucrtavanja i predmontaže do montaže na dilju. Pri predmontaži i pri montaži one se u stvari jedino i koriste, a to i jest svrha njihovog ucrtavanja.



Slika 31. Osnovne crte

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 64

4.10. Razvijanje brodskih linija

U nacrtu brodskih linija pojavljuju se u prirodnoj veličini samo linije nastale presjecima ravnina koje su uporedne s ravninom projektovanja, npr.: linije rebara na planu rebara, vodne linije na

planu vodnih linija, i linije uzdužnica na planu boka. Ostale linije prikazuju se skraćeno u sve tri projekcije. Bitno je da se pri razvijanju linija odrede prave dužine tih linija, kako bi se one mogle koristiti.¹²⁹ Površina crtarnice je ograničena, a pogotovo jer se često trasira nekoliko brodova. Zbog toga se za vrijeme trajanja gradnje broda zadrži samo plan rebara, u koji se prethodno unesu sve linije koje su potrebne za razna trasiranja. Na planu rebara jedino su linje rebara ucrtane u pravom obliku, jer su one ortogonalna projekcija rebara na ravninu glavnog rebara. Sve ostale linije su izobličene, pa je zato potrebno konstruisati njihove stvarne dužine. Dužine šavova razvijene u prirodnim dužinama služe za razvijanje vojeva, odnosno limova oplate.

4.11. Prenošenje dužine krivulje na letvu

Ako je linija rebara jako zakrivljena, onda se i letva koja prijana uz dio krivulje takođe mora slagati s zakrivljenjem. Međutim, izobličit će se savijanjem vlakna letve koja leže izvan neutralne linije i tako promjeniti njena dužina. Ta okolnost dovodi ponekad (debeli lim) do relativno velike greške.¹³⁰ Za razvijanje limova potrebne su stvarne dužine krive crte koja leži u sredini plohe lima, tj. u neutralnom sloju. Ukoliko uz teoretsku crtu rebara prionemo letvu čija debljina odgovara debljinama lima oplate na tom području, onda će dužina letve u neutralnom sloju dati stvarnu dužinu luka, tj. širinu lima na mjestu odgovarajućeg rebara. Na laganim krivinama ta dužina luka se može lako izračunati iz dužine tetine i visine luka, budući da je krivulja približna paraboli. Jednostavnim računanjem slijedi: $s = c \cdot [1 + 2/3 \cdot (f/c)^2]$; gdje je: c = dužina tetine, f = visina luka krivulje.

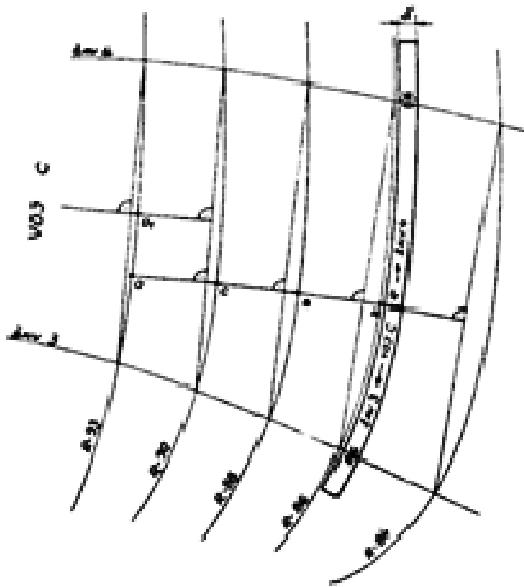
4.11.1. Prenošenje linije rebara na letvu

Za prenošenje teoretske crte rebara, debljina letve treba odgovarati debljinama lima jer se drvo prilikom krivljenja ponaša isto kao i čelik. Takva letva priljubi se uz vanjsku stranu teoretske linije rebara traserskim utegom. Prislanjanje letve uz vanjsku stranu linije je pravilno jer se s te strane nalazi i oplata. Zatim se na nju ucrtaju ona mjesta na planu rebara na kojima šavovi voja sijeku liniju rebara. Te letve i one od razvijenih šavova služe za razvijanje limova vanjske oplate.

Uprkos geometrijskoj netačnosti, dobiju se dovoljno tačne veličine za razvijanje limova oplate. Na letvi se označi tušem: broj novogradnje i grupe, koji je šav, broj rebara itd.

¹²⁹ Ibid., str. 58 – 64.

¹³⁰ Ibid., str. 67 – 70.



Slika 32. Metoda prenošenja građevnih linija rebara s plana rebara na letve u području nekog voja oplate
Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 76

4.12. Razvijanje elemenata broda

Nakon završetka crtanja linija broda u prirodnoj veličini, pristupa se razvijanju onih građevnih djelova koji na planu rebara nisu ucrtnani u pravom obliku. Ako je takav građevni dio u prirodi dio ravnine, onda se odgovarajućom konstrukcijom prenese s ravnine plana rebara na ravninu šablonu, a poslije s nje na lim. Međutim, ukoliko je taj element dio zakriviljene plohe, onda ga je potrebno razviti na ravninu, a odatle, prikladnim načinom i pomagalima, prenijeti na lim.¹³¹ Razvijanje zakriviljenih građevnih djelova se vrši na razne načine, a odnose se na:

- razvijanje plašta pramčane statve;
- razvijanje plašta krmene statve;
- razvijanje vanjske oplate;
- trasiranje i razvijanje bočne proveze;
- razvijanje uzdužnih elemenata dna broda;
- razvijanje palube s prelukom i uzvojem;
- trasiranje i razvijanje stijenka nadgrađa.¹³²

Da bi se odredile prave dimenzije lima oplate, njegova ploha mora se poklapati s ravninom. Konstruisanje oblika dvoosno zakriviljene plohe na ravninu je težak posao zato što se dvoosno zakriviljene plohe teoretski zapravo uopšte ne mogu razviti. Svi poznati postupci razvijanja takvih ploha su samo približne metode. Postoji više metoda razvijanja vanjske oplate. Dvije najraširenije metode u praksi su: pravougaona metoda i metoda pomoću dijagonala.

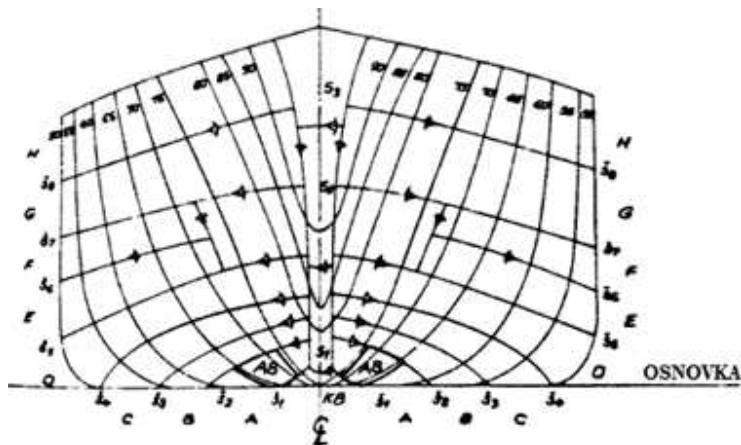
Prednost pravougaone metode je u tome što se razvijanje lima može obaviti brže nego metodom dijagonala. Međutim, njen je nedostatak u tome što nije dosta precizna, tj. uvijek nastaju neke razlike. Metoda dijagonala ima prednost u tome što je razvijanje lima pomoću nje

¹³¹ Ibid., str. 74 – 77.

¹³² Ibid., str. 78 – 111.

tačnije, postupak je jednostavniji, ali joj je nedostatak veći utrošak vremena. Primjenjivanje metoda razvijanja kojima se ne može postići da se ploha lima potpuno podudara s ravninom, nego samo približno, može se opravdati time što su limovi trupa (npr. limovi oplate) relativno malo zakrivljeni i što je elastičnost brodograđevnog čelika toliko da se do značajne mјere oblik lima može dotjerati za vrijeme predmontaže, odnosno montaže.

Već je pri razvijanju potrebno obratiti pažnju na označavanje razvijenog lima. Budući da se orebrenje oplate postavlja s unutrašnje strane plohe plašta, teoretske crte tih elemenata treba označiti na unutrašnjem licu lima.¹³³



Slika 33. Limovi na planu rebara

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 87

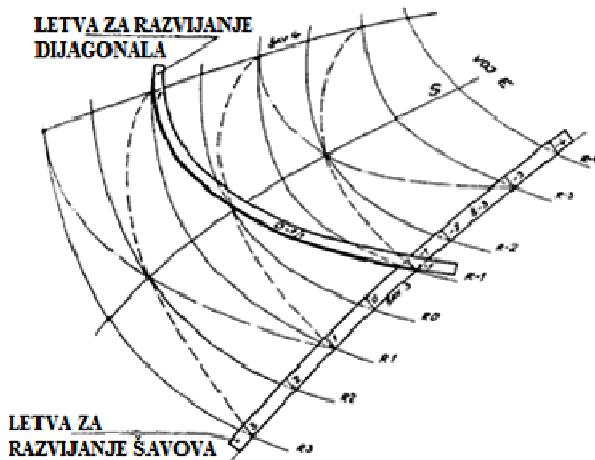
Postoje dva načina za prenošenje razvijenog lima s poda crtarnice na prethodno specificirani čelični lim, i to:

- ako su limovi ravni (paralelni srednjak, dno po sredini broda), pomoću letava;
- ako su limovi zakrivljeni (limovi prema pramcu i krmu), pomoću letava, da bi se lim mogao obraditi na rubovima, i pomoću ravnih šabloni, da bi se lim mogao oblikovati.

U području paralelnog srednjaka teoretske crte rebara na razvojnem limu su pravci, jer su uzdužne izvodnice limova uporedne sa simetralnom ravninom i sijeku se pod pravim uglom s ravninama rebara. U svim drugim slučajevima teoretske crte rebara su lagano zakrivljene. Za razvijanje jače zakrivljenih limova primjenjuje se metoda pomoću dijagonalala.¹³⁴

¹³³ Ibid., str. 86 – 87.

¹³⁴ Ibid., str. 91.



Slika 34. Ucrtane dijagonale na planu rebara

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 92

U praksi se umjesto konstrukcijskog načina dobijanja razvijenih dijagonala, odnosno protivdijagonala, napravi tabela za određeni razmak rebara i direktno očita dužina razvijene dijagonale.¹³⁵ Klasične metode razvijanja limova ne daju sasvim tačna rješenja. Brodogradilišta primjenjuju, za određena područja oplate, razne načine razvijanja, prema iskustvu i uhodanoj praksi, npr. za ravnije limove, pravougaonu metodu, odnosno metodu postavljanja okomica kroz središnju konstrukcijsku tačku, a za više zakriviljene limove, metodu dijagonala. Bez obzira kojom metodom razvijamo limove, potrebno je u nekim slučajevima uzeti u obzir plastičnu deformaciju limova za vrijeme oblikovanja savijanjem. Savijanjem lim mijenja dužinu na uzdužnim i poprečnim rubovima, a isto tako i u sredini svoje plohe. Ako lim ima oblik nadutog jedra, onda će se savijanjem skratiti njegovi rubovi, a sredina produžiti. Ako lim ima sedlasti oblik, savijanjem će se produžiti njegovi rubovi, a sredina skratiti. To se posebno odnosi na uzdužne dimenzije, a poprečne dimenzije limova oplate samo se neznatno mijenjaju, pa se to i ne uzima u obzir.¹³⁶

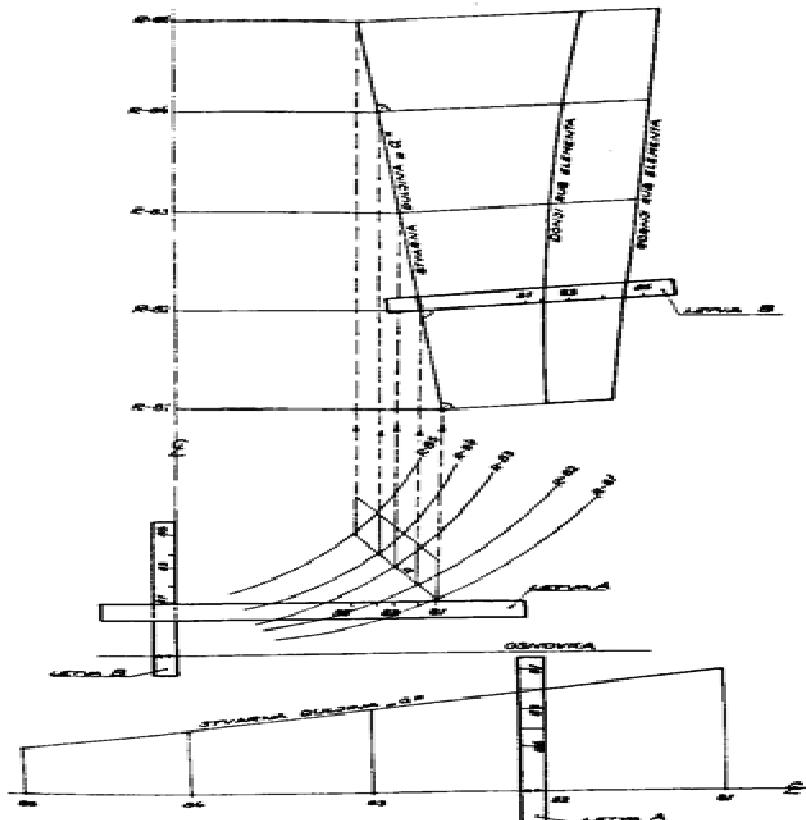
Opšta pravila za razvijanje uzdužnih elemenata dna broda su:

- 1) Svi uzdužni elementi koji su uporedni sa simetralom broda i okomiti na ravninu kroz osnovku dobijaju svoj oblik uz pomoć visinskih mjera od osnovke. Ta očitanja nanose se na okomice podignute iz tačaka postavljenih na razmaku rebara. Kada se spoje te tačke, dobije se traženi oblik elementa.
 - 2) Za sve uzdužne elemente koji nisu uporedni sa simetralom broda, a stoje okomito na ravninu kroz osnovku, treba najprije naći njihovu stvarnu dužinu. Na okomice, podignute na dobijenoj dužini, nanesu se zatim visine pojedinih tačaka donjeg i gornjeg ruba elementa od osnovke. Tako se dobije pravi oblik tog elementa.
 - 3) Za ostale elemente koji ne prate uporedno simetralu i ne stoje okomito na ravninu kroz osnovku (npr. rubna ploča dvodna), osim dobijanja stvarne dužine, treba izvršiti i razvijanje prema postupku razvijanja oplate.¹³⁷

¹³⁵ Ibid., str. 94.

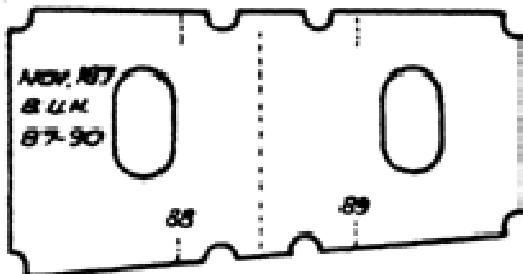
¹³⁶ Ibid., str. 96 – 97.

¹³⁷ Ibid., str. 102 – 104.



Slika 35. Postupak razvijanja uzdužnih elemenata broda

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 103



Slika 36. Primjer konačnog oblika ravne šablone interkostalne ploče bočnog uzdužnog nosača

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 107

U primjeru razvijanja stijenka bočnog uzdužnog nosača, spajanjem tačaka, dobije se oblik lima bočnog uzdužnog nosača u zadatom području. Tako dobijeni oblik treba dopuniti s podacima iz konstrukcijskog nacrta, npr. ucrtaju se izrezi za zavare i za prolaz tečnosti i vazduha, zatim provlake, teoretske crte ukrepa i stvarna dužina pojedinih ploča nosača, ako je on interkostalan s obzirom na rebrenice. Još se napišu označke za identifikaciju.¹³⁸

Podaci za razvijanje pojedinih stijenka i detalja nadgrađa dati su u nacrtu "geometrijske veličine nadgrađa". U tom nacrtu označeni su takođe i podaci za trasiranje teoretskih crta stijenka nadgrađa ili kućica na plohe određenih paluba. Na osnovu tih podataka one se poslije ucrtaju na palubu. Povučene crte se trajno obilježe tačkalom. Po tim oznakama monteri postavljaju

¹³⁸ Ibid., str. 105 – 107.

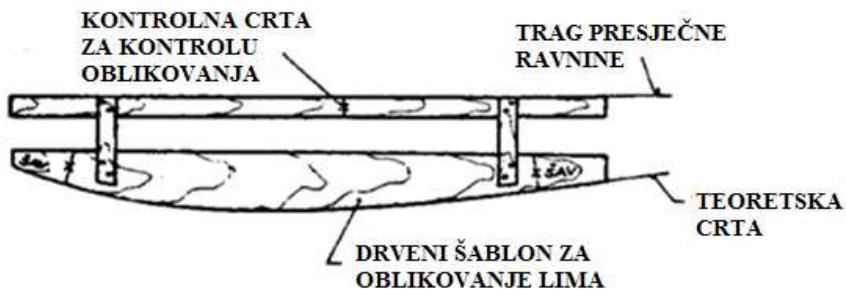
odgovarajuće stijenke na pravi položaj. Nakon što ih prilagode uz teoretsku crtu, pripojno ih zavare, i time je montaža završena. Svi navedeni podaci, odnosno kote, dati su, bilo to s obzirom na simetralu broda, ili s obzirom na teoretsku crtu nekog rebra.¹³⁹

4.13. Šabloni za oblikovanje građevnih djelova broda

U crtarnici se izrađuju, pored ostalog, i šabloni. Oni služe za oblikovanje zakriviljenih elemenata broda. Prave se uglavnom od borovih dasaka debelih 10-12 mm i od lesnitih ploča. Dijele se na dva osnovna tipa: ravne i prostorne šablone.

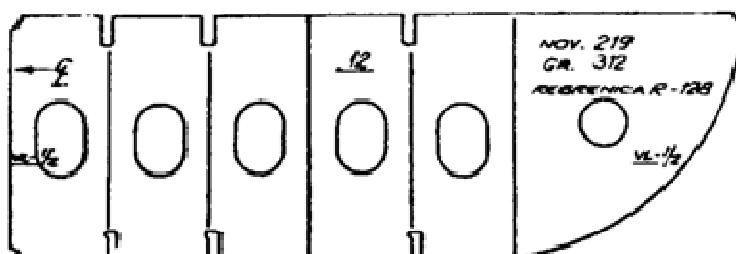
4.13.1. Ravni šabloni

Šabloni se mogu konstruisati od bilo koje crte koja je trag presjekšta ravnina svih rebara određenog lima s ravninom koja je okomita na te ravnine rebara. Položaj te crte (traga) treba da bude takav da se dobiju što manje šablone i da je moguće ucrtati kontrolnu oznaku na svaku šablonu lima.¹⁴⁰



Slika 37. Primjer ravnog šablonu za oblikovanje lima

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 120



Slika 38. Primjer šablonu za rebrenicu

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 122

4.13.2. Prostorni šabloni

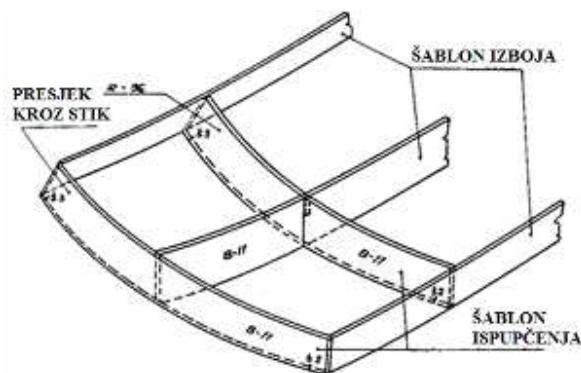
Plohe koje su zakriviljene u oba smjera, ne mogu se razviti. Nijednim direktnim geometrijskim postupkom ne može se dobiti njihov pravi oblik ili površina. Takve se plohe nalaze na pramcu i krmi broda. Da bi se riješio taj problem potrebno je za određeni element izraditi prostornu šablonu, tj. košara-šablonu. Prostorni šablon za neki obostrano zakriviljeni lim oplate, tj. za lim sa ispuštenjem ili udubljenjem i izbojem, pravi se tako da se najprije naprave šabloni po rebrima, a zatim se napravi šablon za izboj. Prilikom postupka izrade prostornog šablonu, konstruiše se krivulja koja predstavlja izboj određenog lima. Po njoj se izradi šablon izboja. Na nju se pored

¹³⁹ Ibid., str. 111.

¹⁴⁰ Ibid., str. 116 – 117.

položaja rebara, ucrtava se položaj stikova lima. Tada se na šablonu izboja postave šabloni rebara i presjeka kroz stikove, i sve se skupa međusobno i sigurno pričvrsti. Na taj način se dobije prostorni šablon, odnosno košara-šablon.

Ako se razvijanje lima vrši prema košara-šablonu, onda se obično dimenzije potrebne za označavanje uzmu s tog šablonu. Pri izradi košara-šablonu treba nastojati da budu po mogućnosti jednostavni i da je za njihovu izradu potrebno što manje materijala i vremena.



Slika 39. Prostorni šablon

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 131

4.13.3. Modeli

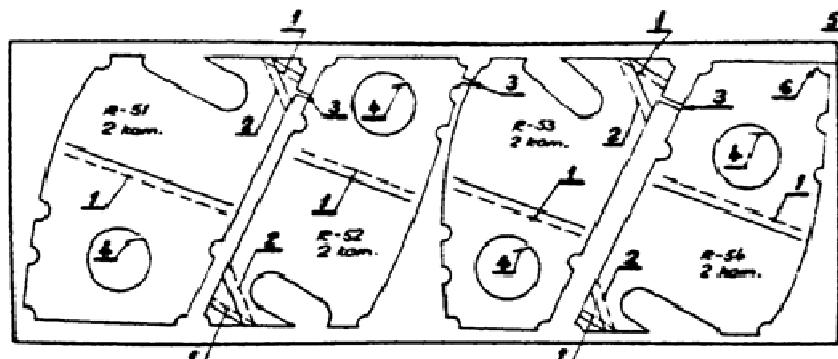
Da bi se osigurala tačnost izvedbe pojedinih djelova ili opreme trupa, nužno je, u nekim slučajevima, izraditi prostorni model. To se čini onda kada je geometrijskim metodama veoma teško ili nemoguće postići ispravan oblik. Najčešće se prostorni model primjenjuje za dobijanje pouzdanih podataka za lijevanje sidrenih očiju i za smještaj sidrenog ždrijela. Naime, potrebno je ustanoviti najpovoljniji ugao pod kojim treba montirati cijev sidrenog ždrijela naspram oplate i tačku u kojoj središnjica ždrijela probija oplatu, pa prema tome modelirati sidreno oko. Najpovoljnije rješenje je kada se postigne pravilno prilijeganje sidra uz oplatu pramca, i kada se ono može slobodno oboriti na dno mora. Prostorni model se izrađuje od drvenih letvica (rebra) i tankog bijelog lima (oplata) u mjerilu 1:10 ili 1:20, zavisno od veličine broda. Kad se provjeri da sidro dobro pristaje uz oplatu, onda se na osnovu linija rebara tog područja izradi od drva model oplate, a po njemu i konstrukcijskim nacrtima model sidrenog ždrijela s očima u prirodnoj veličini. Jedan od razloga pravljenja modela pramca je upravo izrada modela očiju sidrenog ždrijela takvog oblika da se preko njega, po potrebi, sidro može zaokrenuti oko ose svog struka i tako postići da se priljubi vrhovima lopata uz oplatu boka.

Izrađeni model prenosi transportna služba u livnicu brodogradilišta, ili ga nabavna služba dostavlja vanjskom dobavljaču. Os sidrenog ždrijela ne smije biti nagnuta više od oko 45° prema uspravnom pravcu simetralne ravnine, jer bi pri većim uglovima bilo teško uvući struk sidra u ždrijelo.

4.13.4. Nacrt-šabloni

Za obradu građevnih djelova na automatskom stroju za rezanje plamenom, koji se upravlja fotoelektričnim putem, potrebno je izraditi nacrt-šablone. Ti nacrti se izrađuju u posebnom uredu u sastavu crtarnice ili u sastavu neke druge radne jedinice. Nacrt-šabloni se crtaju u mjerilu 1:10.

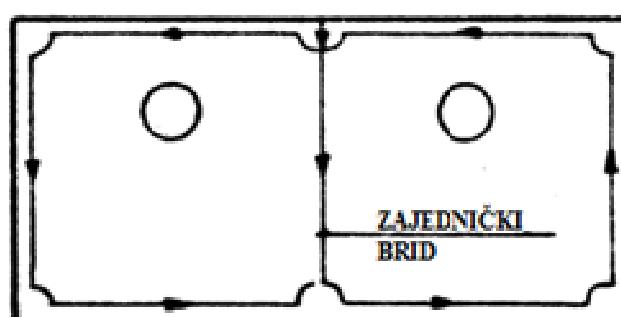
Prve podatke taj ured dobije iz crtarnice. To su očitanja brodskih linija. Očitanja linija su tačna jer su izvadena iz ispravljenog plana rebara u mjerilu 1:1. Na osnovu tih očitanja, radnik koji je zadužen za crtanje linija izradi plan rebara u mjerilu 1:10. Na linije rebara ucrtavaju se zatim samo teoretske crte potrebne za razvijanje onih elemenata koji se prenose na nacrt-šablone. To su većinom elementi ravnih ploha s raznim otvorima i izrezima, te s ravnim i zakrivljenim rubovima. Neki od tih elemenata su: hrptenice, bočni uzdužni nosači, rebrenice, okviri i plohe ukrućenja između vanjske i unutrašnje oplate broda, koljena uzvojnih tankova, strukovi okvirnih rebara, poprečnjaka, proveza i podveza, plohe ukrućenja dvostijene pregrade, okvirna rebara palubnih tankova, konzolne sponje, pljuskače, platforme, proveze i drugi ravnii elementi u pikovima, zatim svi oni djelovi trupa koji se mogu razviti na ravnini, npr. limovi pregrada, paluba, oplate itd. Kada je plan rebara na takav način popunjeno, može se pristupiti razradi elemenata na nacrt-šablonu. Osim očitanja za linije, ured dobije od pripreme rada konstrukcijske nacrte, planove krojenja i specifikaciju limova. Iz specifikacije limova se sazna za koje elemente treba izraditi šablane u uredu, a to su oni djelovi na kojima je obrada predvidena na automatskom stroju za rezanje plamenom koji je upravljan fotoelektričnim putem.¹⁴¹



Slika 40. Primjer nacrt-šablone za uzvojni tank: 1 teoretska crta ukrepa, 2 osnovna crta, 3 mostovi za prelaz s dijela na dio, 4 crtica za početak reza otvora, 5 početak reza cijele skupine djelova, 6 završetak reza cijele skupine djelova.

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 141-142

U nastojanju da se otpadak materijala svede na najmanju mjeru, a isto tako i dužina reza, u pogodnim slučajevima jedna crta izvučena tušom može biti zajednički brid susjednih elemenata na nacrt-šabloni. Budući da je širina reza plamena 3 mm, i ide u otpad i to je potrebno pri crtanjtu nacrt šablonu uzeti u obzir.¹⁴²



Slika 41. Zajednički brid susjednih elemenata

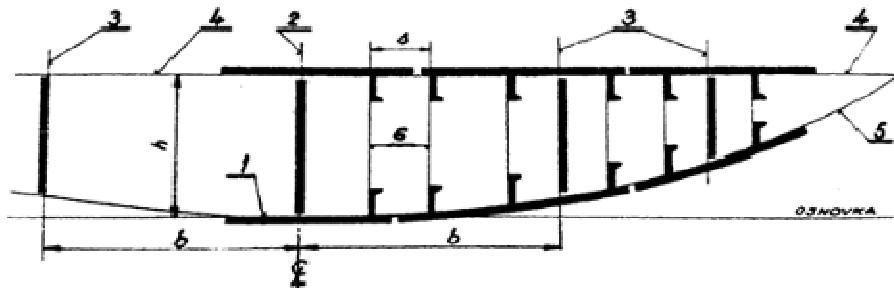
Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 144

¹⁴¹ Ibid., str. 129 – 138.

¹⁴² Ibid., str. 144.

4.14. Teorijske linije elemenata broda

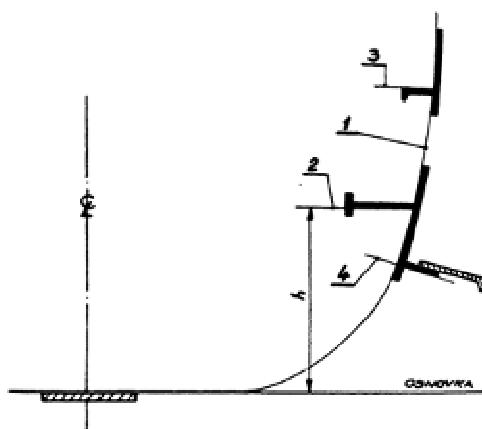
Nakon obrade slijedi ugradnja pojedinih elemenata trupa u sekcije, a potom međusobno spajanje sekcija na dilju. Da bi se to mnoštvo elemenata, odnosno sekcija, pravilno sjedinilo, bilo je potrebno donijeti određena pravila montaže. Tako se došlo do tzv. teoretskih crta, koje određuju kako se pojedini element pri montaži orijentise.¹⁴³



Slika 42. Položaj teoretskih crta pojedinih građevnih djelova dvodna: 1 – kobilica, 2 – hrptenica, 3 – bočni uzdužni nosači, 4 – limovi pokrova dvodna, 5 – limovi dna, 6 – uzdužnjaci dna i pokrova dvodna.

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 148-149

Teoretske crte ploha prolaze površinom onog lica lima na koji se ugrađuju osnovni, odnosno okvirni elementi strukture, ili pak neki drugi građevni elementi. Teoretske crte građevnih elemenata koji ukrućuju neku plohu ili se na nju oslanjaju, ucrtavaju se na onu stranu lima na koju se ta ukrućenja ugrađuju. Najbolji je i najsigurniji put pridržavati se usvojenih pravila. Postoje razna rješenja za orijentisanje strukturalnih elemenata, zavisno od položaja na brodu, od konstrukcije, od raspoloživih strojeva za rezanje njihovih rubova i o usvojenim pravilima montaže.



Slika 43. Položaj teoretskih crta građevnih djelova boka broda: 1 – limovi oplate, 2 – bočna proveza, 3 – uzdužno rebro, 4 – ljuljna kobilica.

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 150-151

¹⁴³ Ibid., str. 147 – 148.

4.15. Pripremni radovi za obradu građevnih djelova pomoću numeričke metode

Razvojem tehnologije, odnosno optimizacijom proizvodnog procesa i razvojem računske tehnike nastao je zahtjev za matematičkim formulama kao osnovom (numerički sistem). Numerički upravljeni (NC) strojevi uvedeni su u brodogradnju nakon što se tačnost rezanja plamenom znatno poboljšala i automatizacija povećala.

4.15.1. Dobijanje matematičkog izraza za oblik broda

Najprije se u projektnom uredu brodogradilišta izradi nacrt brodskih linija u mjerilu 1:100. Preliminarne linije za novi brod projektuju se u skladu s posebnim zahtjevima. Za usklajivanje tih linija potrebno je izvršiti modelsko ispitivanje odgovarajućeg broja formi. U tu svrhu se u institutu za hidrodinamička ispitivanja nacrt povećava u mjerilo 1:25, po kojem se napravi model broda. Nakon ispitivanja modela u bazenima instituta, nacrt brodskih linija, u mjerilu 1:25, dostavlja se brodogradilištu. Prema podacima iz tog nacrta, brodogradilište pravi nacrt rebara u mjerilu 1:50. Tako definisane linije osnova su za obradu broda na računskom stroju, tj. za definisanje brodske forme. Pod matematičkim reprezentovanjem brodske forme podrazumjeva se definisanje unutrašnje površine trupa s analitičkim funkcijama, koje će biti u stanju zadovoljavajuće zastupiti brod i tako nadomjestiti grafičko opisivanje. Jedna ili dvije osobe iz projektnog ureda brodogradilišta ucrtavaju tzv. kontrolne krivulje (direktrise) kojima se poslije definišu rebara.¹⁴⁴

Za jednu polovinu trupa daju se podaci za 100-200 tačaka, čime se potpuno definiše oblik trupa za računar. Kontrolne krivulje (direktrise) zadaju se uvijek u dvije projekcije: projekcija u X-y ravnini i projekcija u X-z ravnini.

Tako zadate krivulje memoriju se u računar. Tačnost tih krivulja je veoma važna jer se pomoću njih definiše čitav brod, tj. dobija potpuni opis čitave konture trupa broda. Nakon uglađivanja (fairing) projekcija, dobijaju se nove veličine poluširine rebara, koje ne moraju odgovarati poluširinama iz preliminarnih linija koje nisu bile uglađene. Navedeni podaci su zasnovani na nizu tačaka. To se čini zato da bi se svako rebro podijelilo u geometrijski različite djelove (segmente, intervale). Vrste krivulja koje se obično koriste u lancu su: polinom, luk konične krivulje (u matematičkim linijama upotrebljavaju se elipsa i parabola) i luk kružnice sa definisanim poluprečnikom. Svrha programa za numeričko definisanje trupa prije svega jest: transformisati opis trupa broda u numerički oblik, podesan za dalju kompjutersku obradu. Računar služi za transformaciju ideja konstruktora. Kad zatreba, može se upotrebiti za automatsko crtanje ili za rezanje plamenom djelova broda. Nakon što je opis oblika trupa (definisana matematička forma površine trupa) uskladišten u memoriju računara, pripremaju se podaci za kreiranje rebara. Ti podaci su X-koordinate određenih rebara i redom kontrolne krivulje kojima se ta rebara koriste da bi se kreirala. Na osnovu tih podataka, glavni program sječe zadane kontrolne krivulje, uzima potrebna očitanja s krivulja, tj. koordinate Y i Z na zadatoj X koordinati, i ugao koji rebro treba zatvarati prema osnovici za svaku presječnu tačku kontrolnih krivulja s rebrom. Rebro se može kreirati i kao elastična linija kroz sve dobijene tačke na kontrolnim krivuljama za zadatu X-koordinatu. Dobijeni crtež pregledaju iste osobe koje su pripremile ulazne podatke za računar. Ako nisu zadovoljni tokom neke linije ili pronađu druge

¹⁴⁴Ibid., str. 153 – 157.

nedostatke, onda na tim mjestima isprave kontrolne krivulje. Zatim se te korekcije stave u računar i čitav postupak ponovi. Postupak se nastavlja sve dok kompetentni stručnjak iz projektnog ureda nije zadovoljan dobijenim teorijskim rebrima. Ispravnost crteža sa stroja se provjerava poređenjem s izvornim nacrtom teorijskih rebara, koji je bio osnova za ulazne podatke (nacrt nakon bazenskih ispitivanja). Uporedno s kontrolom rebara može se vršiti i kontrola po vodnim linijama. Nakon takve kontrole (po rebrima i vodnim linijama) teorijskih rebara, kreiraju se i memorišu građevna rebra, a zatim crtaju. Nakon toga rebara se sijeku po visini i program uzima dobijena očitavanja na rebrima i kreira vodne linije. Ako potom nacrtane vodne linije zadovoljavaju (zajedno s građevnim rebrima), geometrija trupa je definisana i spremljena u memoriji računara. Projektni ured kontroliše hidrostatske osobine, odnosno istinsinu broda i težište istinsnine memorisane forme. Tako spremljena forma broda osnova je svih daljih proračuna. Na osnovu nje se dobija tablica očitanja, brod se može sjeći bilo kojom ravninom i na rebrima dobiti tražena očitanja, mogu se kreirati i zatim nacrtati uzdužnice, razvija se vanjska oplata, rebara se koriste za formiranje podataka za rezanje elemenata brodske konstrukcije, dobiju se razvijene dužine rebara i napravi nacrt prednje i zadnje polovine trupa u mjerilu 1:10 itd. Nacrt prednje i zadnje polovine trupa u mjerilu 1:10 se nakon toga, u konstrukcijskom uredu, upotpunjaje s konstrukcijskim elementima. Numerički podaci se mogu pretvoriti u crtež. Svaka zemlja koja u brodograđevnom svijetu nešto znači je razvila sopstveni sistem (postupak matematičkog definisanja brodske forme). Svaki od tih sistema se međusobno razlikuje u pristupu, gradnji i korišćenju sistema. Međutim, konačni ciljevi i rezultati su isti.

4.15.2. Programiranje

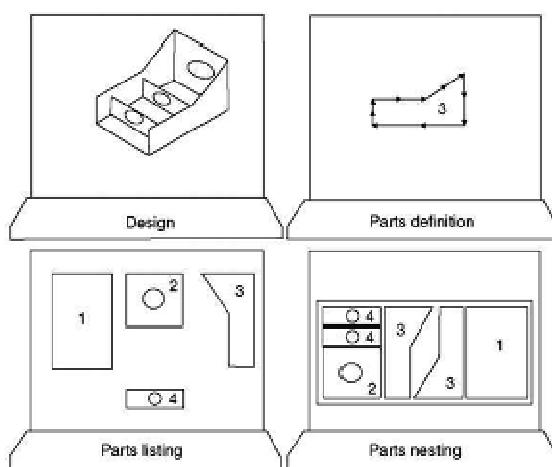
Pored forme broda, nužno je da računar specifikuje i pročita i druge vrste potrebnih informacija. To mogu biti, npr.: tablice koordinata koje određuju položaj određenih struktura unutar trupa ili opis detalja standardnih djelova, npr. koljena i otvora, zatim podaci za obradu itd. Specifikacija tih informacija normalno se pravi što prije za vrijeme faze konstrukcije građevnih djelova, da bi podaci stigli u računar prije nego se počne s opisivanjem elemenata prikazanih na nacrtima. Dakle, računar prima još osnovne podatke o obradi, kodirani opis položaja standardnih struktura i oblik standardnih djelova. Na osnovu toga i memorisane forme trupa, te opisa konkretnog elementa, računar daje podatke za crtanje pojedinih djelova broda i podatke stroju za rezanje limova ili stroju za savijanje rebara. Opis i program nekog elementa moraju biti što je moguće jednostavniji. Za opisivanje elemenata je potrebno imati pogodan sistem za programiranje. Program nekog građevnog dijela sastoji se od naredbi i podataka u jeziku koji je prihvatljiv za računar. Upotrebljavajući te instrukcije, procesor vrši potrebne proračune da bi se dobio konačni geometrijski opis.¹⁴⁵

PRIMJENA NESTING PROGRAMA KROJENJA I RAZVIJANJA LIMOVA OPLATE

Mnogi građevni djelovi trupa imaju nepravilan oblik i dimenzije su im relativno male s obzirom na standardne dimenzije brodograđevnih limova. Kad bi se pripreme za svaki element posebno izvršile, dobio bi se u proizvodnji veliki otpadak materijala. Brodogradilišta su uvela proizvodne metode po kojima se povoljni broj građevnih djelova smješta unutar granica određenog lima. Svaka metoda sadrži plan krojenja po kojem se režu građevni djelovi iz određenog lima. Plan krojenja mora biti takav da se lim što bolje iskoristi. Za povoljan broj tih djelova, određen ručnim postupkom, napiše se NESTING program (program krojenja). U tu svrhu memorisane

¹⁴⁵ Ibid., str. 159 – 165.

građevne djelove pojedinačno nacrtava N/C stroj. U svaki takav nacrt ucrtava se još ishodište koordinatnog sistema (lokalni koordinatni sistem) iz kojeg je počela definicija elemenata. Nakon toga se tako nacrtani elementi ručno razmještaju unutar dimenzija lima, i to tako da bude što manje otpada. Tada se može započeti pisanje NESTING programa u njegovom posebnom jeziku. U tom se programu daje polazna tačka na limu za svaki građevni dio, a isto tako i smjer lokalnog koordinatnog sistema. Konačno, zadaje se redosled rezanja detalja sa svrhom da se postigne minimalna dužina rezanja i izbjegnu deformacije usled zagrijavanja komada. Nacrt N/C stroja za crtanje može poslužiti kao nacrt-šablon ako brodogradilište nema uređaj za numeričko upravljanje strojem za rezanje. Računar daje podatke: dužinu rezanja, dužinu praznog hoda plamenika, broj paljenja odnosno gašenja plamenika i dr.



Slika 44. Sastavljanje djelova lima – “nesting”

Izvor: Molland A., (2008). The maritime engineering reference book (A guide to ship design, construction and operation). Burlington: Butterworth-Heinemann (Elsevier), str. 703

Odjeljenje trupa u konstrukcijskom uredu priprema podatke potrebne računaru za razvijanje vanjske oplate. Najprije se pomoću razvijenih dužina rebara, dobijenih iz programa linija trupa (Hull fairing program), napravi nacrt razvijene vanjske oplate. Na plaštu trupa se izvrši raspored šavova i stikova. Nakon toga se šavovi i stikovi ucrtaju u plan rebara koji se nacrtava na NC stroju za crtanje, i to obično u mjerilu 1:25. Ulazni podaci programa za razvijanje oplate sastoje se iz sastavljenih tablica, koje kombinuju sljedeće informacije: poprečni razmak rebara, položaj stikova, položaj gornjih i donjih šavova, položaj uzdužnih rebara i paluba koje treba obilježiti tačkalom, debljine limova, pretičak na određenim stranicama lima i oznake za identifikaciju limova. Razvijanje se vrši po sredini debljine lima. Za razvijanje tipičnih limova vanjske oplate broda koristi se više metoda, prema tome koji je tip lima. Poznata je grafička metoda pomoću okomica. Nakon toga računar opisuje razvijeni lim, odnosno na njemu određuje položaj i daje potrebna očitanja za strukturne elemente koji prolaze tim limom (uzdužnjaci, proveze). Program zatim računa najmanji pravougaonik opisan oko razvijenog lima, daje informacije o dimenzijama za narudžbu materijala, o površini razvijenog lima, dužini rezanja, težini itd. Za vrijeme te procedure vrše se ispravke da bi se kompenzovalo stezanje koje nastaje usled rezanja plamenom i zavarivanja šavova i stikova za vrijeme montaže.¹⁴⁶

¹⁴⁶ Ibid., str. 170 – 174.

Primjenom numeričkog upravljanja strojevima za crtanje i za strojnu obradu, uveliko je smanjen i pojednostavljen posao u pripremnom dijelu aktivnosti za gradnju brodskog trupa. To omogućuje kompjuterski program, kojim se premošćuje put od radioničkih nacrta do upravljačke jedinice strojeva i alata za obradu. Premošćuju se svi pripremni radovi u brodograđevnom odjeljenju, tj. trasiranje, razvijanje, izrada šablonu i označavanje, izrada specifikacija za limove, ručno upravljanje strojevima za obradu. Preostali ručni rad sastoji se u većoj mjeri od: definisanja programa, kontrole operacija i provjere rezultata. Uz pomoć računara se postiže i bolja tačnost u proizvodnji, jer su izbjegнутa razna mjerena iz nacrta. Bez računara za masovnu obradu podataka iz područja projektovanja, tehnologije, upravljanja i poslovanja u cijelosti ne može se ni zamisliti savremena organizacija, tehnologija i poslovanje brodogradilišta.¹⁴⁷

¹⁴⁷ Ibid., str. 179 – 180.

5. Zaključak

Razvoj nauke i tehnike, a time i brodogradnje, međunarodne pomorske industrije, međunarodne pomorske administracije i klasifikacionih društava, doveo je do promjena u brodogradilištima kao i tehnološkom procesu gradnje jahti.

Pojava zavarivanja je omogućila djelimičnu automatizaciju proizvodnog procesa i predstavlja početak korijenitih promjena u metodama gradnje broda. Omogućila je izradu velikih sekcija koje se na navozu sklapaju u brodski trup, umjesto montiranja pojedinih građevnih djelova na navozu. Trasiranje broda je zamjenjeno optičkom metodom označavanja limova i uvedeni su elektronski uređaji koji upravljaju strojevima za rezanje i savijanje limova. To je kao posljedicu imalo da proizvodnost u brodogradnji poraste i da je smanjeno vrijeme potrebno za gradnju broda. Sale za trasiranje danas gube na važnosti zbog savremenih automatskih strojeva za obradu proizvoda crne metalurgije i prelaska na automatsku obradu. Međutim, tradicionalne metode, tj. trasiranje u punoj razmjeri se zadržalo jer za određene brodove postoje mesta složene geometrije ili konstrukcije gdje je tradicionalan metod mnogo efikasniji nego određene računarske metode (npr. trodimenzionalni šabloni za savijanje limova).

Savremeni način gradnje broda se sastoji u primjeni sistema prostornih ili blok-sekcija i procesnoj predmontaži opreme, tj. u istovremenom opremanju pojedinih brodskih prostora s izgradnjom tih prostora. Može se reći da je jedno brodogradilište dobro organizovano ako su pripremni radovi za neki brod dovršeni do momenta polaganja kobilice broda, odnosno do polaganja prve sekcije na dilj. Da bi gradnja bila kvalitetna, ekonomična i brza, sekcije je nužno graditi redosledom koji je utvrđen tehnološkim procesom gradnje.

Proizvodnja brodogradilišta je u velikoj mjeri industrija sastavljanja, tj. montaže, u kojoj je najvažnije da se svaki dio ili sklop nađu u pravo vrijeme na određenom mjestu i to na tehnički najspravniji način. Gradnja broda kraće traje i ekonomičnija je ako se što više radova obavi u radionicama, a što manje na diljevima i na opremnoj obali. U radionicama treba osnovne građevne djelove trupa proizvoditi i spajati u manje ili veće sklopove, pa u takve sekcije treba ugraditi što više opreme, tako da bi i montaža na dilju i oprema gotovog brodskog trupa, tj. svi radovi na otvorenom prostoru, trajali kraće.

Ranim opremanjem sklopova i sekcija se postiže skraćivanje vremena gradnje broda, i na dilju i na opremnoj obali. Podjelom broda u zone postiže se grupisanje opreme koja se ugrađuje bez gomilanja velikih količina materijala i bez dodatnih transportnih troškova, rasortiranja i distribucije materijala po velikim prostorima. Grupanjem srodnih građevnih djelova prema kriterijumu tehnologije obrade, bez obzira na njihovu funkcionalnu pripadnost, postiže se racionalna proizvodnja.

Pri gradnji trupa se trebaju prilagoditi i uskladiti različiti proizvodi predmontaže. Redosled ugradnje sekcija nije uvijek isti i razlikuje se od jednog do drugog brodogradilišta i od broda do broda. Postupak koji brodogradilište primjenjuje zavisi od njegovih tehničko-tehnoloških mogućnosti, vrsti i veličini broda koji se gradi i od stečenog iskustva. Kolike će se sekcije neko brodogradilište da radi uglavnom zavisi od kapaciteta dizalica na području montaže brodskog trupa, od razvoja i opremljenosti brodogradilišta i od sposobnosti radne površine da izdrži opterećenje broda koji se gradi.

Postupni prelaz s jednostavnih na složenije sekcije je potreban da bi se mogla kontrolisati naprezanja pojedinih zavarenih šavova. Novi načini izrade sekcija omogućuju da se čitavi djelovi broda dovrše s potpunom ili djelimičnom opremom prije nego se transportuju na ležaj.

Tendencija je da se gotove blok-sekcije potpuno opremljene montiraju na brod i zavaruju, što omogućava da se brod preda vodi opremljen i do 80%. Prilikom spajanja blok-sekcija treba naročito paziti na redosled zavarivanja, da ne bi nastale deformacije ili nedozvoljeno veliki naponi u konstrukciji. Spoj dviju blok-sekcija treba da bude takav da omogući laku montažu, odnosno da svaka sekcija pri ugradnji dovodi sama sebe u relativni položaj prema susjednim sekcijama. Zbog toga, profili jedne sekcije treba da se preklapaju sa limovima druge sekcije.

Pri izradi radioničkih nacrta za trup, treba voditi računa o smanjenju otpadaka materijala. Tehnološki proces i tehnološki zahtjevi struktura (posebno zavarenih struktura) su složeni i zbog toga se istovremeno s izradom konstrukcijskih nacrta pravi i ostala radna dokumentacija, koja mora ukazivati na sve operacije u tehnološkom procesu, metode kojima se radovi trebaju obaviti i redosled njihovog izvođenja, naprave i alate koje treba upotrebiti, potrebnu radnu snagu za obavljanje pojedinih poslova, vrijeme izrade itd. Pripremni radovi brodogradilišta su važna faza tehnološkog procesa gradnje broda. Od sprovođenja ovih radova zavisi organizacija, brzina, protok materijala, a u konačnom i kvalitet broda, kao i uspješan završetak njegove gradnje.

Razvoj oplate je jedan od najvažnijih crteža u cijeloj dokumentaciji broda. Iz crteža razvoja oplate dobijaju se specifikacije za narudžbine limova. Dobijanje crteža razvoja oplate na računaru je veoma jednostavno i olakšano je u odnosu na tradicionalan metod. Teži se da elementi budu složeni na tabele lima tako da procenat iskorišćenja površine lima bude što veći. Pri automatskom slaganju elemenata, koje vrši računarski program, postiže se velika ušteda u vremenu, a procenat iskorišćenja površine table lima se kreće u prosjeku oko 80%.

Prenos podataka iz konstrukcijskih nacrta određenog elementa ili dijela opreme broda u stvarnost može biti vrlo jednostavno, ali i prilično složeno. To u najvećoj mjeri zavisi od oblika predmeta koji treba izraditi. Jedna greška u tom poslu može često uzrokovati veliku štetu, što naročito važi za jako zakrivljene limove. Pri razvijanju se uvijek radi po neutralnoj liniji limova (srednja linija) jer je to sloj u kojem vlakna ne mijenjaju svoju dužinu prilikom savijanja. Takođe, pri razvijanju je potrebno obratiti pažnju na označavanje razvijenog lima.

Dugo vremena se težilo matematičkim putem opisati brodski trup. Rezultat je da danas postoji desetak raznih numeričkih metoda za obradu trupa. Obavljanje opsežnih računskih operacija koje su te metode iziskivale omogućio je računar. Kompjuterski programi omogućuju da se premosti put od radioničkih nacrta do upravljačke jedinice stroja za obradu. Pripremne radnje pomoću numeričke metode sjedinjuju pripremne radnje izvan i u brodograđevnom odjeljenju. Crtarnica nije više potrebna takvom brodogradilištu jer numerički upravljeni strojevi za oblikovanje, odnosno rezanje limova, traže potpuno analitičko predstavljanje brodskih elemenata. Jedna od pogodnosti upotrebe računara u brodogradnji je i taj što se pomoću 3D modela linija može izraditi model u razmjeri u svrhu hidrodinamičkih ispitivanja, ispitivanja čvrstoće pomoću konačnih elemenata ili za prezentacije naručiocima.

Primjenom numeričkog upravljanja strojevima za crtanje i za strojnu obradu, smanjen je i pojednostavljen posao u pripremnom dijelu aktivnosti za gradnju brodskog trupa. To omogućuje kompjuterski program, kojim se premošćuje put od radioničkih nacrta do upravljačke jedinice strojeva i alata za obradu. Premošćuju se svi pripremni radovi u brodograđevnom odjeljenju, tj. trasiranje, razvijanje, izrada šablonu i označavanje, izrada specifikacija za limove, ručno upravljanje strojevima za obradu. Uz pomoć računara se postiže i bolja tačnost u proizvodnji, jer su izbjegнута razna mjerena iz nacrta. Bez računara za masovnu obradu podataka iz područja projektovanja, tehnologije, upravljanja i poslovanja u cjelosti ne može se ni zamisliti savremena organizacija, tehnologija i poslovanje brodogradilišta.

6. Literatura

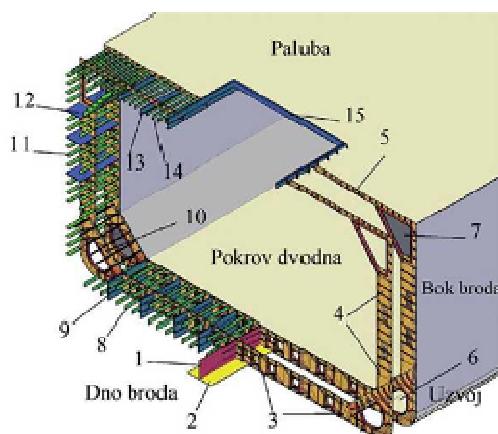
1. Pomorska enciklopedija, Drugo izdanje, Tom 1 (A - Cez), (1976). Zagreb: Jugoslovenski Leksikografski Zavod.
2. Vojna enciklopedija, Drugo izdanje, Tom II, (1971). Beograd: VIZ.
3. ZAKON O SIGURNOSTI POMORSKE PLOVIDBE, (2014). Podgorica: Službeni list CG, br. 06/14.
4. ZAKON O ZAŠTITI MORA OD ZAGAĐIVANJA SA PLOVNIH OBJEKATA, (2011). Podgorica: Sl. list Crne Gore, br. 20/11
5. ZAKON O MORU, (2008). Podgorica: Sl. list Crne Gore, br. 06/08.
6. Durđenović Ivona, (2015.). Istorijski jahti (Specijalistički rad). Tivat: FMS.
7. Klaić Bratoljub, (1989.) Rječnik stranih rječi A - Ž. Zagreb: NAKLADNI ZAVOD MH.
8. Pomorska enciklopedija, Tom 3 (I - Ko), (1976). Zagreb: Jugoslovenski leksikografski zavod.
9. Vojna enciklopedija, Drugo izdanje, Tom 3, (1971). Beograd: VIZ.
10. ZAKON O JAHTAMA, (2016). Podgorica: Sl. List RCG, br. 16/16.
11. Pravila za statutarnu sertifikaciju jahti, (2012). Bar: Uprava pomorske sigurnosti.
12. Papanikolaou Apostolos, (2014). Ship Design Methodologies of Preliminary Design. Dordrecht: Springer.
13. Šilović Stanko et al., (1969). Čamac Brod Brodogradnja. Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod.
14. Lompar Andrija, (2002). Nauka o brodu. Kotor: Fakultet za pomorstvo.
15. Tupper Eric, (2002). Introduction to naval architecture (3rd Edition). Oxford: Butterworth-Heinemann.
16. Ugrinović Dinka, (1979). Osnivanje broda II dio. Split: Viša pomorska škola.
17. Eyres D. J., Bruce G. J., (2012). Ship construction (7th Edition). Oxford: Elsevier.
18. Dvornik Joško, Dvornik Srđan, (2013). Konstrukcija broda. Split: Pomorski fakultet.
19. Dvornik Joško, Dvornik Srđan, (2013). Konstrukcija, otpor i propulzija jahti. Split: Pomorski fakultet.
20. Rules for the Classification and the Certification of Yachts, (2012). Bureau Veritas.
21. Grgić Aleksandar i Živić Ratomir, (1988). Osnove brodogradnje. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
22. Markovina Roko (Ed.), (2010). Zbornik radova XIX Simpozij "Teorija i praksa brodogradnje SORTA 2010". Split: Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje.

23. Storch Richard Lee et al., (1995). Ship Production (2nd Edition). Centreville: Cornell Maritime Press.
24. Grubišić Miloš, (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola.
25. Jovanović Predrag, Đorđević Novica, (1997). Brodogradnja i žilavost broda. Beograd: Pronalazaštvo.
26. Van Dokkum Klaas, (2003). Ship knowledge – A modern encyclopedia. Enkhuizen: DOKMAR.
27. Ribar Borivoje, (1986). Teorija broda. Beograd: Mašinski fakultet.
28. Molland Anthony, (2008). The maritime engineering reference book (A guide to ship design, construction and operation). Burlington: Butterworth-Heinemann (Elsevier).
29. Letcher John, (2009). The Geometry of Ships. Jersey City: The Society of Naval Architects and Maritime Engineers.
30. Okumoto Yasuhisa et al., (2009). Design of Ship Hull Structures – A Practical Guide for Engineers. Verlag Berlin Heidelberg: Springer.
31. Ivošević Borislav, (2011). Pomorsko pravo. Tivat: FMS.
32. Vučković Branko, Vučković Vesna, (2012). Sigurnost i bezbjednost jahti i marina. Tivat: FMS.

INTERNET IZVORI:

33. http://www.bureauveritas.com/iNOKwHpw/BC+007+DCM+R03_Yacht.pdf
34. <http://www.derecktor.com/pdf/brochures/cakewalk.pdf>
35. <http://www.blohmvooss.com/en/corporate/content/blohm-voss/shipyard>
36. http://www.pomorstvo.me/files/jahte/Pravila_za_statutarnu_sertifikaciju_jahti.pdf
37. <http://www.imo.org/>
38. <https://www.dnvgi.com/>
39. <http://www.iacs.org.uk/>
40. <http://www.veristar.com/>
41. <http://www.fms-tivat.me/>

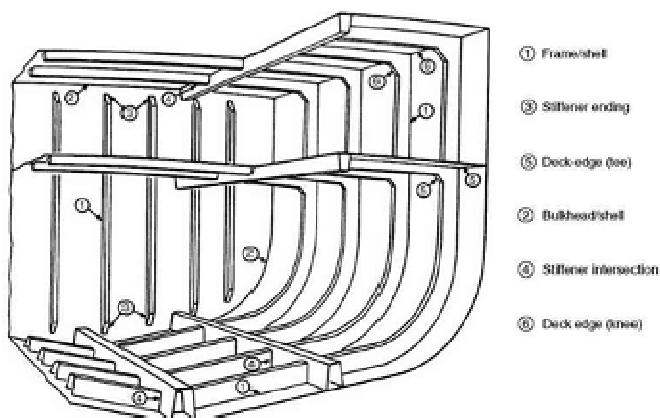
7. Prilozi



Slika 45. Osnovni elementi trupa broda:

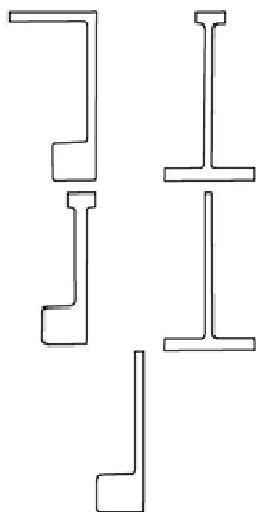
1. hrptenica, 2. kobilični voj (kobilica), 3. rebrenica, 4. rebro, 5. palubna sponja, 6. uzvojni tank, 7. bočni tank, 8. uzdužnjaci dna, 9. bočni nosači dvodna, 10. uzvojno koljeno, 11. uzdužnjaci boka, 12. uzdužni nosači boka, 13. palubna proveza, 14. uzdužnjaci palube, 15. pražnjica teretnog grotla.

Izvor: Dvornik J. i Dvornik S., (2013). Konstrukcija, otpor i propulzija jahti. Split: Pomorski fakultet, str. 14



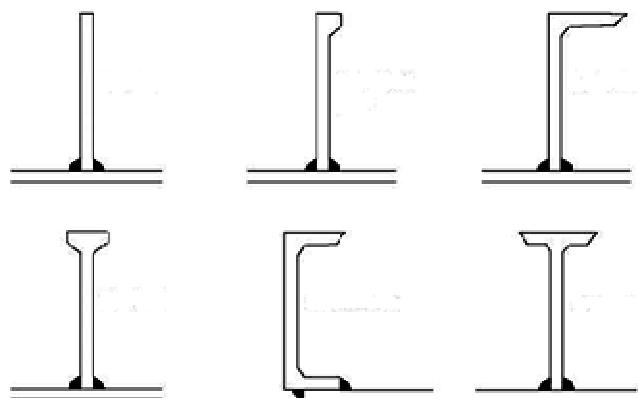
Slika 46. Primjer presjeka glavnog rebra

Izvor: Molland A., (2008). The maritime engineering reference book (A guide to ship design, construction and operation). Burlington: Butterworth-Heinemann (Elsevier), str. 682



Slika 47. Tipični profili aluminijumskih legura

Izvor: Molland A., (2008). The maritime engineering reference book (A guide to ship design, construction and operation). Burlington: Butterworth-Heinemann (Elsevier), str. 663

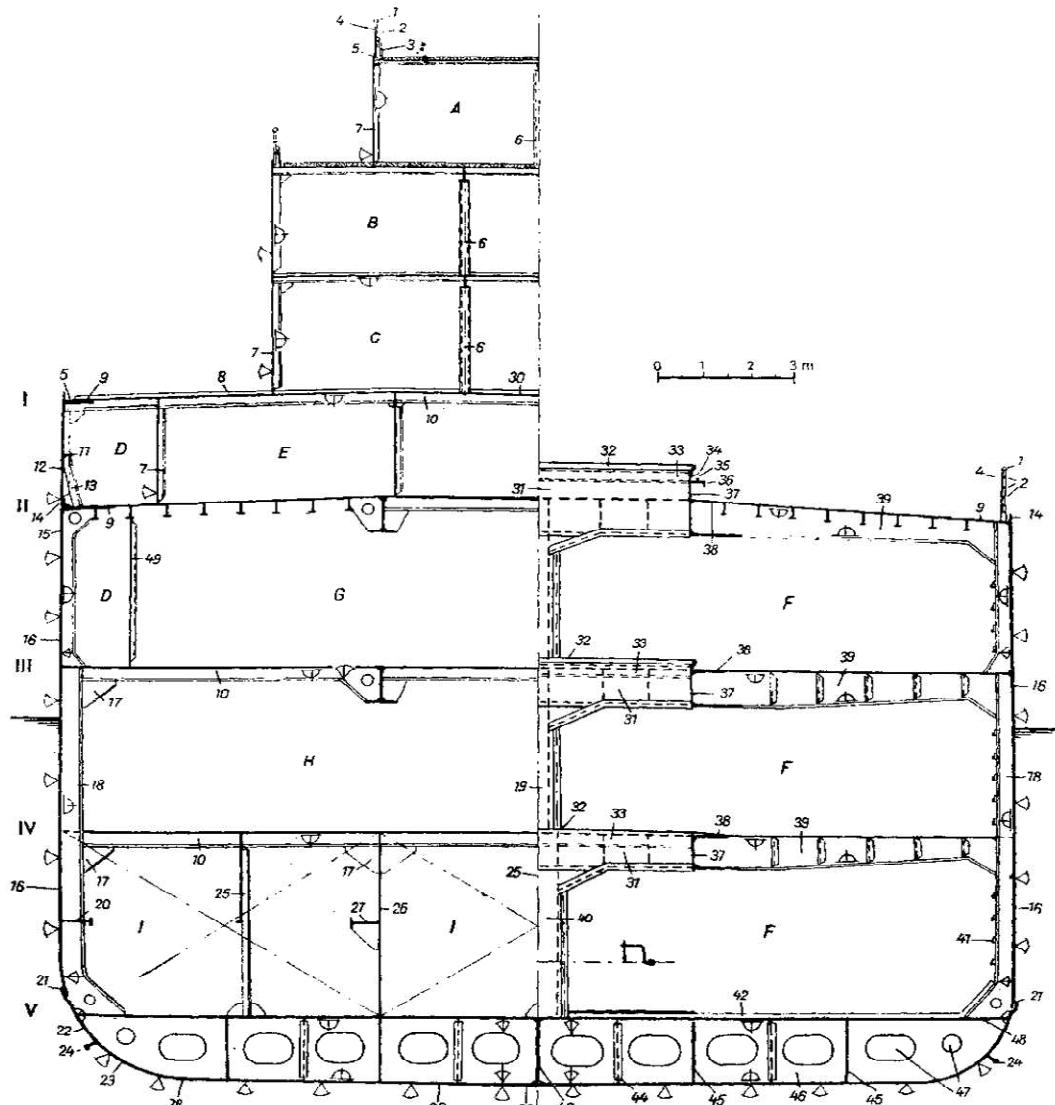


Slika 48. Čelični profili u brodogradnji

Izvor: Molland A., (2008). The maritime engineering reference book (A guide to ship design, construction and operation). Burlington: Butterworth-Heinemann (Elsevier), str. 661



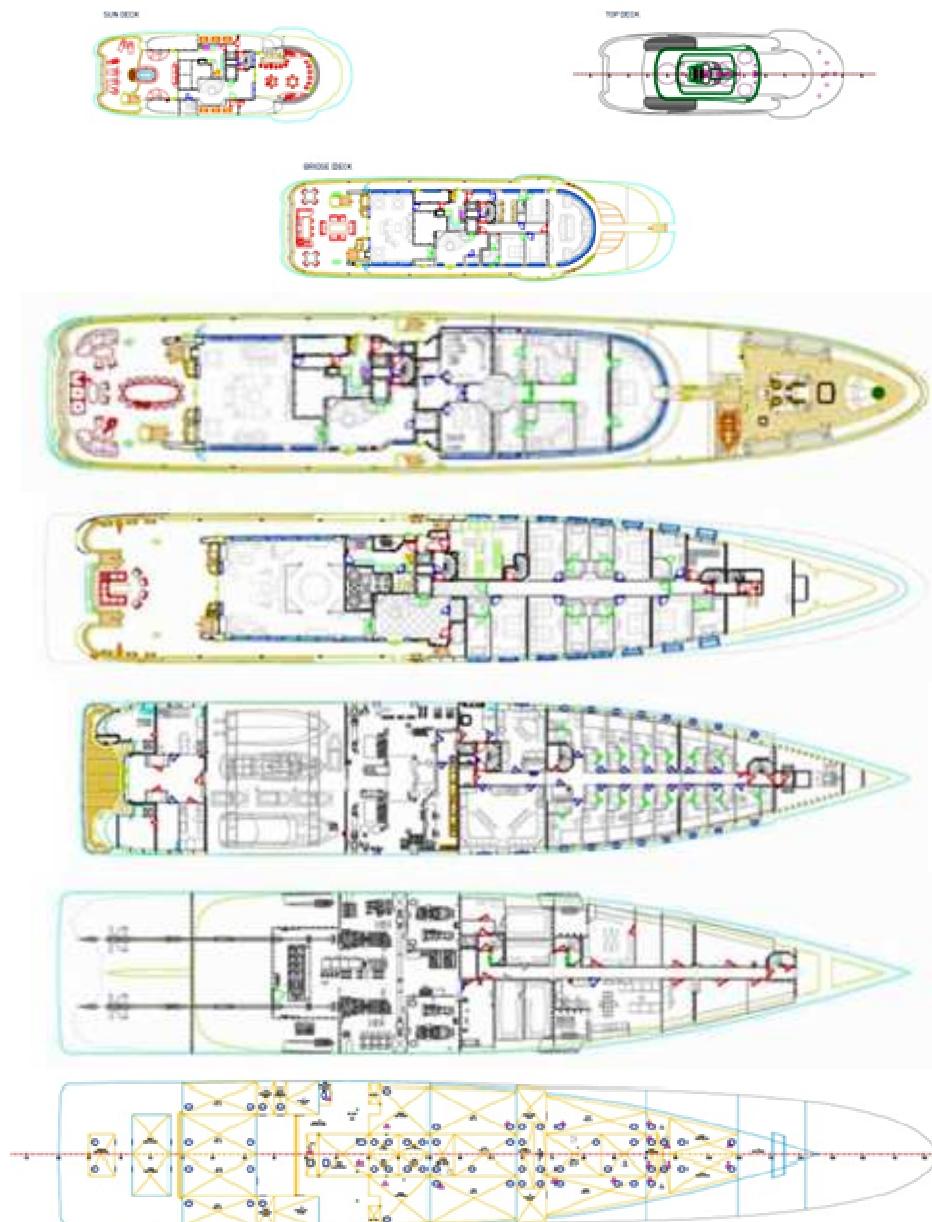
Slika 49. Razni profili u brodogradnji



Slika 50. Glavno rebro putničko-teretnog broda (s nazivima građevnih dijelova).

A radio-kabina, B nastambe oficira, C blagovaonica, D hodnik, E putničke kabine, F skladište tereta, G hlađeno skladište tereta, H tankovi pitke vode, I tankovi goriva; I paluba čamaca, II gornja paluba, III prva donja paluba, IV druga donja paluba, V pokrov dvodna; 1 rukohvat rešetkaste ograde, 2 šipka rešetkaste ograde, 3 potporanj ograde, 4 stup ograde, 5 rubni kanal, 6 upora palube, 7 zid nadgrađa, 8 obloga palube, 9 voj palubne proveze, 10 sponja, 11 rukohvat obodnice (pune ograde), 12 lim obodnice, 13 potporanj obodnice, 14 uglovnica palubne proveze, 15 završni voj oplate, 16 oplata bokova broda, 17 koljeno, 18 okvirno rebro, 19 centralna uzdužna pregrada, 20 bočna proveza, 21 zakovani šav oplate, 22 gornji voj uzvoja, 23 donji voj uzvoja, 24 ljudska kobilica, 25 pljuskača, 26 uzdužna pregada tanka, 27 proveza uzdužne pregrade, 28 oplata dna broda, 29 plosna kobilica, 30 obloga poda (litosil), 31 poprečna pražnica grotla, 32 pokrov grotla, 33 grotlena sponja, 34 ležaj grotlene sponje, 35 utor za klin kojim se pričvrsti pokrivač pokrova grotla, 36 horizontalno ukrepljenje pražnice, 37 uzdužna pražnica grotla, 38 podvostručenje lima, 39 polusponja, 40 upora pražnice grotla, 41 unutarnja obloga skladišta, 42 drvena obloga poda skladišta, 43 hrpenica, 44 vertikalna ukrepa, 45 interkostalni bočni nosač, 46 rebrenica, 47 rupe za olakšanje, 48 završna ploča, 49 laki pregradni zid

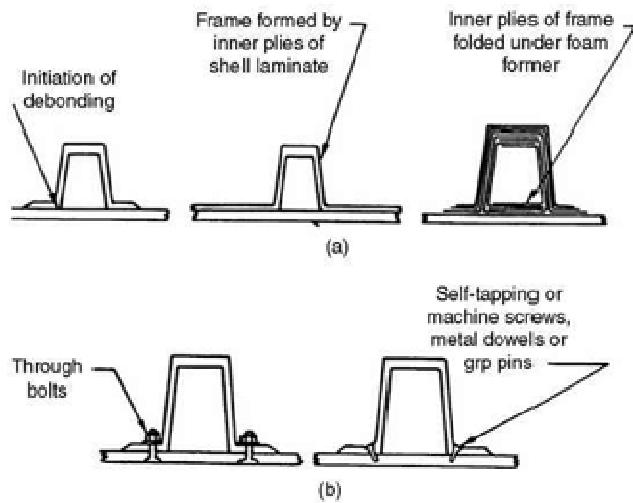
Izvor: Šilović S. et al., (1969). Čamac Brod Brodogradnja. Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod, str. 265



Slika 51. Generalni raspored MY Cakewalk

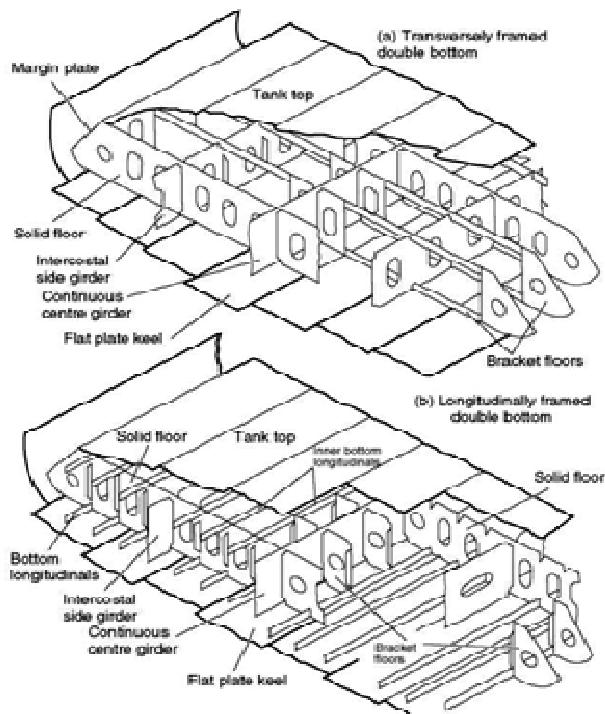
(brodogradilište: Derector, USA; LOA: 85.6 m; B: 14.3 m; D: 4.0 m; GT: 2998; propulzija: 2x MTU 16V 4000 M71 – 2465 bkw, 3306 hp, 2000 RPM; propeller: 2x 5 blade Rolls Royce single pitch; max speed: 17 knots, construction: steel hull, aluminum superstructure; klasa: Lloyds Maltese Cross 100A1-SSC Yacht(P) Mono G6)

Izvor: <http://www.derecktor.com/pdf/brochures/cakewalk.pdf>, Derector, (2010). Cakewalk Derector, str. 14 – 19, pristupljeno 14.07.2016. godine u 02:40 časova



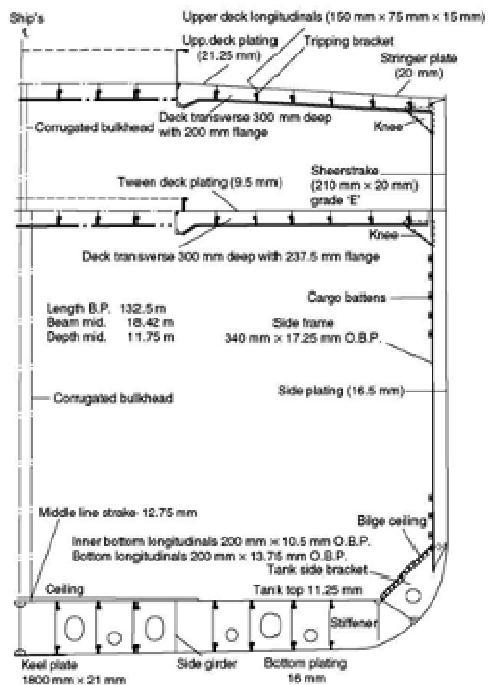
Slika 52. Tipična konekcija rebro-oplata:
 (a) tip pričvršćivanja; (b) ojačanje spoja

Izvor: Molland A., (2008). The maritime engineering reference book (A guide to ship design, construction and operation). Burlington: Butterworth-Heinemann (Elsevier), str. 679



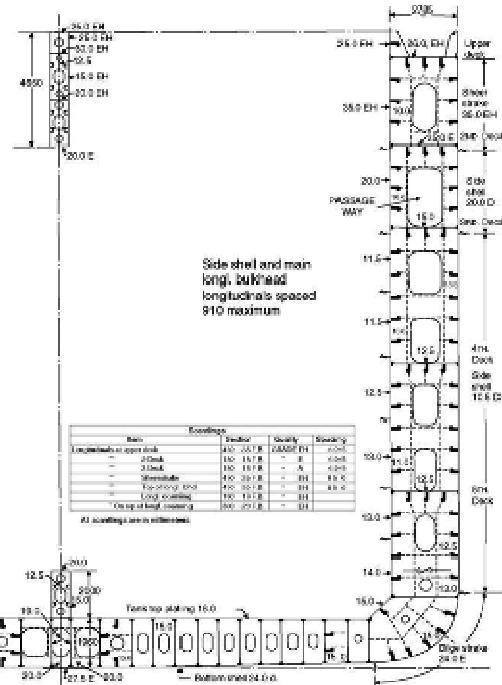
Slika 53. Konstrukcija dvodna

Izvor: Molland A., (2008). The maritime engineering reference book (A guide to ship design, construction and operation). Burlington: Butterworth-Heinemann (Elsevier), str. 696



Slika 54. Presjek glavnog rebra (brod za generalni teret)

Izvor: Molland A., (2008). The maritime engineering reference book (A guide to ship design, construction and operation). Burlington: Butterworth-Heinemann (Elsevier), str. 693



Slika 55. Presjek glavnog rebra (kontejnerski brod)

Izvor: Molland A., (2008). The maritime engineering reference book (A guide to ship design, construction and operation). Burlington: Butterworth-Heinemann (Elsevier), str. 694

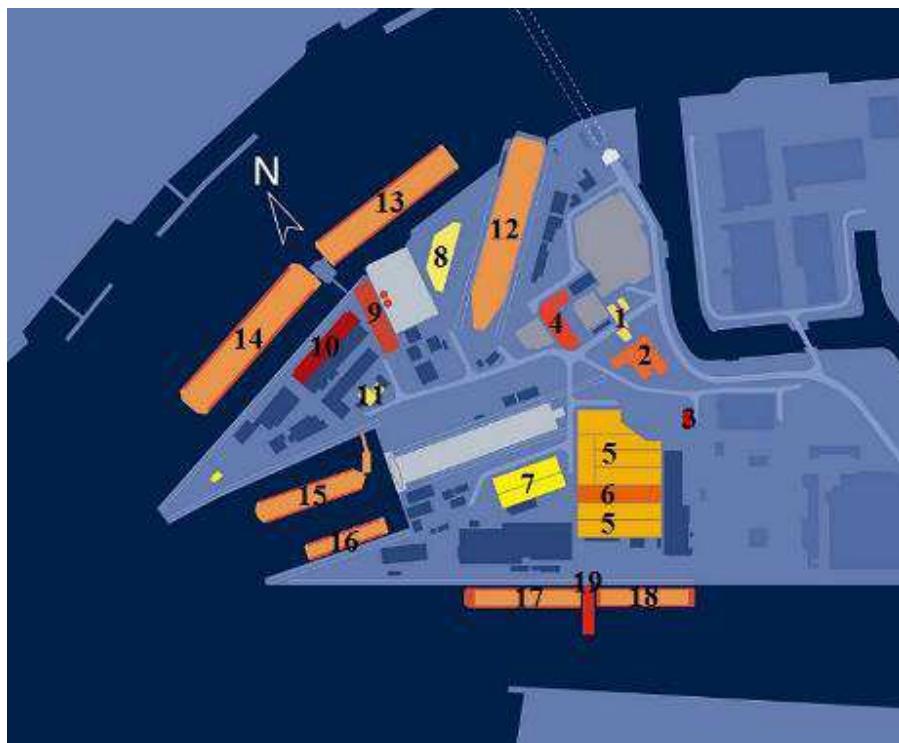
Tabela 5. Primjer sastava jednog brodogradilišta sa opisom radova u pojedinim radionicama

Broj	Naziv	Opis rada
A. Osnovne radionice brodograđevne proizvodnje		
1.	Brodograđevna radionica sa skladištem čelika i trasernicom	Izrada elemenata trupa
2.	Montažno-zavarivačka radionica sa skladištem gotovih elemenata trupa	Montaža i zavarivanje detalja i sekcija trupa
3.	Radionica zapreminskih sekacija (pri gradnji velikih brodova iz zapreminskih sekacija)	Izrada blok-sekcija
4.	Mjesto za gradnju (navozi, dokovi is l.) i spuštanje broda u vodu	Gradnja broda i spuštanje u vodu
5.	Mehaničko-montažna radionica (sa dijelom aggregatiranih mehanizama)	Montaža na brodu glavnih i pomoćnih mašina, kotlova i vratila
6.	Cjevarska radionica sa skladištem cijevi	Izrada i montaža brodskih sistema i cjevovoda
7.	Brodobravarska radionica	Izrada i montaža brodske ventilacije, raznih djelova, detalja uključenja sistema, uređaja, opreme, elektrotrasa, obloga, malih fundamenata i drugih bravarskih djelova
8.	Radionica za obradu drveta sa skladištem drveta	Izrada i postavljanje na brodu drvenih elemenata
9.	Farbarska radionica sa skladištem boja	Priprema boja i radovi bojenja na brodu
10.	Radionica izolacije sa skladištem izolacionih materijala	Izrada izolacije na brodu
11.	Jedrarsko-užarska radionica	Izrada brodske takelaže, platnenih prekrivača i sl.

12.	Radionica galvanskog prekrivanja	Galvansko prekrivanje metalnih djelova (cinkovanje, niklovanje, hromiranje itd.)
13.	Elektromontažna radionica sa skladištem elektromaterijala	Izrada nestandardne elektroopreme, montaža elektroopreme na brodu
14.	Završno opremljena radionica	Oprema brodova poslije porinuća, ispitivanje i primopredaja
B. Osnovne radionice mašinskog dijela brodogradilišta		
1.	Modelarnica	Izrada drvenih modela za livnicu
2.	Livnica livenog gvožđa	Izrada odlivaka iz livenog gvožđa
3.	Livnica čelika	Izrada odlivaka iz čelika
4.	Livnica obojenih metala	Izrada odlivaka iz obojenih metala
5.	Kovačka radionica	Izrada otkivaka
6.	Mašinska radionica	Mašinska obrada detalja i bravarsko sklapanje mehanizama i opremea
C. Pomoćne radionice		
1.	Alatnica	Izrada specijalnih nestandardnih alata, šabloni, kalibara itd.
2.	Remontno-mehanička radionica	Remont i održavanje pogona brodogradilišta
3.	Elektroremontna radionica	Remont i održavanje elektroopreme brodogradilišta
4.	Remontno-građevinska radionica sa skladištem građevinskih materijala	Remont i održavanje zgrada i građevina na brodogradilištu
5.	Transportno odjeljenje, uključujući sve vidove transporta na zemlji	Izvođenje transportnih operacija između radionica brodogradilišta
6.	Vodni transport, uključujući remorkere, čamce, barže i plovne dizalice	Postavljanje brodova na opremnu obalu, plovidbena ispitivanja brodova, transport robe vodenim putem
D. Skladišta		
1.	Glavno skladište	Čuvanje materijala i polufabrikata
2.	Skladište brodske opreme	Čuvanje mehanizma i opreme
3.	Centralno skladište gotovih proizvoda	Čuvanje proizvoda brodopravarske radionice i radionice u drvetu prije ugradnje u brod
4.	Skladište goriva i maziva	Čuvanje goriva i maziva
E. Energetika		
1.	Kotlarnica	Proizvodnja pare visokog i niskog pritiska i vruće vode za potrebe brodogradilišta
2.	Transformatorna stanica sa elektrovodovima	Transformacija električnog napona ka radionicama
3.	Kompresorska stanica sa akumulatorom i sistemom vazduha pod pritiskom	Proizvodnja vazduha pod pritiskom i doprema do radionica
4.	Stanica kiseonika sa razvođenjem	Proizvodnja kiseonika i doprema do radionica
5.	Acetilenska stanica sa razvođenjem argona	Proizvodnja acetilena i doprema do radionica
6.	Stanica ugljen-dioksida	Proizvodnja ugljen-dioksida i doprema do radionica
7.	Argonska stanica sa razvođenjem argona	Izrada argona i doprema do radionica
8.	Automatska telefonska stanica i druga sredstva veze	Telefonske i druge veze unutar brodogradilišta
F. Upravna zgrada		
1.	Administracija	Vodenje administrativnih poslova brodogradilišta
2.	Projektni biro	Izrada projekta za brodove koji se grade u brodogradilištu

Izvor: Grgić A. i Živić R., (1988). Osnove brodogradnje. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, str. 154-156¹⁴⁸

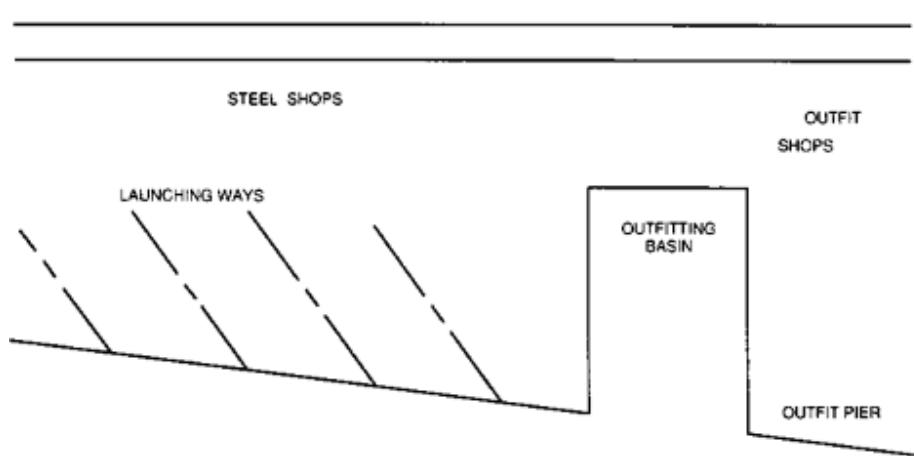
¹⁴⁸ U tabeli je dat vrlo detaljno razrađen sastav brodogradilišta. Zavisno od veličine i potreba, pojedina brodogradilišta će imati samo pojedine radionice ili će više radionica biti grupisane u jednu. Dio pod A čini osnovu svakog brodogradilišta i te radionice sa manjim varijantama u rasporedu, ima svako brodogradilište.



Slika 56. Brodogradilište Blohm and Voss (Hamburg, Njemačka):

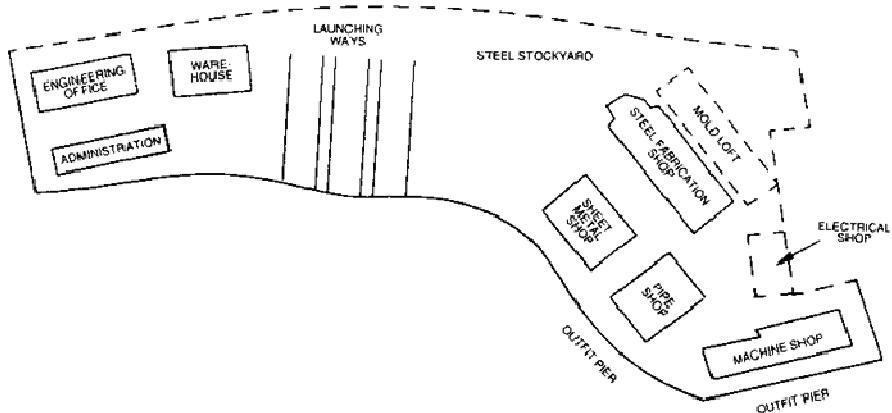
1 - Ulaz; 2 - Trening centar; 3 - Električna centrala; 4 - Upravna zgrada, 5 - Brodograđevne radionice 1-8; 6 - Brodograđevna radionica 9 (lasersko zavarivanje i rezanje); 7 - Brodograđevne radionice 9-10; 8 - servisni centar; 9 - Postrojenje za prerađu vode iz doka; 10 - Centar za popravke; 11 - Bojadisarska radionica; 12 - Suvi dok (Elbe 17); 13 - Dok 10; 14 - Dok 11; 15 - Dok 16; 16 - Dok 6; 17 - Dok 5; 18 - Dok 12; 19 - Ponton.

Izvor: <http://www.blohmvooss.com/en/corporate/content/blohm-voss/shipyards>, Blohm + Voss, (2016),
Shipyard, 12.07.2016. godine u 23:35 časova



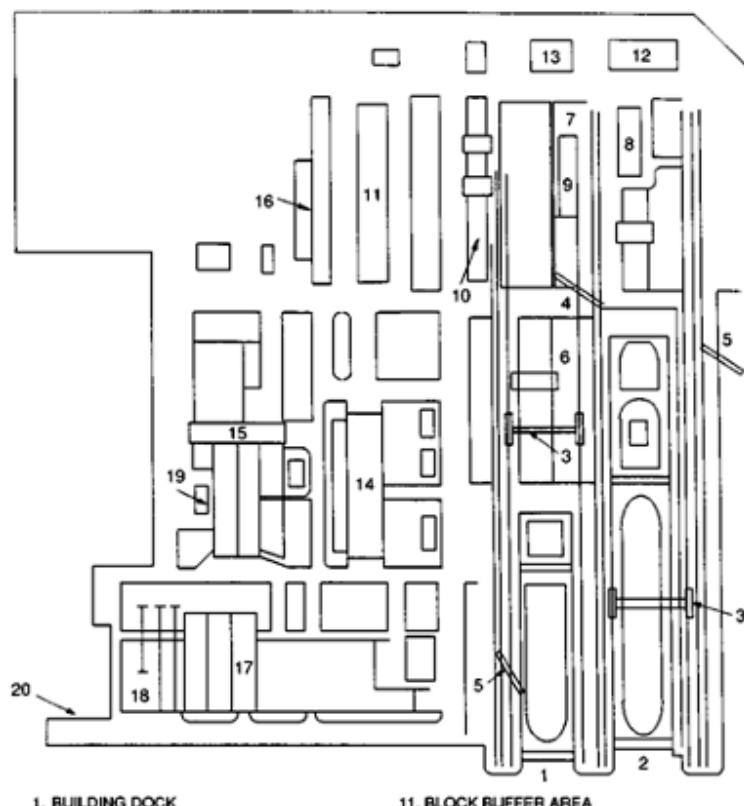
Slika 57. Raspored (plan) brodogradilišta prve generacije

Izvor: Storch R. L. et al., (1995). Ship Production (2nd Ed.). Centreville: Cornell Maritime Press, str. 163



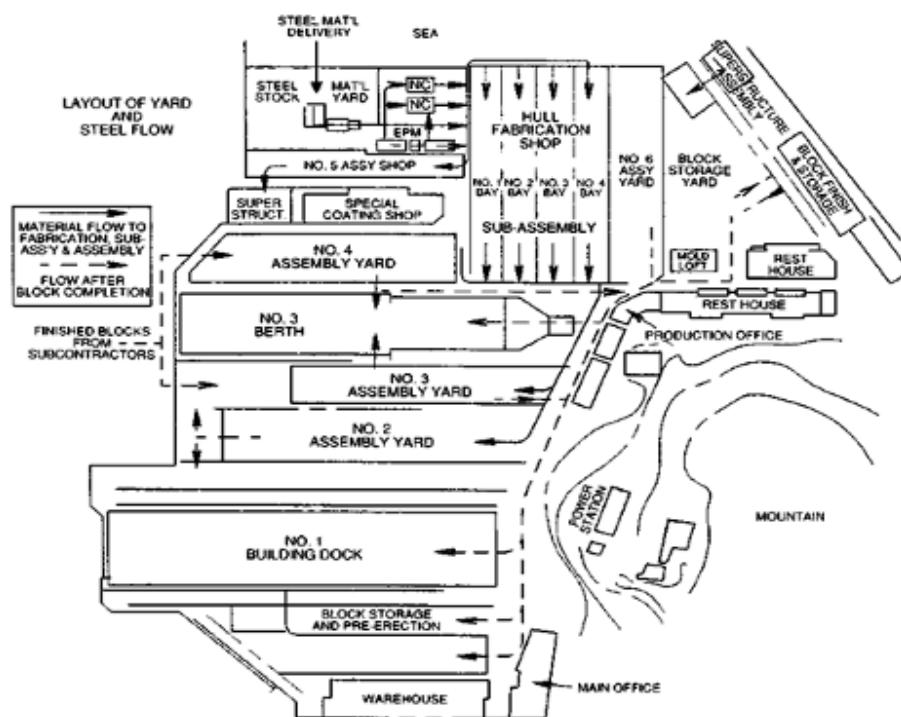
Slika 58. Plan brodogradilišta druge generacije

Izvor: Storch R. L. et al., (1995). Ship Production (2nd Ed.). Centreville: Cornell Maritime Press, str. 164



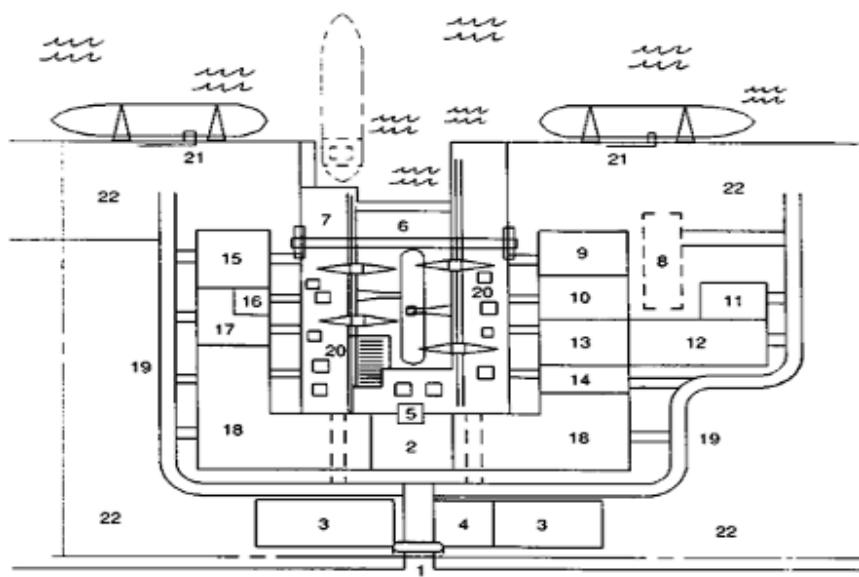
Slika 59. Plan brodogradilišta treće generacije

Izvor: Storch R. L. et al., (1995). Ship Production (2nd Ed.). Centreville: Cornell Maritime Press, str. 167



Slika 60. Plan brodogradilišta četvrte generacije

Izvor: Storch R. L. et al., (1995). Ship Production (2nd Ed.). Centreville: Cornell Maritime Press, str. 169



- | | |
|--------------------------|--------------------------------------|
| 1. MAIN ENTRANCE | 12. PANEL LINE |
| 2. MAIN OFFICE | 13. WEB LINE |
| 3. STAFF PARKING LOT | 14. STEEL SHOP |
| 4. VISITORS' PARKING LOT | 15. ENGINE SHOP |
| 5. TRAFFIC CONTROL | 16. UNIT SHOP |
| 6. BUILDING DOCK | 17. PIPE SHOP |
| 7. GANTRY CRANE | 18. VARIOUS SHOPS AND STORES |
| 8. STEEL STOCKYARD | 19. TRANSPORT ROADS |
| 9. SHOTBLAST | 20. PRE-OUTFITTING AREAS |
| 10. PAINT CELL | |
| 11. CUTTING SHOPS | 21. OUTFITTING PIERS |
| | 22. RESERVE MARSHALLING, ETC., AREAS |

Slika 61. Pretpostavljeni plan novih brodogradilišta četvrte generacije

Izvor: Storch R. L. et al., (1995). Ship Production (2nd Ed.). Centreville: Cornell Maritime Press, str. 170

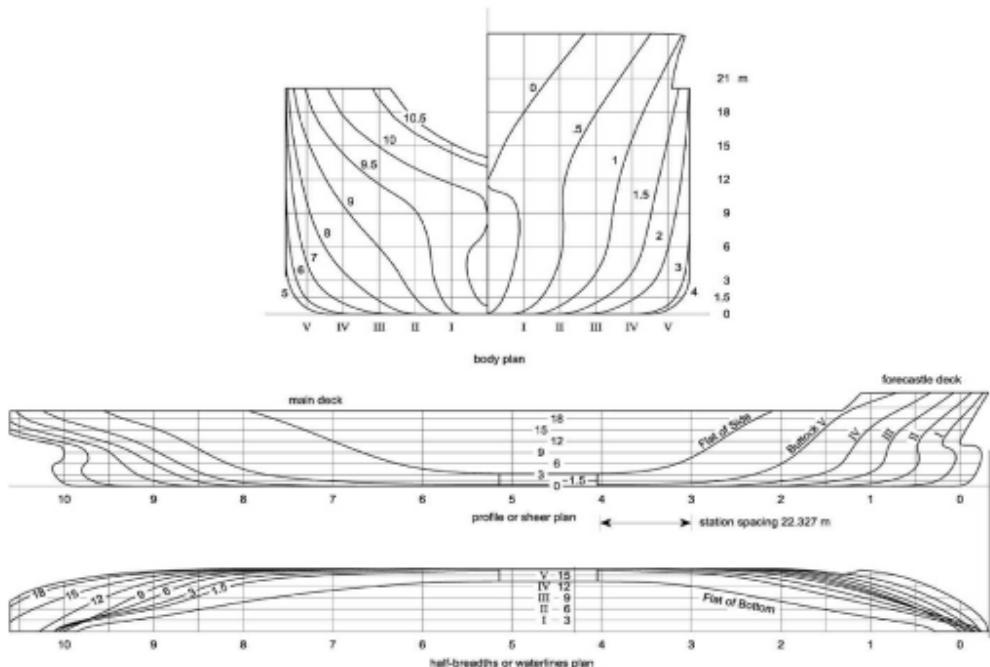
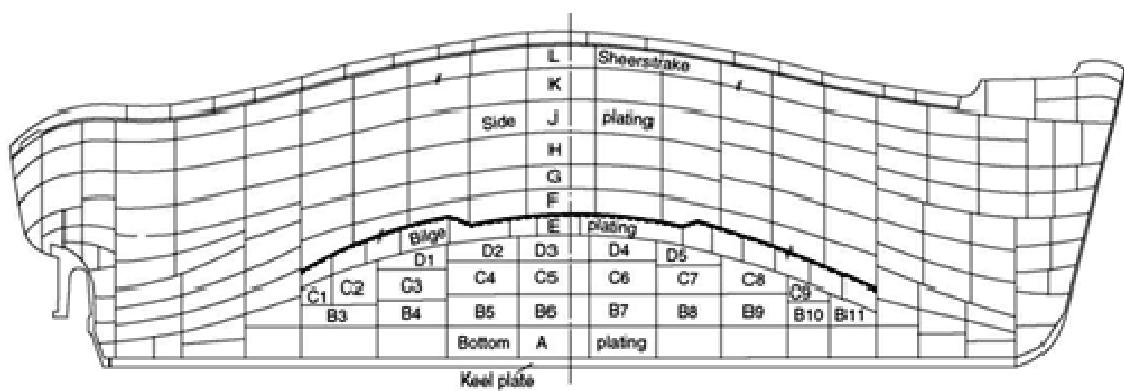


Fig. 32. The lines plan of a cargo ship.

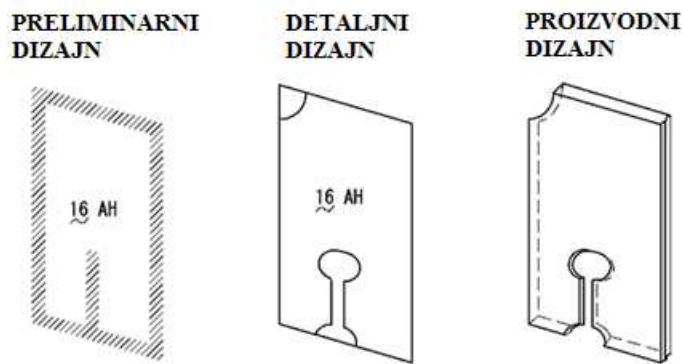
Slika 62. Plan linija (teretnog) broda

Izvor: Letcher J., (2009). The Geometry of Ships. Jersey City: The Society of Naval Architects and Maritime Engineers, str. 35



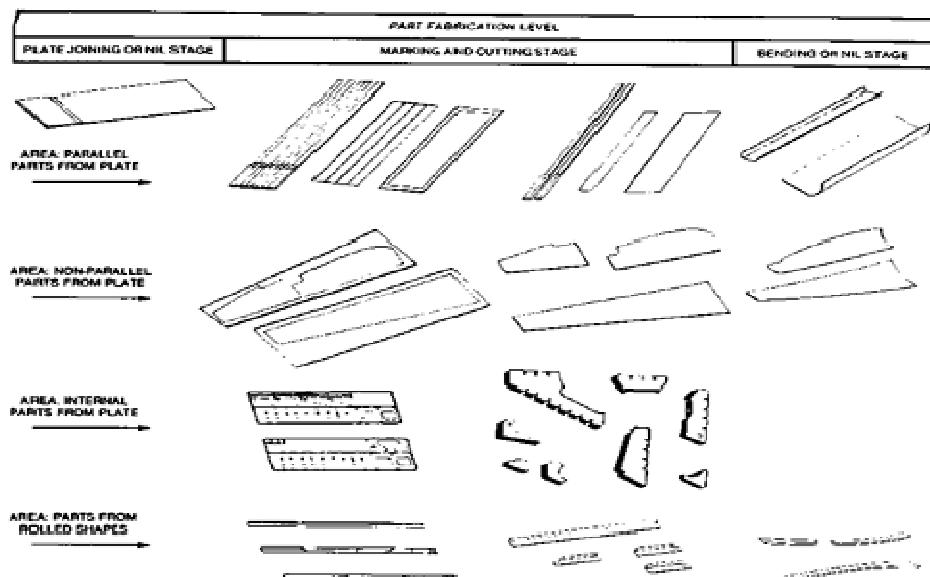
Slika 63. Rastezanje (razvoj) spoljne oplate

Izvor: Molland A., (2008). The maritime engineering reference book (A guide to ship design, construction and operation). Burlington: Butterworth-Heinemann (Elsevier), str. 701



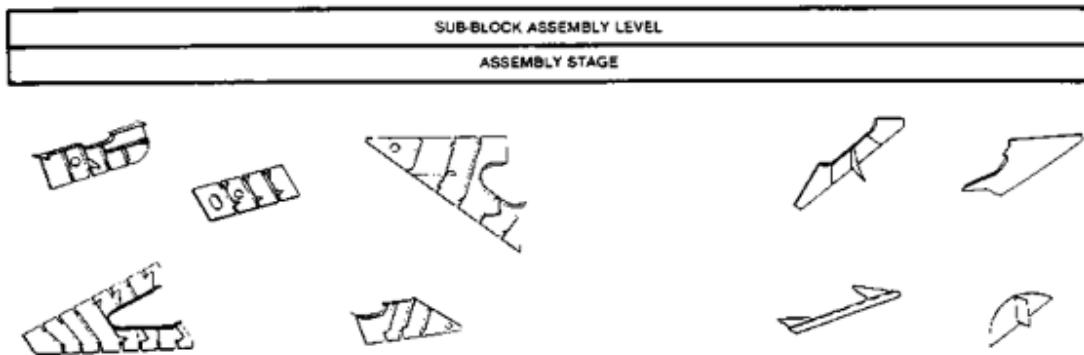
Slika 64. Stvaranje djelova u skladu sa fazom projektovanja

Izvor: Okumoto Y. et al., (2009). Design of Ship Hull Structures – A Practical Guide for Engineers. Verlag Berlin Heidelberg: Springer, str. 81



Slika 65. Problem proizvodnje djelova i klasifikovanje faze

Izvor: Storch R. L. et al., (1995). Ship Production (2nd Ed.). Centreville: Cornell Maritime Press, str. 72

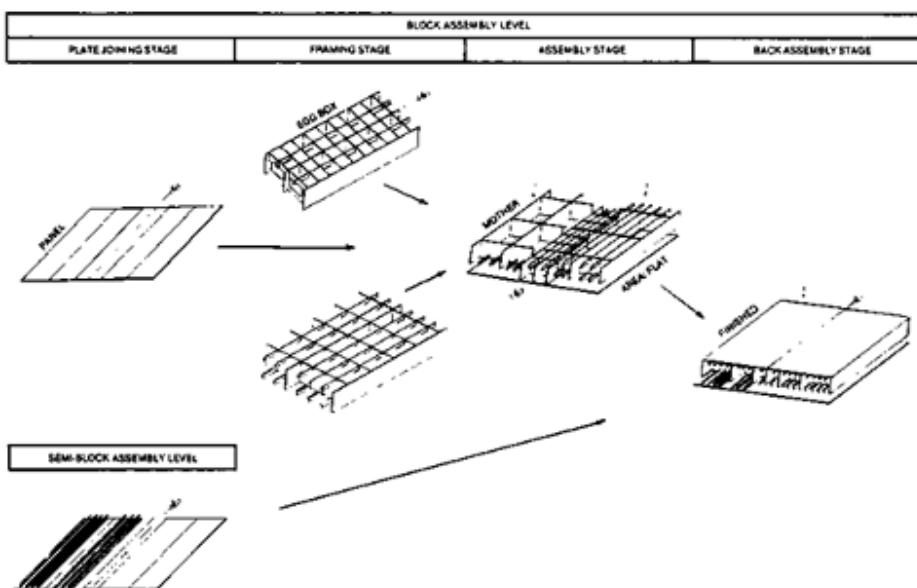


AREA: SIMILAR WORK CONTENT IN LARGE QUANTITY

AREA: SIMILAR WORK CONTENT IN SMALL QUANTITY

Slika 66. Primjeri nivoa montaže (sastavljanja) pod-sekcija

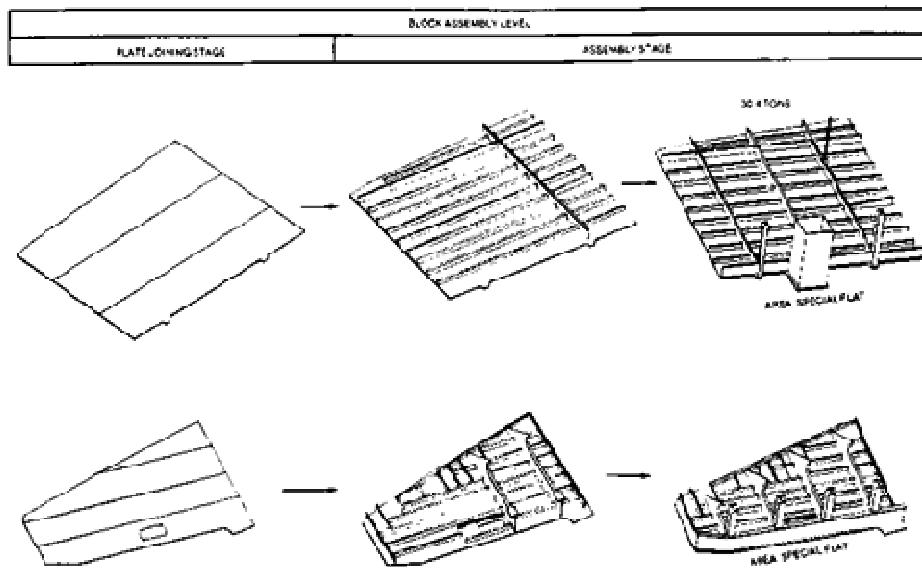
Izvor: Storch R. L. et al., (1995). Ship Production (2nd Ed.). Centreville: Cornell Maritime Press, str. 73



Slika 67. Primjer montaže polu-sekcija i sekcija

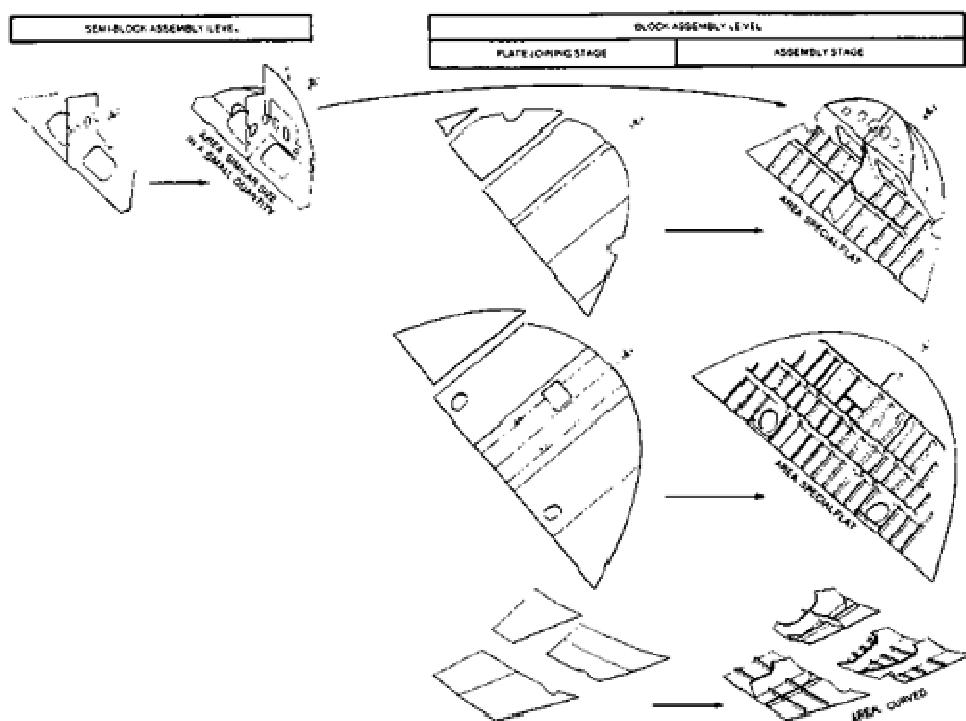
Izvor: Storch R. L. et al., (1995). Ship Production (2nd Ed.). Centreville: Cornell Maritime Press, str. 76

PRODUCT-ORIENTED WORK BREAKDOWN STRUCTURE



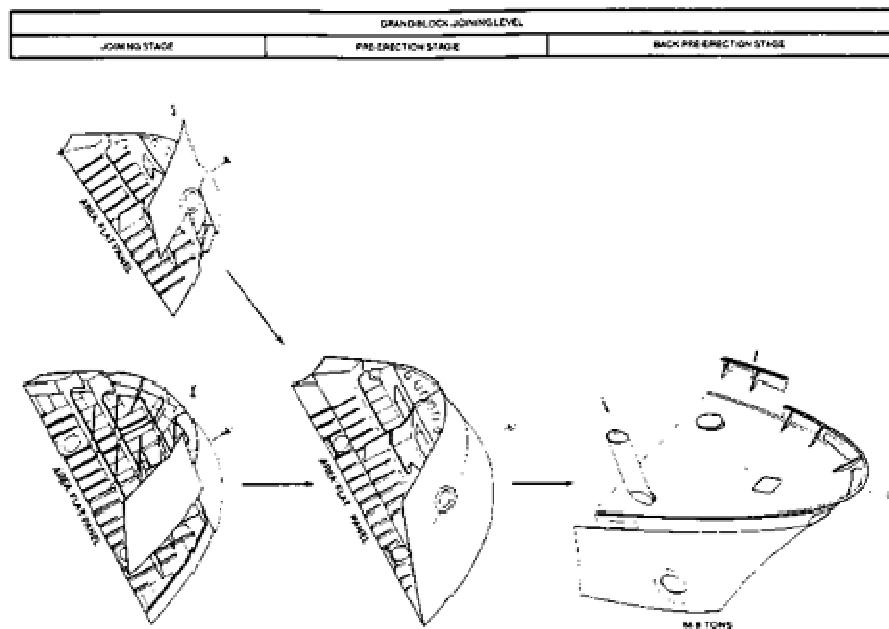
Slika 68. Primjer montaže sekcija

Izvor: Storch R. L. et al., (1995). Ship Production (2nd Ed.). Centreville: Cornell Maritime Press, str. 79



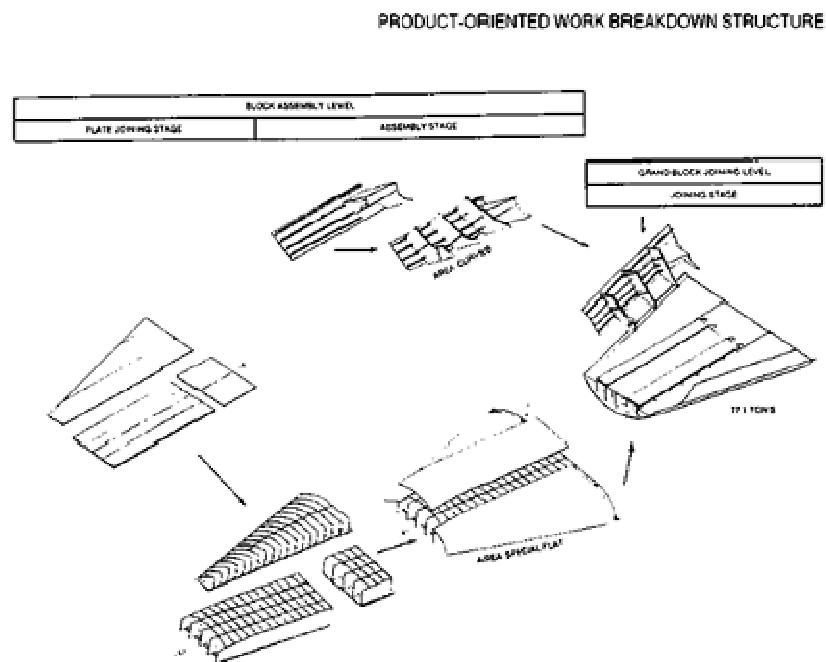
Slika 69. Montaža sekcija i polu-sekcija

Izvor: Storch R. L. et al., (1995). Ship Production (2nd Ed.). Centreville: Cornell Maritime Press, str. 80



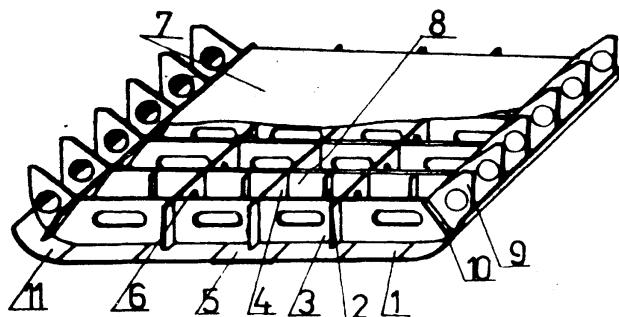
Slika 70. Spajanje velikih sekcija

Izvor: Storch R. L. et al., (1995). Ship Production (2nd Ed.). Centreville: Cornell Maritime Press, str. 80



Slika 71. Montaža sekcija i spajanje velikih sekcija

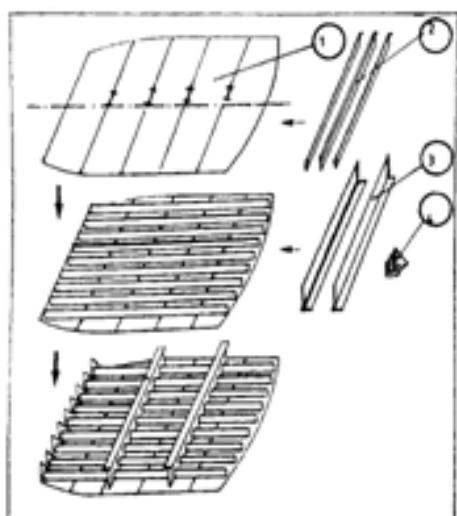
Izvor: Storch R. L. et al., (1995). Ship Production (2nd Ed.). Centreville: Cornell Maritime Press, str. 81



Slika 72. Sekcija dna broda sa poprečnim načinom postavljanja rebrenica:

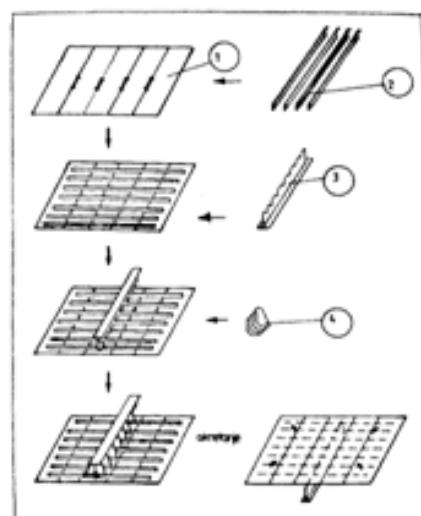
1. spoljna oplata; 2. rebra; 3. rebrenica; 4. centralna proveza; 5. horizontalni lim; 6. bočna proveza; 7. pokrov dvodna, 8. vodonepropusna rebrenica; 9. uzvojno koljeno; 10. "Margin ploča"; 11. uzvojni lim
Izvor: Jovanović P. i Đorđević N., (1997). Brodogradnja i žilavost broda. Beograd: Pronalazaštvo, str.

194



Slika 73. Tehnološki tok izrade sekciije poprečne pregrade

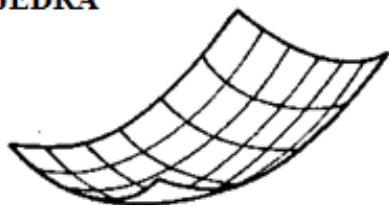
Izvor: Jovanović P. i Đorđević N., (1997).
Brodogradnja i žilavost broda. Beograd:
Pronalazaštvo, str. 199



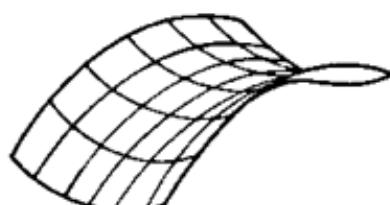
Slika 74. Šema tehnološkog postupka izrade palube broda

Izvor: Jovanović P. i Đorđević N., (1997).
Brodogradnja i žilavost broda. Beograd:
Pronalazaštvo, str. 201

LIM OBLIKA NAPUHANOG JEDRA



SEDLASTI LIM



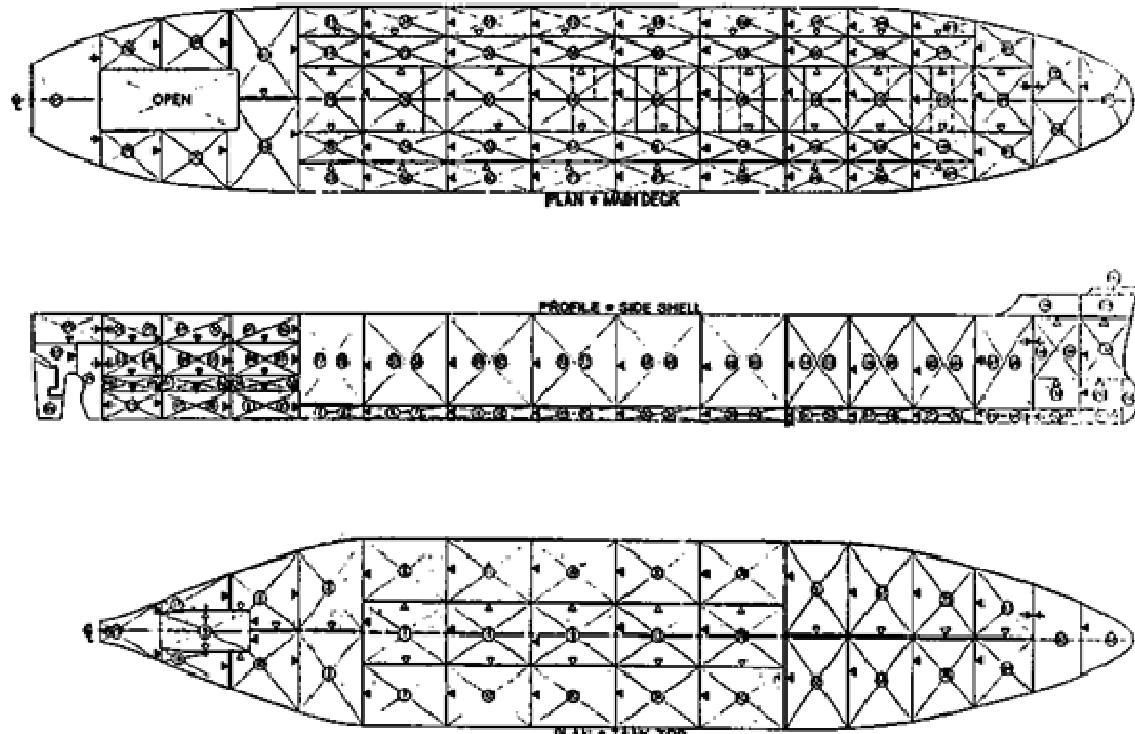
Slika 75. Lim oblika napuhanog jedra i sedlasti lim

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 272

CATEGORY	BLOCK DESCRIPTION	PLATEN SUPPLYING FABRICATED PARTS	SHAPE	ASSEMBLY PLATEN
No. 1 FLAT PANEL BLOCKS	MID PART DOUBLE BOTTOM SIDE SHELL LONG BHDS	(23) (24)		(20)
No. 2 CURVED SHELL BLOCKS	AFT AND FORE PART SIDE SHELLS	(16)		(17)
No. 3 SUPERSTRUCTURE BLOCKS	DECK FLATS BULKHEADS HOUSES, ETC.	(15)		(8) (9) (11)
No. 4 FORE PEAK AFT PEAK	LARGE AND HEAVY 3 DIMENSION BLOCKS	(16)		(10) (13) (307)
No. 5 ENGINE ROOM INNER BOTTOMS	LARGE AND HEAVY INTRICATE BLOCKS	(16)		(14) (307)
No. 6 SPECIAL BLOCKS SKEGS, RUDDERS	BULBOUS SHAPES STERN CASTINGS	(16)		(19)

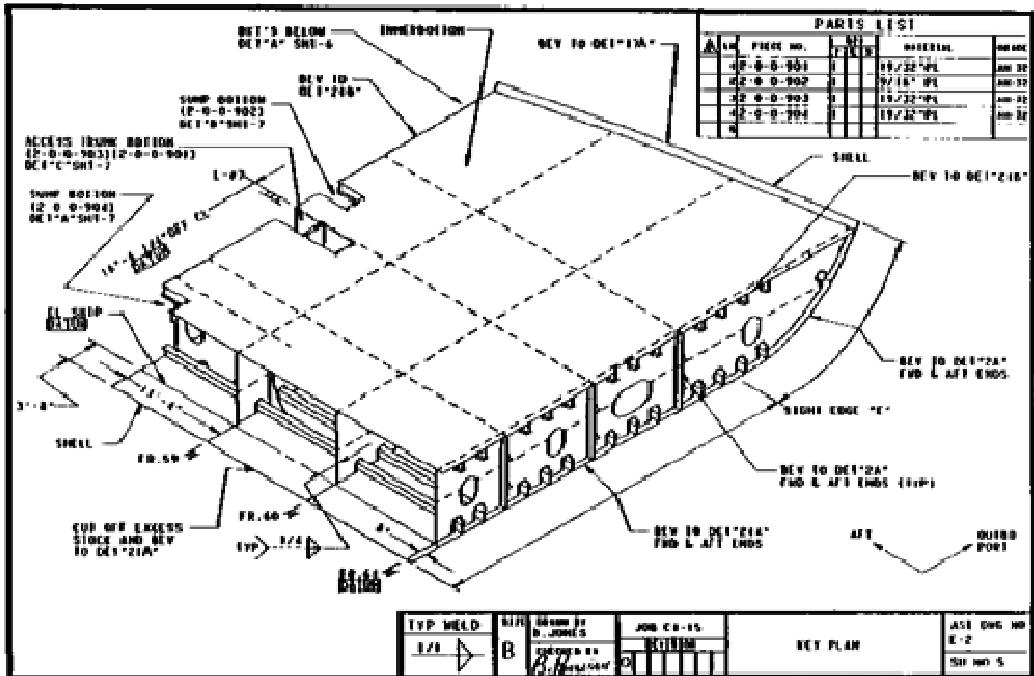
Slika 76. Kategorije sekcija lima

Izvor: Storch R. L. et al., (1995). *Ship Production* (2nd Ed.). Centreville: Cornell Maritime Press, str. 191



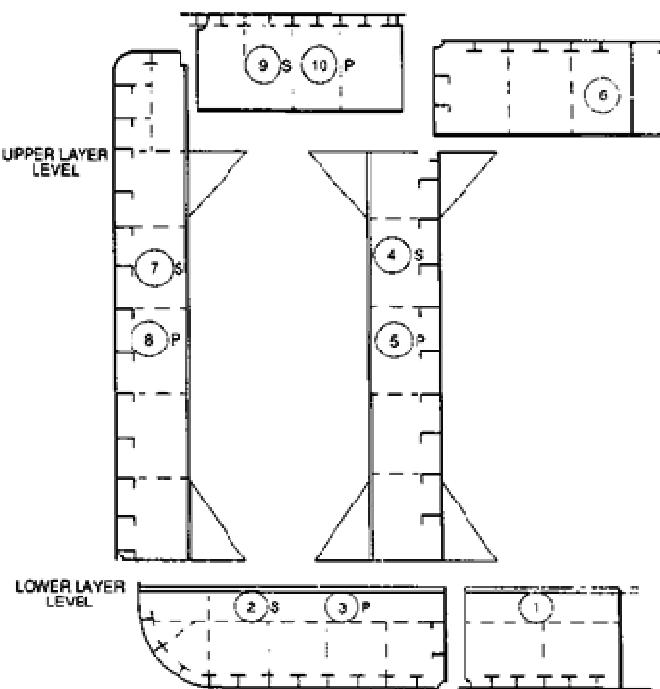
Slika 77. Primjer preliminarnog plana sekcija

Izvor: Storch R. L. et al., (1995). *Ship Production* (2nd Ed.). Centreville: Cornell Maritime Press, str. 205



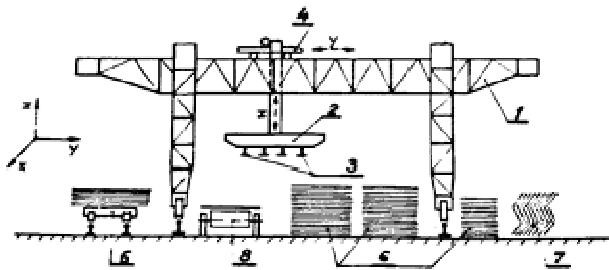
Slika 78. Plan šablonu stvorenog u radionici

Izvor: Storch R. L. et al., (1995). Ship Production (2nd Ed.). Centreville: Cornell Maritime Press, str. 223



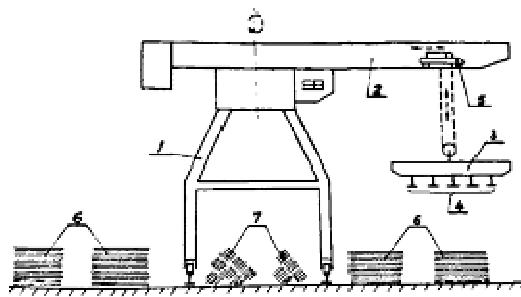
Slika 79. Pojedinosti standardne strukturne montaže

Izvor: Storch R. L. et al., (1995). Ship Production (2nd Ed.), Centreville: Cornell Maritime Press, str. 230



Slika 80. Mosna magnetska dizalica: 1 – mosna dizalica, 2 – nosač magneta, 3 – magnetski pipci, 4 – kolica za poprečno kretanje nosača magneta, 5 – željeznički vagon, 6 – kupovi limova, 7 – svežnjevi profila, 8 – valjčana staza.

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 188-189



Slika 81. Portalna dizalica: 1 – portal dizalice, 2 – krak (grana) dizalice, 3 – nosač magneta, 4 – magnetski pipci, 5 – kolica za podešavanje dohvata dizalice, 6 – kupovi limova, 7 – svežnjevi profila.

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 189-190

Tabela 6. Tablica očitanja za krmenu polovinu broda

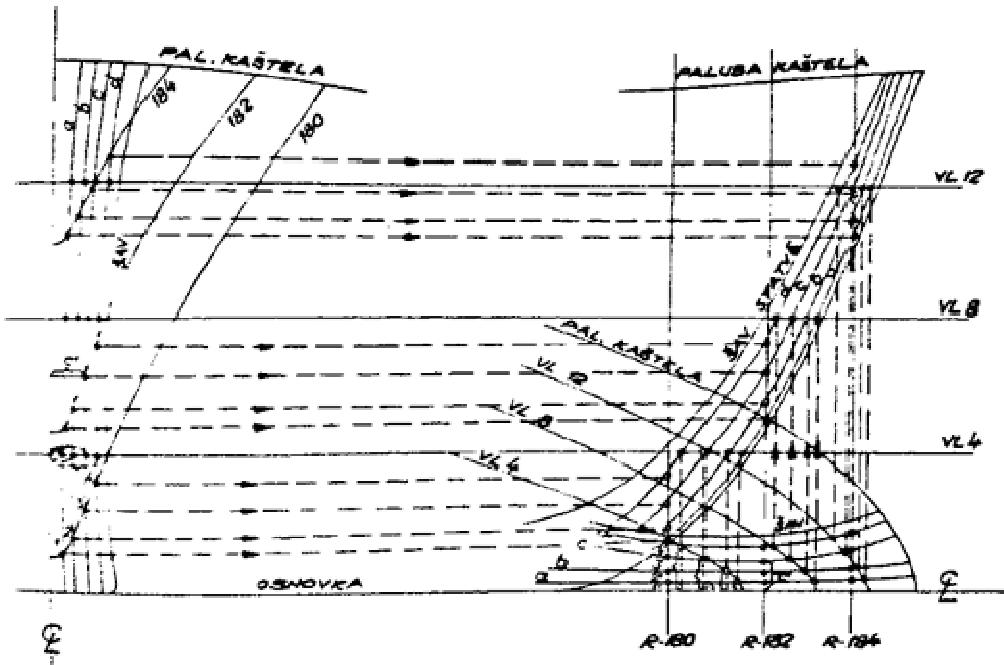
REBRA	VODNE LINIJE											
	VL-0	VL-½	VL-1	VL-2	VL-3	VL-4	VL-6	VL-8	VL-10	VL-12	G.PAL. VL-13	OGRADA VL-14,2
0									3,320	5,847	6,817	7,745
½								1,480	4,717	7,003	7,830	8,570
1	0,299	0,707	1,019	1,009	0,859	1,008	3,030	5,995	7,938	8,630	9,270	
2	0,220	1,261	1,775	2,396	2,662	2,742	3,488	5,816	8,028	9,441	9,920	10,355
3	0,870	2,239	2,907	3,764	4,310	4,700	5,898	7,906	9,475	10,427	10,741	11,020
4	1,871	3,504	4,276	5,353	6,106	6,715	7,994	9,408	10,432	11,046	11,238	11,380
5	3,161	5,000	5,898	7,047	7,877	8,537	9,618	10,444	10,997	11,320	11,395	11,400
6	4,686	6,628	7,519	8,671	9,433	9,983	10,699	11,091	11,337	11,400	11,400	11,400
7	6,421	8,238	9,023	10,005	10,609	10,977	11,314	11,400	11,400	11,400	11,400	11,400
8	7,941	9,533	10,170	10,902	11,277	11,400	11,400	11,400	11,400	11,400	11,400	11,400
9	9,031	10,401	10,904	11,349	11,400	11,400	11,400	11,400	11,400	11,400	11,400	11,400
10	9,401	10,724	11,132	11,400	11,400	11,400	11,400	11,400	11,400	11,400	11,400	11,400

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 9

Tabela 7. Primjer specifikacija lima vanjske oplate za nekoliko limova

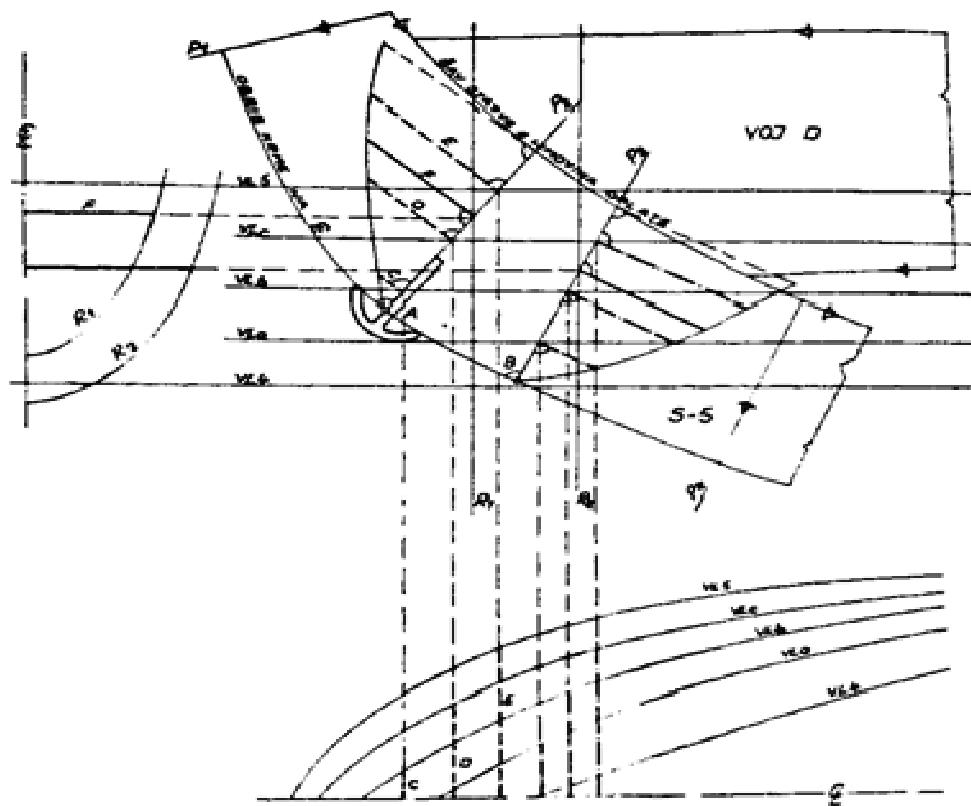
Red. Br.	Oznaka elementa	Narudžbena specifikac.				Ugradbena specifikacija			
		Broj kom	Duž. mm	Šir. mm	Deb. mm	Duž. mm	Šir. mm	Deb. mm	Broj kom
1	KB-2					11900	1850	22	1
2	KB-5	3	12000	1900	22	11970	1880	22	1
3	KB-10					11950	1850	22	1
4	D-5	2	16000	3000	18	15970	2980	18	2

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 36



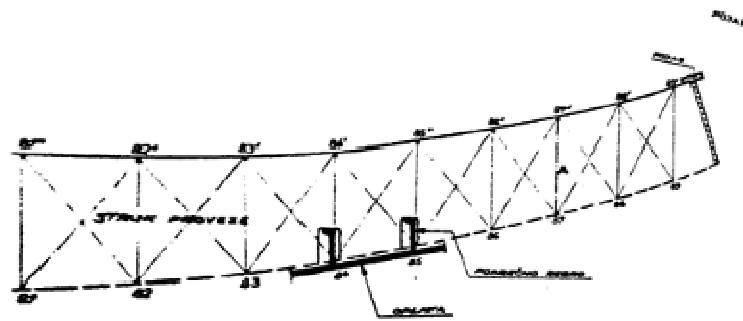
Slika 82. Razvijanje plašta pramčane statve

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 79



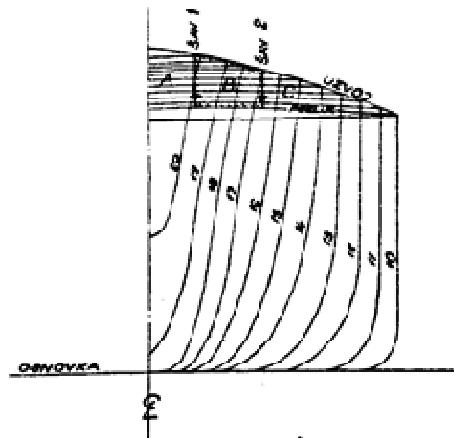
Slika 83. Razvijanje plašta krmene statve

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 84



Slika 84. Trasiranje i razvijanje bočne proveze

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 102



Slika 85. Ploha palube ucrtana na planu rebara

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 109

NO	PART	CODE	P	C	S		(QT)	X=
1	-99- F19A	Y P(S)	1		1			E L = 5386
				SHOWN				
				P- DN				
2	-100- F2	Y P(S)	1		1			E L = 2946
				SHOWN				
				P- DN				

Slika 86. Nacrti djelova

Izvor: Okumoto Y. et al., (2009). Design of Ship Hull Structures – A Practical Guide for Engineers. Verlag Berlin Heidelberg: Springer, str. 91

Tabela br.8

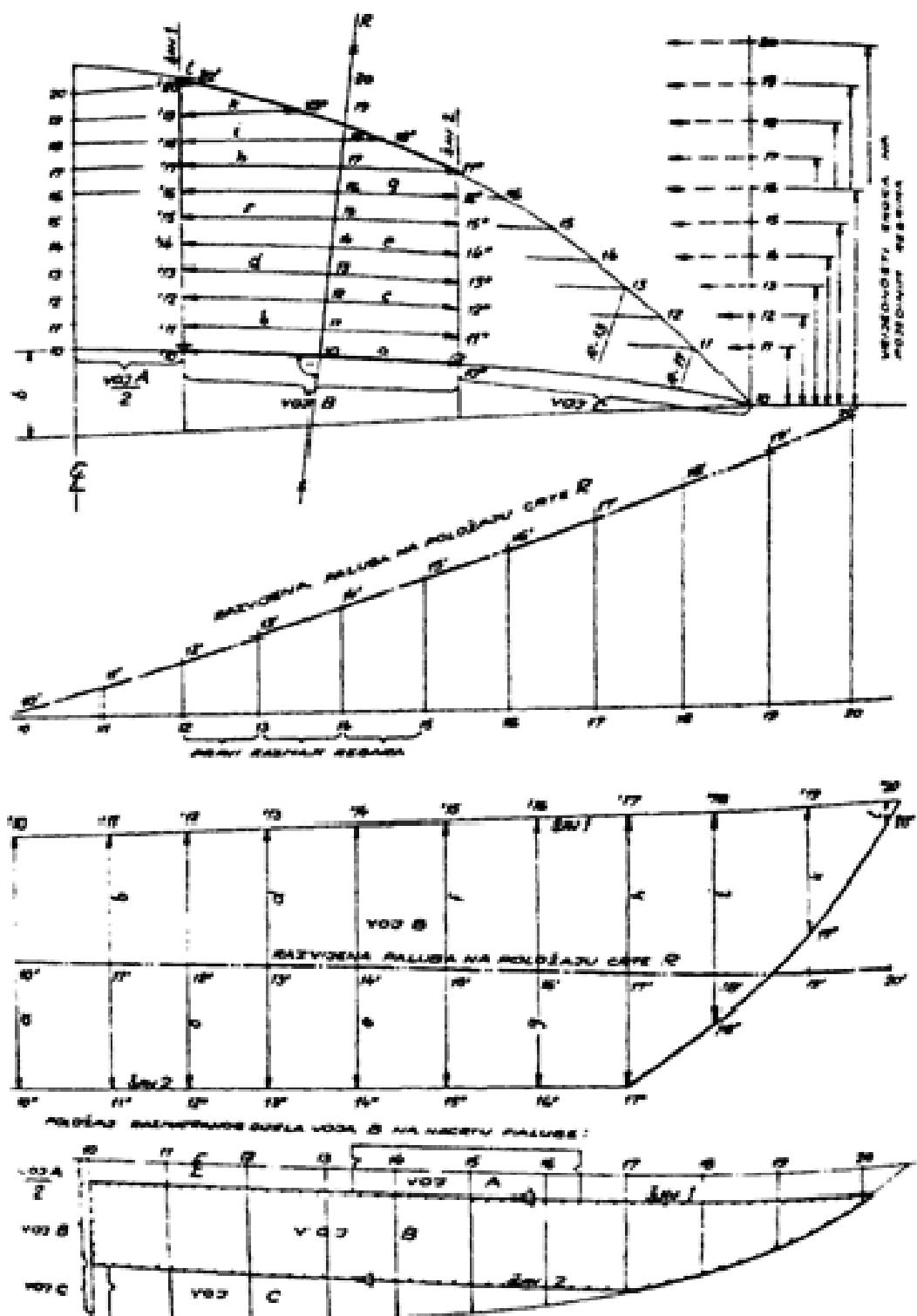
Projektna kategorija (Directive 94/25/EC)	Projektna kategorija prema području plovidbe	Brzina vjetra (Bf)	Značajna talasna visina (H 1/3, metra)
A	Neograničena plovidba, Ocean	>8	>4
B	Plovidba otvorenim morem, Offshore	<8	<4
C	Obalna plovidba, Inshore	<6	<2
D	Obalna plovidba, Inshore	<4	<0.3

Izvor: Pravila za statutarnu sertifikaciju jahti, (2012). Bar: Uprava pomorske sigurnosti, str. 9.

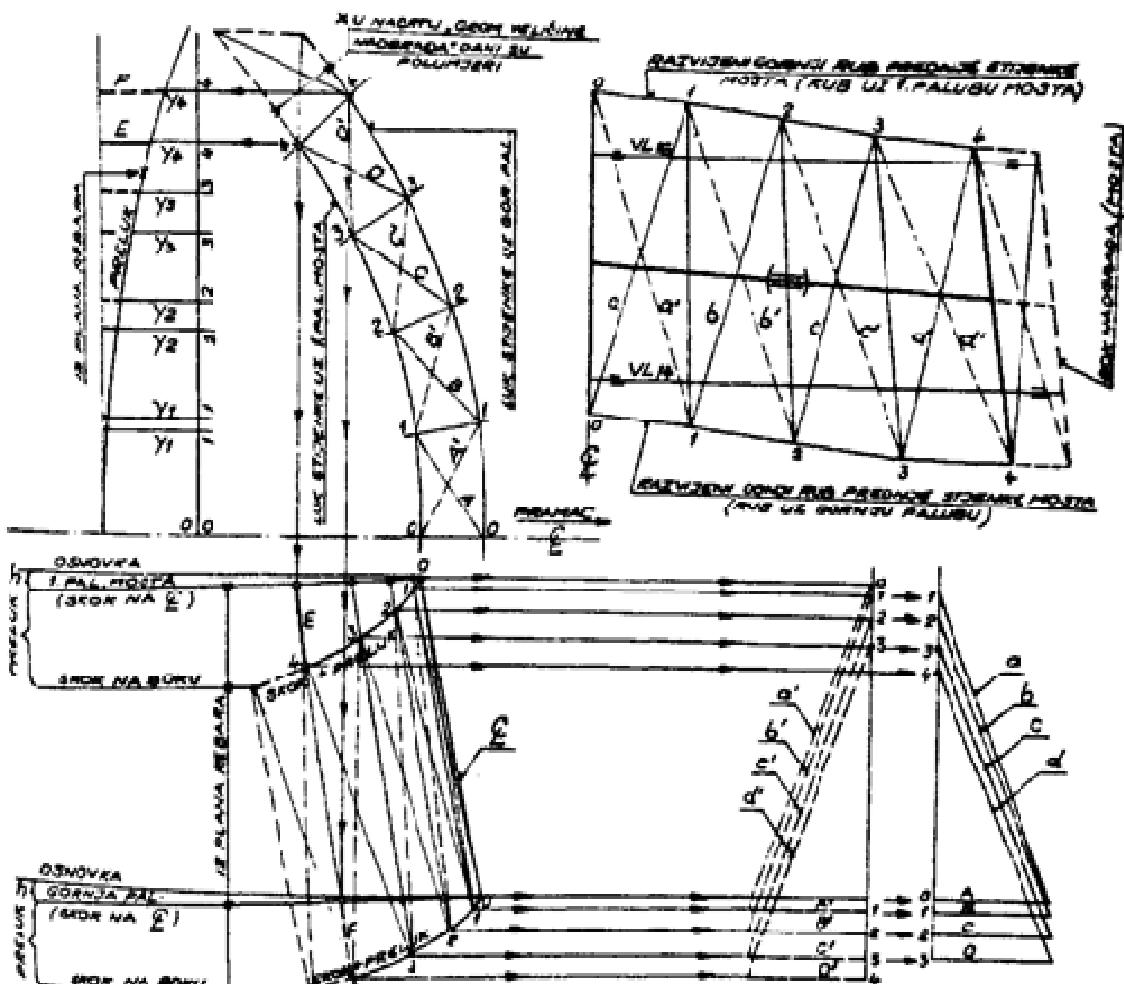
Tabela br.9

Kategorija plovidbe (Zakon o jahtama)	Području plovidbe	Brzina vjetra (Bf)	Značajna talasna visina (H 1/3, metra)
A	Neograničena plovidba, Ocean	>8	>4
B	Plovidba otvorenim morem, Offshore	<8	<4
C1	Plovidba otvorenim morem, Offshore	<4	<1
C2/C3	Obalna plovidba, Inshore	<2	<0.2

Izvor: Pravila za statutarnu sertifikaciju jahti, (2012). Bar: Uprava pomorske sigurnosti, str. 10.

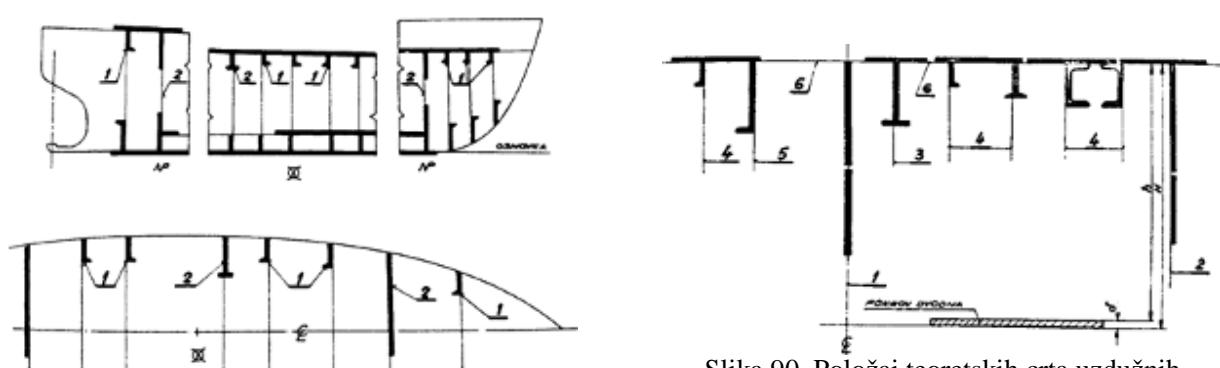


Slika 87. Postupak razvijanja lima palube
Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 110



Slika 88. Postupak razvijanja prednje stijenke središnjeg nadgrađa

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 115

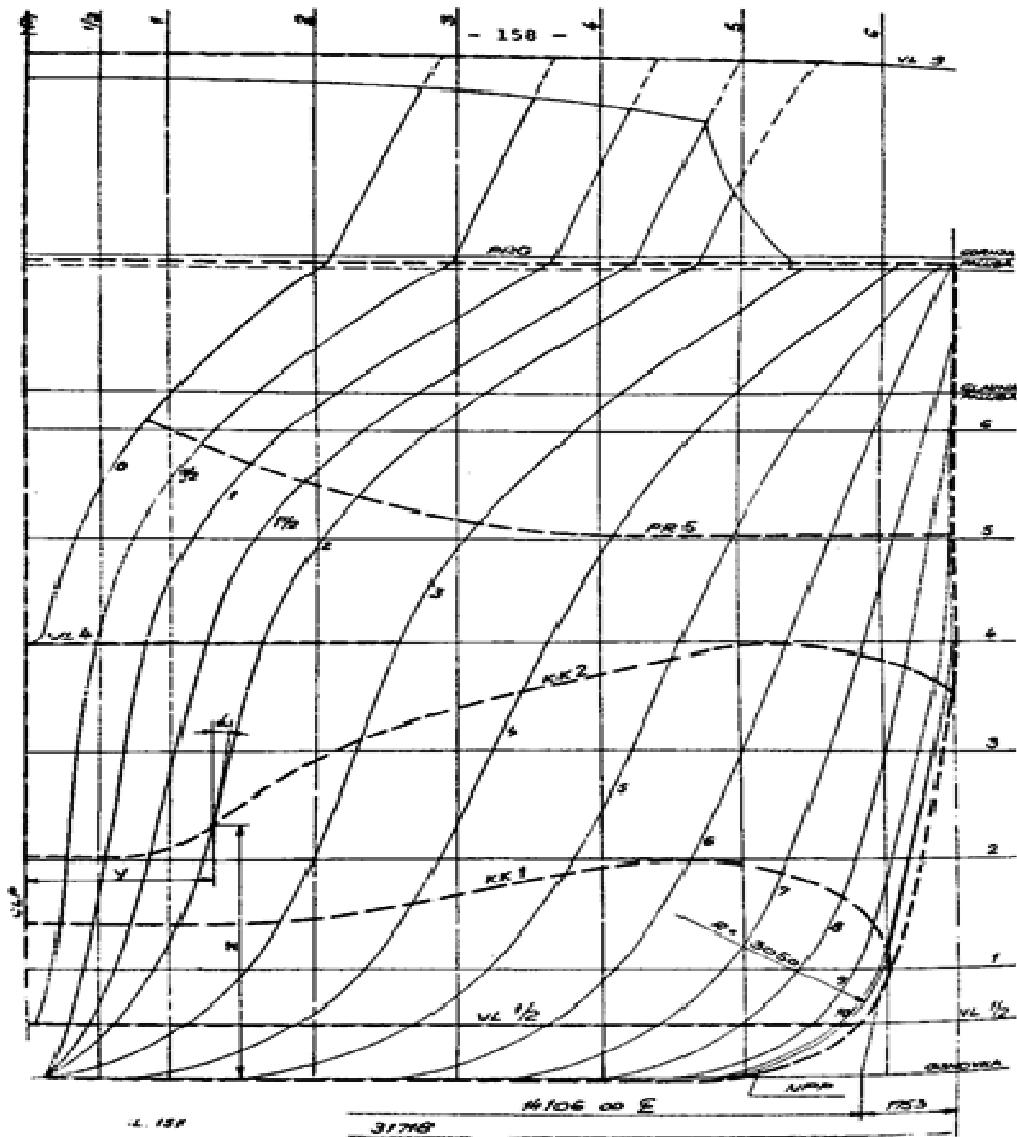


Slika 89. Položaj teoretskih crta poprečnih elemenata broda: 1 – poprečna rebra i sponje paluba, 2 – okvirna rebra, poprečnjaci, poprečne pregrade i rebrenice.

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 151-152

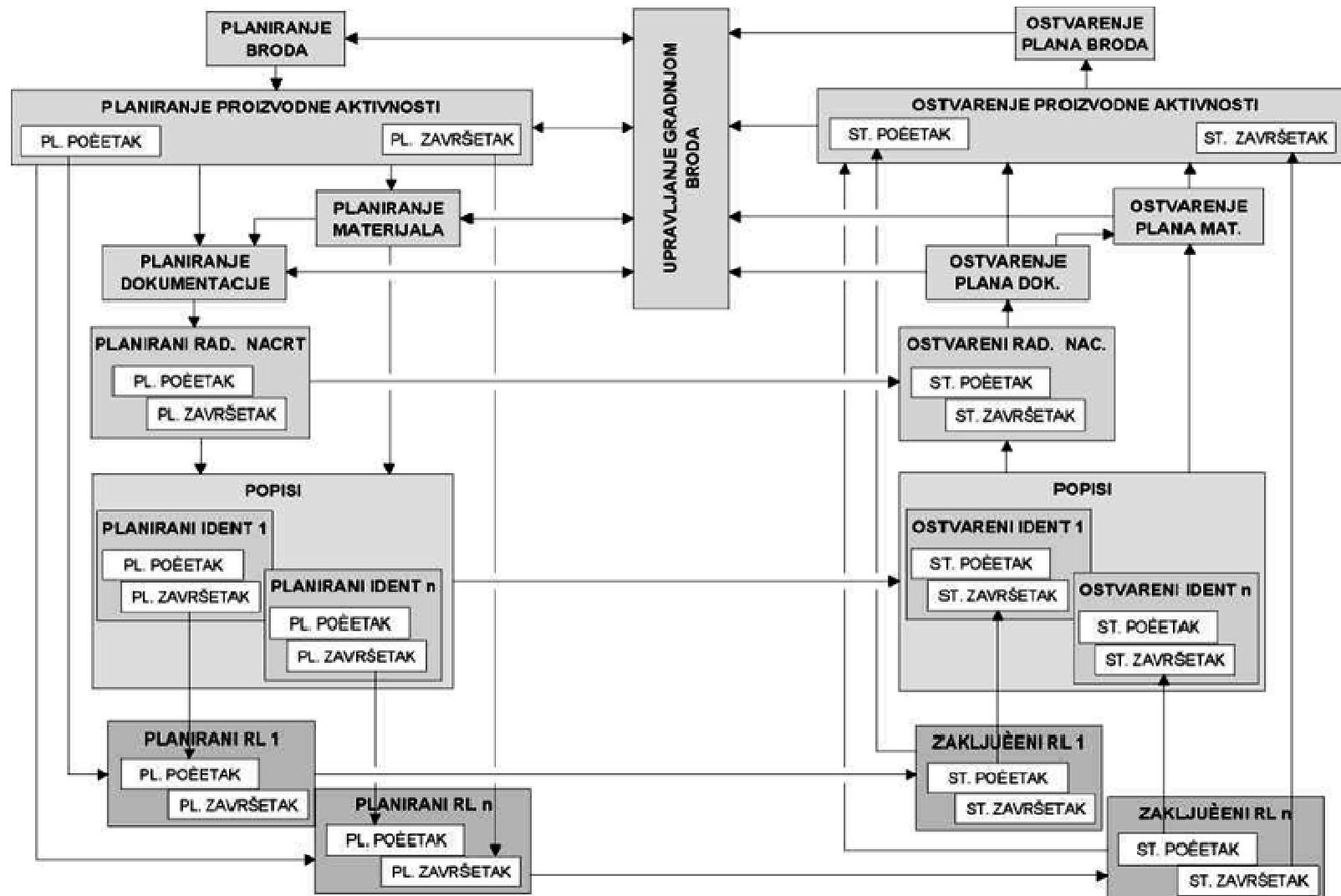
Slika 90. Položaj teoretskih crta uzdužnih elemenata palube: 1 – središnja uzdužna pregrada, 2 – bočna uzdužna pregrada, 3 – podveza, 4 – uzdužnjaci palube, 5 – uzdužna praznica grotla, 6 – limovi palube.

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 152-153

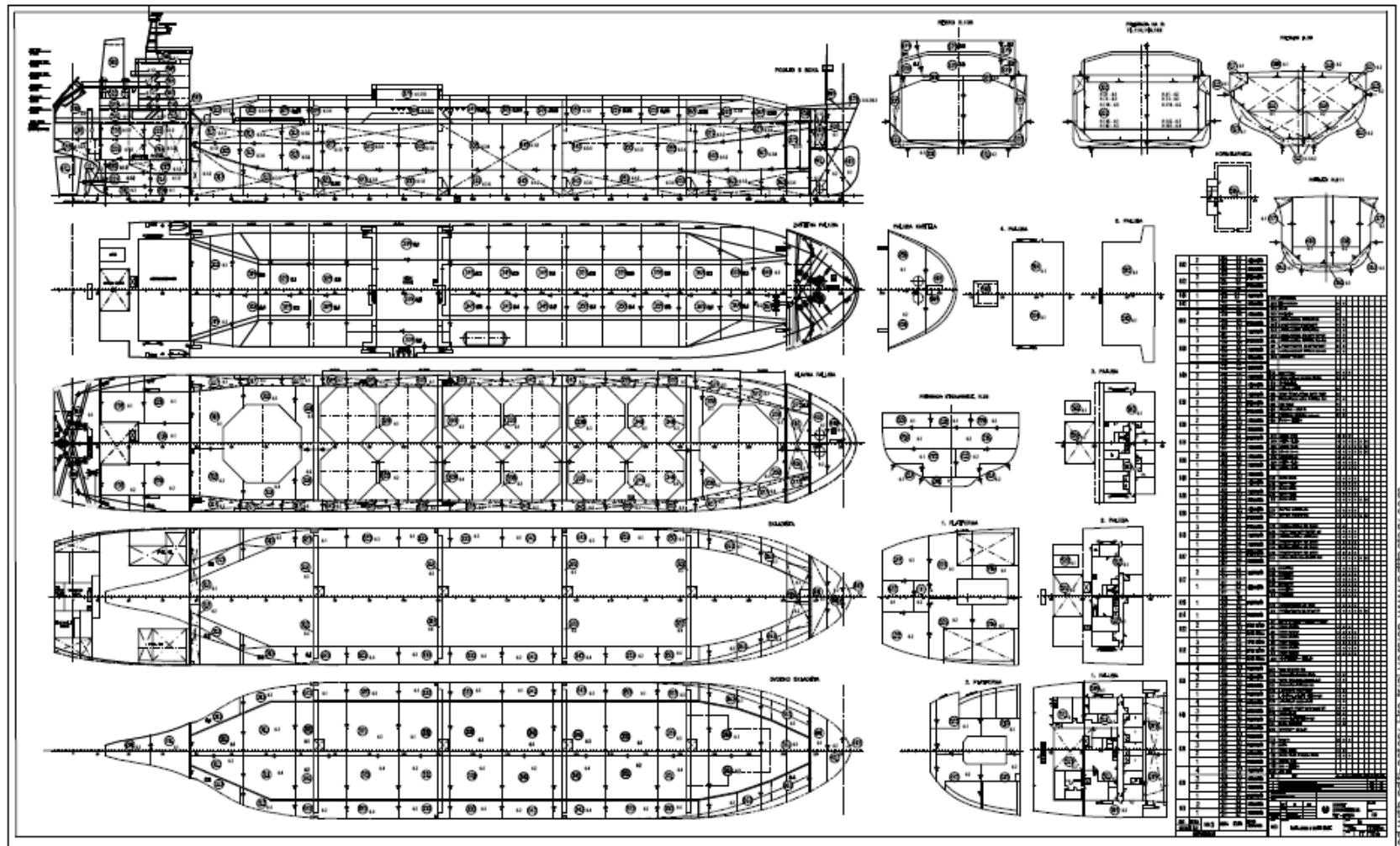


Slika 91. Nacrt teorijskih rebara s ucrtanim kontrolnim krivuljama: CLP - linija početnih tačaka rebara, VL1/2 - vodna linija 1/2, KK1 - prelaz iz zaobljenja uzvoja prema boku, KK2 - tačke infleksije linija rebara (približno), VL4 - vodna linija 4, PRG - teoretska crta proveze, PRG - linija pregiba rebara, VL9 1/2 - pomoćna linija za krajnje tačke rebara, NPP - najveći poprečni presjek.

Izvor: Grubišić M., (1978). Tehnologija gradnje broda. Split: Viša pomorska škola, str. 158-159



Slika 92. Blok dijagram upravljanja procesom gradnje broda, koji je postavljen kao osnova izrade računarske podrške procesu gradnje broda
Izvor: Markovina R. (Ed.), (2010). Zbornik radova XIX Simpozij „Teorija i praksa brodogradnje SORTA 2010“. Split: Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, str. 140



Slika 93. Podjela broda u grupe i sekcije

Izvor: Markovina R. (Ed.), (2010). Zbornik radova XIX Simpozij „Teorija i praksa brodogradnje SORTA 2010“. Split: Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, str. 164