

# Optimizacija izrade tehničke dokumentacije u brodogradilištu

---

**Butala, Tamara**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Istrian University of applied sciences / Istarsko veleučilište - Università Istriana di scienze applicate**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:212:951579>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-25**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital repository of Istrian University of applied sciences](#)



image not found or type unknown

ISTARSKO VELEUČILIŠTE  
UNIVERSITÀ ISTRIANA DI SCIENZE APPLICATE

Tamara Butala

**OPTIMIZACIJA IZRADE TEHNIČKE  
DOKUMENTACIJE U BRODOGRADILIŠTU**

Završni rad

Pula, 2020.

ISTARSKO VELEUČILIŠTE –  
UNIVERSITÀ ISTRIANA DI SCIENZE APPLICATE

Tamara Butala

**OPTIMIZACIJA IZRADE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE U  
BRODOGRADILIŠTU**

Završni rad

JMBAG:0016009512

Studijski smjer: Preddiplomski stručni studij politehnike

Predmet: Konstrukcije

Mentor: Sandi Buletić, dipl.ing., pred.



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisana TAMARA BUTALA, kandidat za prvostupnika POLITEHNIKE ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

U Puli, 17.7.2020. godine

Student

*T. Butala*

---



IZJAVA  
o korištenju autorskog djela

Ja, TAMARA BUTALA dajem odobrenje Istarskom veleučilištu – Università Istriana di scienze applicate, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom

„OPTIMIZACIJA IZRADE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE U BRODOGRADNJI“

koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, 17.7.2020. godine

Potpis

---

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OSNOVNI TEHNOLOŠKI PROCES GRADNJE BRODA.....	3
2.1. Faze procesa gradnje broda.....	3
2.2. Pripremni radovi .....	5
2.3. Razine planiranja.....	6
2.4. Izrada tehnološke dokumentacije za gradnju broskog trupa.....	7
2.4.1. Raščlamba broda – sustav brodogradilišta grupacije Fincantieri .....	9
2.5. Tehnički nacrti sustava grupacije Fincantieri .....	13
2.6. Utjecaj izmjena i dopuna tehničke dokumentacije .....	19
3. OPTIMIZACIJA PLANIRANJA IZRADE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE S GLEDIŠTA POUZDANOSTI NACRTA .....	21
3.1. Povećanje vjerojatnosti nastanka poremećaja proizvodnog procesa .....	21
3.2. Razine preklapanja pojedinih faza gradnje broda.....	25
3.3. Tijek prijenosa nepouzdanosti informacija između nacrtu .....	26
3.4. Smjernice za optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije .....	28
3.4.1. Međuzavisnost nacrtu s pozitivnim faznim pomakom .....	29
3.4.2. Međuzavisnost nacrtu s negativnim faznim pomakom.....	30
3.5. Preklapanje izrade nacrtu.....	30
3.6. Optimizacija planiranja gradnje broda s gledišta upotrebe funkcionalne tehnike dokumentacije.....	32
4. OPTIMIZACIJA IZRADE RADIONIČKE DOKUMENTACIJE TVRTKE I.TEH. – INŽENJERING D.O.O. ....	35
4.1. Proces izrade radioničke tehničke dokumentacije prije optimizacije .....	35
4.2. Optimizirani proces izrade radioničke tehničke dokumentacije .....	39
5. ZAKLJUČAK.....	46
6. POPIS LITERATURE .....	47

SAŽETAK .....	48
SUMMARY .....	49
POPIS SLIKA .....	50
POPIS TABLICA.....	51
POPIS GRAFOVA .....	51

# 1. UVOD

Brodograđevna djelatnost je složen i dugotrajan proces koji objedinjuje više proizvodnih faza, a izrada brodograđevne tehničke dokumentacije je proces koji se sastoji od niza cjelina potrebnih da bi se započelo s fizičkom realizacijom izgradnje ugovorenog plovnog objekta.

Brodograđevnu tehničku dokumentaciju možemo podijeliti na:

- *ugovornu dokumentaciju* gdje se određuju osnovne karakteristike plovnog objekta i cijena, te se definira strategija i rokovi izgradnje,
- *projektnu dokumentaciju* koja nastaje iz ugovorne dokumentacije potpisivanjem ugovora o gradnji plovnog objekta,
- *funkcionalnu dokumentaciju* gdje se definiraju brodski sustavi prema funkcijama, a dalje se dijeli na klasifikacijsku (brodski sustavi koje odobrava klasifikacijsko društvo i brodovlasnik) te sistemsku dokumentaciju (sustavi koje odobrava samo brodovlasnik) i
- *radioničku dokumentaciju* u kojoj se definiraju nacrti za gradnju plovnog objekta.

U današnje vrijeme, neka organizacija većinom ima isti cilj bez obzira na njenu veličinu. Isto vrijedi i za brodogradilišta gdje je potrebna vrlo dobra organizacija, kontrola i vođenje procesa, te su ona, zbog neprestanog pritiska konkurencije na tržištu, prisiljena kontinuirano razvijati svoje poslovanje. Iz tog se razloga postavljeni rokovi isporuke plovnog objekta sve više skraćuju, stoga je potrebno preklapati pojedine segmente procesa izrade tehničke dokumentacije, a sve u cilju poštivanja ugovorenih rokova.

Izrada brodograđevne tehničke dokumentacije također je je kompleksan proces, što posebno vrijedi za izradu radioničke dokumentacije. Obzirom da su pri njoj izradi promjene i revizije vrlo česte, od velike je važnosti što bolje optimizirati proces planiranja izrade tehničke dokumentacije što je i zadatak ovog završnog rada.

U skladu s navedenim zadatkom, u prvom dijelu ovog rada obrađuje se osnovni tehnološki proces gradnje broda. Objašnjene su faze procesa gradnje broda s posebnim osvrtom na pripremne radove i izradu radioničke tehničke dokumentacije. Raščlamba broda prikazana je kroz sustav koji su usvojila talijanska brodogradilišta



unutar grupacije Fincantieri. U ovom se dijelu završnog rada napravio osvrt na utjecaj izmjena i dopuna tehničke dokumentacije.

Drugi dio završnog rada obrađuje optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije s gledišta pouzdanosti nacrt. Koliko je nacrt pouzdan uvelike ovisi o informacijama s kojima je isti napravljen, ali i o pouzdanosti tih informacija. Razrađene su razine preklapanja pojedinih faza gradnje broda i kako se to tiče izrade tehničkih nacrt. Prijenos nepouzdanosti informacija između nacrt istih i različitih razina objašnjen je kroz promatrani nacrt, te nacrt prethodnike i sljedbenike. Kod svake izrade dokumentacije bitno je svrstavanje nacrt prema prethodno navedenoj podjeli, te su ovdje obrađena ograničenja koja je neophodno uzeti u obzir prilikom svrstavanja. U završnom se dijelu ovog rada nalazi osvrt na optimizaciju u planiranju gradnje broda s gledišta upotrebe funkcionalne dokumentacije, te je naposljetku napravljen primjer optimizacije na tvrtki I.TEH. – inženjering d.o.o. u kojoj trenutno radim.

## 2. OSNOVNI TEHNOLOŠKI PROCES GRADNJE BRODA

### 2.1. Faze procesa gradnje broda

Brod je sofisticirani tehnički sustav koji posjeduje visoku kapitalnu vrijednost. Pri njegovoj se gradnji moraju zadovoljiti rigorozni uvjeti. Sam brodski trup je tehnološki zaokružena cjelina, a kako bi se proizvodnja odvijala neprekinuto potrebno je odvijanje aktivnosti preklopiti u nizu radionica. U tome je procesu od iznimne važnosti da materijal, elementi, sekcije i dijelovi opreme prolaze kroz proizvodni proces najkraćim putem.

Osnovno načelo organizacije svakog brodogradilišta je izgradnja plovnog objekta s minimalnim troškovima, kako materijala tako i opreme i same ugradnje opreme u trup. Aktivnosti koje se pritom odvijaju su određene rokovima, te je najvažnije da se svaki dio ili sklop bude pravovremeno usmjeren na određeno mjesto, a u skladu s tehnološkim procesom gradnje.

Brodograđevni proces se dijeli na faze koje se prema potrebi mogu dalje dijeliti. Te faze su:

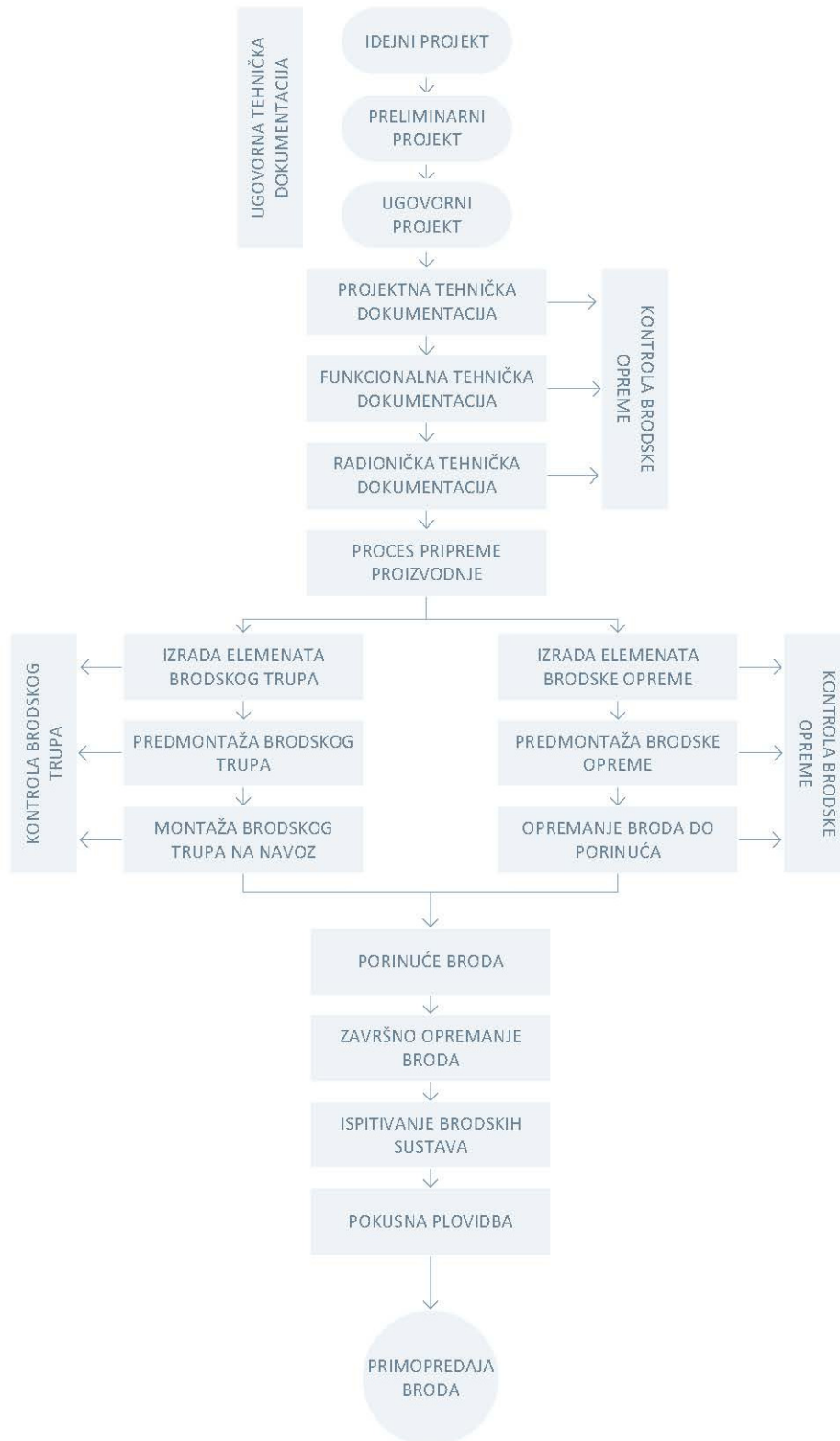
- pripremni radovi
- obrada elemenata trupa i opreme broda
- predmontaža trupa i opreme broda
- montaža trupa na navozu ili doku
- opremanje broda u opremnom bazenu
- primopredaja

U nastavku je detaljnije obrađen dio pripremnih radova koji su vezani uz tematiku ovog završnog rada.

Na slici 1. prikazana je temeljna struktura brodograđevnog procesa.

**Slika 1.**

*Temeljna struktura brodograđevnog procesa*



Izvor: Y.Wei: Automatic Generation of Assembly Sequence for the Planning of Outfitting Processes in Shipbuilding

## 2.2. Pripremni radovi

Pripremni radovi započinju prvim kontaktima brodogradilišta i naručitelja, a završavaju kada se naručitelju isporuči posljednji primopredajni dokument, odnosno kada se potpiše zapisnik o primopredaji broda. Ti radovi najčešće obuhvaćaju ugovaranje (poslovni proces), izradu tehničke dokumentacije, nabavu materijala, te izradu tehnološke i radioničke dokumentacije.

*Ugovaranje* odnosno poslovni proces započinje traženjem ponuda o uvjetima gradnje broda, a završava potpisom ugovora. Ponuda se daje zajedno s tehničkim opisom, te se navode glavne karakteristike broda (dužina, širina, visina, gaz i brzina). Po prihvaćenoj ponudi, naručitelj traži od brodogradilišta detaljnu izradu pretprojekta u kojem se detaljno opisuje ponuđeni brod. Ukoliko naručitelja zadovoljava ponuđeno, traži detaljnu ponudu, navodeći svoje eventualne primjedbe i uvjete. Brodogradilište izrađuje konačnu ponudu koja sadrži tehnički opis, generalni plan, cijenu i rokove. Nakon usklađivanja dokumenata (tehnički opis broda, opći plan broda, opći plan pogonskih prostora, shema provodnika i popis isporučitelja opreme) potpisuje se ugovor kojim se definiraju rokovi pojedinih faza gradnje i primopredaje, cijena, način plaćanja, penali, način rješavanja sporova, garancija i garantne obveze.

Nakon potpisivanja ugovora, brodogradilište izrađuje *tehničku dokumentaciju* koja se sastoji od projektne, planske i radioničke dokumentacije. Ta se dokumentacija u prošlosti uglavnom izrađivala u samim brodogradilištima (u nekim se brodogradilištima izrađuje i danas, kao primjer može se navesti 3. maj Rijeci ili donedavno Uljanik u Puli), no moderna brodogradilišta, radi optimizacije troškova sklapaju ugovore s tvrtkama koje za njih izrađuju tehničku dokumentaciju. Primjer jednog takvog brodogradilišta je talijansko brodogradilište Fincantieri.

*Nabava materijala* je vrlo važan aspekt ekonomskog rezultata gradnje broda obzirom da udio materijala u prodajnoj cijeni broda iznosi između 60 i 70 %. Stoga je potrebno postići što optimalniju nabavnu cijenu i troškove dopremanja materijala, te što je moguće više smanjiti troškove skladištenja materijala.

Izrada *radioničke dokumentacije* koja se svrstava u tehničku dokumentaciju broda vrlo je važna za poštivanje tehnološkog procesa izrade i montaže trupa i opreme. Sastoji se od pojedinačnih radioničkih nacрта, radioničkih specifikacija različitih vrsta, te popisa

materijala. Po izradi radioničke dokumentacije, istu je potrebno organizirati i verificirati kako bi se provjerilo je li sve u skladu s pravilima i standardima brodograđevne industrije.

Tehnološka dokumentacija je dokumentacija koja se odnosi na sam tehnološki proces gradnje broda, te se stoga bavi uputama za sastavljanje sekcija, uputama za sklapanje, raznim normama, pripremom materijala i slično.

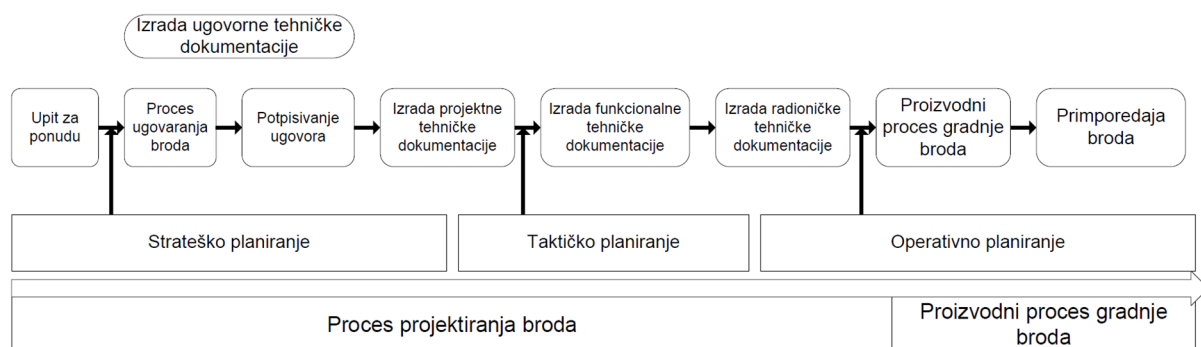
### 2.3. Razine planiranja

Planiranje izgradnje broda je disciplina kojom se planiraju sve aktivnosti potrebne za dovršetak započete gradnje. Svaka faza procesa gradnje broda je pomno isplanirana, pa se tako, nakon upita za ponudu za gradnju broda, izrađuje ugovorna tehnička dokumentacija. Po potpisivanju ugovora o gradnji broda, izrađuje se tehnička dokumentacija koja se dalje dijeli na projektnu, funkcionalnu i radioničku. Tu su također narudžba i dospijeće materijala, planira se proizvodni proces gradnje broskog tupa i opremanja broda, izrađuje se plan kontrole i ispitivanja funkcionalnosti sistema i plan pokusne plovidbe. Svi prethodno navedeni planovi i aktivnosti koje su s njima povezani, moraju biti usklađeni s temeljnim rokovima gradnje broda.

Kao i u ostalim sektorima industrije, u brodogradnji se razlikuju tri glavne razine planiranja: strateško, taktičko i operativno planiranje, kako je prikazano na slici 2.

#### Slika 2.

*Razine planiranja u brodogradnji*



Izvor: autor

*Strateško planiranje* započinje u fazi ugovaranja broda, a nakon što je od brodogradilišta zatražena ponuda o uvjetima gradnje broda. Rade se procjene mogućnosti i sposobnosti brodogradilišta, troškovi, glavni rokovi, potrebna struktura i kapacitet radne snage, potrebni resurs i radne površine, te se na temelju toga donosi odluka o isplativosti projekta. Glavni cilj strateškog planiranja je postići konkurentnu cijenu i trajanje gradnje broda čime bi se osiguralo prihvaćanje ponude od strane naručitelja, a brodogradilište bi popunilo knjigu narudžbi sklapanjem ugovora o gradnji.

*Taktičko planiranje* započinje nakon potpisivanja ugovora o gradnji broda i njime se detaljno razrađuje strateški plan. Taktičkim se planiranjem izrađuju planovi izrade tehničke dokumentacije, nabavka materijala i opreme, gradnja broskog trupa i opremanja broda.

*Operativnim planiranjem* u brodogradnji detaljno se određuju planske aktivnosti potrebne za organizaciju i provođenje proizvodnog procesa gradnje broda, odnosno planira se svaka pojedina aktivnost i definira njezin nositelj. Operativno planiranje izrađuje se na dnevnoj, tjednoj i/ili mjesečnoj razini.

#### 2.4. Izrada tehnološke dokumentacije za gradnju broskog trupa

Radioničkom tehnološkom dokumentacijom se definira način izrade radnih zadataka, a sačinjavaju je:

- tehnološki nacrti trupa,
- nacrt panela,
- sastav sekcija,
- tehnološka uputstva opreme,
- analitički listovi,
- tehnološki nacrti za porinuće,
- tehnološki nacrti za skelu, ...

Osim izrade prethodno navedenih sistemskih nacрта, radionička tehnološka dokumentacija obuhvaća i prilagodbu istih radu u radionicama. Brod je moguće raščlaniti funkcionalno i tehnološki. Kod funkcionalne podjele brod dijelimo na pojedine

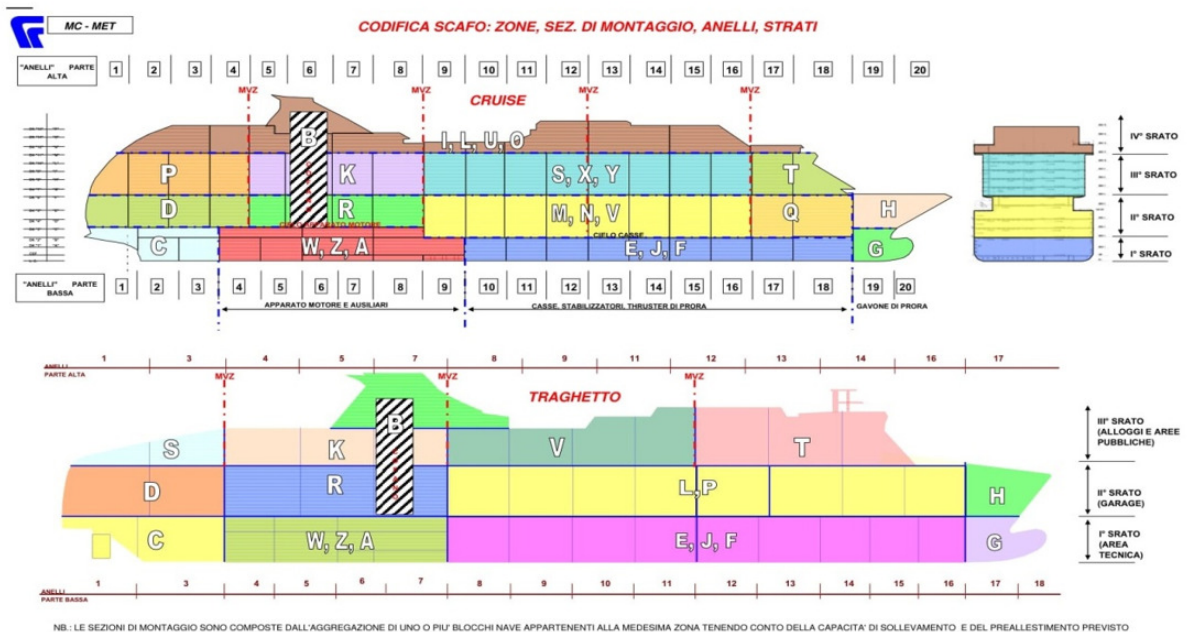
sisteme i podsisteme, dok se kod tehnološke odnosno prostorne raščlane brod dijeli na prostore i podprostore. Osnovni brodski prostori uobičajeno su podijeljeni na sljedeći način:

1. krma
2. strojarnica
3. teretni prostor
4. pramac
5. nadgrađe

Na slici 3. prikazana je podjela prostora broda za kruzer koje radi talijansko brodogradilište Sestri u sustavu grupacije Fincantieri.

**Slika 3.**

*Podjela broda na prostore prema sustavu talijanskog brodogradilišta Sestri*



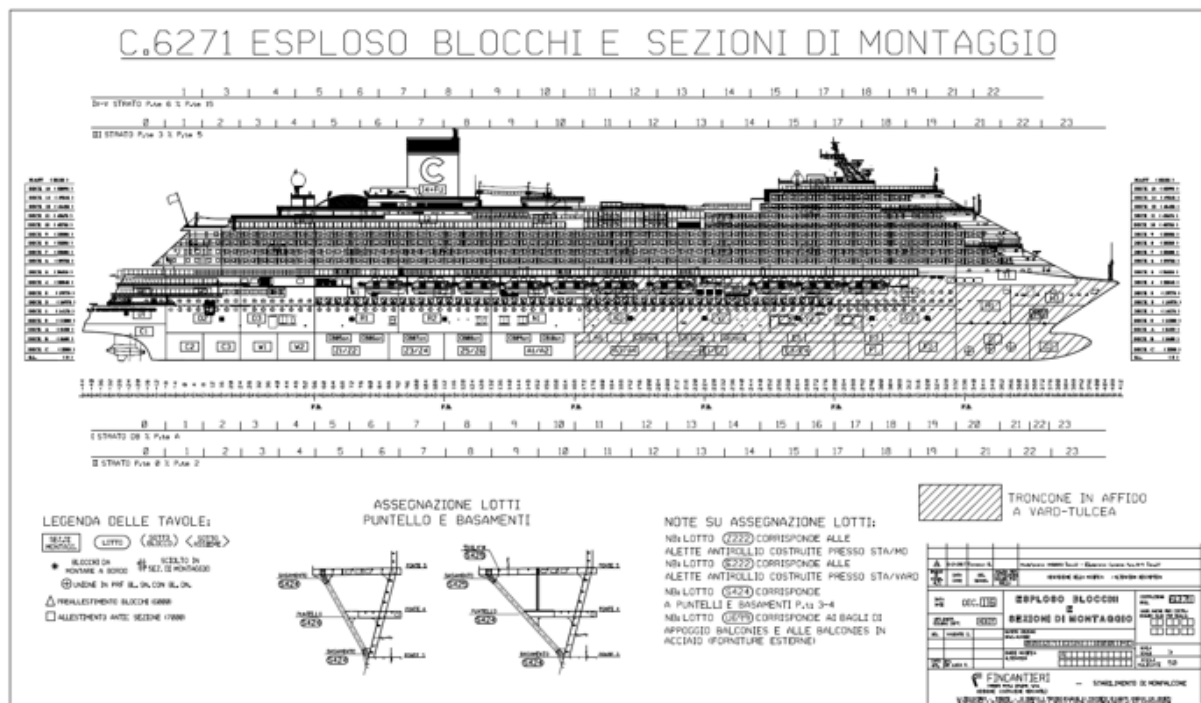
Izvor: Fincantieri, arhiva

## 2.4.1. Raščlamba broda – sustav brodogradilišta grupacije Fincantieri

Sustav brodogradilišta iz talijanske grupacije Fincantieri trup broda dijeli na vodoravne ravnine koje se protežu cijelom njegovom dužinom, te ih naziva palubama (tal. ponte). Nadalje, sustav grupacije Fincantieri identificira tri područja koja se pružaju uzdužno za otprilike jednu trećinu duljine broda i koja su označena kao pramčano tijelo, središnje tijelo i krmeno tijelo, a što je vidljivo na slici 4.

### Slika 4.

Podjela broda prema sustavu grupacije Fincantieri



Izvor: Fincantieri, arhiva

Sustav grupacije Fincantieri brod dijeli horizontalno, na tzv. slojeve (tal. strati) i poprečno, na tzv. prstenove (tal. anelli). Područja ograničena sjecištem jednog ili više slojeva s glavnom vertikalnom zonom (MVZ – main vertical zone) nazivaju zonama, te se identificiraju slovom abecede (A, B, C,...). Ukoliko postoji veći broj zona od 26 slova engleske abecede, za zonu se iznimno može koristiti alfanumerička oznaka (na primjer S0, S1, R0, R1,...). Zone se potom dijele na ukrajne jedinice (unità di imbarco) koje



se još nazivaju i sklopovi, a koje se sastoje od jedne sekcije bloka ili više njih. Sekcije se definiraju u odnosu na zonu kojoj pripada uz progresivno dodavanje slova abecede (na primjer EA, EB, EC,...). Blok se označava s pet alfanumeričkih znakova, od kojih prva dva označavaju blok, treći i četvrti znak označavaju prsten, dok posljednji znak označava položaj, kao što je prikazano na slici pet. Grupa (tal. lotto) je tehnološki homogena jedinica upotrijebljenog materijala, a taj se koncept u grupaciji Fincantieri primjenjuje radi optimizacije upotrebe sirovine i posljedičnog zadržavanja otpada. Označava se s četiri alfanumerička znaka (npr. N405) gdje prvi znak predstavlja zonu kojoj grupa pripada, a ostala tri znaka je progresivni broj koji se ne može ponoviti (001-999).

#### Slika 5.

Identifikacija bloka po sustavu Fincantieri-a

#### BLOK:

1 2 3 4 5  
α α n n α

#### Znakovi 1-2: blok

(DL = bočno duplo dno, CA = centralni dio "Paluba 1",...)

Za sve blokove paluba, drugi znak predstavlja palubu kojoj blok pripada npr.- paluba 1 = A, paluba 2 = B, itd.

#### Znakovi 3-4: broj prstena (00 – 99)

Znak 5: oznaka položaja (S = lijevo, D = desno, C = središnji)

Izvor: autor

Funkcionalna raščlamba trupa putničkog broda prema sustavu grupacije Fincantieri je prikazana na slici 6.

Prethodno objašnjena raščlamba trupa broda je bitna zbog lakšeg upravljanja prostora obzirom na veličinu i kompleksnost broda, posebice ako se radi o putničkim i/ili kompleksnim brodovima kao što izrađuje grupacija Fincantieri.

Upravo se za te manje prostore izrađuje radionička dokumentacija. Podjela broda na prostore odnosno podprostore ubrzava gradnju broda jer se stvaraju sve veće tehnološke jedinice poput sekcija blokova, modula i sklopova.

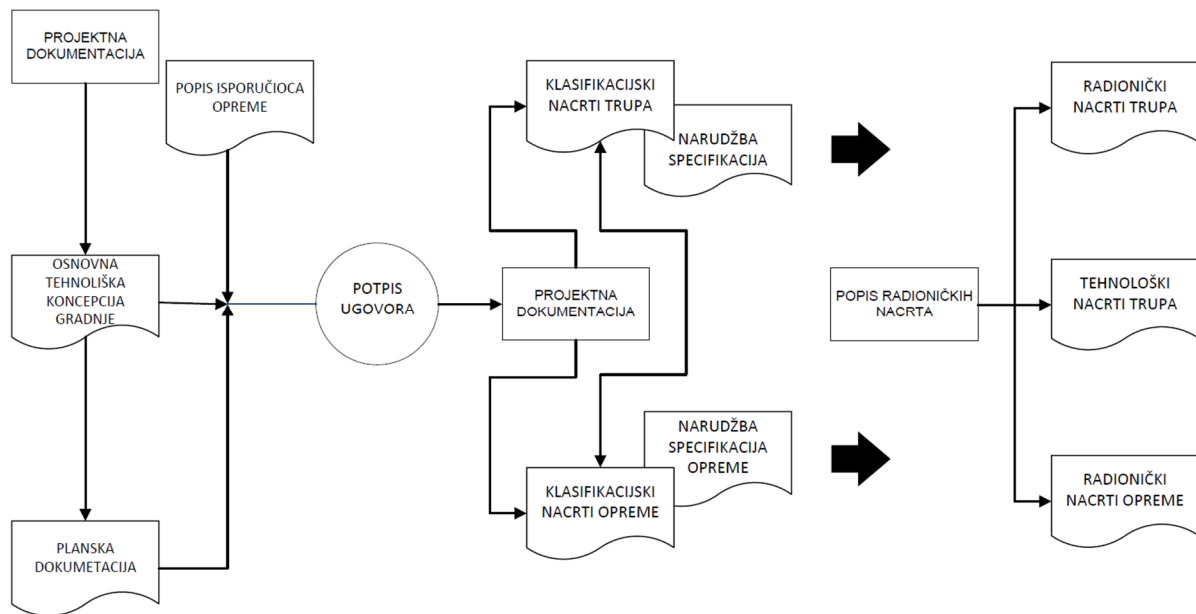
Svaki radionički nacrt mora imati i pripadajuću radioničku specifikaciju ili popis materijala. Za svaku tehnološku fazu je potrebno je projektirati zaseban nacrt. Ukoliko se nacrt ponovno iskorištava, nije moguće iskoristiti popis materijala, već se popis materijala mora iznova napraviti. Primjer toga je isti nacrt koji se koristi za obradu limova i profila, izradu sekcija, te njihovu montažu. No, dok se kod nacrtu za obradu limova i profila u popisu materijala specificiraju limovi i profili, kod nacrtu za izradu sekcija u popisu materijala su specificirani obrađeni elementi, dok se pri montaži sekcija specificiraju sekcije uz pojedinačne spojne elemente. (Furlan, Lučin, Pavelić, 1986)



Na slici ispod je prikazana shema toka izrade tehničke dokumentacije.

### Slika 7.

Shema toka izrade tehničke dokumentacije



Izvor: Furlan, Lučin, Pavelić: Tehnologija gradnje broskog trupa, 1986

## 2.5. Tehnički nacrti sustava grupacije Fincantieri

Tehnički nacrt je profesionalni oblik vizualnog kodiranja. Putem grafičkog prikaza, podataka o mjerama i obliku, pruža opis fizičkog artefakta. Radi se o grafičkom prikazu elemenata prisutnih u prostoru čija su osnovna pravila diktirana opisnom geometrijom, a prema kojoj je svaki prostorni znak povezan s prostornim značenjem. Nacrti iz tehničkih ureda koji rade za grupaciju Fincantieri moraju sadržavati sve podatke potrebne za izradu komada ili sklopa koji crtež predstavlja.

Artefakt se sastavlja iz sveukupnih nacrti koji sačinjavaju cjelinu, a koriste se većim brojem prikaza jedne ili više sekcija. To se radi crtanjem detalja koji prikazuju sve poglede i sekcije koje su potrebne za potpunu identifikaciju točnog oblika i veličine. Iz

tog su razloga ti nacrti popraćeni dimenzijama i tolerancijama, oznakama obrade različitih dijelova svakog komada, naznakama materijala, uključujući i sve obrade kojima se materijali moraju podvrgnuti.

Karakteristike koje moraju imati tehnički nacrti su:

- Jedinstvenost – interpretacija nacrtu ne smije izazivati nedoumice
- Vjernost – nacrt mora vjerno prikazivati predstavljeni objekt
- Potpunost – na nacrtu moraju biti navedene sve karakteristike predstavljenog objekta
- Prenosivost – sve informacije koje su sadržane na nacrtu mogu se, bez gubitaka, razmjenjivati između raznih korisnika

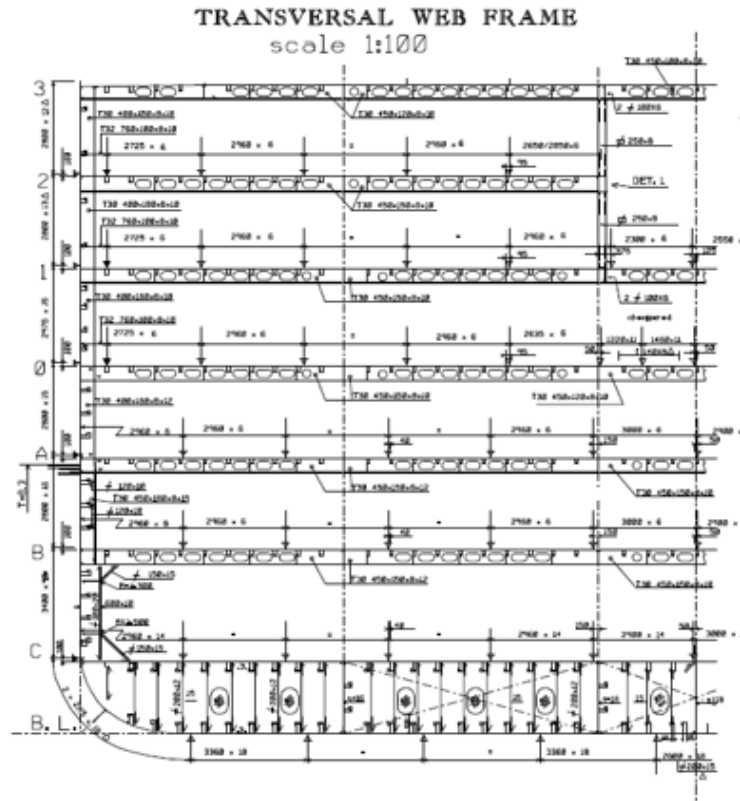
Nacrti koji se odnose na trup broda, u osnovi se dijele na:

1. klasifikacijski nacrti (piano dei ferri)
2. radionički nacrti (disegni)
3. radni listovi

Osim prethodno navedene osnove podjele, postoje i nacrti koji ulaze u osnovni projekt broda i odnose se na čitavu strukturu ojačanja trupa broda. Neki od njih su glavni nacrt (sezione maestra – slika 8) sekcije paluba i dvostrukog dna, izrada vanjske oplata, vodonepropusne pregrade, presjeci, itd.

**Slika 8.**

*Klasifikacijski nacrt glavnog rebra*



Izvor: Fincantieri, arhiva

Kada govorimo o projektiranju detalja trupa, nacrti uključuju, kao što je prethodno navedeno, sve posebne poglede i veze trupa, kao i proizvodne simbole i oznake koje se odnose na predmontažu (zone, blokovi, grupe).

U nastavku su prikazani neki od nacrti detalja koji se odnose na određene zone broda, a koji sadrže specifične reference za predmontažu. Isti su napravljeni na temelju procedura koje ima grupacija Fincantieri u proizvodnom procesu za trup.

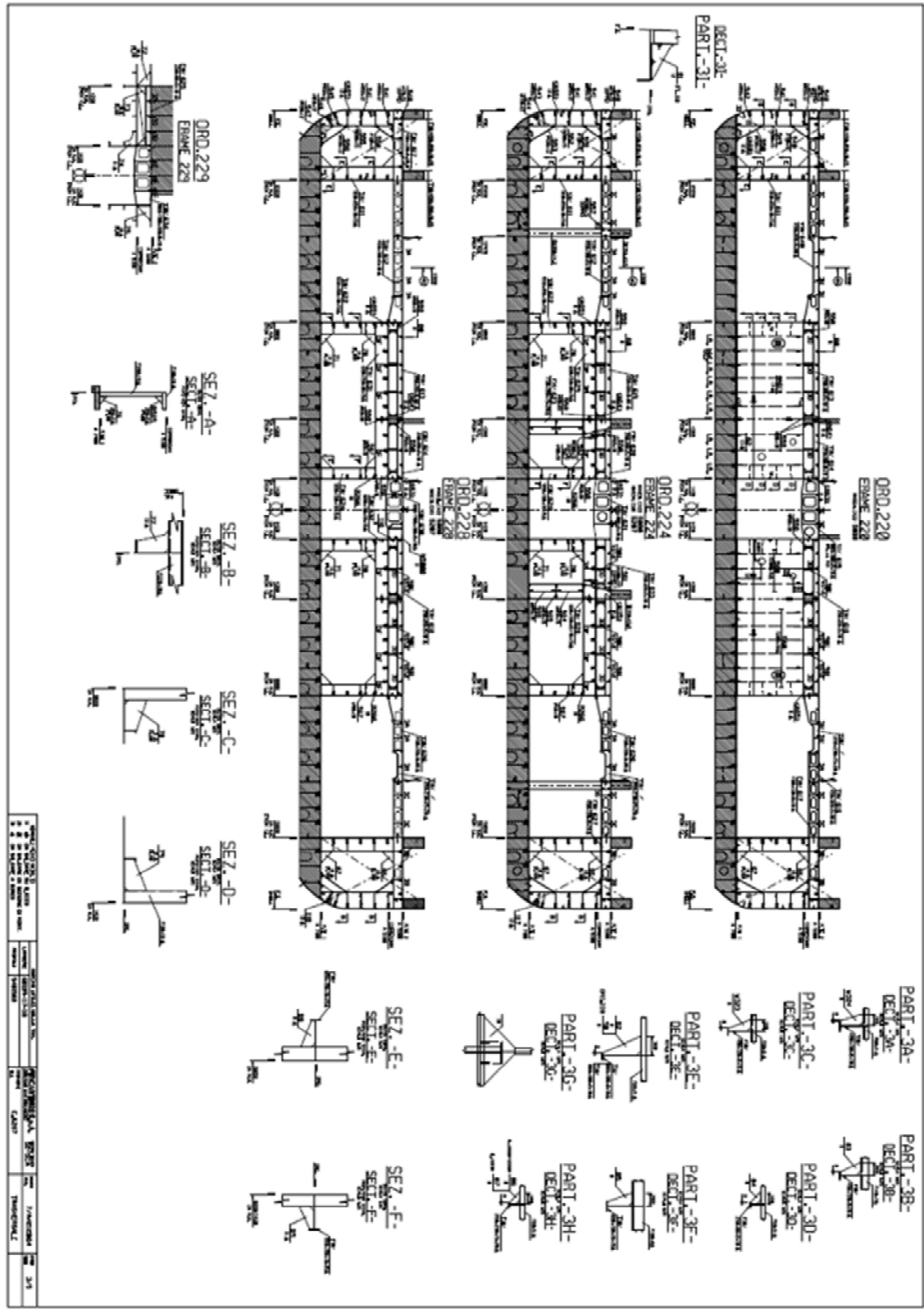






Slika 11.

Nacrt bloka – poprečna sekcija



Izvor: Fincantieri, arhiva

## 2.6. Utjecaj izmjena i dopuna tehničke dokumentacije

Ako nacrtima nisu osigurane relevantne informacije za potrebe proizvodnog procesa gradnje broda, odnosno ako su informacije izostavljene, nepotpune ili netočne, može doći do izmjena i dopuna tehničke dokumentacije. Glavni pokazatelj nepouzdanosti neke tehničke dokumentacije u brodogradnji predstavlja broj izmjena po pojedinom nacrtu. Dopunom tehničke dokumentacije se ne mijenjaju postojeće informacije, već se one samo nadopunjuju, dok se kod izmjene tehničke dokumentacije informacije sadržane u nacrtima mijenjaju. Najčešći uzrok izmjena tehničke dokumentacije su zahtjevi ili primjedbe naručitelja, klasifikacijskog društva ili pak proizvođača brodske opreme. Ti će zahtjevi, odnosno primjedbe, rezultirati potrebama za naknadnim izmjenama tehničke dokumentacije, planova rada, proizvodnog procesa gradnje ili ispitivanja sustava. Ovisno o tome kada je nastala potreba za izmjenom, ovise i troškovi te izmjene. Ukoliko je izmjena nastala u fazi projektiranja, tada izmjena u proračun dodaje samo troškove izmjene tehničke dokumentacije, a moguć je i pomak roka izrade iste. No, ukoliko je proces gradnje broda već napredovao, a pokaže se potreba za izmjenom tehničke dokumentacije, troškovi izmjene tehničke dokumentacije rastu, ovisno o tome koliko je proces gradnje broda napredovao.

„Nedostatak informacija koje trebaju biti ugrađene u nacrt također je jedan od uzroka izmjena i dopuna tehničke dokumentacije.“ (R. Rubeša, 2017) Taj nedostatak informacija u većini slučajeva dovodi do kašnjenja gotovosti nacrtu ili do njegove izmjene ili dopune nakon što je nacrt isporučen u narednu fazu gradnje broda. Da bi se prevladao eventualni utjecaj nedostatka informacija u fazi izrade tehničke dokumentacije, potrebno je unaprijed predvidjeti potreban prostor za naknadno unošenje novih informacija. To znači da je potrebno specificirati i posebno označiti dijelove nacrtu koji su napravljeni s nepotpunim odnosno nepouzdanim informacijama, a po kojima se ne izvodi daljnji proizvodni proces gradnje broda. Na taj se način osigurava kontinuitet proizvodnog procesa gradnje broda, omogućuje se nastavak rada s tehničkom dokumentacijom za koje ne postoje primjedbe, a u isto vrijeme se sudionike u procesu proizvodnje priprema za nadolazeću izmjenom.

Prema R. Rubeši (2017) „s gledišta utjecaja na gubitke zbog vjerojatnosti nastanka poremećaja proizvodnog procesa gradnje broda uslijed nepouzdanosti tehničke

dokumentacije, isplativije je odgoditi distribuciju radioničke dokumentacije u proizvodni proces gradnje broda dok ona ne dostigne dovoljnu razinu pouzdanosti.“

Kasnije izmjene i dopune tehničke dokumentacije uvelike ovise o informacijama s kojima se trenutno radi. Naime, ukoliko se nacrti za npr. profile (promatrani nacrt) rade na osnovi funkcionalne i/ili projektne dokumentacije (nacrti prethodnici) koja je nepotpuna i još je uvijek u fazi razvoja, a što je čest slučaj, tada će i nacrti za krojenje limova (nacrti sljedbenici) biti nepotpuni i podložni izmjenama i dopunama.

### **3. OPTIMIZACIJA PLANIRANJA IZRADE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE S GLEDIŠTA POUZDANOSTI NACRTA**

#### **3.1. Povećanje vjerojatnosti nastanka poremećaja proizvodnog procesa**

Kada brodogradilište ugovori projekt izrade nestandardnog broda ili broda za koje nema prethodnog iskustva, povećava se vjerojatnost da će, zbog nedostataka tehničke dokumentacije, doći do poremećaja proizvodnog procesa gradnje broda. Nebitno je da li je poremećaj proizvodnog procesa nastao radi grešaka u tehničkoj dokumentaciji, nedostataka informacija sadržanih u nacrtima ili pak radi kašnjenja u izradi same tehničke dokumentacije, rezultat je isti, a troškovi procesa gradnje broda se povećavaju. Kod proizvodnog procesa gradnje bilo kojeg broda događaju se greške i poremećaji, a najveći dio njih uzrokovan je upravo nedostacima tehničke dokumentacije, te nedostatnom pripremom i obradom informacija potrebnih za proizvodni proces gradnje broda. Jedna od mogućnosti da se izbjegnu izmjene ili dopune tehničke dokumentacije jest da se u fazi strateškog planiranja uključi i analiza utjecaja nepouzdanosti tehničke dokumentacije na rizik nastanka poremećaja. Posljedice nastalih poremećaja u proizvodnom procesu gradnje broda mogu se mjeriti povećanim troškovima gradnje ili kašnjenjem određenih aktivnosti tijekom same gradnje. Kašnjenja tih aktivnosti mogu u konačnici dovesti do kašnjenja u primopredaji broda, a što pak za sobom povlači neke druge, većim dijelom ekonomske, posljedice. Koliko je nacrt pouzdan ovisi u velikoj mjeri o informacijama s kojima je isti napravljen kao i njihovoj vlastitoj pouzdanosti. To bi značilo da je nacrt nepotpun, a posljedično i nepouzdan, ukoliko nije završen u vremenu kada su informacije bile potrebne za izradu međusobno zavisnih nacrti. Osim o informacijama, pouzdanost nacrti, u ovom slučaju nacrti iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije, ovisi o tome je li odobren od strane klasifikacijskog društva, kao i brodovlasnika. Nacrti iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije mogu biti odobreni u potpunosti ili s primjedbama, odnosno mogu biti neodobreni. Primjedbe se u klasifikacijskim društvima temelje na pravilima i propisima, pa su stoga za brodogradilišta obvezne i mora ih implementirati. Za razliku

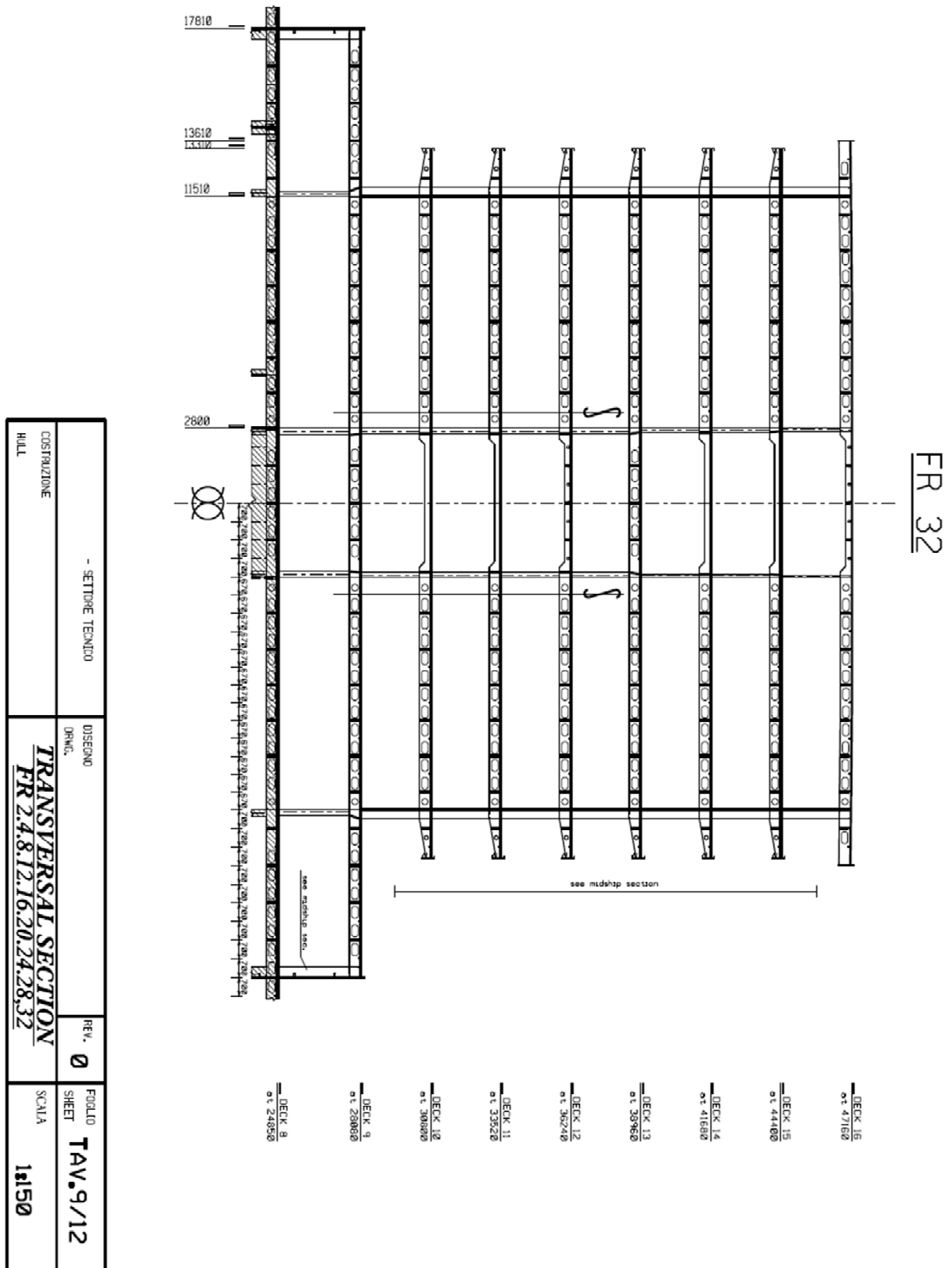
od primjedbi klasifikacijskog društva, primjedbe koje upiti brodovlasnik nisu obvezne ukoliko nisu potkrepljene ugovornom tehničkom dokumentacijom, smatra ih se dodatnim radovima, te i povećavaju cijenu gradnje broda. Ti dodatni radovi se, u pravilu, izrađuju odmah po primitku, iako je ugovorom izričito navedeno da se primjedbe odnosno promjene brodovlasnika rade nakon validacije od strane brodogradilišta u smislu dodatnih troškova, te ponovnog odobrenja od strane brodovlasnika. Nakon implementacije primjedbi u nacрте, oni se ponovno šalju na odobravanje. Opisani proces se ponavlja do konačne odobrenosti nacрте. Ovisno o složenosti gradnje, proces odobravanja može trajati i do završne gradnje broda. U većini slučajeva je to isplativi rizik jer se rade preinake uz minimalno povećavanje troškova.

Suprotno nacrtima iz skupne funkcionalne tehničke dokumentacije, nacрте iz skupine radioničke tehničke dokumentacije ne odobravaju klasifikacijska društva niti brodovlasnik, pa stoga pouzdanost nacрте te skupine ovisi isključivo o potpunosti informacija s kojima se ti nacрти rade.

Na slikama 12. i 13. prikazani su primjeri funkcionalne i radioničke tehničke dokumentacije jednog talijanskog brodogradilišta iz grupacije Fincantieri.

Slika 12.

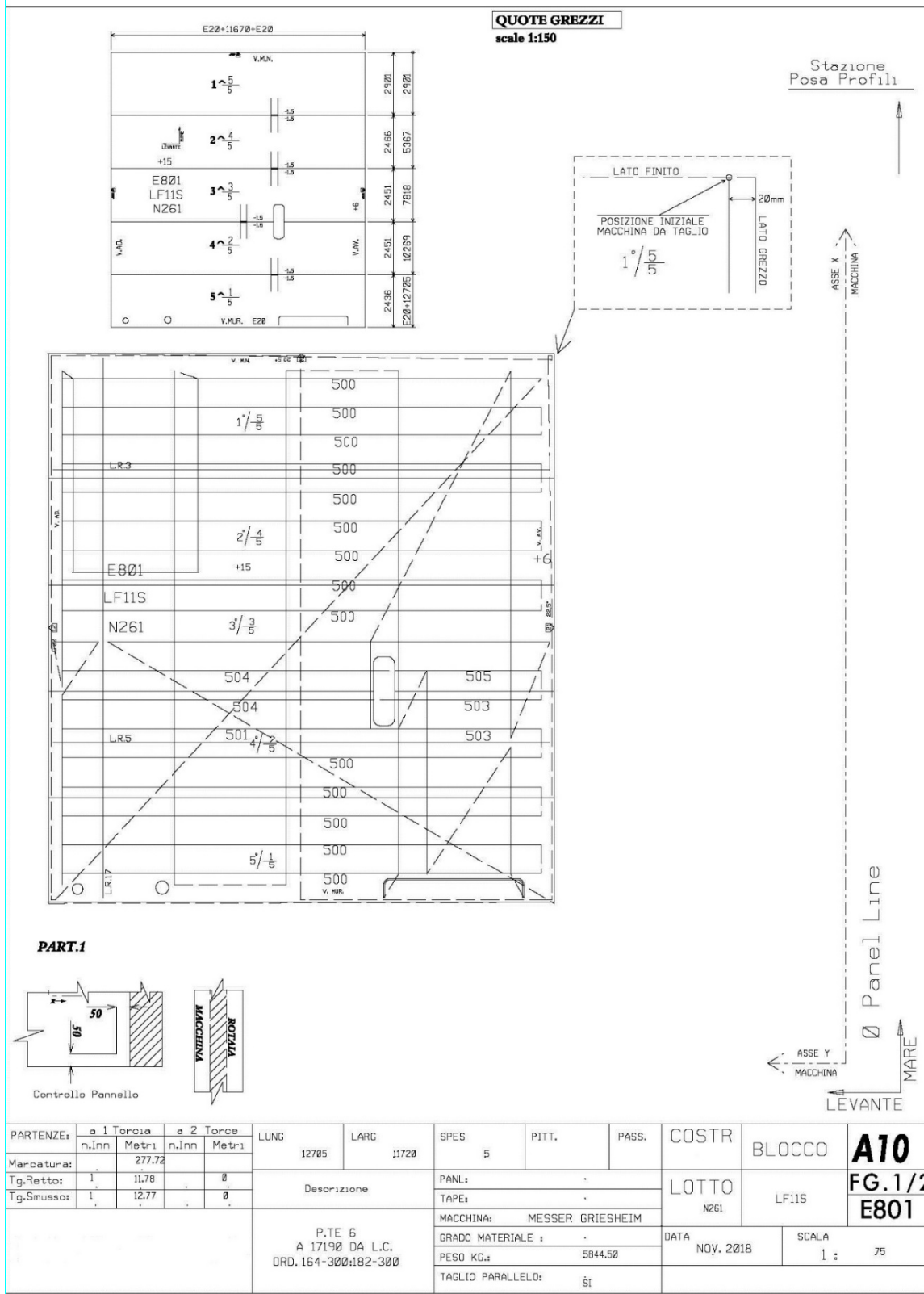
Primjer funkcionalne dokumentacije po standardima grupacije Fincantieri



Izvor: Fincantieri, arhiva

Slika 13.

Primjer radioničke dokumentacije po standardima grupacije Fincantieri (panel line)



Izvor: Fincantieri, arhiva

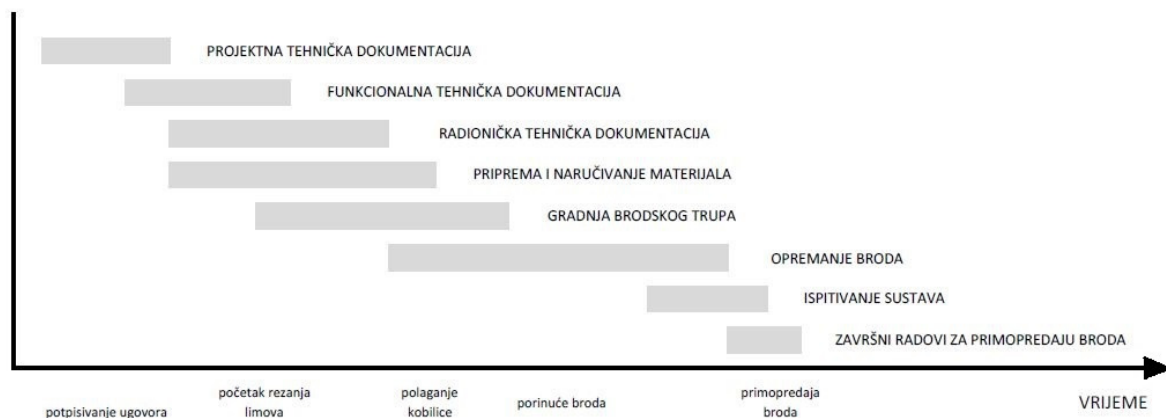
### 3.2. Razine preklapanja pojedinih faza gradnje broda

U industriji, pa tako i u brodograđevnoj, bitno je zadovoljiti ugovorene rokove koji su u većini slučajeva vrlo kratki. Stoga se proizvodni procesi planiraju na način da se radovi pojedinih faza gradnje preklapaju. Razlog tome je da se „tijekom procesa gradnje broda preklapaju radovi izrade tehničke dokumentacije s radovima naručivanja materijala i proizvodnog procesa gradnje broda.“ (R. Rubeša, 2007.) Odnos između dužine rokova primopredaje broda i vrijeme preklapanja pojedinih faza gradnje broda je obrnuto proporcionalan, odnosno što je kraće vrijeme do primopredaje broda, to je veće vrijeme u kojem dolazi do preklapanja radova pojedinih faza.

Na slici 14. su prikazane razine preklapanja radova pojedinih faza gradnje broda.

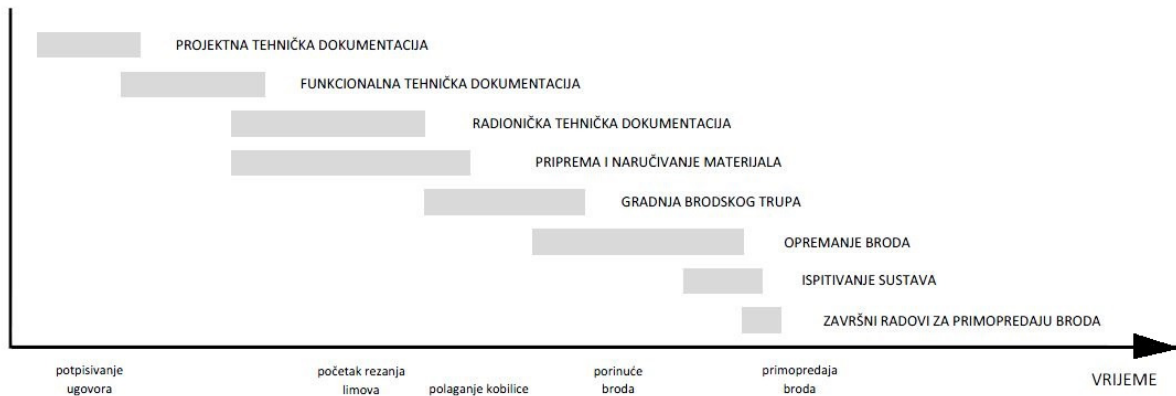
#### Slika 14.

*Razine preklapanja pojedinih faza gradnje broda*



Viša razina preklapanja





Niža razina preklapanja

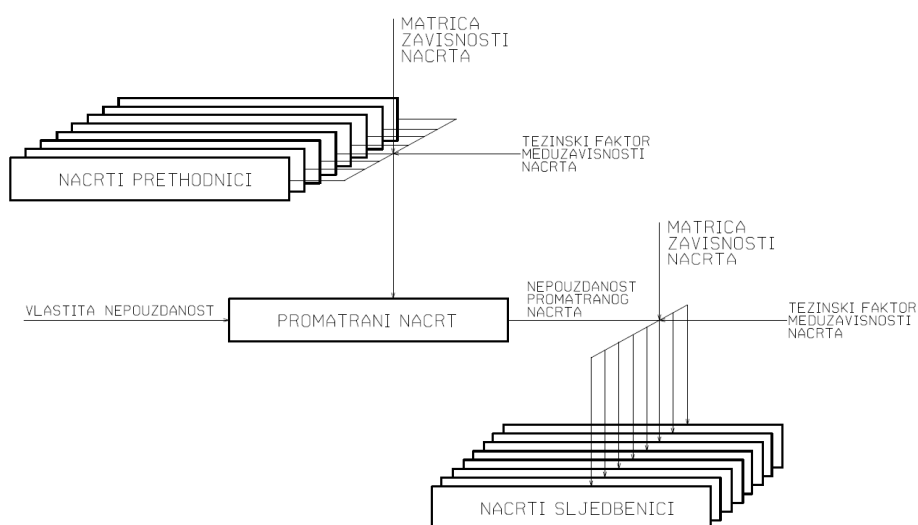
Izvor: R. Rubeša: Optimizacija planiranja izrade tehničke dokumentacije tijekom gradnje broda, 2007

### 3.3. Tijek prijenosa nepouzdanosti informacija između nacрта

Kod sustava nacrti koji su u zavisnosti jedan o drugome, nacrti se promatraju kao nacrti prethodnici i sljedbenici promatranog nacrti, što je prikazano na slici 15.:

#### Slika 15.

*Tijek prijenosa nepouzdanosti informacija između nacrti (R. Rubeša, 2007)*



Izvor: R. Rubeša: Optimizacija planiranja izrade tehničke dokumentacije tijekom gradnje broda, 2007

Kao što je vidljivo na slici, izrada promatranog nacrtu ovisi o informacijama iz nacrtu prethodnika, dok su informacije sadržane u promatranom nacrtu važne za izradu nacrtu sljedbenika. Svi se nacrti definiraju putem matrice zavisnosti. Tom se matricom određuje zavisnost informacija, kako nacrtu prethodnika prema promatranom nacrtu, tako i promatranog nacrtu prema nacrtu sljedbeniku. Svaka međuzavisnost između nacrtu ima određeni težinski faktor međuzavisnosti. „Težinski faktor međuzavisnosti nacrtu definira razinu utjecaja informacija nacrtu prethodnika na promatrani nacrt.“ (R. Rubeša, 2007.) Što je razina informacija nacrtu veća, to je i veći težinski faktor međuzavisnosti. Težinski faktor međuzavisnosti se procjenjuje između 0 i 1, ovisno o razini utjecaja informacija. Ukoliko informacije nacrtu prethodnika nemaju nikakvog utjecaja na izradu promatranog nacrtu, tada je težinski faktor međuzavisnosti jednak nuli, a ukoliko se promatrani nacrt ne može izraditi bez informacija sadržanih u nacrtu prethodniku, tada je težinski faktor međuzavisnosti jednak jedinici. „Procjena težinskih faktora međuzavisnosti nacrtu provodi se ekspertnim pristupom tako da se iz tipskog popisa nacrtu za svaki promatrani brod utvrde međusobne zavisnosti nacrtu s pripadajućim težinskim faktorima međuzavisnosti.“ (R. Rubeša, 2007.)

Osim nepouzdanosti informacija koje nasljeđuje od nacrtu prethodnika umanjen za težinski faktor međuzavisnosti, promatrani nacrt generira i vlastitu nepouzdanost koja se utvrđuje na osnovi tri kriterija:

- razina potpunosti nacrtu
- razina odobrenosti klasifikacijskog društva
- razina odobrenosti brodovlasnika

Važno je napomenuti da se kod svrstavanja projektne, funkcionalne i radioničke dokumentacije mora uzeti u obzir određena ograničenja:

1. „Nacrti iz skupine projektne tehničke dokumentacije nalaze se po važnosti u primarnoj skupini tehničke dokumentacije i o njima ovisi izrada funkcionalne tehničke dokumentacije kao dokumentacije niže važnosti. (...) Nacrti iz skupine projektne tehničke dokumentacije mogu biti samo prethodnici nacrtima iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije, ali ne mogu biti njihovi sljedbenici. Nacrti unutar skupine projektne tehničke dokumentacije mogu jedan drugom biti nacrti prethodnici i nacrti sljedbenici.

2. Nacrti iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije po važnosti su viša razina u odnosu na nacрте iz skupine radioničke tehničke dokumentacije, tako da oni mogu nacrtima iz skupine radioničke tehničke dokumentacije biti samo nacrti prethodnici, ali ne mogu biti njihovi sljedbenici. Nacrti unutar skupine funkcionalne tehničke dokumentacije mogu jedan drugom biti nacrti prethodnici i nacrti sljedbenici.
3. Nacrti iz skupine radioničke tehničke dokumentacije predstavljaju po važnosti najnižu razinu dokumentacije. Nacrti iz skupine projektne tehničke dokumentacije ne mogu izravno biti nacrti prethodnici nacrtima skupine radioničke tehničke dokumentacije, nego se informacije iz projektne tehničke dokumentacije ugrađuju u funkcionalnu tehničku dokumentaciju, na temelju koje se dalje prenose na radioničku tehničku dokumentaciju. Nacrti unutar skupine radioničke tehničke dokumentacije mogu jedan drugom biti nacrti prethodnici i nacrti sljedbenici.“ (R. Rubeša, 2007)

Opća pravila koja se primjenjuju u procesu optimizacije planiranja izrade tehničke dokumentacije izvedena su upravo iz prethodno navedenih ograničenja. Naime, nacrti više razine važnosti (poput projektne i funkcionalne tehničke dokumentacije) mogu biti samo nacrti prethodnici nacrtima iz skupine niže razine vrijednosti, ali isto ne vrijedi obrnuto odnosno nacrti iz skupine niže razine vrijednosti (poput radioničke tehničke dokumentacije) ne mogu biti nacrti prethodnici nacrtima iz skupine više razine vrijednosti. Kada promatramo nacрте iste razine vrijednosti, ti nacrti mogu jedan drugom biti nacrti prethodnici i nacrti sljedbenici.

#### 3.4. Smjernice za optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije

Kako bi se optimizirao plan izrade tehničke dokumentacije, kod nacрта prethodnika potrebno je osigurati potpune i pouzdane informacije, a koje su neophodne za izradu promatranog nacрта. Razlog tome leži u činjenici da se na taj način povećava razina pouzdanosti nacрта, te su smanjene mogućnosti nastanka poremećaja i dodatnih radova u proizvodnom procesu.

Kao što je prethodno navedeno i prikazano na slici 14., promatrani nacrt može zavisiti o informacijama iz nacrtu prethodnika i to na dva načina: jednostrano i dvostrano s pozitivnim ili negativnim faznim pomakom. Pozitivni fazni pomak je u trenutku kada je nacrt prethodnik završen prije promatranog nacrtu, te stoga omogućava potpuni prijenos informacija na promatrani nacrt. Negativni fazni pomak je obrnuta situacija, odnosno kada nacrt prethodnik nije završen prije promatranog nacrtu i gdje se informacije nacrtu prethodnika mogu uključiti u promatrani nacrt samo do razine potpunosti nacrtu prethodnika.

#### 3.4.1. Međuzavisnost nacrtu s pozitivnim faznim pomakom

Kod jednostrane međuzavisnosti nacrtu s pozitivnim faznim pomakom optimalno vrijeme završetka nacrtu prethodnika je prije nego se započne s radom na promatranom nacrtu. Razlog tome je što se onda u promatrani nacrt mogu uključiti sve informacije iz nacrtu prethodnika. Time se osigurava maksimalna pouzdanost promatranog nacrtu, dok je utjecaj nepouzdanosti nacrtu prethodnika minimalan.

Za razliku od jednostrane međuzavisnosti nacrtu s pozitivnim faznim pomakom, kod dvostrane međuzavisnosti nacrtu s pozitivnim faznim pomakom optimalno vrijeme završetka nacrtu prethodnika je u vremenu završetka promatranog nacrtu. Obzirom da je prijenos informacija kod dvostrane međuzavisnosti nacrtu s pozitivnim faznim pomakom moguć na promatrani nacrt i s njega, bitno je da je vremenska razlika između dovršenosti nacrtu prethodnika i promatranog nacrtu što manja. Prijenos informacija s nacrtu prethodnika na promatrani nacrt može biti potpun, dok je prijenos informacija s promatranog nacrtu na nacrt prethodnik ograničen obimu do kojeg je promatrani nacrt završen.

### 3.4.2. Međuzavisnost nacrtu s negativnim faznim pomakom

Kod jednostrane međuzavisnosti nacrtu s negativnim faznim pomakom potrebno je da nacrt prethodnik bude što bliže završetku izrade, a prije završetka izrade promatranog nacrtu. Time se omogućava manji utjecaj nepouzdanosti nacrtu prethodnika na promatrani nacrt.

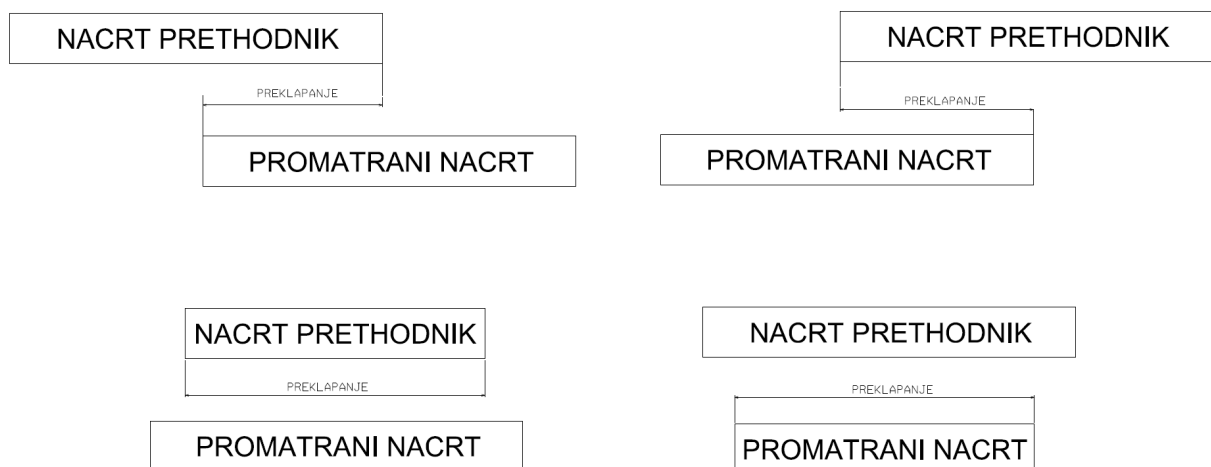
Kao i kod jednostrane međuzavisnosti nacrtu s negativnim faznim pomakom, kod dvostrane međuzavisnosti nacrtu s negativnim pomakom potrebni je da nacrt prethodnik bude što je više moguće završen prije nego se završi promatrani nacrt, Upravo to omogućava prijenos većine informacija iz nacrtu prethodnika na promatrani nacrt i obrnuto.

### 3.5. Preklapanje izrade nacrtu

Pod preklapanjem izrade nacrtu smatra se izrada nacrtu prethodnika u istom vremenu kada se izrađuje i promatrani nacrt.

#### Slika 16.

*Razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije*



Izvor: autor

Postoji nekoliko slučajeva kada govorimo o utjecaju razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije obzirom na nepouzdanost nacрта. To su:

1. „preklapanje izrade nacрта između različitih skupina tehničke dokumentacije s negativnim faznim pomakom ...
2. preklapanje izrade nacрта između različitih skupina tehničke dokumentacije s pozitivnim faznim pomakom ...
3. izrada nacрта bez preklapanja između različitih skupina tehničke dokumentacije s pozitivnim faznim pomakom.“ (R. Rubeša, 2007)

Kod preklapanja izrade nacрта između različitih skupina tehničke dokumentacije s negativnim faznim pomakom, postoje dvije razine zavisnosti nacрта: mala razina zavisnosti i velika razina zavisnosti nacрта. Mala razina zavisnosti nacрта ima 20% informacija projektne tehničke dokumentacije koje su uključene u funkcionalnu dokumentaciju i 40% informacija iz funkcionalne dokumentacije koje su uključene u radioničku tehničku dokumentaciju. Kod velike razine zavisnosti ti postotci iznose 60% kod uključenosti informacija iz projektne tehničke dokumentacije u funkcionalnoj tehničkoj dokumentaciju i 80% uključenosti informacija iz funkcionalne tehničke dokumentacije u radioničkoj tehničkoj dokumentaciji.

Na taj se način osigurava ranija distribucija promatranog nacрта u sljedeću fazu gradnje broda, no informacije koje promatrani nacrt ima su nepouzdanane i nepotpune jer je napravljen na temelju pouzdanosti informacija iz nacрта prethodnika koje su postojale u trenutku završetku promatranog nacрта. Stoga se povećava mogućnost nastanka izmjena i dopuna promatranog nacрта, što posljedično utječe na vjerojatnost nastanka promjena i izmjena u narednim fazama gradnje broda.

Kasnija izrada nacрта s pouzdanijim informacijama iz nacрта prethodnika ima trend manje vjerojatnosti nastanka izmjena i dopuna u proizvodnom procesu gradnje broda.

Nadalje, što je razina preklapanja izrade dokumentacije unutar iste skupine dokumentacije viša, to je nacrt ranije spreman za isporuku u sljedeću fazu gradnje broda. Posljedica je veća razina nepouzdanosti informacija, a što dovodi do stvaranja dodatnih radova u proizvodnom procesu.

U trenutku kada postoji veća razina nepouzdanosti informacija, promatrani je nacrt izložen većem broju izmjena. Razina rizika je proporcionalna težinskom faktoru međuzavisnosti između nacrtu prethodnika i promatranog nacrtu.

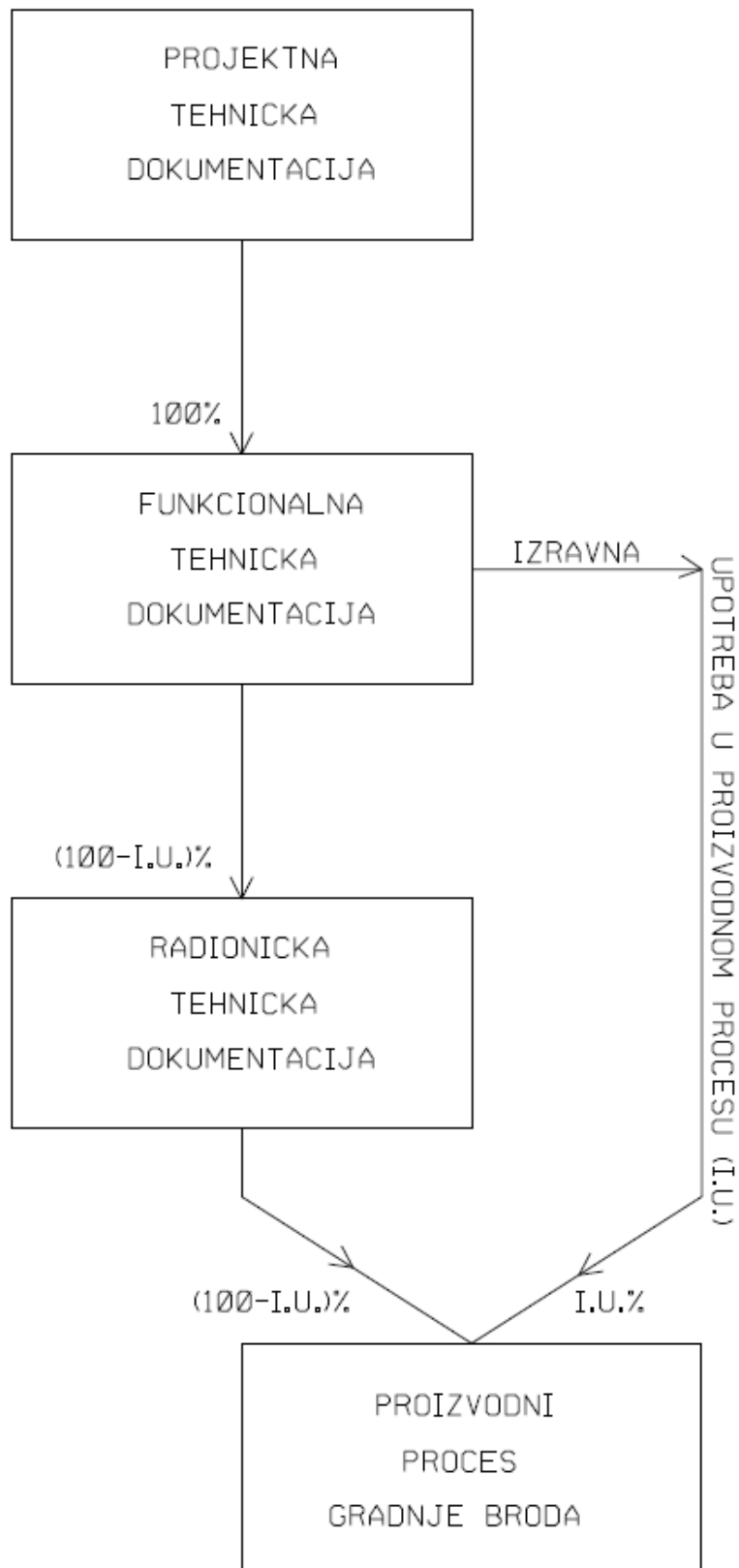
### 3.6. Optimizacija planiranja gradnje broda s gledišta upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije

Osim informacija iz projektne tehničke dokumentacije koje se izravno koriste za izradu funkcionalne tehničke dokumentacije, ostale se informacije dobivaju od proizvođača opreme, propisa i pravila klasifikacijskih društava, kao i iz zahtjeva samog brodovlasnika.

Informacije proizašle iz funkcionalne tehničke dokumentacije se koriste kod izrade radioničke tehničke dokumentacije koja se, pak, izravno koristi u proizvodnom procesu gradnje broda. Slijed informacija prikazan je na slici 17.

**Slika 17.**

*Slijed informacija tehničke dokumentacije kod proizvodnog procesa gradnje broda*



Izvor: autor



Kao što je navedeno u prethodnom odlomku, što je više informacija iz funkcionalne tehničke dokumentacije sadržano u radioničkoj tehničkoj dokumentaciji, to je proces gradnje broda lakši i brži. Razlog tome je što je na taj način radionička tehnička dokumentacija potpunija, a samim time i točnija. Nedostatak je taj što jer vrijeme potrebno za izradu radioničke dokumentacije duže zbog vremena potrebnog da se završi funkcionalna tehnička dokumentacija, a to pak donosi dodatne troškove izrade.

Svako brodogradilište ima vlastiti sustav što se tiče izravne uporabe funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda. Činjenica je da informacije funkcionalne tehničke dokumentacije koje nisu uvrštene u radioničku tehničku dokumentaciju te se izravno upotrebljavaju u proizvodnom procesu gradnje broda, uveliko ubrzavaju proizvodni proces i smanjuju troškove. Razina informacija sadržanih funkcionalnom tehničkom dokumentacijom prema kojoj se odvija proizvodni proces gradnje broda, obrnuto je proporcionalna razini informacija koju sadrži radionička tehnička dokumentacija.

Uključivanje svih informacija iz funkcionalne u radioničku tehničku dokumentaciju putem koje se vrši proizvodni proces iziskuje puno više vremena, a posljedično tome i troškove za izradu radioničke tehničke dokumentacije. Upravo procesi koji premašuju uštede u smanjenju vremena i troškova proizvodnog procesa gradnje broda čine gradnju broda neisplativom, te je od iznimne važnosti planiranjem pronaći optimalan odnos između funkcionalne i radioničke tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda.

U praksi se pokazalo da kod proizvodnog procesa gradnje broda ne postoji idealan proces u kojem bi se mogle u radioničku tehničku dokumentaciju potpuno uključiti informacije iz funkcionalne tehničke dokumentacije. Razlog tome je što to iziskuje puno vremena i troškova, te se stoga u proizvodnom procesu dopušta upotreba određene razine informacija iz funkcionalne tehničke dokumentacije. Prema R. Rubeši (2007) „pogodan brodograđevni proces uključuje 20% informacija iz funkcionalne tehničke dokumentacije koje se izravno upotrebljava u proizvodnom procesu gradnje broda.“

## **4. OPTIMIZACIJA IZRADE RADIONIČKE DOKUMENTACIJE TVRTKE I.TEH. – INŽENJERING D.O.O.**

Tvrtka I.TEH. – inženjering d.o.o., osnovana 2008. godine u privatnom vlasništvu, je pružala spektar visoko kvalitetnih tehničkih usluga u području brodogradnje. Tijekom godina, zahvaljujući suradnji s talijanskim tvrtkama koje obavljaju djelatnost projektiranja u brodogradnji i nekolicinom brodogradilišta u sastavu grupacije Fincantieri, tvrtka se specijalizirala za izradu radioničke tehničke dokumentacije trupa broda. Iz tog razloga, optimizacija izrade dokumentacije se odnosi isključivo na tu vrstu tehnološke dokumentacije.

### **4.1. Proces izrade radioničke tehničke dokumentacije prije optimizacije**

Proizvodni proces u tvrtki I.TEH. – inženjering d.o.o. započinjao je narudžbom u kojoj je bila definirana konstrukcija za koju je potrebno izraditi radioničku dokumentaciju, zone koje su uključene u narudžbu, te grupe (lotto) s pripadajućim rokovima isporuke.

Po primitku projektne i funkcionalne tehničke dokumentacije, voditelji su napravili plan rada u odnosu na dane rokove. Obzirom da brodogradilište propisuje način konstruiranja i izvedbe broda raznim dokumentima koji se obavezno moraju konzultirati prilikom izrade 3D modela i kasnijeg pripremanja nacrtu, u nastavku se navodi najčešće korištena dokumentacija.

PIANO DEI FERRI - nacrti prema kojima se radi 3D konstrukcija, uključuje debljine limova, dimenzije profila, preliminarne pozicije otvora, podijeljen je na oplatu, palube, uzdužne i poprečne površine, a može uključivati dodatne detalje i devijate<sup>1</sup>. Prva stranica dokumenta sadrži razvijenu vanjsku oplatu, zatim se na sljedećim stranicama prikazuju palube, uzdužni presjeci, pa poprečni presjeci i njima paralelni, a može uključivati i dodatne detalje. Prilikom preuzimanja grupe za rad, potrebno je pronaći

---

<sup>1</sup> Devijata je površina koja nije na glavnim presjecima, površina koja je pod određenim kutom ili izlomljena i zakrivljena površina

dodijeljeni dio u odgovarajućoj makro-zoni i pripremiti samo one dijelove koji pripadaju zadanoj grupi. Potrebno je voditi računa da se pronađu svi potrebni podatci (debljine limova, profili,...) na način da se provjeri cijeli list. Ukoliko nešto nije prikazano potrebno je provjeriti istu površinu s druge strane broda ili u detaljima. U Piano dei ferri se ne gledaju pozicije rupa niti izgled vrata jer za to postoje drugi važeći dokumenti.

PIANO GENERALE, engl. GENERAL ARRANGEMENT PLAN – generalni plan broda s predviđenim prostorima, pozicijama otvora na longitudinalnim i transverzalnim površinama, dimenzijama otvora na palubama, pozicijama vrata, stupova i korugata.

SEZIONE MAESTRA, engl. MIDSHIP SECTION – pravila konstruiranja za brod, rješenja tipičnih situacija, razni detalji, orijentacija debljine, otvori na TZ profilima (tal. travi), standardni prolazi i zakrpe (tal. mascherina)

PIANO DI FABBRICA – dokumentacija u kojoj možemo saznati kako je brod podijeljen na cjeline: MVZ – Main vertical zone, MCZ – Macrozona, LOTTO – grupa između određenih transverzalnih elemenata/ordinata, ZONA - zona u kojoj se radi grupa, naziv blokova koji čine grupu.

PIANO DEI ESPLOSI – dokument koji opisuje redoslijed slaganja grupa u brodogradilištu

PIANO DEI BOLZONI – dokument koji opisuje geometriju svake palube, je li ravna ili postoji promjena visine, nagiba i sl.

PIANO DELLE PORTE – dokument koji opisuje vrstu i dimenzije otvora/vrata, koristi se zajedno s Piano generale u kojem odredimo sredinu vrata, te vrstu vrata; svaka vrata na brodu imaju svoj broj pomoću kojeg možemo saznati specifikacije tih vrata

ASCENSORI – liftovi; opisuje poziciju liftova, njihove dimenzije; zanimaju nas podaci o veličini vrata te poziciji i veličini profila za pojačanje strukture (tal. rinforzi)

LOCALI UMIDI – dokument koji određuje koji su prostori u brodu vlažni (locali umidi), a koji su suhi (locali asciutti); prostori koji su vlažni moraju biti odvojeni od suhih prostora poklopcima (tal. tappi) i zakrpama, a može biti zatraženo da neki otvori na TZ profilima budu ojačani trakama (tal. spigot) i potom zatvoreni poklopcem.

PASSIVE FIRE PROTECTION PLAN – pomoću ovog dokumenta potvrđujemo koji prostori moraju biti nepropusni; takvi prostori moraju biti zatvoreni poklopcima i zakrpama; kombinira se s dokumentom Locali umidi.

ALLUNGHI E SOVRAMETALLI – dokument koji propisuje produljenja koja traži brodogradilište na pozicijama koje su unaprijed definirane

FABBISOGNO LAMIERE PROFILI\_Q2\_Q4 – popis i dimenzije dostupnih limova i profila pomoću kojih se kasnije radi nest; Q2 označava predviđene profile, a Q4 limove

PROCEDIMENTI SALDATURA, eng. Welding functional plan – dokument koji opisuje na koji način treba pripremiti element da bi se mogao zavariti za strukturu ili spojiti s drugim elementima; određuje stupanj pripreme zavara (tal. smusso), određuje vrstu zavara (automatski, poluautomatski ili ručni)

PROCEDURE – sadrži dokument Linea guida ("Biblija" broda) u kojem se opisuje koju dokumentaciju treba pripremiti, kako označavati TZ profil, koje marke dodijeliti određenoj vrsti elemenata, kako ubacivati elemente u bazu podataka (distinta), rješenja nekih tipičnih situacija, način obrade vrata na limovima (trebaju li dodatak +100 ili ne), te još neke podatke.

Proizvodni proces se odvijao na sljedeći način:

Voditelj ureda na temelju definiranih planova i rokova dodjeljuje projektantu grupu na kojoj će raditi. Projektant pomoću prethodno objašnjene dokumentacije određuje gdje se grupa nalazi na brodu, te potom pristupa izradi 3D modela koji u ovoj fazi ne mora biti detaljno izrađen već je dovoljno izraditi osnovne elemente horizontalnog, longitudinalnog i transverzalnog presjeka što uključuje limove, profile (posebna se pažnja pridaje modeliranju TZ profila – tal. travi) i korugirane pregrade (tal. corrugate). Svi ti elementi izrađuju se u jednom od potprograma koji se koriste po licenci brodogradilišta iz grupacije Fincantieri, a za njih je potrebno izraditi presjek na kojem se element potom konstruira.

Na temelju preliminarnog 3D modela izrađuje se preliminarni nacrt koji nije potpun jer u toj fazi nije potrebna veća preciznost. TZ profili dobivaju numeričku oznaku (tal. marca) kojom je element jedinstveno opisan zbog unosa u bazu podataka. Potom se pristupa spajanju elementa u 3D modelu s istovjetnim elementom u bazi podataka pomoću koje se kasnije rade statističke informacije poput težine, faze spajanja, popisa elemenata i sl. Nakon što su elementi spojeni programski se izradi dokument za svaki pojedini TZ profil koji obuhvaća tehničke specifikacije potrebne za izradu fizičkog elementa. Sređeni dokumenti šalju se vanjskoj tvrtki u prosjeku dva tjedna prije

završetka cijele grupe kako bi se ti profili mogli na vrijeme dostaviti u brodogradilište. U istoj fazi priprema se i dokument za izradu korugiranih pregrada.

Druga faza nastavlja se odmah po završetku prve faze. Obuhvaća 3D modeliranje svih ostalih elemenata koji nisu izrađeni u prvoj fazi kao što su koljena (tal. squadra), zakrpe, stupovi (tal. puntelli), ventilacija, definiraju se otvori na površinama i ostala sekundarna struktura koja je potrebna zbog podupiranja glavne strukture. Završetkom modeliranja pristupa se finaliziranju nacрта što obuhvaća ažuriranja prethodne verzije nacрта i izvlačenje svih preostalih presjeka jer svaki element unutar nacрта mora imati numeričku oznaku i specifikaciju debljine, položaja, vrste i sl. To se potom ubacuje u bazu podataka i spaja s 3D modelom. Ako se neki element pojavljuje više puta, dovoljno je izraditi skicu detalja na jednom mjestu i označiti mjesta na nacrtu gdje se taj element pojavljuje.

Kada su svi elementi spojeni, potrebno je napraviti procedure provjera kako bi se vidjelo jesu li elementi markirani u skladu sa standardima brodogradilišta, imaju li elementi jedinstvene numeričke oznake (često se zna dogoditi da različiti tipovi i veličine elemenata imaju istu oznaku što ne bi smjeli). U prvoj fazi kreirana je dokumentacija za TZ profile i korugirane pregrade. U ovoj fazi potrebno je kreirati dokumentaciju za sve ostale elemente. Obuhvaća krojenje limova i profila. Krojenje profila radi se programski čime se dobije dokument koji specificira vrstu profila, njegovu duljinu i obradu krajeva. Prije krojenja limova potrebno je elementima koji to zahtijevaju (prema podacima iz radioničkog nacрта) napraviti obradu koja obuhvaća blanjanje i priprema zavara, te eventualna produljenja koja traži pojedino brodogradilište. Na temelju dobivenih dostupnih limova i profila radi se krojenje kojim se izrađeni elementi grupe optimalno rasporede po sirovom materijalu. Ukoliko je to potrebno radi se narudžba novog materijala ako dotadašnji popis nema dovoljnu količinu ili ako bi ostalo previše slobodnog materijala koji na taj način postaje škart.

Potom se kreiraju razni dokumenti kojima se pobliže opisuje obrada nekih elemenata koji ne mogu biti obrađeni na standardni način (prema smjernicama brodogradilišta i kodovima koje koriste). Iz baze podataka izvlače se specifični statistički podatci koje traži brodogradilište, a obuhvaća faze spajanje elemenata, broj elemenata, proračun težina, preostali materijal,... Kompletiranjem tih dokumenata s onima iz prethodnih faza finalizira se izrada grupe koja se potom kontrolira od strane projektanta

(samokontrola), ovlaštene osobe unutar ureda i nakon isporuke kontrola od strane brodogradilišta, a uočene pogreške i nedostaci trebaju se odmah korigirati.

#### 4.2. Optimizirani proces izrade radioničke tehničke dokumentacije

Optimizirani proizvodni proces u tvrtki I.TEH. – inženjering d.o.o. razvijao se godinama, većinom kroz iskustvo projektanata. Sustav prijenosa informacija kod grupacije Fincantieri je takav da je nemoguće imati dokumentaciju (poput funkcionalne tehničke dokumentacije) kod koje u procesu izrade radioničke dokumentacije neće doći do promjena i/ili dopuna jer se ona konstantno razvija od strane brodogradilišta, a ovisno o zahtjevima kupca.

Kako je tvrtki poštivanje ugovorenih rokova od iznimne važnosti, a u procesu izrade dokumentacije nije bilo moguće imati potpune informacije, optimizacija proizvodnog procesa morala se razvijati kroz učenje na greškama, usavršavanje proizvodnih procedura po standardima brodogradilišta iz grupacije Fincantieri, razne statističke evidencije među konstrukcijama i drugim načinima.

Najbolji način kojim se moglo optimizirati procesa rada je bio rad na sestrinskim brodovima (tal. ripetuta). Naime, prototip broda se radio prema smjernicama brodogradilišta, ali postojao je iznimno veliki broj grešaka, izmjena i/ili dopuna za radioničku dokumentaciju što je vidljivo u tablici broj 1. Tablica je napravljena na osnovi statističkih podataka za prototip broda, odnosno za jedan dio koji je izrađivala tvrtka I.TEH. – inženjering d.o.o.

**Tablica 1.***Broj grešaka, izmjena i dopuna za brod tipa: prototip 1*

c.6275			
makro-zona 7			
MVZ 2			
Naziv grupe (lotto)	broj grešaka	broj dopuna	broj izmjena
R233	26	9	10
R256	19	13	4
R257	21	12	3
R306	24	16	3
R307	18	8	7
R331	21	8	6
R258	25	13	7
R259	13	12	7
R308	22	12	3
R309	22	10	4
R333	26	16	9

Izvor: autor

Iz tablice je vidljivo da je prototip broda imao iznimno veliki broj izmjena i dopuna, a što je dovelo do grešaka u izradi radioničke dokumentacije. Razlog tim promjenama ne leži samo u kontinuiranom ažuriranju ulazne dokumentacije od strane brodogradilišta (poput funkcionalne dokumentacije), već i procesu rada koji nije bio optimiziran u samom uredu.

Sati koji su bili potrebni da projektant završi određenu grupu vidljiv je u tablici 2.

**Tablica 2.**

*Sati potrebni za izradu grupe prije optimizacije*

c.6275	
makro-zona 7	
MVZ 2	
Naziv grupe (lotto)	sati
R233	330
R256	270
R257	260
R306	300
R307	280
R331	300
R258	290
R259	270
R308	310
R309	280
R333	270
UKUPNO	3160

Izradom nacrtu za sestrinski brod, greške koje su se uočavale od strane brodogradilišta bile su prepravljene, ali su se uvodile promjene i u sam proizvodni proces izrade dokumentacije koje su ga optimizirale. Tako se po završetku prve faze izrade dokumentacije tražila od brodogradilišta ažurirana dokumentacija potrebna za drugu fazu, samokontrola rada nakon svake faze projektanta od preporuke je postala obveza, napravljen je dokument u koji su se unosile iskorištene numeričke oznake za svaki element u pojedinoj grupi, a prije konačnog završetka grupe i isporuke dokumentacije po posljednji put se provjeravaju promjene i/ili izmjene s tvrtkom koja se bavi cjevovodima (tal. integrazione allestimento), dodavale su se makro naredbe u program, a koje su vremenski skraćivale proceduru jer se radilo o ponavljajućoj radnji (poput promjene naziva konstrukcije na čitavoj dokumentaciji ili automatsko stvaranje PDF dokumenta iz nacrtu). Radom na taj način, sljedeći prototip broda koji je rađen od strane zaposlenika tvrtke I.TEH. – inženjering imao je puno manji broj grešaka, ali i izmjena i dopuna, a što je vidljivo u tablici 3, a posljedično postigao se cilj optimizacije proizvodnog procesa, smanjenje broja sati potrebnih za izradu tražene dokumentacije.



**Tablica 3.**

*Broj grešaka, izmjena i dopuna za brod tipa: prototip 2*

c.6274			
makro-zona 7			
MVZ 2			
Naziv grupe (lotto)	broj grešaka	broj dopuna	broj izmjena
R233	12	4	3
R256	9	6	1
R257	7	3	1
R306	10	4	2
R307	3	2	1
R331	6	1	4
R258	6	5	2
R259	2	2	3
R308	4	4	3
R309	6	3	1
R333	8	1	5

Izvor: autor

Što se tiče sati potrebnih za izradu grupe prema optimiziranom načinu rada, oni su prikazani u tabeli 4.

**Tablica 4.**

*Sati potrebni za izradu grupe poslije optimizacije*

c.6274	
makro-zona 7	
MVZ 2	
Naziv grupe (lotto)	sati
R233	281
R256	224
R257	226
R306	240
R307	235
R331	255
R258	238
R259	238
R308	276
R309	221
R333	227
UKUPNO	2660

Izvor: autor

Slijedom prethodno prikazanih tablica, te usporedbom dvije konstrukcije, jedne prije i druge poslije optimiziranog proizvodnog procesa, poboljšanje efikasnosti u izradi radioničke dokumentacije nakon optimizacije načina rada vidljivo je u donjim grafovima. Broj grešaka kroz optimizirani način rada smanjio se za otprilike 70%, broj izmjena za 56%, a broj dopuna za 72% što je imalo izravan utjecaj na efikasnost koja se povećala za malo više od 15%.

### Graf 1.

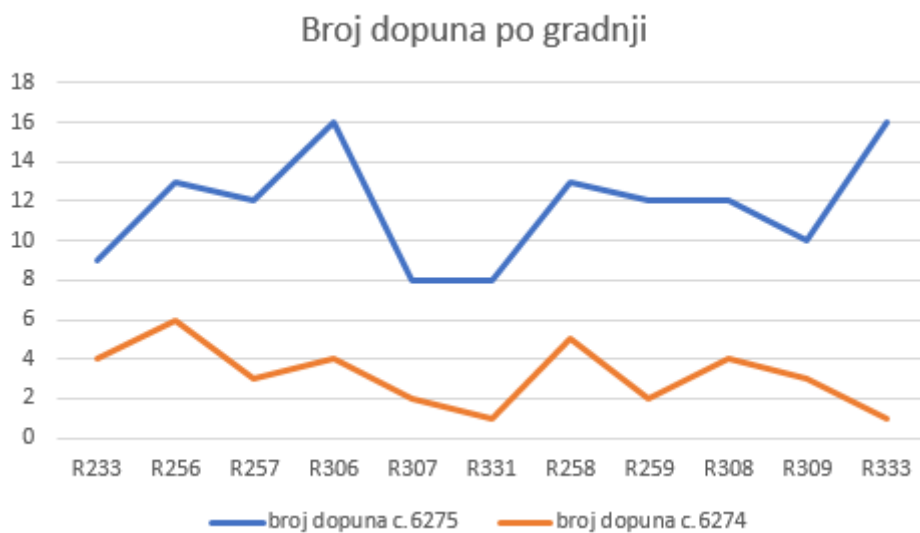
*Usporedba broja grešaka prije i poslije optimiziranog procesa izrade dokumentacije*



Izvor: autor

### Graf 2.

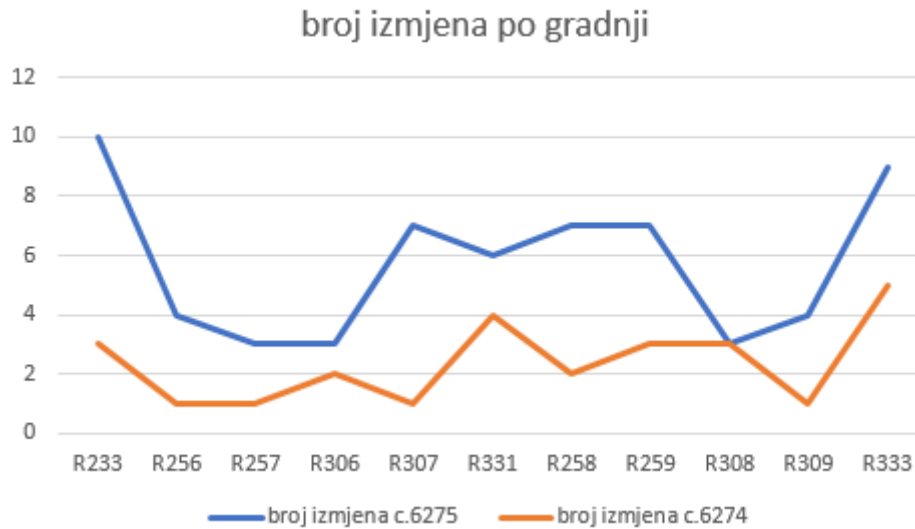
*Usporedba broja dopuna prije i poslije optimiziranog procesa izrade dokumentacije*



Izvor: autor

### Graf 3.

Usporedba broja izmjena prije i poslije optimiziranog procesa izrade dokumentacije

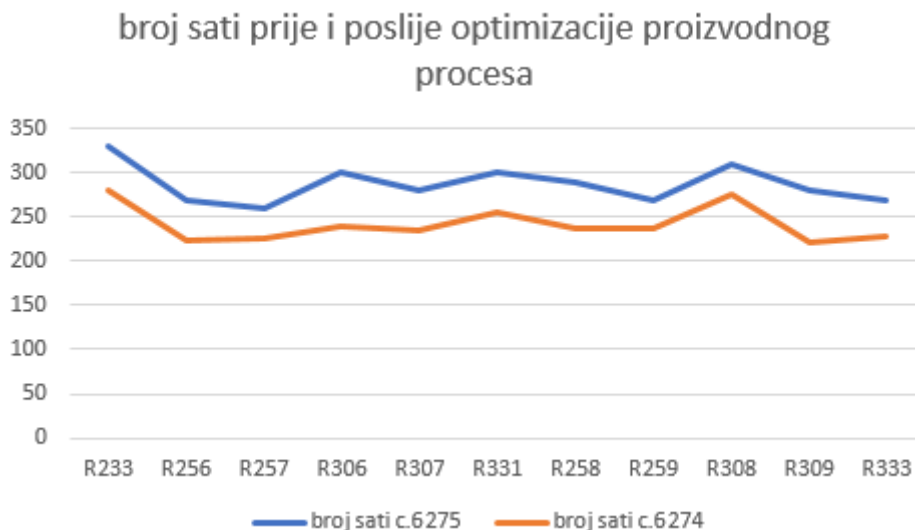


Izvor: autor

Optimizirani proces je najbolje promatrati kroz efektivnost, a u tvrtki I.TEH. – inženjering ona je mjerljiva kroz broj sati potrebnih za izradu određene grupe.

### Graf 4.

Broj sati izrade dokumentacije prije i poslije optimizacije proizvodnog procesa



Izvor: autor

## 5. ZAKLJUČAK

Izrada projektne dokumentacije je složen i kompleksan posao, a svrha procesnog pristupa je da se organizaciji poveća efikasnost i efektivnost. Kako bi se pobliže objasnio optimizacijski proces kod tvrtke I.TEH. – inženjering d.o.o. inicijalno je objašnjen teorijski dio faza procesa gradnje broda na sustavu brodogradilišta grupacije Fincantieri, razine planiranja, te protok informacija među brodograđevnom dokumentacijom sa stavljanjem naglaska na organizaciju, kontrolu i vođenje procesa.

Obzirom da je tvrtka I.TEH. – inženjering d.o.o. obavlja djelatnost izrade samo dijela tehničke dokumentacije, ulazna dokumentacija (nacrti prethodnici) i njihova završenost je ovisila isključivo o brodogradilištu. Stoga je jedini način optimizacije mogao biti kroz usavršavanje samih proizvodnih procedura.

Osim uvođenjem samokontrole od strane projektanta nakon svake faze i provjere ažuriranosti funkcionalne dokumentacije kod brodogradilišta, tijekom godina u uredu su se radile i vodile razne statistike i usporedbe među gradnjama. Statistički podatci su uključivali strukturu rada, broj grešaka koje je projektantski ured napravio, broj izmjena i broj dopuna za svaku gradnju koje je bilo potrebno dodatno uklopiti u dokumentaciju, a koje su bile na zahtjev brodogradilišta. Osim toga posebna se važnost pridavala satima potrebnim za izradu pojedine grupe, a na račun čega se računala efikasnost pojedinog projektanta. Upravo ti statistički podatci su pomagali projektantima da usavrše proizvodnu proceduru po standardima grupacije Fincantieri, a što je za posljedicu imalo povećanje efikasnosti i efektivnosti organizacije.

## 6. POPIS LITERATURE

1. Durbešić, M: Izrada detaljne dokumentacije trupa broda, Završni rad, Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet, Rijeka 2019.
2. Furlan, Z., Lučin, N. i Pavelić, A.: Tehnologija gradnje broskog trupa, Školska knjiga, Zagreb, 1986.
3. Lamb, T.: Engineering for Ship production, University of Michigan, Michigan, 1986.
4. Matić, S.: Priprema radioničke dokumentacije upotrebom programa Aveva, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2018.
5. Miota, K.: Optimizacija procesa izrade radioničke dokumentacije broskog trupa u maloj brodogradnji, završni rad, Politehnika Pula, Pula 2016.
6. Perić, Z.: Osnove brodogradnje, skripta, Industrijska škola Split, Split, 2014.
7. Rubeša, R.: Optimizacija planiranja izrade tehničke dokumentacije tijekom gradnje broda, doktorska disertacija, Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet, Rijeka, 2007.
8. Wei, Y.: Automatic Generation of Assembly Sequence for the Planning of Outfitting Processes in Shipbuilding, Doctoral thesis, technische Universiteit Delft, Nizozemska, 2012.

## SAŽETAK

Preklapanja u proizvodnom procesu izrade radioničke tehničke dokumentacije i gradnje broda rezultat su nastojanja skraćivanja trajanja njegove gradnje. U ovom završnom radu se u prvom dijelu obradio osnovni tehnološki proces gradnje broda. Objasnile su se faze procesa gradnje broda, raščlamba broda prema sustavu grupacije Finacantieri, nacrti izrađeni prema njihovom sustavu, te se osvrnulo na utjecaj izmjena i dopuna tehničke dokumentacije.

U drugom dijelu ovog završnog rada se prvo teorijski obrađena optimizacija planiranja izrade tehničke dokumentacije s gledišta pouzdanosti nacрта. Objasnjeno je preklapanje faza kod procesa izrade broda, tijekom prijenosa nepouzdanosti informacija među nacrtima, dane su teorijske smjernice za optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije. Naposljetku, prikazan je optimizirani način izrade tehničke dokumentacije u tvrtki I.TEH. – inženjering d.o.o. gdje je vidljivo kako promjene u proizvodnom procesu izrade radioničke tehničke dokumentacije utječu na sam proizvodni proces.

## **SUMMARY**

Overlaps in designing technical documentation and the shipbuilding production process are result of efforts to shorten the construction duration. In this thesis, in the first part was explained basic technological process of shipbuilding through the stages of the shipbuilding process, the analysis of the ship according to the Fincantieri system, as well as the drawings and the impact of the technical documentation changes and supplements.

Theoretical part of the optimisation in planning the technical documentation preparation was explained in second part of this thesis. It was done according to the drawings' reliability. It was explained the overlap of phases in the shipbuilding process and the theoretical guidelines for optimizing the planning process are given as well.

At the end of the thesis, it was presented the optimised process of technical documentation design in the I.TEH. – inženjering company where was visible how changes in the production process of technical documentation design may affect the production process itself.



## POPIS SLIKA

<b>Slika 1.</b> Temeljna struktura brodograđevnog procesa.....	4
<b>Slika 2.</b> Razine planiranja u brodogradnji.....	6
<b>Slika 3.</b> Podjela broda na prostore prema sustavu talijanskog brodogradilišta Sestri	8
<b>Slika 4.</b> Podjela broda prema sustavu grupacije Fincantieri.....	9
<b>Slika 5.</b> Identifikacija bloka po sustavu Fincantieri-a .....	10
<b>Slika 6.</b> Tehnička raščlamba broda .....	12
<b>Slika 7.</b> Shema toka izrade tehničke dokumentacije .....	13
<b>Slika 8.</b> Klasifikacijski nacrt glavnog rebra .....	15
<b>Slika 9.</b> Nacrt bloka - paluba .....	16
<b>Slika 10.</b> Radionički nacrt sekcije.....	17
<b>Slika 11.</b> Nacrt bloka – poprečna sekcija .....	18
<b>Slika 12.</b> Primjer funkcionalne dokumentacije po standardima grupacije Fincantieri	23
<b>Slika 13.</b> Primjer radioničke dokumentacije po standardima grupacije Fincantieri (panel line).....	24
<b>Slika 14.</b> Razine preklapanja pojedinih faza gradnje broda .....	25
<b>Slika 15.</b> Tijek prijenosa nepouzdanosti informacija između nacrtu (R. Rubeša, 2007) .....	26
<b>Slika 16.</b> Razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije .....	30
<b>Slika 17.</b> Slijed informacija tehničke dokumentacije kod proizvodnog procesa gradnje broda .....	33

## POPIS TABLICA

<b>Tablica 1.</b> Broj grešaka, izmjena i dopuna za brod tipa: prototip 1.....	40
<b>Tablica 2.</b> Sati potrebni za izradu grupe prije optimizacije .....	41
<b>Tablica 3.</b> Broj grešaka, izmjena i dopuna za brod tipa: prototip 2.....	42
<b>Tablica 4.</b> Sati potrebni za izradu grupe poslije optimizacije.....	43

## POPIS GRAFOVA

<b>Graf 1.</b> Usporedba broja grešaka prije i poslije optimiziranog procesa izrade dokumentacije .....	44
<b>Graf 2.</b> Usporedba broja dopuna prije i poslije optimiziranog procesa izrade dokumentacije .....	44
<b>Graf 3.</b> Usporedba broja izmjena prije i poslije optimiziranog procesa izrade dokumentacije .....	45
<b>Graf 4.</b> Broj sati izrade dokumentacije prije i poslije optimizacije proizvodnog procesa .....	45