OPTIMIZACIJA PLANIRANJA IZRADE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE TIJEKOM GRADNJE BRODA

Rubeša, Rajko

Doctoral thesis / Disertacija

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:190:769383

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering

Image not found or type unknown

DIGITALNA KNJIŽNICA

SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET

Rajko Rubeša

OPTIMIZACIJA PLANIRANJA IZRADE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE TIJEKOM GRADNJE BRODA

DOKTORSKA DISERTACIJA

Rijeka, 2017.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET

Rajko Rubeša

OPTIMIZACIJA PLANIRANJA IZRADE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE TIJEKOM GRADNJE BRODA

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor: prof. dr. sc. Nikša Fafandjel
Komentor: izv. prof. dr. sc. Tin Matulja

Rijeka, 2017.

UNIVERSITY OF RIJEKA
FACULTY OF ENGINEERING

Rajko Rubeša

OPTIMISATION OF TECHNICAL DOCUMENTATION PLANNING DURING SHIP PRODUCTION

DOCTORAL THESIS

Rijeka, 2017.

Mentor rada: prof. dr. sc. Nikša Fafandjel, dipl. ing. brod.

Komentor rada: izv. prof. dr. sc. Tin Matulja, dipl. ing. brod.

Doktorska disertacija obranjena je dana 16. listopada 2017. na Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Rijeci, pred povjerenstvom u sastavu:

1. prof. dr. sc. Tomislav Mrakovčić, dipl. ing. stroj., predsjednik
2. prof. dr. sc. Nikša Fafandjel, mentor, dipl. ing. brod., član
3. izv. prof. dr. sc. Tin Matulja, komentor, dipl. ing. brod., član
4. izv. prof. dr. sc. Marko Hadjina, dipl. ing. brod., član
5. izv. prof. dr. sc. Boris Ljubenkov, dipl. ing. brod., član

ZAHVALE

Mentoru prof. dr. sc. Nikši Fafandjelu zahvaljujem na izuzetnom strpljenju i upornoj motivaciji tijekom moje dugogodišnje pripreme doktorske disertacije. Ovu doktorsku disertaciju posvećujem njemu jer bez njegove neizmjerne pomoći, razumijevanja i podrške u kritičnim trenucima ne bi ostvario svoj cilj. Zahvaljujem Vam što ste vjerovali u mene i otvorili nove poglede u stručnom i znanstvenom djelovanju. Usmjerili ste moj budući privatni i profesionalni angažman te ostavili neizbrisiv pečat. I stoga dragi profesore i prijatelju, veliko hvala od srca.

Komentoru izv. prof. dr. sc. Tinu Matulji posebno zahvaljujem na svim savjetima, angažmanu i nesebičnoj pomoći u realizaciji moje doktorske disertacije. Cijela naša dugogodišnja suradnja pretvorila se u otvoren, iskren i prijateljski odnos, koji me dodatno motivirao za rad na disertaciji.

Kolegi i prijatelju izv. prof. dr. sc. Marku Hadjini zahvaljujem na podršci, motivirajućim rečenicama te izuzetno dobroj suradnji tijekom cijelog našeg zajedničkog rada.

Veliku zahvalu dugujem kolegi i prijatelju prof. dr. sc. Tomislavu Mrakovčiću s kojim uspješno surađujem dugi niz godina. Tijekom cijelog mojeg poslijediplomskog studija pružao mi je nesebičnu podršku i pomoć, a posebice tijekom moje odsutnosti zbog rada u inozemstvu.

Zahvaljujem i prof. dr. sc. Nelidi Črnjarić-Žic na trudu koji je nesebično uložila i svojim savjetima doprinijela izradi matematičkog algoritma računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije.

Također hvala svim kolegama i prijateljima sa Zavoda za brodogradnju i inženjerstvo morske tehnologije Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci na osobitoj podršci tijekom studija i izuzetno dobroj suradnji tijekom mojeg predavačkog angažmana kao vanjskog suradnika.

Na kraju zahvaljujem svojoj obitelji – supruzi Dragici i kćeri Andrei, koje su sve vrijeme bile moja najveća moralna podrška. Bez njih sigurno ne bih uspio ostvariti zadani cilj i završiti doktorski studij.

Autor

SAŽETAK

Preklapanje izrade tehničke dokumentacije i proizvodnog procesa gradnje broda posljedica je nastojanja skraćivanja trajanja njegove gradnje, ali se time ne moraju nužno smanjiti troškovi i rokovi gradnje broda. Dodatni radovi tijekom proizvodnog procesa gradnje broda mogu se neplanirano povećati ako nacrt distribuira u narednu fazu gradnje broda prije negoli je provjeren i usklađen s međusobno zavisnim nacrtima.

U doktorskoj disertaciji istražen je utjecaj redoslijeda i razine preklapanja izrade međusobno zavisnih nacrta na njihovu nepouzdanost, nastalu kao posljedica izrade nacrta s nedostajućim, nepotpunim i nepouzdanim informacijama. Nacrt, koji je dovršen prije dovršenosti međusobno zavisnih nacrta, ima višu razinu nepouzdanosti jer je izrađen s nepotpunim informacijama nedovršenih nacrta. Optimizacija plana izrade tehničke dokumentacije izvodi se terminiranjem dovršenosti međusobno zavisnih nacrta u vremenu kojim se osigurava izrada promatranog nacrta s potpunim informacijama. Osnovan je algoritam za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta nepouzdanosti nacrta kojim se izračunava nepouzdanost sustava međusobno zavisnih nacrta s mogućnošću optimizacije plana. Postupak optimizacije je iteracijski, čiji će rezultati konvergirati optimalnom rješenju.

Posebno je istražen utjecaj razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, ovisno o tehnološkoj razini brodogradilišta i cijeni rada. Za te potrebe uvedeni su novi pojmovi: faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda i relativna cijena rada te su hijerarhijski izmodelirani kriteriji za vrednovanje tehnološke razine proizvodnog procesa gradnje broda, razine opremanja broda prema tehnološkim fazama opremanja i utjecaj izmjena i dopuna tehničke dokumentacije na proizvodni proces njegove gradnje. Razvijeni kriteriji temelj su za vrednovanje tehnološke razine brodogradilišta. Također je osnovan algoritam za izradu krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda, kojim će se već kod samoga procesa ugovaranja broda omogućiti definiranje zadovoljavajuće razine zastupljenosti radioničke tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda u okvirima utvrđenih troškova i rokova gradnje broda.

Zaključno, razvijen je računalni alat za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije koji se sastoji od četiri integrirana modula, čiji su programski kodovi napravljeni na temelju opisanih algoritama.

ABSTRACT

Overlap of ship design and production is a result in aspiration to shorten shipbuilding, but its use does not necessarily contribute in reduction of total shipbuilding cost and lead time. Activities on repair and rework in ship production could be unexpectedly enlarged in case if drawing is sent to the next shipbuilding stage before is checked and aligned with interdependent drawings.

In doctoral thesis is investigated influence of drawings' designing sequence and their overlap level to drawings' uncertainty due to designing with unknown, incomplete or unreliable information. Drawing finished before its interdependent drawings are finished, has more level of unreliability because is done with incomplete information from unfinished drawings. Optimisation of technical documentation planning is performed in such approach that interdependent drawings are finished on time which ensure observed drawing designing and completion with fully completed information. It is developed an algorithm for evaluation of technical documentation plan in aspects of drawings' unreliability which calculate unreliability of system of interdependent drawings with possibility of plan's optimisation. Optimisation is iterative process whose result converges to optimal solution.

Especially is investigated influence of functional technical documentation usage directly in ship production in relation with shipyard's technological level and labour cost. For this purpose new terms are introduced: factor of technological phase of ship production and relative labour cost, as well as are hierarchically modelled criteria for evaluation of technological level of ship production, level of ship outfitting according to technological phases of outfitting and influence of technical documentation amendments on ship production. Developed criteria are base for evaluation of shipyard's technological level. Also is developed an algorithm for creating the curves benefits of applying functional technical documentation in ship production, with which will be able during contractual stage to define appropriate level of detail technical documentation representation in ship production in framework of determined shipbuilding cost and schedule.

In conclusion, it is developed a computing tool for evaluation and optimisation of technical documentation planning. It consists of four integrated modules whose program's codes are made according to described algorithms.

KLJUČNE RIJEČI

Gradnja broda

Tehnička dokumentacija

Planiranje izrade dokumentacije

Optimizacija planiranja

Računalni alat

Faktor tehnološke faze

Matrica zavisnosti nacrta

KEYWORDS

Shipbuilding

Technical drawings

Planning optimisation

Computing tools

Technological stage factor

Drawing’s independence matrix

SADRŽAJ

ZAHVALE I
SAŽETAK II
ABSTRACT III
KLJUČNE RIJEČI IV
KEYWORDS IV
SADRŽAJ V
1 UVOD 1
1.1 Predmet, svrha i ciljevi istraživanja 1
1.2 Znanstvena hipoteza i metodologija rješenja 6
1.3 Očekivani znanstveni doprinos i primjena rezultata istraživanja 9
1.4 Struktura doktorske disertacije 10
2 PREGLED STANJA ZNANJA I POSTOJEĆIH ISTRAŽIVANJA 13
2.1 Alati i tehnike planiranja 13
2.2 Pregled postojećih pristupa u upravljanju rizicima pri planiranju i projektiranju procesa gradnje broda 15
3 HIJERARHIJSKO MODELIRANJE KRITERIJA ZA VREDNOVANJE TEHNOLOŠKE RAZINE BRODOGRADILIŠTA 19
3.1 Osnovni tehnološki proces gradnje broda 19
3.2 Kriteriji za vrednovanje tehnološke razine proizvodnog procesa gradnje broda 25
3.3 Kriteriji za vrednovanje razine opremanja broda prema tehnološkim fazama opremanja 31
3.4 Kriteriji za vrednovanje utjecaja izmjena i dopuna tehničke dokumentacije na proizvodni proces gradnje broda 36
4 OPTIMIZACIJSKI MODEL PLANIRANJA IZRADE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE S GLEDIŠTA POUZDANOSTI NACRTA 39
4.1 Algoritam za izračunavanje nepouzdanosti nacrta 42
4.2 Definiranje smjernica za optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije 51
4.3 Analiza nepouzdanosti nacrta karakterističnih scenarija preklapanja izrade tehničke dokumentacije 56
4.3.1 Scenarij 1 – Preklapanje izrade nacrta između različitih skupina tehničke dokumentacije s negativnim faznim pomakom 60

4.3.1.1 Preklapanje izrade nacrta s negativnim faznim pomakom i niskom razinom međuzavisnosti nacrta 61

4.3.1.2 Preklapanje izrade nacrta s negativnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta 74

4.3.2 Scenarij 2 – Preklapanje izrade nacrta između različitih skupina tehničke dokumentacije s pozitivnim faznim pomakom 75

4.3.2.1 Preklapanje izrade nacrta s pozitivnim faznim pomakom i niskom razinom međuzavisnosti nacrta 76

4.3.2.2 Preklapanje izrade nacrta s pozitivnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta 77

4.3.3 Scenarij 3 – Izrada nacrta bez preklapanja između različitih skupina tehničke dokumentacije s pozitivnim faznim pomakom 78

4.3.3.1 Izrada nacrta bez preklapanja s pozitivnim faznim pomakom i niskom razinom međuzavisnosti nacrta 79

4.3.3.2 Izrada nacrta bez preklapanja s pozitivnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta 80

4.3.4 Preklapanje izrade nacrta unutar iste skupine tehničke dokumentacije..... 80

4.3.5 Vrednovanje rezultata razmatranih scenarija 83

5 OPTIMIZACIJSKI MODEL STRATEGIJE GRADNJE BRODA S GLEDIŠTA UPOTREBE FUNKCIONALNE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE 85

5.1 Definiranje ulaznih parametara 87

5.2 Algoritam za izradu krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda 89

5.3 Analiza rezultata kroz dva karakteristična primjera krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda 93

6 ALGORITAM ZA VREDNOVANJE PLANA IZRADE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE 100

6.1 Algoritam za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta nepouzdanosti nacrta..... 100

6.1.1 Računanje očekivanih gubitaka/ušteda na temelju nepouzdanosti nacrta i upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda..... 104

6.2 Algoritam za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta razine preklapanja njezine izrade 106
7 RAČUNALNI ALAT ZA VREDNOVANJE I OPTIMIZACIJU PLANIRANJA IZRADE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE 111
8 VREDNOVANJE PRIMJENJIVOSTI REZULTATA NA REALNOM MODELU BRODOGRADILIŠTA 127
9 ZAKLJUČAK I SMJERNICE ZA DALJNJI RAD 146
POPIS LITERATURE 150
POPIS ZNAKOVA I KRATICA 156
POPIS SLIKA 159
POPIS TABLICA 162
PRILOG 1 Programski kôd računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije 165
ŽIVOTOPIS 191
POPIS OBJAVLJENIH RADOVA 193

1 UVOD

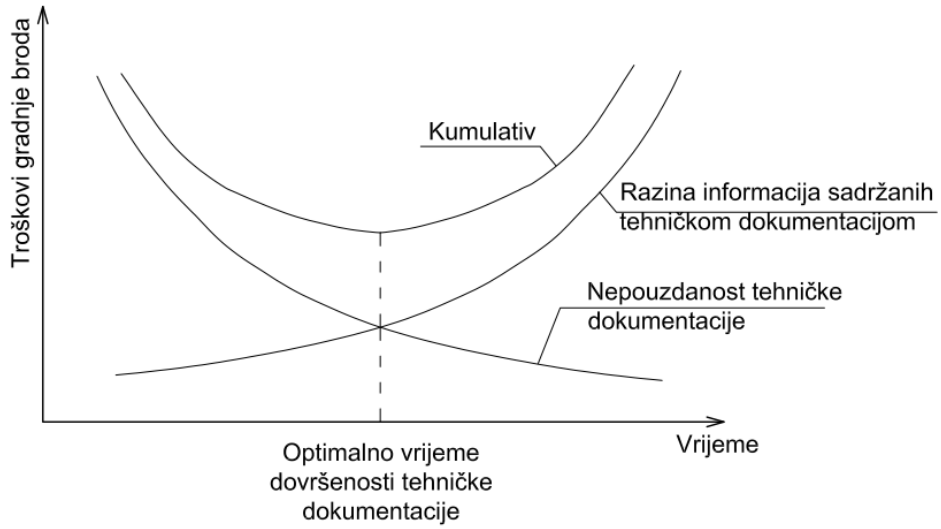
1.1 Predmet, svrha i ciljevi istraživanja

Da bi se ostvarili relativno kratki rokovi isporuke broda, brodogradilišta, između ostalih načina, primjenjuju i pristup preklapanja radova između pojedinih faza gradnje broda [17, 53]. Posebno se to odnosi na razine preklapanja radova u fazi projektiranja pri izradi projektne, funkcionalne i radioničke tehničke dokumentacije, poznato pod nazivom istovremeno projektiranje (engl. *concurrent engineering*) te preklapanja izrade tehničke dokumentacije i proizvodnog procesa gradnje broda, što znači da se određeni dio potrebite tehničke dokumentacije dostavlja u brodograđevni proizvodni proces znatno ranije nego što je cjelokupna tehnička dokumentacija dovršena [30]. Preklapanje radova jest nužno, međutim viša razina preklapanja radova u fazi projektiranja pri izradi projektne, funkcionalne i radioničke tehničke dokumentacije te između faza izrade tehničke dokumentacije i proizvodnog procesa gradnje broda ne mora nužno dovesti i do skraćivanja trajanja gradnje broda jer se time povećava vjerojatnost nastanka grešaka i dodatnih troškova vezanih uz popravke i preinake prouzročenih preranom distribucijom tehničke dokumentacije u proizvodni proces gradnje broda [47, 62, 63]. Prerano distribuirani nacrt nije detaljno provjeren i usklađen s međusobno povezanim nacrtima koji još nisu dovršeni do trenutka njegove distribucije te je, kako projekt napreduje, podložan izmjenama zbog grešaka i nedostataka. Greške se tehničke dokumentacije rješavaju izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, što za sobom nosi neželjene troškove popravaka i preinaka [34]. S druge strane, dulja izrada tehničke dokumentacije daje dovoljno vremena da se izvrši detaljnija analiza, kontrola i usklađivanje nacrta, čime se povećava njihova razina kvalitete, sadržaj informacija i točnost. Time se umanjuje utjecaj grešaka tehničke dokumentacije na proizvodni proces gradnje broda, ali se on produžuje zbog kasnijega započinjanja radova [65].

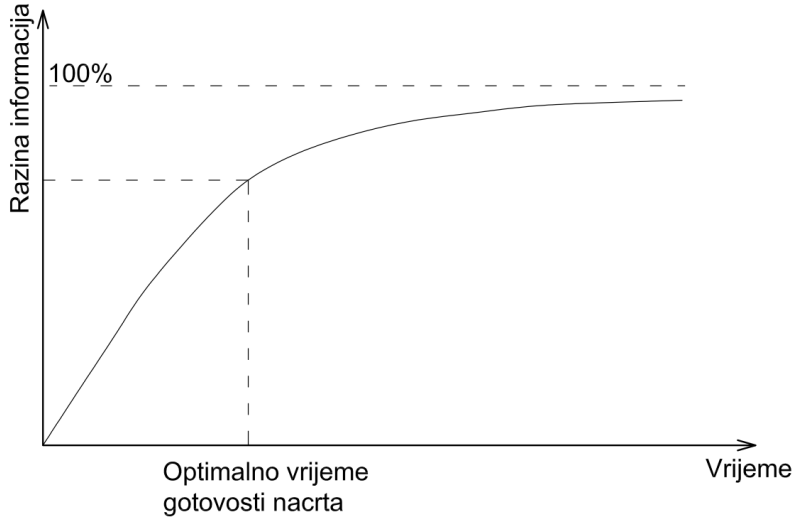
Tehnička dokumentacija dijeli se na ugovornu, projektnu, funkcionalnu i radioničku tehničku dokumentaciju. Ugovorna tehnička dokumentacija izrađuje se u fazi ugovaranja broda i služi za pregovore između brodogradilišta i brodovlasnika oko utvrđivanja glavnih značajaka broda i podloga je za kalkulaciju cijene broda te definiranje strategije i rokova njegove gradnje. Nakon potpisivanja ugovora o gradnji broda, ugovorna tehnička dokumentacija postaje projektna tehnička dokumentacija. Funkcionalnom tehničkom dokumentacijom definiraju se

brodski sustavi prema funkcijama na brodu. Ona se dijeli na klasifikacijsku i sistemsku tehničku dokumentaciju. Klasifikacijskom tehničkom dokumentacijom definiraju se brodski sustavi koje odobrava klasifikacijsko društvo i brodovlasnik, dok su sistemskom tehničkom dokumentacijom obuhvaćeni nacrti koje odobrava samo brodovlasnik. Nacrti su prikazani shematski i služe za izradu radioničke tehničke dokumentacije, kontrolu i ispitivanje brodskih sustava tijekom gradnje broda te kao primopredajna dokumentacija pri isporuci broda. Radioničkom tehničkom dokumentacijom definiraju se radionički nacrti za izradu i montažu elemenata brodskog trupa i opreme. Služi izravno za proizvodni proces gradnje broda. Detaljniji opis i namjena tehničke dokumentacije prikazani su u poglavlju 3.1.

Brodogradilišta se susreću s problemom utvrđivanja troška izrade tehničke dokumentacije u odnosu na razinu informacija kojom ona doprinosi brodograđevnom procesu, odnosno koliko njezina razina po obimu i kvaliteti osigurava gradnju broda u zadanim rokovima i planiranim troškovima, bez značajnijih poremećaja [18, 26]. Na slici 1.1 prikazana je ovisnost troškova gradnje broda u odnosu na razinu i pouzdanost informacija koju tehnička dokumentacija sadrži u određenom vremenu njezine izrade. Pouzdanost tehničke dokumentacije izravno zavisi o razini informacija koju ona sadrži. Što je viša razina informacija sadržana tehničkom dokumentacijom, to je njezina pouzdanost veća i zato ima manji utjecaj na poremećaje i dodatne radove tijekom proizvodnog procesa gradnje broda, ali se time znatno produžuje i poskupljuje njezina izrada. Tehnička dokumentacija s niskim sadržajem i razinom informacija može se izraditi u relativno kratkim rokovima i s niskim troškovima, ali se, s druge strane, time usporava proizvodni proces gradnje broda jer se manjkavosti i nedostaci rješavaju u kasnijim fazama njegove gradnje, što rezultira naknadnim preinakama, zastoju u proizvodnom procesu zbog čekanja na rješenje problema, donošenje parcijalnih odluka na mjestu gradnje ne sagledavajući utjecaj na funkcionalnost ostalih brodskih sustava, čime se povećavaju troškovi proizvodnog procesa gradnje broda. S druge strane inzistiranje na informacijama i sadržaju tehničke dokumentacije koji ne doprinosi stvaranju nove vrijednosti, poskupljuje i produžuje vrijeme njezine izrade a ne povećava značajno razinu njezine kvalitete. To za posljedicu ima kašnjenje izvođenja pojedinih aktivnosti u proizvodnom procesu gradnje broda zbog kasnijeg započinjanja radova, s utjecajem na povećanje troškova i rokova gradnje broda [27, 52].



Slika 1.1 Zavisnost razine informacija sadržanih tehničkom dokumentacijom u odnosu na njezinu pouzdanost



Slika 1.2 Odnos razine informacija sadržanih nacrtom, ovisno o trajanju njegove izrade

Razina informacija koja se ugrađuje u nacrt ne raste linearno s vremenom njegove izrade (slika 1.2), već ima svoju eksponencijalnu vrijednost koja u početnoj fazi izrade nacrta ima tendenciju brzog rasta, koji je to brži što ima više informacija na raspolaganju u vremenu potrebnom za izradu nacrta [49, 61]. Vremenom se razina raspoloživih informacije smanjuje i za ugradnju u nacrt ostaju uglavnom informacije koje su nepotpune, sporne ili neriješene. Da bi se one uspjele ugraditi u nacrt, potrebno je osigurati dodatno vrijeme za njihovo prikupljanje, obradu i usklađivanje. Što je više neobrađenih informacija, to je i duže vrijeme izrade nacrta te je potrebno procijeniti vrijeme kada nacrt sadrži dovoljnu razinu informacija da se može distribuirati u proizvodni proces gradnje broda, a da pri tome značajno ne utječe na poremećaje i dodatne radove. Niža razina informacija sadržanih nacrtom omogućuje

njegovu kraću izradu i raniju distribuciju u proizvodni proces gradnje broda, ali se time on poskupljuje i produžuje jer se nedostajuće informacije rješavaju izravno tijekom proizvodnog procesa gradnje broda uz veću vjerojatnost nastanka poremećaja i dodatnih radova. Nadalje, razina informacija sadržanih nacrtom i obim izrade tehničke dokumentacije značajno ovisi o tehnološkoj razini brodogradilišta, vrsti i složenosti broda koji se gradi, cijeni rada izrade tehničke dokumentacije u odnosu na cijenu rada proizvodnog procesa gradnje broda te zahtijevanim rokovima gradnje broda.

Teoretski je moguće ugraditi 100 % informacija iz funkcionalne tehničke dokumentacije u radioničku tehničku dokumentaciju, ali je to praktički neprimjenjivo jer bi se tada troškovi i trajanje izrade radioničke tehničke dokumentacije značajno povećali i ne bi doprinijeli konačnom cilju gradnje broda u zadanim troškovima i rokovima. Prema slikama 1.1 i 1.2, optimalno vrijeme distribuiranja nacrta u narednu fazu brodograđevnog procesa je vrijeme kada se značajnije počinje smanjivati raspoloživa razina informacija i troškovi izrade nacrta počinju značajnije rasti u odnosu na razinu informacija koja se u njega ugrađuje, a da se istodobno osigura zadovoljavajuća pouzdanost nacrta s kojim se može ostvariti proizvodni proces gradnje broda s razinom dodatnih radova u granicama budžeta predviđenog za gradnju broda.

Na ugovorenu cijenu broda značajno utječe svjetsko tržište potreba za brodovima, tako da se cijena broda s kojom brodogradilište ugovara brod kreće u okvirima cijene koja trenutno vlada na tržištu. U nju se moraju uklopiti i brodogradilišta s niskom i visokom tehnološkom razinom [2]. Brodogradilište sa značajnije višom cijenom rada izrade tehničke dokumentacije, u odnosu na proizvodni proces gradnje broda, u pravilu ima nižu razinu informacija sadržanu tehničkom dokumentacijom pa unatoč značajnije većem obimu radova u proizvodnom procesu gradnje broda, ukupni troškovi gradnje broda se nalaze unutar ugovorene cijene broda. S druge strane, brodogradilišta s visokom cijenom rada proizvodnog procesa gradnje broda težit će višoj razini informacija sadržanih tehničkom dokumentacijom i njezinu detaljiziranost. Takvim pristupom moći će se unaprijed pripremiti proizvodni proces gradnje broda uz široku primjenu predopremanja i time skratiti njegovo trajanje, tako da se i uz povećanje troškova i trajanja izrade tehničke dokumentacije gradnja broda odvija u okvirima ugovorene cijene broda. Predmet je ove doktorske disertacije istražiti utjecaj razine i pouzdanosti informacija sadržanih tehničkom dokumentacijom koje one imaju na troškove i rokove njezine izrade, a u odnosu na troškove i rokove proizvodnog procesa gradnje broda

sagledanog kroz povećanje ili smanjenje obima radova nastalih kao posljedicu upotrebe tehničke dokumentacije s nižom ili višom razinom i pouzdanosti informacija.

Svrha je istraživanja stjecanje znanja i vještina za utvrđivanje razine međusobne zavisnosti nacrta te utjecaja na plan i redoslijed njihove izrade, a na temelju poznavanja sadržaja nacrta i trajanja njegove izrade. Time će se osigurati izrada plana tehničke dokumentacije s redoslijedom i razinom preklapanja izrade nacrta u skladu sa zahtijevanim tokom informacija potrebnih za izradu međusobno zavisnih nacrta, što će rezultirati višom razinom pouzdanosti i kvalitete nacrta. Također, svrha je istraživanja smanjiti utjecaj nepouzdanih, nepotpunih i nepoznatih informacija sadržanih nacrtom na poremećaje i nastanak dodatnih radova u proizvodnom procesu gradnje broda i time smanjiti troškove i rokove njegove gradnje. U vezi se s tim nameće i svrha istraživanja utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, ovisno o vrsti broda koji se gradi, tehnološkoj razini brodogradilišta, cijeni rada i rokovima gradnje broda.

Postojeći pristup planiranja izrade tehničke dokumentacije teži zadovoljenju njezine izrade u skladu s planiranim rokovima gradnje broda [55]. Pri tome je cilj dovršiti nacrt u zadanom vremenu, a da se kritički ne utvrdi jesu li zadovoljeni svi uvjeti da se nacrt može dovršiti s potpunim i pouzdanim informacijama. Također, u dovoljnoj se mjeri ne sagledava obim i sadržaj informacija uključenih u nacrte koji se planiraju izrađivati za potrebe proizvodnog procesa gradnje broda, kao ni razina pouzdanost informacija s kojom su nacrti napravljeni te njihov utjecaj na troškove i rokove gradnje broda. Na temelju empirijske metode, metode promatranja i intervjuiranja, te utvrđenih nedostataka postojećega pristupa planiranju, izradi i upotrebi tehničke dokumentacije u procesu gradnje broda, definirani su ciljevi istraživanja:

- razvijanje metoda, tehnika i alata za utvrđivanje nepouzdanosti nacrta s kojim on djeluje na proizvodni proces gradnje broda
- razvijanje alata za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta utjecaja na smanjenje dodatnih radova i troškova u procesu gradnje broda
- razvijanje alata za optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije kojim bi se osigurala pravovremena izrada i dovršenost nacrta za potrebe izrade zavisnih nacrta i odvijanje proizvodnog procesa gradnje broda
- utvrđivanje utjecaja redoslijeda i razine preklapanja izrade međusobno zavisnih nacrta na njihovu pouzdanost s kojom ulaze u proizvodni proces gradnje broda

- utvrđivanje smjernica za planiranje redoslijeda izrade međusobno zavisnih nacrta kojima će se osigurati izrada nacrta s potpunim i pouzdanim informacijama
- utvrđivanje kriterija za vrednovanje tehnološke razine brodogradilišta
- identificiranje kriterija i parametara za utvrđivanje optimalne razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u određenom brodogradilištu.

1.2 Znanstvena hipoteza i metodologija rješenja

Iz postavljenih ciljeva istraživanja proizašlih iz utvrđenih nedostataka postojećih pristupa planiranju izrade tehničke dokumentacije slijedi hipoteza istraživanja. Hipotezom se pretpostavlja kako nije dovoljno planiranje izrade tehničke dokumentacije temeljiti samo na vremenu i rokovima njezine izrade nego treba uzimati u razmatranje i međusobnu zavisnost nacrta s informacijama koje oni sadrže i s kojima se omogućuje izrada i završetak međusobno zavisnih nacrta s potpunim i pouzdanim informacijama. Time se osigurava veća pouzdanost nacrta s kojim oni ulaze u proizvodni proces gradnje broda i smanjuje utjecaj na poremećaje i dodatne radove. Pri tome se razmatra razina preklapanja izrade tehničke dokumentacije kao nužan pristup kraćem trajanju gradnje broda, s redoslijedom izrade međusobno zavisnih nacrta kojim će biti osigurane potpune i pouzdane informacije za njihovu izradu i završetak.

Kako je to objašnjeno u prethodnom poglavlju, funkcionalna tehnička dokumentacija sastoji se iz klasifikacijske i sistemske dokumentacije te, između ostalog, služi za izradu radioničke tehničke dokumentacije. Informacije iz funkcionalne tehničke dokumentacije izravno se ugrađuju u radioničku tehničku dokumentaciju i preko nje se koriste u proizvodnom procesu gradnje broda. Međutim, određeni dio informacija iz funkcionalne tehničke dokumentacije ne ugrađuje se u radioničku tehničku dokumentaciju, već se izravno upotrebljava u proizvodnom procesu gradnje broda. Ta razina informacija ovisi o tehnološkoj razini brodogradilišta, cijeni rada izrade tehničke dokumentacije u odnosu na cijenu rada proizvodnog procesa gradnje broda, vrsti i složenosti broda koji se gradi te zahtijevanim rokovima gradnje broda. Njezinim većim udjelom smanjuje se obim izrade radioničke tehničke dokumentacije i time njezini troškovi i rokovi izrade, ali se povećava obim radova u proizvodnom procesu gradnje broda jer se informacije koje nisu predviđene radioničkom tehničkom dokumentacijom tada rješavaju izravno na mjestu gradnje, što onda povećava trajanje i troškove samog proizvodnog procesa gradnje broda. S druge strane, veća razina informacija iz funkcionalne tehničke

dokumentacije uključenih u radioničku tehničku dokumentaciju povećava obim i sadržaj njezine izrade, što izravno utječe na troškove i trajanje procesa izrade tehničke dokumentacije, ali se smanjuje udio izravnog rada na brodu jer su informacije već unaprijed pripremljene na temelju radioničke tehničke dokumentacije. Međutim, kako se izrada funkcionalne i radioničke tehničke dokumentacije međusobno preklapaju, radionički nacrt je podložan promjenama zbog nepouzdanosti informacija iz funkcionalne tehničke dokumentacije s kojom je on napravljen [5]. Ta je nepouzdanost veća što je viša razina preklapanja njihove izrade. Upotreba funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda ne nosi nužno negativan utjecaj na gradnju broda, sve dok količina rada ostvarena upotrebom funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda i njezin utjecaj na troškove ili rokove gradnje broda ne premašuje utjecaj uključivanja u radioničku tehničku dokumentaciju iste razine informacija potrebnih za ostvarenje iste količine rada.

Opravdanost postavljene hipoteze istražit će se uporabom niza znanstvenih metoda. Za utvrđivanje i vrednovanje kriterija tehnološke razine brodogradilišta koristit će se AHP metoda, empirijska metoda, metoda promatranja i metoda intervjuiranja. Za optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije koristit će se matematičke metode, poput teorije vjerojatnosti i linearne algebre, metoda mjerenja, analiza osjetljivosti, teorija sustava i eksperimentalna metoda. Za analizu utjecaja funkcionalne tehničke dokumentacije koja se izravno upotrebljava u proizvodnom procesu gradnje broda, koristit će se analiza osjetljivosti, empirijska metoda, eksperimentalna metoda, metoda mjerenja i metoda klasifikacije.

U planu je osnivanje računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije čija bi svrha bila izračunavanje pouzdanosti nacrta s kojim on ulazi u proizvodni proces gradnje broda. Pouzdanost nacrta definira se razinom njegove potpunosti i odobrenosti klasifikacijskog društva i brodovlasnika u promatranom vremenu. Promatrano vrijeme je vrijeme u kojem su informacije iz nacrta potrebne za izradu i završetak međusobno zavisnih nacrta. Pri tome se nacrt promatra kao nacrt prethodnik ili sljedbenik promatranom nacrtu. Svaki nacrt u toj vezi djeluje na izradu onoga drugog, ovisno o njihovoj srodnosti i razini informacija s kojima međusobno zavisni nacrti promatranog nacrta utječu na njegovu izradu, što se definira matricom zavisnosti nacrta i težinskim faktorom međuzavisnosti nacrta. Matricom zavisnosti nacrta utvrđuju se međusobne veze između zavisnih nacrta, dok se težinskim faktorom međuzavisnosti nacrta utvrđuje njihova razina zavisnosti [37]. Primjenom

pravila zbroja, pravila umnoška i Bayesova pravila iz teorije vjerojatnosti provodi se izračun pouzdanosti nacrta, uzimajući u obzir međusobne veze i težinske faktore međuzavisnosti nacrta. Opisanom metodologijom izračunat će se nepouzdanost svakog nacrta iz popisa nacrta. Time će se omogućiti vrednovanje donesenog plana izrade tehničke dokumentacije s razine nepouzdanosti nacrta s kojom oni ulaze u proizvodni proces gradnje broda. Također će se vrednovati različite varijante razina preklapanja i redoslijeda izrade tehničke dokumentacije tako što će se simulirati različite razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije s različitim težinskim faktorima međuzavisnosti nacrta i za svaku će se simulacijsku varijantu izračunati razina nepouzdanosti nacrta s kojom oni djeluju na proizvodni proces gradnje broda, a na temelju čega će se analizom rezultata predložiti smjernice za optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije. Optimizirani plan izrade tehničke dokumentacije izrađuje se primjenom razvijenog računalnog alata kojim se, uz primjenu matrice zavisnosti nacrta, prepoznaju nacrti prethodnici čija je dovršenost planirana kasnije od dovršenosti promatranog nacrta i sugerira njihov raniji završetak. Time se osigurava izrada promatranog nacrta s potpunim informacijama međusobno zavisnih nacrta prethodnika jer će tada oni biti završeni prije roka dovršenosti promatranog nacrta.

Nadalje, istražit će se utjecaj upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda i njezin utjecaj na troškove i trajanje gradnje broda, ovisno o cijeni rada i troškovima izrade tehničke dokumentacije, a u odnosu na cijenu rada i troškove proizvodnog procesa gradnje broda. Predložit će se prihvatljiva strategija izrade tehničke dokumentacije koja će biti primjenjiva za određeno brodogradilište u domeni zadovoljenja troškova, rokova i kvalitete gradnje broda. Također će se osnovati alat za utvrđivanje optimalne razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda. Promatrat će se utjecaj povećanja ili smanjenja upotrebe iste, u odnosu na razinu iz uobičajene brodograđevne prakse promatranog brodogradilišta.

Provjera metodologije i rezultata istraživanja izvršit će se na dvama vrstama brodogradilišta. Jedno s koncepcijom gradnje broda bez vlastitog projektnog tima, s potpunom primjenom vanjskih kooperantskih tvrtki (engl. *subcontractors*) u gradnji broda i funkcionalno-zonskom koncepcijom gradnje broda, a drugo s vlastitim projektnim timom, vlastitim resursima za gradnju broda i zonskoj koncepciji gradnje broda. Za oba tipa brodogradilišta napravit će se komparativna analiza primijenjenih strategija gradnje broda i izrade tehničke dokumentacije, ostvarenja rokova gradnje broda i poremećaja u gradnji gledano kroz broj izmjena nacrta, a na

temelju koje će se s dovoljnom točnošću procijeniti trend utjecaja zastupljenosti radioničke tehničke dokumentacije na troškove i rokove gradnje broda i dokazati da razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda izravno ovisi o cijeni rada i tehnološkoj razini brodogradilišta. Posebno će se izraditi komparativna analiza ostvarenih planova izrade tehničke dokumentacije za oba promatrana brodogradilišta te onih optimiziranih koji će biti napravljeni primjenom razvijenog računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije. Na temelju dobivenih rezultata valorizirat će se primjena predloženog pristupa planiranja izrade tehničke dokumentacije.

1.3 Očekivani znanstveni doprinos i primjena rezultata istraživanja

Očekivani znanstveni doprinos istraživanja očituje se u razvoju novog pristupa u planiranju izrade tehničke dokumentacije kojim bi se uz rok dovršenosti nacrta identificirala i njegova razina nepouzdanosti s kojom oni utječu na poremećaje u proizvodnom procesu gradnje broda. Za te potrebe razvijeni su novi algoritmi integrirani u računalni alat za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije, kojim se na temelju redoslijeda i razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije izračunava nepouzdanost međusobno zavisnih nacrta i sugerira promjena plana izrade onih nacrta koji ne osiguravaju potpun i pouzdan prijenos informacija u proizvodnom procesu gradnje broda. Predloženim pristupom omogućit će se optimizacija plana izrade tehničke dokumentacije uz povećanje razine njezine pouzdanosti, čime će se proizvodni proces gradnje broda učiniti učinkovitijim te će se smanjiti troškovi i rokovi gradnje broda.

Nadalje, doprinos se očituje u identifikaciji gubitaka ili ušteda budžeta i radnih sati uslijed razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda određenog brodogradilišta u većem ili manjem obimu nego što je to predviđeno kalkulacijom i strategijom gradnje broda utvrđenoj tijekom procesa ugovaranja broda. Osnovan je algoritam za izradu krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda, kojim se vrednuje strategija gradnje broda u određenom brodogradilištu na temelju razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, ovisno o cijeni rada i tehnološkoj razini brodogradilišta.

Implementacijom razvijenog pristupa i računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije očekuje se kvalitetnija procjena troškova, trajanja i strategije gradnje broda već tijekom procesa njegova ugovaranja. Također se očekuje optimizacija planiranja izrade tehničke dokumentacije na način kojim će se osigurati redoslijed izrade međusobno zavisnih nacrta u vremenu koje je potrebno da informacije iz zavisnih nacrta promatranog nacrta budu dostupne i implementirane u njegovu izradu. Time će se omogućiti podizanje razine pouzdanosti nacrta s kojim oni ulaze u proizvodni proces gradnje broda i smanjiti njezin utjecaj na poremećaje i dodatne radove. Također će se moći identificirati utjecaj neostvarenja planske dovršenosti međusobno zavisnih nacrta na poremećaje u proizvodnom procesu gradnje broda, što će biti učinkovit alat rukovodnom osoblju u pripremi i praćenju procesa njegove gradnje.

1.4 Struktura doktorske disertacije

Doktorska disertacija strukturirana je u devet međusobno povezanih poglavlja.

U prvom je poglavlju predstavljen predmet istraživanja, postavljeni su ciljevi istraživanja i znanstvena hipoteza, navedene su metodologije rješavanja problema, očekivani znanstveni doprinos te je prikazana struktura doktorske disertacije.

U drugom je poglavlju prikazano stanje znanja i dan je pregled postojećih istraživanja, s detaljnim osvrtom na značajke te posebno na nedostatke postojećih istraživanja.

U trećem su poglavlju identificirani kriteriji za vrednovanje tehnološke razine brodogradilišta i izvedeno je njihovo ocjenjivanje, a čiji će rezultati biti korišteni u primjeni algoritma za izradu krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda, opisanog u poglavlju 5.2. Dan je kratak osvrt na osnovni proces gradnje broda, a zatim su identificirani kriteriji za vrednovanje tehnološke razine proizvodnog procesa gradnje broda sagledani kroz vrednovanje tehnološke razine radionica za izradu i montažu brodskog trupa i opreme, kriteriji za utvrđivanje faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda, kriteriji za vrednovanje razine opremanja broda prema tehnološkim fazama opremanja te kriteriji za vrednovanje utjecaja izmjena i dopuna tehničke dokumentacije na proizvodni proces gradnje broda, uz definiranje razine ocjena pojedinih kriterija.

U četvrtom je poglavlju definiran optimizacijski model planiranja izrade tehničke dokumentacije s gledišta pouzdanosti nacrta te pripadajući algoritam za izračunavanje nepouzdanosti nacrta na temelju kojega je napravljen programski kôd razvijenog računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije. Izračunate su nepouzdanosti nacrta za više karakterističnih slučajeva razina preklapanja izrade tehničke dokumentacije i razine međuzavisnosti nacrta, na temelju kojih su predložene osnovne smjernice za optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije u pogledu povećanja pouzdanosti nacrta i smanjenja vjerojatnosti nastanka dodatnih radova tijekom proizvodnog procesa gradnje broda.

U petom je poglavlju definiran algoritam za izradu krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda, na temelju kojih je moguć odabir povoljne strategije gradnje broda temeljen na razini upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u razini različitoj od one utvrđene strategijom gradnje broda kod procesa njegova ugovaranja, a koja se za promatrano brodogradilište postavlja kao referentna točka od koje se mjere odstupanja troškova i trajanja gradnje broda. Variranjem različitih faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda i relativne cijene rada s razinom upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, dobivene su krivulje odstupanja troškova i trajanja gradnje broda u odnosu na vrijednost utvrđenu referentnom točkom. Analizom dobivenih krivulja dani su relevantni zaključci o trendu gubitaka ili ušteda budžeta i radnih sati na temelju razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda.

U šestom je poglavlju opisan algoritam za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta nepouzdanosti nacrta i razine preklapanja njihove izrade. Definiran je način izračunavanja očekivanih gubitaka ili ušteda budžeta i radnih sati, nastao kao posljedica nepouzdanosti nacrta s kojom oni ulaze u proizvodni proces gradnje broda i razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda. Variranjem različitih vremena preklapanja izrade nacrta pojedinih skupina tehničke dokumentacije izračunata je za svaku promatranu varijantu nepouzdanost nacrta i nepouzdanost sustava isplaniranih nacrta kao cjeline, na osnovu čijih rezultata je uočen trend ponašanja nepouzdanosti nacrta u ovisnosti o razini preklapanja njihove izrade s međusobno

zavisnim nacrtima i donesene su adekvatne smjernice za optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije s gledišta nepouzdanosti nacrta i razine preklapanja njihove izrade.

U sedmom je poglavlju prikazana integracija četiriju algoritama opisanih u poglavljima četiri, pet i šest u module računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije, a uz pomoću dijagrama toka opisan je način rada, svrha i primjena osnovanog računalnog alata. Izračunata je i analizirana nepouzdanost nacrta, gubitak/ušteda budžeta i radnih sati u gradnji broda za više slučajeva razina preklapanja izrade tehničke dokumentacije i razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, na osnovu čijih rezultata su dokazane preporuke i smjernice za optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije s gledišta utjecaja na gubitke/uštede budžeta i radnih sati zbog nepouzdanosti nacrta i razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda opisanih u poglavljima četiri, pet i šest.

U osmom je poglavlju provedeno vrednovanje rezultata u dvama stvarnim brodogradilištima, jednom hrvatskom te drugom s Dalekog istoka na dvama tankerima, jednog za prijevoz bitumena i drugog za prijevoz nafte. Prikazane su specifičnosti i razlike u organizacijskom i tehnološkom pristupu gradnje brodova u promatranim brodogradilištima te su, na osnovi izračunatih nepouzdanosti nacrta i razine upotrebe funkcionalne dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, valorizirani stvarno ostvareni i optimizirani planovi izrade tehničke dokumentacije, na osnovu kojih se dokazala opravdanost primjene predloženog pristupa optimizacije planiranja izrade tehničke dokumentacije.

U devetom, zaključnom poglavlju dana je ocjena postignutosti cilja, predstavljene su mogućnosti primjene računalnog alata i predloženog pristupa planiranju izrade tehničke dokumentacije za potrebe proizvodnog procesa gradnje broda, koja će osim vremenske varijable, uključivati i varijablu nepouzdanosti nacrta te su predložene mogućnosti nastavka istraživanja.

Osim navedenih poglavlja doktorska disertacija sadrži popis literature, popise znakova i kratica, kao i popis slika i tablica.

Na kraju doktorske disertacije nalazi se prilog:

Prilog 1. Izvod programskog kôda računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije. Osnovao ga je autor za potrebe istraživanja i obrade teme doktorske disertacije.

2 PREGLED STANJA ZNANJA I POSTOJEĆIH ISTRAŽIVANJA

2.1 Alati i tehnike planiranja

Problemi planiranja, upravljanja i optimalnog iskorištenja raspoloživih snaga i sredstava pri realizaciji određenih pothvata zaslužuju posebnu pažnju jer se u njima traže izvori racionalnog poslovanja. Sve više dolazi do izražaja potreba za primjenom metoda, tehnika i alata s pomoću kojih će se moći znanstveno obrazložiti svaki složeniji plan istraživanja i njegove realizacije u realnom sektoru. Stoga su razvijene metode planiranja koje se najčešće nazivaju jednim imenom – tehnika mrežnog planiranja (TMP). One se zasnivaju na primjeni moderne algebre teorije grafova i matematičke statistike. Osnovna prednost ovih metoda, u odnosu na klasične, je u tome što omogućuju strogo razdvajanje analize strukture od analize vremena, pri čemu se pod analizom strukture podrazumijeva uspostavljanje logičkog redoslijeda i međusobnih zavisnosti pojedinih aktivnosti koje treba izvršiti u okviru određenog projekta ili bilo kakve realizacije [11]. Ovo razdvajanje analize strukture od analize vremena omogućilo je primjenu računalne tehnike kod proračuna vremena početka i završetka pojedinih aktivnosti, vremenskih zazora, vjerojatnosti i kritičnog puta realizacije određenog projekta. To ima posebno značenje jer su takvi proračuni pomoću računala svedeni na rutine što omogućuje rasterećenje određenih službi od obimnih poslova koji imaju šablonsko ponavljanje kod bilo kakve naknadne korekcije plana [48].

Tehnika mrežnog planiranja i upravljanja upotrebljava algoritme s pomoću kojih se može tražiti optimalno ili njemu blisko rješenje, prognozirati vjerojatnost realizacije pojedinih dijelova projekta i cjeline. Ona osigurava znatno poboljšanje kvalitete planiranja tražeći logičke veze pojedinih aktivnosti pri realizaciji plana, što osigurava njegovo postavljanje na realnu osnovu. Posebno treba istaknuti kako metode mrežnog planiranja i upravljanja pružaju mogućnost precizne procjene troškova i omogućuju rukovodstvu da koncentrira pažnju na kritične aktivnosti i da u vezi s tim ostvaruje ideje upravljanja čiji je ishod skraćenje rokova i smanjenje troškova realizacije. Osim toga, one omogućuju neprekidno praćenje utjecaja pomicanja rokova izvršenja pojedinih aktivnosti na pomicanje rokova cijelog projekta, pri čemu se može izvesti analiza ekonomskih posljedica koje izaziva takvo pomicanje [50].

Tehnika mrežnog planiranja zasniva se na dvjema osnovnim metodama – CPM-u i PERT-u.

Osnovna razlika između tih dviju metoda je u tome što PERT uzima u obzir nesigurnost u procjeni vremena te se proračunava vjerojatnost zbivanja pojedinih ključnih događaja unutar plana, dok CPM odbacuje problematiku vjerojatnosti i uvodi u proračun stvarno trajanje pojedine tehnološke faze rada.

Metoda CPM došla je naročito do izražaja u planiranju projekata kod kojih se potrebno vrijeme za izvršenje pojedinih aktivnosti moglo normirati i precizno odrediti. Kod analize vremena i rokova izvršenja pojedinih faza i projekata u cjelini ova metoda barata samo jednim vremenom, što nije slučaj s metodom PERT [42].

Metoda PERT, kao druga osnovna metoda za analizu vremena i određivanje kritičnog puta, ima posebno značenje, naročito za planiranje istraživačkih radova ili radova koji, osim rutinskog, imaju i istraživački karakter, gdje je otežano normiranje vremena za trajanje pojedinih aktivnosti jer ova vremena imaju više karakter slučajnih nego normiranih veličina. Otuda PERT kao metoda omogućuje da se računa i planira s određenim elementima stohastičnosti. [42].

Od računalnih alata koji se koriste tehnikom mrežnog planiranja i služe za podršku u planiranju, u brodogradnji se najviše koriste programski paketi AVEVA Planing i MS Project. AVEVA [68, 70] je računalna aplikacija za podršku planiranja razvijena u Cambridgeu, Ujedinjeno Kraljevstvo, a razvio ju je Computer-Aided Centre, ili skraćeno CADCentre, koji je utemeljilo Ministarstvo tehnologije UK-a s ciljem razvoja računalom potpomognutih tehnika projektiranja. Predstavlja učinkovit alat za definiranje i optimizaciju strategije gradnje broda, donošenja potrebnih strateških odluka, uz mogućnost planiranja materijala, tehničke dokumentacije i proizvodnog procesa gradnje broda, čime se osigurava značajno reduciranje troškova i trajanja gradnje broda. MS Project [26, 69] je računalna aplikacija za upravljanje projektima koji je razvila tvrtka Microsoft Corporation. Aplikacija je napravljena kao pomoć rukovodnim kadrovima u razvijanju plana, utvrđivanja kritičnog puta, praćenja napredovanja projekta, upravljanja budžetom i analiziranja radnog opterećenja i upotrebljava se u svim granama industrije, pa tako i u brodogradnji.

2.2 Pregled postojećih pristupa u upravljanju rizicima pri planiranju i projektiranju procesa gradnje broda

Kašnjenje isporuke broda u brodogradilištima česta je pojava. Austang i ostali [6] zaključili su da je za uspješnost gradnje broda, osim dobrog upravljanja proizvodnim procesima gradnje broda, potrebno i dobro procijeniti trajanje procesa te znati prepoznati potencijalne izvore poremećaja i nepouzdanosti. Arena i ostali [3] u svome istraživanju za potrebe Ministarstva obrane Ujedinjenog Kraljevstva analizirali su uzroke kašnjenja isporuke broda u više brodogradilišta i došli do zaključka kako je 46 % kašnjenja uzrokovano kašnjenjem i izmjenama tehničke dokumentacije, 23 % kašnjenja uzrokovano je manjkavošću informacija u tehničkoj dokumentaciji, 9 % kašnjenja uzrokovan je vremenskim nepogodama i neočekivanim zastojima radnih strojeva, alata i naprava, 8 % kašnjenja uzrokovano je nedostatkom potrebnog materijala, 8 % kašnjenja uzrokovano je proizvodnim procesom, a 6 % kašnjenja uzrokovano je ostalim nepredvidivim uzrocima. Nadalje, praćenjem mjesta nastale izmjene na proizvodu zaključili su da je 58 % izmjena izvršeno na dokumentaciji, 12 % izmjena tijekom gradnje sekcija brodskog trupa, 10 % izmjena tijekom montaže sekcija brodskog trupa, 18 % izmjena u procesu opremanja broda i 5 % izmjena tijekom kontrole i ispitivanja brodskih sustava. Iz rezultata navedenog istraživanja jasno se može zaključiti kako nepouzdanost tehničke dokumentacije najvećim dijelom utječe na kašnjenje isporuke broda, a njezina nepouzdanost se mjeri brojem izmjena nacrta. To je razlog da se planiranju izrade tehničke dokumentacije pristupi, osim s gledišta dovršenosti nacrta u vremenu potrebnom za dinamiku gradnje broda, i s gledišta utjecaja pouzdanosti informacija sadržanih nacrtom na proizvodni proces gradnje broda.

Jørgensen [33], Austeng [6] i Lichtenberg [41] smatraju kako stohastička metoda planiranja najviše daje obećavajući rezultat u procjeni trajanja procesa. Elmaghraby [20], Jørgensen [33] smatraju kako je deterministička metoda planiranju preoptimistična u procjenama trajanja procesa, dok Jørgensen [33] smatra kako dinamička stohastička metoda planiranju zahtijeva previše podataka da bi komercijalno bila primjenjiva iako je ona najtočnija. Austeng i ostali [7] i Vose [66] smatraju kako se metoda Monte Carlo planiranja čini prilično obećavajuća u procjeni trajanja projekta u domeni stohastičkih simulacija. Ipak, potreba za osiguranjem pouzdanih ulaznih podataka čini ovu metodu prilično upitnom u praktičnoj primjeni. Prema Lichtenbergu [41], ona zahtijeva ulazne podatke koji su za korisnika nerazumljivi i izvan njegove kontrole. Nadalje, Austeng [6] i Lichtenberg [41] smatraju kako je Bayesova metoda

procjene trajanja projekta obećavajuća jer se može izvesti i s malom količinom ulaznih podataka, ali se je sklono mišljenju kako su njezinom primjenom neizbježne subjektivne pogreške u procjenama.

Mierzwicki i Brown [45] traže optimalni odnos između učinkovitosti, troškova i rizika te na sustavu od više različitih alternativa tehnoloških koncepcija i projekata traže onaj s maksimalnom učinkovitošću za dane troškove i razinu rizika. Nepouzdanost povezana s procesom projektiranja te definiranje i odabir specifične projektne alternative ima značajan utjecaj na izvedbu projekta, njegove troškove i utjecaj na rokove. Nepouzdanost, ona naslijeđena, statistička i modelirana te nepouzdanost zbog ljudske pogreške, razmatra se u fazi projektiranja te se uz računalnu podršku izrađuju analize procjene razine rizika.

Brown i Thomas [14] na problem nepouzdanosti projekta gledaju sa stajališta sustavnog pristupa u fazi ugovaranja broda. Učinkovitost, troškovi i utjecaj rizika na proizvodni proces su različiti atributi i zahtijevaju različite jedinice za njihovo mjerenje te se ne mogu zajedno razmatrati i spojiti u jedan zajednički atribut. Moraju biti razmatrani samostalno, ali istodobno prikazani u prikladnom formatu razumljivom za upravljački kadar u donošenju odluka. Učinkovitost i rizik su pojmovi koji su teški za mjerenje u kvantitativnom obliku jer su u znatnoj razini ovisni o subjektivnoj procjeni ocjenjivača. Učinkovitost više koncepata može biti analizirana primjenom teorije ratnih igara i drugih sličnih modela, ali takav pristup nije praktičan kada se razvija veliki broj različitih koncepata. Autori predstavljaju metodologiju za mjerenje indeksa učinkovitosti skraćeno nazvanog OMOE indeks (engl. *Overall Measure of Effectiveness index*), koji upotrebljava ekspertna mišljenja u sintezi različitih podataka dobivenih od više izvora.

Mierwicki [46] prepoznaje grešku kao raskorak između stvarne i zahtijevane izvedbe, prekoračenog budžeta i kasne isporuke. Rizik se definira i mjeri kao umnožak vjerojatnosti pojava greške i posljedice prouzročene tom greškom. Budući da je cilj projektiranja izraditi projekt koji će zadovoljiti zadane zahtjeve unutar zadanog budžeta i rokova, važno je već u procesu izrade ugovornog projekta broda razmatrati moguće rizike. Razvijena je pojednostavljena metodologija za mjerenje rizika pri projektiranju broda u fazi ugovaranja, kao dio više ciljnog optimizacijskog alata (engl. *Multi-Objective Optimisation tool*). Namjena ovoga alata je osigurati dosljedni format i metodologiju za više ciljno odlučivanje temeljeno na različito postavljenim atributima učinkovitosti, troškova i rizika.

Wei [67] je u svojoj doktorskoj disertaciji obradila novi pristup u planiranju opremanja broda koji se može svesti pod naziv 4D modeliranje, gdje se klasičnom 3D računalnom modelu broda pridodalo vrijeme kao četvrta dimenzija. Tako je omogućeno automatsko planiranje procesa opremanja broda upravljanog računalom, gdje se pomoću 3D računalnog modela broda automatski definira što će se ugraditi, kojim redoslijedom i u koje vrijeme [10]. Primjenom alata za automatsko planiranje omogućeno je utvrđivanje optimalnog redoslijeda montaže brodske opreme, definiranje kritičnog puta te izbjegavanje dodatnih radova demontaže već ugrađene opreme. Relevantni podaci potrebni za izradu programske aplikacije dobiveni su metodom intervjuiranja odgovornih osoba uključenih u proizvodni proces gradnje broda, pri čemu su razmatrani utjecaji oblika, veličina, težina i položaja opreme u prostoru broda, pogodna faza opremanja, minimalno zahtijevani slobodni prostor za ugradnju opreme i trajanja pojedinih aktivnosti opremanja.

Clark, D.L., Howell, D.M., Wilson, C.E [16] u svome su radu istražili uzroke preinaka na gradnjama vojnih brodova za američku mornaricu i na temelju toga donijeli odgovarajuće zaključke i smjernice za poboljšanje brodograđevnog procesa. Prema rezultatima istraživanja, glavni uzroci preinaka leže u izmjenama tehničke dokumentacije i nedostatku potrebnog materijala prema potrebama proizvodnog procesa gradnje broda.

Elmaghraby [16] ističe kako menadžment prepoznaje prisutnost nepouzdanosti informacija u proizvodnom procesu, ali obično izbjegava raditi analize nepouzdanosti (koje mogu biti značajno zahtjevne) te u procjenama i donošenju odluka koristi paušalne informacije i prosječne vrijednosti. Ističe da se takvim pristupom mogu počiniti ogromne štete u proizvodnom procesu.

Iz iznesenih pregleda dosadašnjih istraživanja može se zaključiti da ona nisu dala odgovor na to kako nacrt koji je napravljen s nepotpunim, neprovjerenim ili nepostojećim informacijama djeluje na nepouzdanost međusobno zavisnih nacrta i kakav utjecaj takav nacrt ima na poremećaje u gradnji broda u vidu dodatnih radova na preinakama i popravcima te povećanju troškova i rokova njegove gradnje. Nije dovoljno planiranje dovršenosti nacrta izvršiti samo prema kriteriju roka dovršenosti nacrta unutar nekog razdoblja nego sustavu planiranja treba pristupiti i s aspekta osiguravanja dovoljne razine informacija s kojima će nacrt biti napravljen. One ovise o informacijama međusobno zavisnih nacrta i informacijama proizvođača opreme, a u fazi odobravanja nacrta od informacija dobivenih primjedbama klasifikacijskog društva i brodovlasnika. Ako informacije o kojima ovisi dovršenost nacrta

nisu dostupne na vrijeme ili nisu u dovoljnoj razini potpune i pouzdane, nacrt će biti nepouzdan. Nepouzdan nacrt utjecat će na nepouzdanost međusobno zavisnih nacrta ili naredne faze proizvodnog procesa gradnje broda u postotnoj razini njegove nepouzdanosti. Ne postoje u dovoljnoj razini razrađeni mehanizmi kojima bi se utvrdio utjecaj razine nepouzdanosti nacrta na proizvodni proces gradnje broda i time osigurao alat kao sredstvo za pomoć pri donošenju odluke o prikladnom vremenu distribucije nacrta u narednu fazu brodograđevnog procesa s dovoljnom razinom informacija kojima se osigurava proizvodni proces gradnje broda s minimalnim utjecajem na poremećaje i dodatne radove zbog nepouzdanosti informacija sadržanih nacrtom.

Također, do sada nije u dovoljnoj mjeri istražen utjecaj razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda na krajnji ishod gradnje broda u okvirima zadanih troškova i rokova. Funkcionalna tehnička dokumentacija koja se izravno upotrebljava u proizvodnom procesu gradnje broda ima zadovoljavajuću razinu pouzdanosti jer se upotrebljava u kasnijoj fazi proizvodnog procesa gradnje broda kada je, u pravilu, napravljena s visokom razinom odobrenosti klasifikacijskog društva i brodovlasnika i s te strane manje podložna izmjenama. S druge strane, s primjenom funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda započinje se u kasnijoj mnogo neprikladnijoj fazi gradnje broda, što usporava završetak njegove gradnje. Kada se funkcionalna tehnička dokumentacija izravno upotrebljava za izradu radioničke tehničke dokumentacije, ima značajnu razinu nepouzdanosti jer se upotrebljava u ranijoj fazi gradnje broda kada je u pravilu napravljena s niskom razinom odobrenosti klasifikacijskog društva i brodovlasnika i više je podložna izmjenama. S proizvodnim procesom gradnje broda započet će se ranije, ali s višom razinom rizika od poremećaja i dodatnih radova na preinakama i doradama nastalih kao posljedica izrade radioničke tehničke dokumentacije s nižom razinom pouzdanosti informacija i time većom vjerojatnošću izmjena nacrta.

3 HIJERARHIJSKO MODELIRANJE KRITERIJA ZA VREDNOVANJE TEHNOLOŠKE RAZINE BRODOGRADILIŠTA

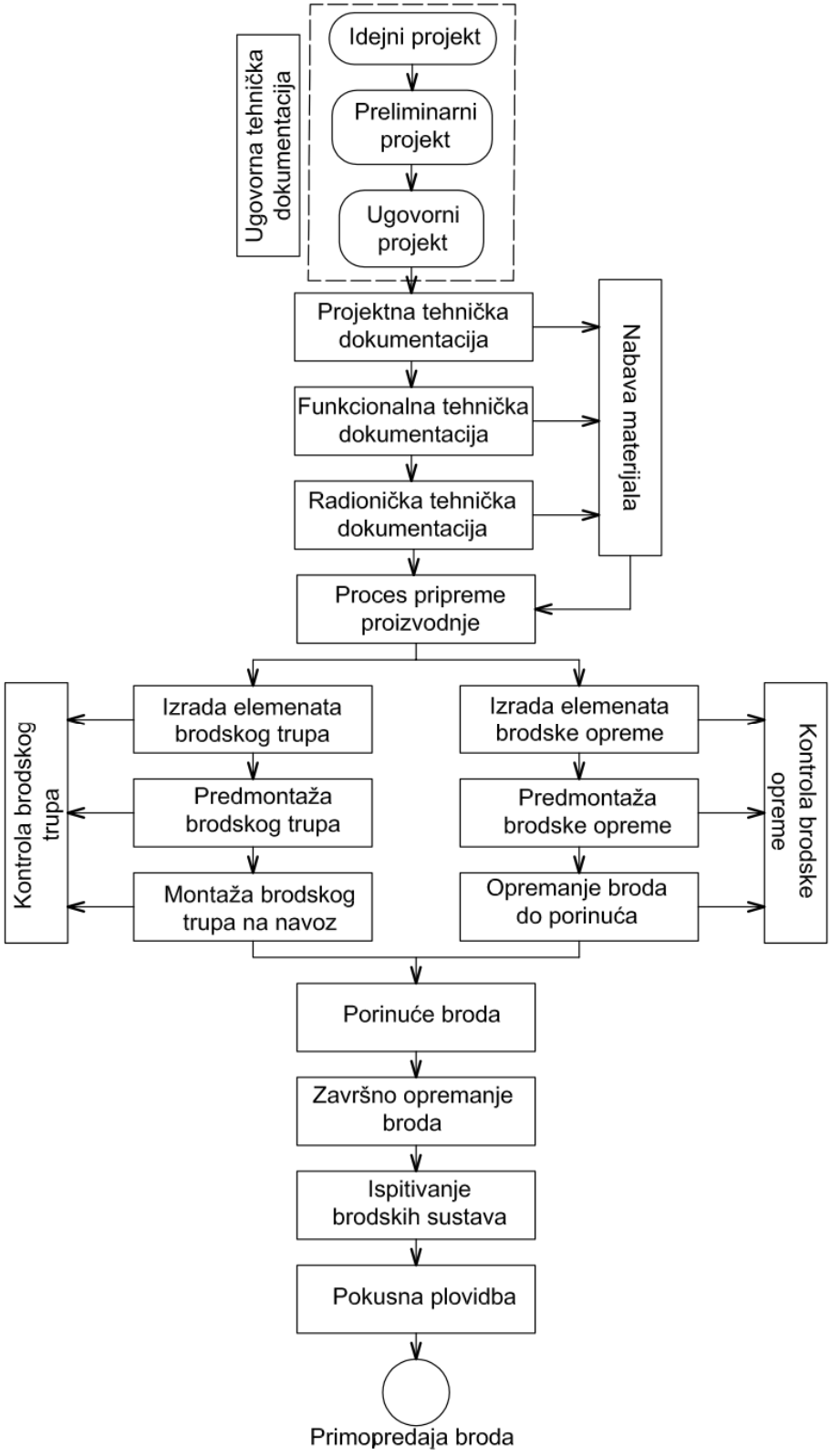
3.1 Osnovni tehnološki proces gradnje broda

Za bolje praćenje i razradu teme doktorske disertacije, prikazan je kratak osvrt na temeljnu strukturu brodograđevnog procesa, slika 3.1, koji je u većem ili manjem obimu zajednički u većini brodogradilišta.

Proces gradnje broda započinje s upitom brodovlasnika i izradom ugovorne tehničke dokumentacije, koja se, ovisno o razini ugovaranja, dijeli u tri skupine: idejni projekt, preliminarni projekt i ugovorni projekt [17, 38]. Njome se osigurava dovoljno informacija za tehničku i ekonomsku procjenu prihvatljivosti gradnje traženog broda, definiranje glavnih smjernica strategije gradnje broda, definiranje glavnih rokova gradnje broda koji su obično vezani uz dinamiku plaćanja napredovanja gradnje broda te za definiranje glavnih brodskih sustava i njihovu funkcionalnost. U ovoj fazi brodogradilište treba raspolagati s dovoljno informacija o tehničkim i tehnološkim mogućnostima gradnje traženog broda, kako bi se uspješno pripremila prihvatljiva ponuda za njegovu gradnju. Ako su ponuđena cijena ili rokovi gradnje broda precijenjeni, tada neće doći do realizacije ugovora. Ako su pak rokovi ili ponuđena cijena podcijenjeni, brodogradilište može doći u neželjene financijske i kadrovske poteškoće jer se brod neće moći izraditi u ugovornom roku ili predviđenim troškovima [35].

Nakon potpisivanja ugovora o gradnji broda, ugovorna tehnička dokumentacija postaje projektna tehnička dokumentacija, koja se onda prosljeđuje daljnjim korisnicima i započinje se s izradom funkcionalne tehničke dokumentacije. Ona se sastoji od klasifikacijske i sistemske tehničke dokumentacije. Izrađuje se prema brodskim sustavima i njihovim namjenama na brodu u skladu s funkcionalnom raščlambom broda. Klasifikacijska tehnička dokumentacija namijenjena je za proces odobravanja klasifikacijskog društva i brodovlasnika, čijim odobrenjem se potvrđuje da je napravljena u skladu s relevantnim propisima i pravilima, odnosno zahtjevima brodovlasnika. Također, ona služi i za izradu tehničkih specifikacija za narudžbu glavnih stavki materijala za gradnju broda, dok se standardni i opći materijali, kao na primjer. vijci, matice, brtve, prirubnice, naručuju kontinuirano tijekom cjelokupnog procesa gradnje broda. Sistemska tehnička dokumentacija predstavlja dokumentaciju koja služi za komunikaciju s brodovlasnikom i nije predmet odobrenja klasifikacijskog društva.

Njome su detaljnije razrađeni smještajni nacrti glavnih brodskih prostora i značajnih brodskih sustava [60].



Slika 3.1 Temeljna struktura brodograđevnog procesa [67]

Funkcionalna tehnička dokumentacija izrađuje se prema brodskim sustavima i njihovim namjenama na brodu u skladu s funkcionalnom raščlambom broda. U brodograđevnoj praksi najčešće se koriste sljedeće tri funkcionalne raščlambe [36, 66]:

a) MARAD – „MARitime Administration", koja se upotrebljava u nacionalnim vlastima SAD-a
b) SWBS – „Ship Work Breakdown Structure", koja se upotrebljava u brodogradnji SAD-a
c) SFI – razvio ju je norveški brodograđevni institut Norge Skips Forsknings Institutt (NSFI)

Radionička se tehnička dokumentacija izrađuje za potrebe proizvodnog procesa gradnje broda u samom brodogradilištu. Sastoji se iz nacrta za montažu s pripadajućim popisima materijala i nacrta za izradu elemenata i detalja s pripadajućim popisima materijala. Valja istaknuti kako se dio procesa gradnje brodskog trupa i opremanja broda izvodi izravno na brodu upotrebom klasifikacijske i sistemske tehničke dokumentacije. Za takve elemente brodskog trupa i opreme ne izrađuje se radionička tehnička dokumentacija, već se izravno na brodu, tijekom njegove gradnje, izrađuju priručne skice s popisom potrebnog materijala. Smanjenje udjela radioničke tehničke dokumentacije u gradnji brodskog trupa i opremanja broda, povećava udio radova koji se odvijaju izravno na mjestu gradnje primjenom funkcionalne tehničke dokumentacije [64].

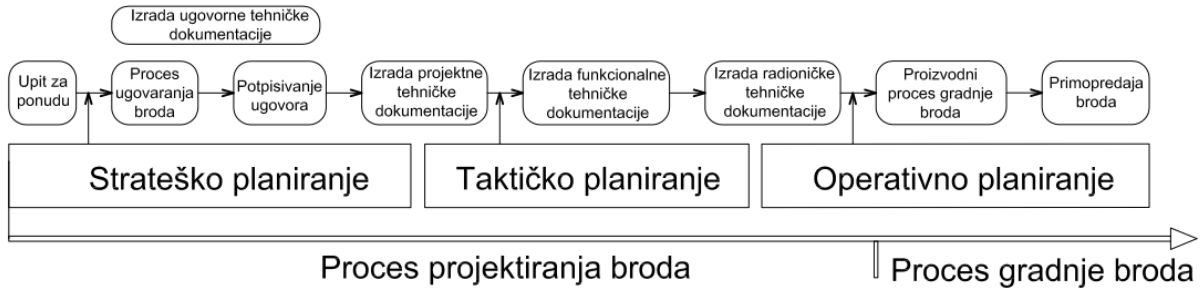
Planiranje gradnje broda je disciplina kojom se planiraju aktivnosti koje je potrebno ostvariti tijekom gradnje broda. Planira se svaka faza procesa gradnje broda, tako da se izrađuju planovi izrade i odobravanja tehničke dokumentacije, naručivanja i dospijeća materijala, planovi proizvodnog procesa gradnje brodskog trupa i opremanja broda, plan kontrole i ispitivanja funkcionalnosti brodskih sistema i plan pokusne plovidbe broda. Pri tome svi ti planovi moraju biti usklađeni s temeljnim rokovima gradnje broda (engl. *master plan, milestone*) [30].

U brodogradnji, isto kao i u ostalim sektorima industrije, razlikuju se tri glavne razine planiranja: strateško, taktičko i operativno planiranje, kako je to prikazano slikom 3.2 [29]. Sa strateškim planiranjem započinje se u fazi ugovaranja broda, nakon što brodogradilište dobije upit za ponudu gradnje broda, pri čemu se izvode procjene mogućnosti i sposobnosti brodogradilišta za gradnju ponuđenog broda, procjenjuju troškovi, glavni rokovi gradnje broda, potrebna struktura i kapacitet radne snage, potrebni resursi i radne površine, na temelju čega se donosi odluka o isplativosti projekta te definira ponuda za gradnju broda. Glavni je

cilj postići konkurentnu cijenu i trajanje gradnje broda kojim bi se osiguralo prihvaćanje ponude i zaključio ugovor o gradnji broda. Nepoštivanje ugovornih rokova može za posljedicu imati financijske sankcije, koje mogu značajno ugroziti financijski rezultat brodogradilišta. Kod izrade strateškog plana uvelike pomaže iskustvo iz sličnih projekata.

Taktičkim se planiranjem nakon potpisivanja ugovora o gradnji broda detaljnije razrađuje strateški plan te se izrađuju planovi izrade tehničke dokumentacije, nabavke i prispijeća opreme, gradnje brodskog trupa i opremanja broda. Taktički plan namijenjen je za srednju razinu rukovodnog kadra brodogradilišta.

Operativnim planiranjem se detaljno definiraju planske aktivnosti prema operativnom rukovodnom kadru zaduženom za organizaciju i provođenje proizvodnog procesa gradnje broda, gdje se planira svaka pojedina aktivnost i definira njezin nositelj. Ono se izrađuje na dnevnoj, tjednoj ili mjesečnoj razini.



Slika 3.2 Razine planiranja u brodogradnji

U proizvodnom procesu gradnje broda, brodogradilišta primjenjuju jednu od triju temeljnih koncepcija gradnje broda: funkcionalnu, funkcionalno zonsku i zonsku koncepciju gradnje broda, čije su glavne značajke prikazane u tablici 3.1. Svaku koncepciju proizvodnog procesa gradnje broda karakterizira odgovarajući pristup izradi tehničke dokumentacije s glavnim značajkama prikazanim tablicom 3.2.

Tablica 3.1 Glavne značajke koncepcija proizvodnog procesa gradnje broda

KONCEPCIJA	GLAVNE ZNAČAJKE KONCEPCIJA PROIZVODNOG PROCESA GRADNJE BRODA
Funkcionalna koncepcija proizvodnog procesa gradnje broda	Gradnja brodskog trupa iz pojedinačnih elemenata brodske strukture izravno na mjestu gradnje te opremanje broda prema brodskim sustavima izravno na brodu. Dugotrajni proces proizvodnog procesa gradnje broda na mjestu gradnje. Visoki udio radne snage u proizvodnom procesu gradnji broda. Niska razina planiranja radova i redoslijeda aktivnosti tijekom proizvodnog procesa gradnje broda. Visoka razina preklapanja radova različitih struka na mjestu gradnje broda, što dovodi do konflikata i kašnjenja radova. Rad u otežanim i nepovoljnim uvjetima. Vrlo visoka razina vjerojatnosti dodatnih radova zbog odvijanja radova izravno na brodu bez upotrebe radioničke tehničke dokumentacije.
Funkcionalno-zonska koncepcija proizvodnog procesa gradnje broda	Gradnja brodskog trupa iz sekcija brodskog trupa, dok se opremanje izvodi prema brodskim sustavima izravno na brodu. Kraće trajanje proizvodnog procesa gradnje broda na mjestu gradnje u odnosu na funkcionalni pristup. Opremanje broda odvija se izravno na mjestu gradnje broda. Visoki udio radne snage u proizvodnom procesu gradnji broda. Zadovoljavajuća razina planiranja radova i redoslijeda aktivnosti tijekom proizvodnog procesa gradnje broda. Značajna razina preklapanja radova različitih struka u završnoj fazi proizvodnog procesa gradnje broda. Visoka razina vjerojatnosti dodatnih radova zbog odvijanja dijela radova koji nisu uključeni radioničkom tehničkom dokumentacijom i izvode se izravno na mjestu gradnje broda.
Zonska koncepcija proizvodnog procesa gradnje broda	Gradnja brodskog trupa iz sekcija brodskog trupa, dok se opremanje broda izvodi prema zonama opremanja i tehnološkim fazama opremanja. Relativno kratko trajanje proizvodnog procesa gradnje broda na mjestu gradnje. Udio radne snage ravnomjernije je raspoređen tijekom proizvodnog procesa gradnje broda. Vrlo dobra razina planiranja radova i redoslijeda aktivnosti tijekom proizvodnog procesa gradnje broda. Smanjen je utjecaj većeg preklapanja radova različitih struka u završnoj fazi proizvodnog procesa gradnje broda. Niža razina vjerojatnosti nastanka poremećaja zbog velikog udjela radioničke tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda.

Tablica 3.2 Značajke tehničke dokumentacije, ovisno o koncepciji proizvodnog procesa gradnje broda

KONCEPCIJA	SADRŽAJ TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	OSNOVNE ZNAČAJKE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE
Funkcionalna koncepcija proizvodnog procesa gradnje broda	Projektna i funkcionalna tehnička dokumentacija izrađuje se u potpunosti. Ne izrađuje se radionička tehnička dokumentacija, već se za proizvodni proces gradnje broda koriste klasifikacijski i sistemski nacrti, uz primjenu priručnih skica za izradu i montažu brodske opreme nastalih mjerenjem izravno na brodu.	Niska razina detaljiziranosti tehničke dokumentacije te se iz tog razloga može izraditi relativno brzo i s malim udjelom troškova u cijeni broda. Ovakav model pogodan je za brodogradilišta s jeftinom proizvodnom radnom snagom, gdje dugotrajniji proces gradnje broda ne utječe na konkurentnost cijene broda.
Funkcionalno-zonska koncepcija proizvodnog procesa gradnje broda	Projektna i funkcionalna tehnička dokumentacija izrađuje se u potpunosti. Radionička tehnička dokumentacija za gradnju brodskog trupa izrađuje se prema sekcijama brodskog trupa, dok se za opremanje broda izrađuje prema brodskim sustavima unutar glavnih zona opremanja. Radionička tehnička dokumentacija ne izrađuje se za fazu predopremanja.	Tehnička dokumentacija se može izraditi zadovoljavajuće brzo i s relativno malim udjelom troška u cijeni broda. Ovakav model pogodan je za brodogradilišta s relativno jeftinom proizvodnom radnom snagom, gdje se traže kraći rokovi gradnje broda i kratki rokovi izrade tehničke dokumentacije.
Zonska koncepcija proizvodnog procesa gradnje broda	Projektna i funkcionalna tehnička dokumentacija izrađuje se u potpunosti. Radionička tehnička dokumentacije se izrađuje prema zonama i fazama opremanja. Za svaku zonu i fazu opremanja izrađuje se zasebna radionička tehnička dokumentacija.	Tehnička se dokumentacija izrađuje znatno duže i s relativno visokim udjelom troškova u cijeni broda, ali osigurava detaljno planiranje i organizaciju procesa gradnje broda te skraćuje trajanje njegove gradnje. Ovakav model pogodan je za brodogradilišta s relativno visokom proizvodnom cijenom rada, kada se traže kratki rokovi procesa gradnje broda i kada je osigurano dovoljno pripremnog vremena za izradu zahtijevane tehničke dokumentacije.

Unutar jednog brodogradilišta moguća je primjena jedne ili više koncepcija proizvodnog procesa gradnje broda, ovisno o veličini i složenosti broda koji se želi graditi te traženim rokovima. Koja će se od navedenih koncepcija gradnje broda primijeniti u pojedinom brodogradilištu, ovisi o više čimbenika kao što su: tehnološka razina brodogradilišta, cijena rada, vrsta i složenost broda koji se namjerava graditi te rokovi gradnje broda. Vrlo je teško model jednog brodogradilišta primijeniti na drugo zbog koncepcijskih, kulturoloških, društvenih, administrativnih, političkih i organizacijskih razlika. Koncepcija gradnje broda uspješna za jedno brodogradilište, ne mora biti uspješna i primjenjiva u drugom

brodogradilištu, ali je uz adekvatnu modifikaciju moguća parcijalna primjena dobre brodograđevne prakse drugih brodogradilišta prilagođenih vlastitom potrebama [42].

3.2 Kriteriji za vrednovanje tehnološke razine proizvodnog procesa gradnje broda

Ekspertnim pristupom [22, 35, 40, 59], metodom AHP, metodom promatranja i metodom intervjuiranja identificirani su kriteriji za vrednovanje tehnološke razine proizvodnog procesa gradnje broda, koji su utvrđeni na temelju vrednovanja tehnoloških razina radionica za izradu i montažu brodskog trupa i opreme.

Vrednovanje tehnološke razine radionica za izradu brodskog trupa i opreme utvrđuje se na temelju razine sofisticiranosti alata i naprava upotrijebljenih za izradu detalja brodskog trupa (tablica 3.3) i opreme (tablica 3.6). Ukupni udio elemenata brodskog trupa i opreme koji se izrađuje u radionicama iznosi 100 %. Procjenjuje se udio elemenata brodskog trupa i opreme izrađenih točno određenim alatima i napravama definirane sofisticiranosti. Oni elementi brodskog trupa i opreme izrađeni s jednom skupinom sofisticiranosti alata i naprava ne ulaze u prikaz i izračun ostalih skupina alata i naprava, tako da je uvijek ukupni zbroj izrade elemenata brodskog trupa i opreme po skupinama jednak iznosu od 100 %. To je vidljivo iz stupca B, tablica 3.3 i 3.6 u koju se unose vrijednost udjela za svaku promatranu skupinu alata. Vrijednost promatrane skupine uvijek je jednaka razlici ukupnog udjela (100 %) i zbroja vrijednosti iz preostalih skupina alata i naprava. Na temelju udjela izrade elemenata brodskog trupa i opreme s pojedinom skupinom alata i naprava, ekspertnim pristupom ocijenjena je tehnološka razina radionica za izradu elemenata brodskog trupa i opreme, prikazanih tablicama 3.3 i 3.6. Radionice s većom srednjom ocjenom imaju višu tehnološku razinu i sofisticiranost.

Tablica 3.3 Vrednovanje tehnološke razine radionice za izradu elemenata brodskog trupa

RADIONICA ZA IZRADU ELEMENATA BRODSKOG TRUPA, KRITERIJ BR. 1			
x	UDIO IZRADE ELEMENATA BRODSKOG TRUPA	VRIJEDNOST (It_x) [%] od 0 do 100	OCJENA (Oc_x) od 1 do 5
	A	B	C
1	RUČNIM I PRIJENOSNIM ALATIMA, It_1	$It_1 = 100 - (It_2 + It_3)$	1 – od 80 do 100 2 – od 60 do 80 3 – od 30 do 60 4 – od 10 do 30 5 – od 0 do 10
2	S POLUAUTOMATSKIM ILI AUTOMATSKIM ALATIMA, It_2	$It_2 = 100 - (It_1 + It_3)$	1 – od 0 do 5 2 – od 5 do 20 3 – od 20 do 40 4 – od 40 do 70 5 – od 70 do 100
3	S POLUAUTOMATSKIM ILI AUTOMATSKIM PROIZVODNIM LINIJAMA, It_3	$It_3 = 100 - (It_1 + It_2)$	1 – od 0 do 5 2 – od 5 do 20 3 – od 20 do 40 4 – od 40 do 70 5 – od 70 do 100
UKUPNO		100	$= \frac{Oc_1 + Oc_2 + Oc_3}{3}$

Vrednovanje tehnološke razine radionice za sklapanje elemenata brodskog trupa prikazano je tablicom 3.4. Izvedeno je na temelju udjela montaže elemenata brodskog trupa izravno na mjestu gradnje broda, u sklopove, mikropanele ili panele te u sekciju brodskog trupa. Element brodskog trupa ugrađen u jednu skupinu ne može više biti ugrađen u neku drugu skupinu, tako da je uvijek zbir udjela ugradnje pojedinih elemenata brodskog trupa po skupinama jednak 100 %. Način izračuna vrijednosti i ocjenjivanja provodi se na istom principu kako je to opisano kod radionica izradu brodskog trupa i opreme. Radionice s većom srednjom ocjenom imaju višu tehnološku razinu i sofisticiranost.

Tablica 3.4 Vrednovanje tehnološke razine radionice za sklapanje elemenata brodskog trupa

RADIONICA ZA SKLAPANJE ELEMENATA BRODSKOG TRUPA, KRITERIJ BR. 2			
x	UDIO MONTAŽE ELEMENATA BRODSKOG TRUPA	VRIJEDNOST (St_x) [%] od 0 do 100	OCJENA (Oc_x) od 1 do 5
	A	B	C
1	NA MJESTU GRADNJE BRODA, St_1	$St = 100 - (St_2 + St_3)$	1 – od 40 do 100 2 – od 10 do 40 3 – od 5 do 10 4 – od 0 do 5 5 – 0
2	U SKLOPOVE, MIKROPANELE I PANELE, St_2	$St = 100 - (St_1 + St_3)$	1 – od 0 do 5 2 – od 5 do 20 3 – od 20 do 40 4 – od 40 do 60 5 – od 60 do 100
3	U SEKCIJE BRODSKOG TRUPA, St_3	$St = 100 - (St_1 + St_2)$	1 – od 0 do 5 2 – od 5 do 50 3 – od 50 do 70 4 – od 70 do 90 5 – od 90 do 100
UKUPNO		100	$= \frac{Oc_1 + Oc_2 + Oc_3}{3}$

Vrednovanje tehnološke razine radionice za montažu brodskog trupa prikazano je tablicom 3.5. Izvedeno je na temelju udjela montaže elemenata brodskog trupa izravno na mjestu gradnje broda, udjela sklopova, mikropanela ili panela ugrađenih izravno na mjestu gradnje broda te udjela sekcija brodskog trupa koje se montiraju na mjestu gradnje broda. Element brodskog trupa ugrađen izravno na mjestu gradnje broda ne može više biti ugrađen u neku drugu skupinu. Također, sklop, mikropanel ili panel ako je ugrađen izravno na mjesto gradnje broda, ne može više biti ugrađen u sekciju brodskog trupa tako da je uvijek zbroj udjela ugradnje pojedinih elemenata brodskog trupa po skupinama jednak 100 %. Način izračuna vrijednosti i ocjenjivanja provodi se na istom principu kako je to opisano kod radionica za izradu brodskog trupa i opreme. Radionice s većom srednjom ocjenom imaju višu tehnološku razinu i sofisticiranost.

Tablica 3.5 Vrednovanje tehnološke razine radionice za montažu brodskog trupa

RADIONICE ZA MONTAŽU BRODSKOG TRUPA, KRITERIJ BR. 3			
x	UDIO MONTAŽE	VRIJEDNOST (Mt_x) [%] od 0 do 100	OCJENA (Oc_x) od 1 do 5
	A	B	C
1	ELEMENATA BRODSKOG TRUPA NA MJESTO GRADNJE, Mt_1	$Mt = 100 - (Mt_2 + Vr_3)$	1 – od 40 do 100 2 – od 10 do 40 3 – od 5 do 10 4 – od 0 do 5 5 – 0
2	SKLOPOVA, MIKROPANELA I PANELA BRODSKOG TRUPA NA MJESTO GRADNJE, Mt_2	$Mt = 100 - (Mt_1 + Mt_3)$	1 – od 0 do 5 2 – od 5 do 10 3 – od 10 do 30 4 – od 30 do 40 5 – od 60 do 100
3	SEKCIJA BRODSKOG TRUPA NA MJESTO GRADNJE, Mt_3	$Mt = 100 - (Mt_1 + Mt_2)$	1 – od 0 do 10 2 – od 10 do 20 3 – od 20 do 50 4 – od 50 do 80 5 – od 80 do 100
UKUPNO		100	$= \frac{Oc_1 + Oc_2 + Oc_3}{3}$

Tablica 3.6 Vrednovanje tehnološke razine radionice za izradu brodske opreme

RADIONICA ZA IZRADU BRODSKE OPREME, KRITERIJ BR. 4			
x	UDIO IZRADE BRODSKE OPREME	VRIJEDNOST (Io_x) [%] od 0 do 100	OCJENA (Oc_x) od 1 do 5
	A	B	C
1	RUČNIM I PRIJENOSNIM ALATIMA, Io_1	$Io = 100 - (Io_2 + Io_3)$	1 – od 80 do 100 2 – od 60 do 80 3 – od 30 do 60 4 – od 10 do 30 5 – od 0 do 10
2	S POLUAUTOMATSKIM ILI AUTOMATSKIM ALATIMA, Io_2	$Io = 100 - (Io_1 + Io_3)$	1 – od 0 do 5 2 – od 5 do 20 3 – od 20 do 30 4 – od 30 do 50 5 – od 50 do 100
3	S POLUAUTOMATSKIM ILI AUTOMATSKIM PROIZVODNIM LINIJAMA, Io_3	$Io = 100 - (Io_1 + Io_2)$	1 – od 0 do 5 2 – od 5 do 10 3 – od 10 do 20 4 – od 20 do 30 5 – od 30 do 100
UKUPNO		100	$= \frac{Oc_1 + Oc_2 + Oc_3}{3}$

Vrednovanje tehnološke razine radionice za montažu brodske opreme prikazano je tablicom 3.7. Izvedeno je na temelju udjela elemenata brodske opreme ugrađene u sklopove, module i blokove opreme, u sekciju brodskog trupa, na mjestu gradnje do predaje broda vodi te udjela elemenata brodske opreme koji se montiraju nakon predaje broda vodi. Element brodske opreme koji je ugrađen u jednu skupinu ne može više biti ugrađen u neku drugu skupinu, tako da je uvijek zbroj udjela ugradnje pojedinih elemenata brodske opreme po skupinama jednak 100 %. Način izračuna vrijednosti i ocjenjivanja provodi se na istom principu kako je to opisano kod radionica izradu brodskog trupa i opreme. Radionice s većom srednjom ocjenom imaju višu tehnološku razinu i sofisticiranost.

Tablica 3.7 Vrednovanje tehnološke razine radionice za montažu brodske opreme

RADIONICA ZA MONTAŽU BRODSKE OPREME, KRITERIJ BR. 5			
x	UDIO MONTAŽE BRODSKE OPREME	VRIJEDNOST (Mo_x) [%] od 0 do 100	OCJENA (Oc_x) od 1 do 5
	A	B	C
1	U SKLOPOVE MODULE I BLOKOVE OPREME, Mo_1	$Mo = 100 - (Mo_2 + Mo_3 + Mo_4)$	1 – 0 2 – od 0 do 5 3 – od 5 do 15 4 – od 15 do 30 5 – od 30 do 100
2	U SEKCIJE BRODSKOG TRUPA, Mo_2	$Mo = 100 - (Mo_1 + Mo_3 + Mo_4)$	1 – 0 2 – od 0 do 5 3 – od 5 do 15 4 – od 15 do 30 5 – od 30 do 100
3	NA MJESTU GRADNJE DO PREDAJE BRODA VODI, Mo_3	$Mo = 100 - (Mo_1 + Mo_2 + Mo_4)$	1 – od 80 do 100 2 – od 60 do 80 3 – od 30 do 60 4 – od 10 do 30 5 – od 0 do 10
4	NAKON PREDAJE BRODA VODI, Mo_4	$Mo = 100 - (Mo_1 + Mo_2 + Mo_3)$	1 – od 80 do 100 2 – od 60 do 80 3 – od 30 do 60 4 – od 0 do 30 5 – od 0
UKUPNO		100	$= \frac{Oc_1+Oc_2+Oc_3+Oc_4}{4}$

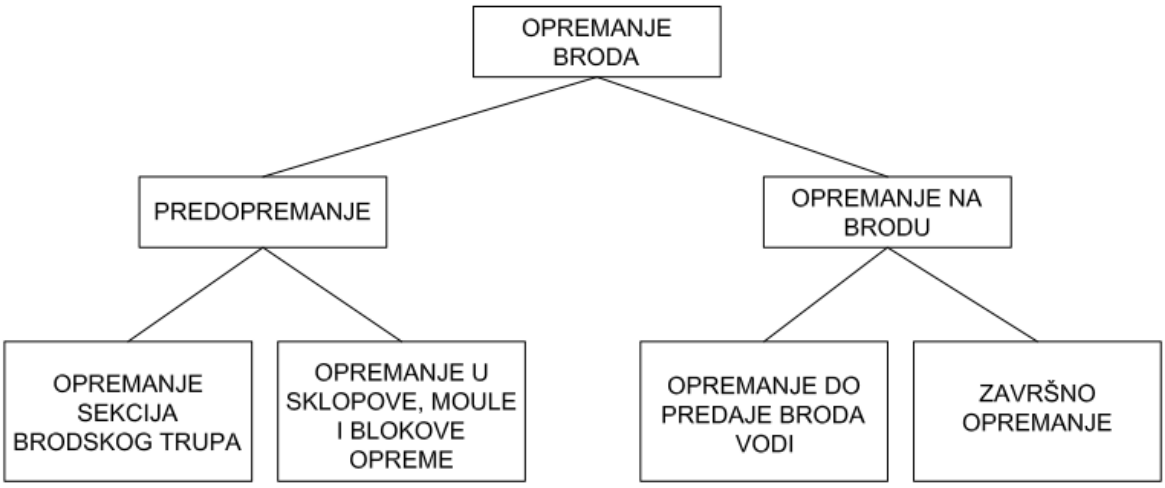
Ekspertnim pristupom [1, 34, 40, 60] utvrđeni su kriteriji za vrednovanje utjecaja razine primjene tehnoloških faza na proizvodni proces gradnje broda i dodjeljivanje faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda. Također, ekspertnim je pristupom utvrđeno kako se faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda dodjeljuje na temelju vrednovanja udjela brodske opreme koja se ugrađuje u fazi opremanja sekcija brodskog trupa i opremanja u sklopove, module i blokove opreme, čije su vrijednosti prikazane tablicom 3.8 [9, 56, 57]. Faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda upotrebljava se u primjeni računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije u modulu za izradu krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda, poglavlje 5.2.

Tablica 3.8 Dodjeljivanje faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda

FAKTOR TEHNOLOŠKE FAZE PROIZVODNOG PROCESA GRADNJE BRODA, KRITERIJ BR. 6			
R.br.	OCJENA MONTAŽE BRODSKE OPREME	OCJENA (Oc) od 1 do 5	Faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda ($Stage$)
	A	B	C
1	U SKLOPOVE MODULE I BLOKOVE OPREME, *Oc_1*	$Stage = \frac{Oc_1 + Oc_2}{2}$	1 – Stage ≤ 1 2 – 1 > Stage ≤ 2 3 – 2 > Stage ≤ 3 5 – 3 > Stage ≤ 4 7 – 4 > Stage ≤ 5
2	U SEKCIJE BRODSKOG TRUPA, *Oc_2*		

Kriteriji i težinske ocjene vrednovanja tehnološke razine proizvodnog procesa gradnje broda, prikazane tablicama od 3.3 do 3.8, uključuju se u ulazne parametre algoritma računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije, poglavlje 7.

3.3 Kriteriji za vrednovanje razine opremanja broda prema tehnološkim fazama opremanja



Slika 3.3 Raščlana tehnoloških faza opremanja broda

Proces opremanja broda (slika 3.3) uobičajeno se dijeli u dvije međusobno odvojene tehnološke faze: predopremanje (engl. *preoutfitting*), poznato još pod nazivom uranjeno ili napredno opremanje (engl. *advance outfitting*) i opremanje na brodu (engl. *onboard outfitting*). Za proces predopremanja karakteristično je da se ono vremenski odvija gotovo istodobno s gradnjom brodskog trupa i dijeli se u dvije međusobno neovisne tehnološke faze:

opremanje sekcija brodskog trupa (engl. *on-block outfitting*) i opremanje u sklopove, module i blokove opreme (engl. *modular outfitting*) [32]. Opremanje na brodu također se dijeli u dvije međusobno odvojene tehnološke faze: opremanje na mjestu gradnje do predaje broda vodi i završno opremanje nakon predaje broda vodi [17, 60].

Opremanje sekcija odnosi se na opremanje panela, sklopova i sekcija brodskog trupa s detaljima brodske opreme, kao što su cjevovodi, kabelske staze, ventilacijski kanali, prolazi kroz elemente strukture za cijevi, kabele i ventilaciju, oprema za kretanje posade i putnika, provlake, grotlašca i drugo [42].

Opremanje broda u sklopove, module i blokove opreme predstavlja sastavljanje brodske opreme u radionicama opremanja prije montaže na mjesto gradnje. Sklop opreme izrađuje se u radionicama opremanja i sastavljen je od čeličnih elemenata brodske opreme bez strojnih ili električnih pogonskih uređaja. [25]. Modul opreme čini skupina brodske opreme, konstruirana zajedno s uređajima i strojevima, koja je kao samostalna jedinica postavljena na zajedničke nosače i temelj. Modul opreme može biti projektiran kao samostalna jedinica jednog ili više brodskih sustava. Ako čini jedan brodski sustav, tada se naziva sistemski modul opreme (npr. jedinica za pripremu goriva), a ako sadrži brodsku opremu koja opslužuje više sustava, tada se on naziva strojni modul opreme [25]. Ako je u modulu opreme, osim temelja strojeva i uređaja, uključen i dio brodske strukture, tada se takav modul naziva blok opreme [25].

Opremanje broda na mjestu gradnje započinje odmah nakon montaže sekcije brodskog trupa, gdje se nastavlja s ugradnjom brodske opreme sve do predaje broda vodi. Zadnju fazu opremanja čini završno opremanje nakon predaje broda vodi kada se ugrađuje brodska oprema podložna oštećenjima, kao što su instrumenti, oprema za komunikaciju, navigaciju, signalizaciju, elektronička i računalna oprema, oprema za spašavanje posade i putnika te oprema koja nije ugrađena tijekom ranijih faza opremanja [42].

Ne postoje jasno i detaljno razgraničene aktivnosti i preporučena oprema koja se ugrađuje u fazi predopremanja. Ekspertnim pristupom [17, 34, 35, 60], metodom AHP, empirijskom metodom, metodom promatranja i metodom intervjuiranja identificirani su kriteriji za vrednovanje procesa predopremanja i prikazani su tablicom 3.9. Veća ocjena znači veću opravdanost primjene procesa predopremanja.

Tablica 3.9 (a) Vrednovanje razine primjene predopremanja – kriterij br. 1

PRIPREMA PROIZVODNOG PROCESA GRADNJE BRODA, KRITERIJ BR. 1		
R.br.	UTJECAJNI POTKRITERIJ	OCJENA (od 1 do 5)
1	TEHNIČKA DOKUMENTACIJA POTREBNA ZA PROCES PREDOPREMANJA	1 – Opremanje broda izvodi se primjenom funkcionalne tehničke dokumentacije. 2 – Nije predviđena posebna izrada radioničke tehničke dokumentacije za proces predopremanja, nego samo za opremanje na brodu. 3 – Planira se iz radioničke tehničke dokumentacije za opremanje na brodu pripremiti potrebiti materijal i radovi za relevantnu razinu predopremanja. 4 – Izrađena je radionička tehnička dokumentacija za proces predopremanja pripremljena prema brodskim sistemima. 5 – Izrađena je radionička tehnička dokumentacija za proces predopremanja pripremljena prema zonama opremanja.
2	MATERIJAL POTREBAN ZA PROCES PREDOPREMANJA	1 – Priprema materijala izvodi se upotrebom funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnoj fazi. 2 – Priprema materijala izvodi se upotrebom funkcionalne tehničke dokumentacije u pripremnoj fazi. 3 – Priprema materijala izvodi se na temelju radioničke tehničke dokumentacije pripremljene za proces opremanja na brodu u proizvodnoj fazi. 4 – Priprema materijala izvodi se na temelju radioničke tehničke dokumentacije pripremljene za proces opremanja na brodu u pripremnoj fazi. 5 – Priprema materijala izvodi se na temelju radioničke tehničke dokumentacije pripremljene za proces predopremanja.

Tablica 3.9 (b) Vrednovanje razine primjene predopremanja - kriterij br. 2

TEHNOLOŠKI ZAHTJEVI, KRITERIJ BR. 2		
R.br.	UTJECAJNI POTKRITERIJ	OCJENA (od 1 do 5)
1	OGRANIČENOST PROSTORA ZA MONTAŽU NA BRODU	1 – Moguća je ugradnja na brod bez ograničenja. 2 – Moguća je ugradnja na brod s pomoćnim sredstvima, alatima i napravama. 3 – Prostor predviđen za montažu na brodu ne osigurava montažu opreme u sigurnim uvjetima. 4 – Prostor predviđen za montažu na brodu je ograničen transportnim putovima. 5 – Prostor predviđen za montažu na brodu je nepristupačan.
2	POZICIJA SEKCIJE BRODSKOG TRUPA TIJEKOM NJEZINE IZRADE	1 – Nije moguća ugradnja brodske opreme unutar i izvan sekcije brodskog trupa. 2 – Nije moguća ugradnja opreme broda unutar sekcije brodskog trupa. 3 – Nije moguća ugradnje brodske opreme izvan sekcije brodskog trupa. 4 – Moguća je ugradnja brodske opreme okretanjem sekcija u pogodan položaj. 5 – Moguća je ugradnja brodske opreme u položaju izrade sekcije brodskog trupa.
3	VRIJEME POTREBNO ZA OPREMANJA SEKCIJA BRODSKOG TRUPA	1 – Planirano vrijeme za opremanje sekcija brodskog trupa blizu je vremenu njezine montaže. 2 – Tehnološki nije moguće paralelno izvoditi radove na izradi sekcije brodskog trupa i opremanja broda. 3 – Osigurano je dodatno vrijeme za opremanje sekcija brodskog trupa nakon njezine dovršenosti. 4 – Tehnološki je moguće paralelno izvoditi radove na izradi sekcije brodskog trupa i opremanja broda i osigurano je dodatno vrijeme za opremanje nakon njezine dovršenosti. 5 – Tehnološki je moguće proces opremanja sekcije brodskog trupa završiti zajedno s njezinom izradom.

Tablica 3.9 (c) Vrednovanje razine primjene predopremanja - kriterij br. 3

OGRANIČENJA BRODOGRADILIŠTA, KRITERIJ BR. 3		
R.br.	UTJECAJNI POTKRITERIJ	OCJENA (od 1 do 5)
1	RADNE POVRŠINE BRODOGRADILIŠTA NAMIJENJENE ZA PREDOPREMANJE	1 – Radne površine za proces predopremanja nedostatne i udaljene od mjesta gradnje broda. 2 – Radne površine za proces predopremanja zadovoljavajuće, ali udaljene od mjesta gradnje broda. 3 – Radne površine za proces predopremanja nedostatne, ali blizu mjestu gradnje broda. 4 – Radne površine za proces predopremanja zadovoljavajuće i blizu mjesta gradnje broda. 5 – Radne površine za proces predopremanja velike i blizu mjestu gradnje broda.
2	TRANSPORTNI PUTOVI BRODOGRADILIŠTA ZA POTREBE PREDOPREMANJA	1 – Transportni putovi dugački i nepristupačni. 2 – Transportni putovi dugački i pristupačni. 3 – Transportni putovi kratki i nepristupačni. 4 – Transportni putovi kratki i povremeno zakrčeni. 5 – Transportni putovi kratki i pristupačni.
3	POKRIVENOST DIZALICAMA NA MJESTU PREDOPREMANJA	1 – Nema pokrivenosti fiksnim i pokretnim dizalicama. 2 – Nema pokrivenosti dizalicama, ali je moguća primjena auto-dizalica. 3 – Ograničena pokrivenost dizalicama. 4 – Ograničena pokrivenost dizalicama i primjena auto-dizalica. 5 – Dobra pokrivenost fiksnim i pokretnim dizalicama.
4	NOSIVOST TRANSPORTNIH SREDSTAVA I DIZALICA ZA POTREBE PREDOPREMANJA	1 – Omogućeno ograničeno dizanje i transport uz korištenje specijalnih alata i naprava. 2 – Omogućeno dizanje i transport uz korištenje specijalnih alata i naprava. 3 – Omogućeno je ograničeno dizanje i ograničen transport. 4 – Omogućeno je potpuno dizanje s ograničenim mogućnostima transportnih sredstava. 5 – Omogućen je potpun transport i dizanje.
5	POKRIVENOST ENERGETIKOM NA MJESTU PREDOPREMANJA	1 – Nema pokrivenost energetikom, koriste se prijenosni sustavi energetike. 2 – Nema pokrivenosti energetikom, ali je moguće izraditi sustav privremene energetike, koriste se prijenosni sustavi energetike. 3 – Djelomična pokrivenost energetikom uz korištenje prijenosnih sustava energetike. 4 – Djelomična pokrivenost energetike, uz primjenu sustava privremene energetike. 5 – Dobra pokrivenost energetikom.

3.4 Kriteriji za vrednovanje utjecaja izmjena i dopuna tehničke dokumentacije na proizvodni proces gradnje broda

Izmjene i dopune tehničke dokumentacije izvode se u slučajevima kada nacrtom nisu osigurane relevantne informacije za potrebe proizvodnog procesa gradnje broda. One mogu biti izostavljene nacrtom, nepotpune ili netočne, te su jedan od glavnih uzroka preinaka nastalih u proizvodnom procesu gradnje broda. Preinaka je izraz koji se upotrebljava za radove na proizvodu koje treba uraditi ponovno, odnosno proizvod treba doraditi ili preurediti. Glavni pokazatelj nepouzdanosti tehničke dokumentacije predstavlja broj ostvarenih izmjena po svakom pojedinom nacrtu.

Dopunom tehničke dokumentacije nacrt se nadopunjuje nedostajućim informacijama, a da se pri tome ne mijenjaju postojeće informacije uključene nacrtom, dok se izmjenom nacrta informacije sadržane nacrtom mijenjaju. Izmjene tehničke dokumentacije najčešće nastaju kao posljedica zahtjeva ili primjedbi brodovlasnika, klasifikacijskog društva ili proizvođača brodske opreme. To će, ovisno o vremenu nastanka izmjene, rezultirati potrebama za naknadnim izmjenama tehničke dokumentacije, planova rada, proizvodnog procesa gradnje broda ili ispitivanja sustava. Ako se potreba za izmjenom tehničke dokumentacije ustanovi u fazi projektiranja, tada za posljedicu ima samo troškove izmjene tehničke dokumentacije, uz moguće produženje roka njezine izrade. Međutim, ako se potreba za izmjenom tehničke dokumentacije ustanovi kad je proizvodni proces gradnje broda već napredovao, troškovi tako nastale izmjene rastu, ovisno o razini njegova napredovanja [19]. Također, izmjena određenog sustava na brodu nerijetko dovodi do izmjene sustava koji nisu izravno povezani s izvorno zahtijevanom izmjenom.

Nedostatak informacija koje trebaju biti ugrađene u nacrt također je jedan od uzroka izmjena i dopuna tehničke dokumentacije. To dovodi ili do kašnjenja dovršenosti nacrta zbog dodatnog vremena koje je potrebno da se nedostajuće informacije obrade i unesu u nacrt ili do njegove izmjene ili dopune u slučaju kada je nedostatna informacija osigurana nakon što je nacrt dostavljen u narednu fazu gradnje broda. Da bi se prevladao utjecaj nedostatka informacija na kontinuitet proizvodnog procesa gradnje broda, pogodnim se čini pristup kojim bi se u nacrtu unaprijed predvidio prikladan prostora predviđen za naknadno unošenje nedostajuće informacije, odnosno da se specificiraju i posebno označe dijelovi nacrta napravljenih s nepotpunim i nepouzdanim informacijama po kojima se ne treba izvoditi daljnji proizvodni

proces gradnje broda. Tako će se osigurati kontinuitet proizvodnog procesa gradnje broda i omogućiti rad na detaljima za koje u tehničkoj dokumentaciji nema primjedbi, a sudionike u proizvodnom procesu unaprijed pripremiti za nadolazeću izmjenu. Ako se potreba za izmjenom tehničke dokumentacije pojavi u vremenu kada su radovi po njoj već započeli, treba zaustaviti daljnje napredovanje radova po dijelovima nacrta koji se namjeravaju mijenjati. Tako će se umanjiti utjecaj preinake i time smanjiti troškovi.

Ekspertnim pristupom [16, 43, 67], metodom AHP, empirijskom metodom, metodom promatranja, metodom intervjuiranja i statističkom metodom utvrđeni su kriteriji za vrednovanje razine utjecaja izmjena i dopuna tehničke dokumentacije s kojim one utječu na proizvodni proces gradnje broda i prikazani su tablicom 3.10. Veća ocjena znači veći utjecaj na proizvodni proces gradnje broda.

Tablica 3.10 (a) Vrednovanje utjecaja izmjena tehničke dokumentacije na proizvodni proces gradnje broda – kriterij br. 1

R.br.	UTJECAJ NA PLAN I ROKOVE PROIZVODNOG PROCESA GRADNJE BRODA, KRITERIJ BR. 1	
	UTJECAJNI POTKRITERIJ	OCJENA (od 1 do 5)
1	VRIJEME KADA JE NASTALA IZMJENA TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	1 – U fazi izrade projektne tehničke dokumentacije. 2 – U fazi izrade funkcionalne tehničke dokumentacije. 3 – U fazi izrade radioničke tehničke dokumentacije. 4 – U fazi procesa naručivanja materijala. 5 – U fazi proizvodnog procesa gradnje broda.
2	OBIM IZMJENE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	1 – Izmjena samo tehničke dokumentacije. 2 – Izmjena tehničke dokumentacije i specifikacije materijala. 3 – Izmjena tehničke dokumentacije, specifikacije materijala i djelomično montiranih detalja. 4 – Izmjena tehničke dokumentacije, specifikacije materijala i potpuno montiranih detalja. 5 – Izmjena tehničke dokumentacije, specifikacije materijala, potpuno montiranih detalja uz preinaku okolnih sustava koji nisu direktno predmet izmjene.

Tablica 3.10 (b) Vrednovanje utjecaja izmjena tehničke dokumentacije na proizvodni proces gradnje broda – kriterij br. 2

R.br.	UTJECAJ NA DRUGE SUSTAVE I ZANATE KOJI NISU PREDMET IZMJENE, KRITERIJ BR. 2	
	UTJECAJNI POTKRITERIJ	OCJENA (od 1 do 5)
1	STOJI LI SUSTAV NA KOJI IZMJENA DJELUJE SAMOSTALNO ILI JE INTEGRIRAN ZAJEDNO S DRUGIM SUSTAVIMA?	1 – Sustav stoji samostalno. 3 – Sustav je djelomično integriran s drugim sustavima. 5 – Sustav je potpuno integriran s drugim sustavima.

Tablica 3.10 (c) Vrednovanje utjecaja izmjena tehničke dokumentacije na proizvodni proces gradnje broda – kriterij br. 3

R.br.	UTJECAJ NA RAZINU PREINAKE, KRITERIJ BR. 3	
	UTJECAJNI POTKRITERIJ	OCJENA (od 1 do 5)
1	KOLIKO JE UZNAPREDOVAO PROIZVODNI PROCES NA SUSTAVIMA KOJI SE PLANIRAJU MIJENJATI?	1 – Proizvodni proces još nije započeo. 3 – Proizvodni proces je djelomično započeo. 5 – Proizvodni proces je završio.

Tablica 3.10 (d) Vrednovanje utjecaja izmjena tehničke dokumentacije na proizvodni proces gradnje broda – kriterij br. 4

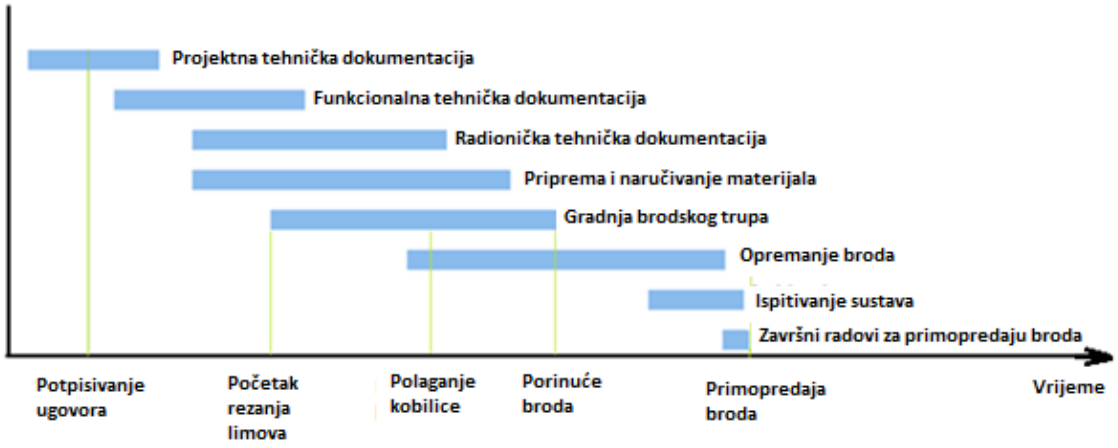
R.br.	UTJECAJ NA ZAUSTAVLJANJE DALJNJEG IZVOĐENJA RADOVA, KRITERIJ BR. 4	
	UTJECAJNI POTKRITERIJ	OCJENA (od 1 do 5)
1	KADA SE ZAHTJEV ZA IZMJENOM PLANIRA PRIHVATITI I OSTVARITI?	1 – Odmah. 3 – Čeka se odobrenje odgovornih osoba brodogradilišta. 5 – Čeka se odobrenje klasifikacijskog društva ili brodovlasnika.

S gledišta utjecaja na gubitke zbog vjerojatnosti nastanka poremećaja proizvodnog procesa gradnje broda uslijed nepouzdanosti tehničke dokumentacije, isplativije je odgoditi distribuciju radioničke tehničke dokumentacije u proizvodni proces gradnje broda dok ona ne dostigne dovoljnu razinu pouzdanosti. To nikako ne znači da se početak izrade radioničke tehničke dokumentacije treba odgoditi, već da je isplativije radionički nacrt dovršiti s poznatim i pouzdanim informacijama te čekati dok se nepoznate, nedostajuće ili nepotpune informacije upotpune i ugrade u nacrt.

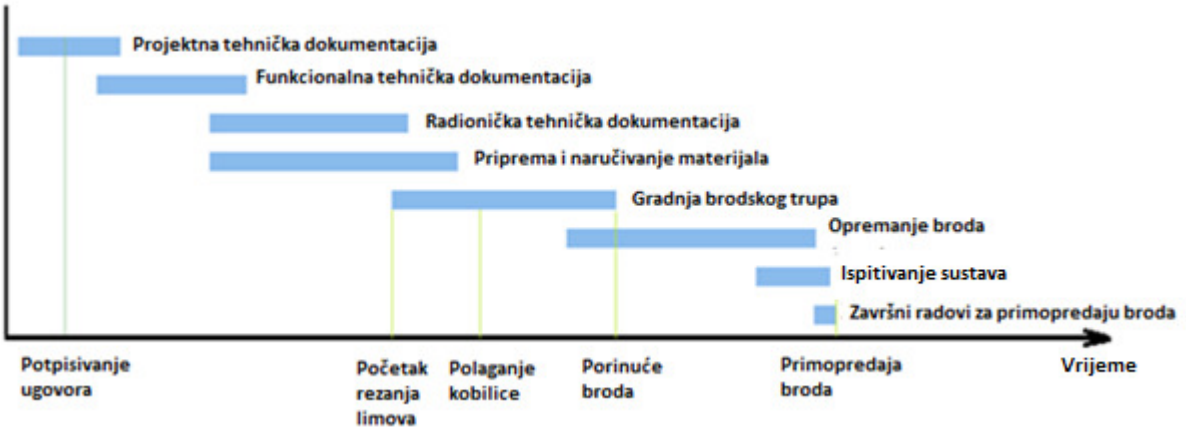
4 OPTIMIZACIJSKI MODEL PLANIRANJA IZRADE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE S GLEDIŠTA POUZDANOSTI NACRTA

U fazi projektiranja broda, pogotovo ako se projektira nestandardni brod ili brod za koje brodogradilište nema prethodnih iskustava, značajno se povećava vjerojatnost nastanka poremećaja proizvodnog procesa gradnje broda prouzročenih nedostacima tehničke dokumentacije, bilo u vidu njezinih grešaka, nedostataka informacija sadržanih nacrtom ili kašnjenja u njezinoj izradi. Troškovi se pogotovo povećavaju kada se greška uoči u samom proizvodnom procesu gradnje broda kada se zahtijevaju naknadne preinake već ugrađenih elemenata brodskog trupa ili opreme. Najveći udio grešaka i poremećaja tijekom gradnje broda nisu prouzročeni greškama proizvodnog procesa gradnje broda, nego nedostacima tehničke dokumentacije te nedostatnom pripremom i obradom njezinih informacija za potrebe proizvodnog procesa gradnje broda [31]. Stoga je preporučljivo da se analiza utjecaja nepouzdanosti tehničke dokumentacije na rizik nastanka poremećaja tijekom proizvodnog procesa gradnje broda uključi već u fazi strateškog planiranja, kada se izrađuju procjene strategije gradnje broda, izrade tehničke dokumentacije, strukture i kapaciteta radne snage te tehnološke mogućnosti brodogradilišta [8, 44]. Rizik je definiran vjerojatnošću nastanka poremećaja čije se posljedice mogu mjeriti u dodatnim troškovima ili dužem trajanju određenih aktivnosti u gradnji broda, koje za posljedicu mogu, ali i ne moraju, imati kašnjenje primopredaje broda, ali će svakako utjecati na dodatne radove koji neplanirano povećavaju troškove i korištenje radnih resursa.

Da bi se zadovoljili relativno kratki rokovi gradnje broda, nužno je brodograđevni proces izvesti s preklapanjem radova pojedinih faza gradnje broda tako da se tijekom procesa gradnje broda preklapaju radovi izrade tehničke dokumentacije s radovima naručivanja materijala i proizvodnog procesa gradnje broda. Što su kraći rokovi primopredaje broda, to su veća vremena preklapanja pojedinih faza gradnje broda (slika 4.1 (a) i 3.6 (b)).



(a) Viša razina preklapanja pojedinih faza gradnje broda



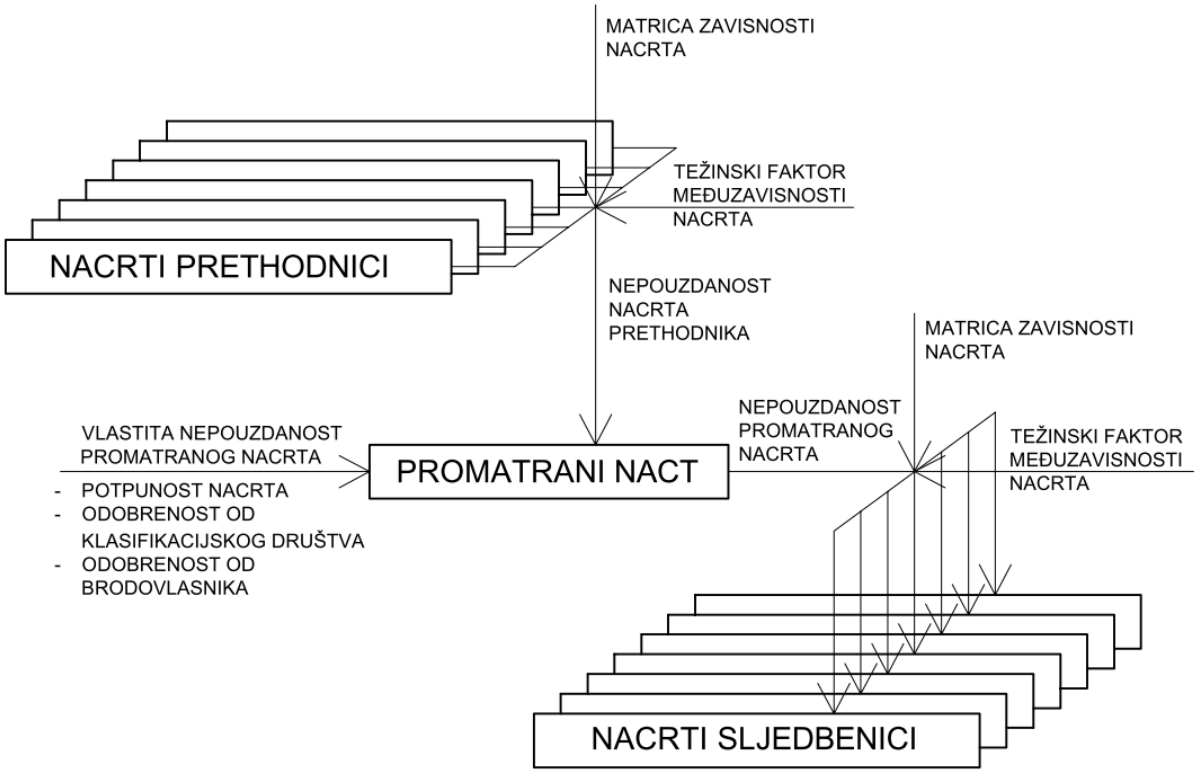
(b) Niža razina preklapanja pojedinih faza gradnje broda

Slika 4.1 Razine preklapanja pojedinih faza gradnje broda

Kako je tehničkom dokumentacijom definirana većina relevantnih informacija potrebnih za proizvodni proces gradnje broda, preklapanje izrade tehničke dokumentacije i ostalih aktivnosti u gradnji broda dovodi do povećanja vjerojatnosti nastanka poremećaja manifestiranih dodatnim radovima na preinakama, kao posljedica tehničke dokumentacije distribuirane u narednu fazu gradnje broda, a da pri tome nije detaljno usklađena s međusobno zavisnom dokumentacijom i stoga podložna primjenama.

Pouzdanost nacrta je zavisna o pouzdanosti informacija s kojima je on napravljen. Ako nacrt nije završen u vremenu kada su njegove informacije potrebne za izradu međusobno zavisnih nacrta, tada je on nepotpun i djeluje na nepouzdanost zavisnih nacrta u razini nepotpunosti informacija sadržanih nacrtom. Nadalje, na pouzdanost nacrta iz skupine projektne i funkcionalne tehničke dokumentacija utječe njihov status odobrenosti od klasifikacijskog društva i brodovlasnika. Oni mogu biti neodobreni, odobreni s primjedbama ili potpuno

odobreni. U pravilu, primjedbe klasifikacijskog društva temeljene su na relevantnim pravilima i propisima te su za brodogradilište obvezatna, dok se primjedbe brodovlasnika koje nisu sadržane ugovorom tehničkom dokumentacijom smatraju dodatnim radovima. Nakon usuglašavanja i usvajanja primjedbi, one se ugrađuju u izmijenjeni nacrt koji se onda ponovno šalje na odobrenje, nakon čega nacrt može biti odobren u potpunosti ili s primjedbama te se opisani proces nastavlja sve do konačne odobrenosti nacrta, što u pojedinim složenim slučajevima može trajati i do završne faze gradnje broda. Nacrti iz skupine radioničke tehničke dokumentacije nisu predmet odobravanja klasifikacijskog društva i brodovlasnika, te njihova pouzdanost ovisi jedino o razini potpunosti informacija s kojima su oni napravljeni.



Slika 4.2 Tijek prijenosa nepouzdanosti informacija između nacrta

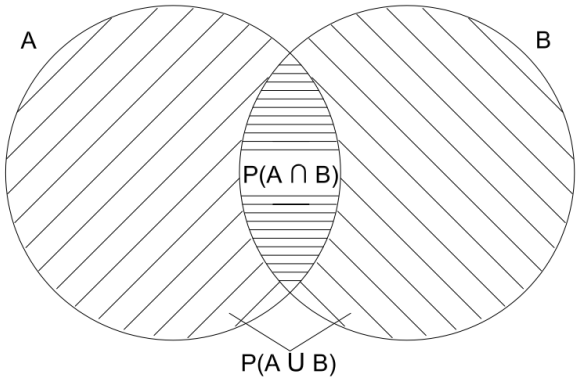
U zavisnom sustavu nacrta, nacrti se promatraju kao nacrti prethodnici i nacrti sljedbenici promatranom nacrtu (slika 4.2). Nacrti prethodnici su nacrti o čijim informacijama ovisi izrada promatranog nacrta, a nacrti sljedbenici su nacrti čija izrada ovisi o informacijama promatranog nacrta. Definiraju se putem matrice zavisnosti nacrta (tablica 4.1) kojom se određuje zavisnost informacija nacrta prethodnika prema promatranom nacrtu i promatranog nacrta prema nacrtima sljedbenicima s određenim težinskim faktorom međuzavisnosti nacrta. Težinskim faktorom međuzavisnosti nacrta definira se razina njihove zavisnosti. Što su

informacije nacrta prethodnika potrebne za izradu promatranog nacrta više razine važnosti, to je u matrici zavisnosti nacrta veći njihov težinski faktor međuzavisnosti nacrta. Isto vrijedi i za definiranje težinskog faktora međuzavisnosti promatranog nacrta prema nacrtima sljedbenicima. Promatrani nacrt napravljen je s razinom nepouzdanosti informacija naslijeđenih od nacrta prethodnika, a ujedno generira i vlastitu nepouzdanost. Vlastita nepouzdanost promatranog nacrta se utvrđuje na temelju triju kriterija: razine potpunosti nacrta, razine odobrenosti klasifikacijskog društva i razine odobrenosti brodovlasnika. Naslijeđena nepouzdanost promatranog nacrta utvrđuje se razinom vlastite nepouzdanosti nacrta prethodnika, umanjenu za težinski faktor međuzavisnosti nacrta s kojom nacrti prethodnici djeluju na promatrani nacrt.

Za potrebe istraživanja doktorske disertacije osnovan je algoritam, opisan u poglavlju 4.1, s kojim se izračunava nepouzdanost nacrta s kojima oni ulaze u proizvodni proces gradnje broda i tako utječu na dodatne radove i troškove, i čini jedan od modula računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije.

4.1 Algoritam za izračunavanje nepouzdanosti nacrta

Kod izrade se algoritma za izračunavanje nepouzdanosti nacrta koriste osnovne relacije iz teorije vjerojatnosti (slika 4.3) [4, 12], matematičke metode, teorije sustava i linearne algebre. Ako se pretpostave dva neovisna događaja A i B i ako je vjerojatnost događaja A jednaka $P(A)$, a vjerojatnost događaja B jednaka $P(B)$, tada je vjerojatnost da se realiziraju oba događaja dana izrazom 4.1. Ako uz to dva događaja A i B nisu međusobno isključiva, vjerojatnost realizacije barem jednoga prikazana je izrazom 4.2.



Slika 4.3 Prikaz vjerojatnosti događaja A i B [4]

$$P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B) \tag{4.1}$$

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B) \quad (4.2)$$

Vjerojatnost događaja A^C koji je suprotan događaju A prikazan je s:

$$P(A^C) = 1 - P(A) \quad (4.3)$$

Pouzdanost nacrta predstavlja vjerojatnost da se nacrt neće mijenjati jer je napravljen od pouzdanih informacija koje neće utjecati na poremećaje proizvodnog procesa gradnje broda. Pouzdanost nacrta utvrđuje se na temelju vrednovanja triju neovisnih kriterija utjecaja informacija sadržanih nacrtom, a označenih s c_1, c_2 i c_3 ($0 \leq c_1, c_2$ i $c_3 \leq 1$).

- c_1 – razina potpunosti informacija sadržanih nacrtom
- c_2 – razina odobrenosti informacija sadržanih nacrtom od klasifikacijskog društva
- c_3 – razina odobrenosti informacija sadržanih nacrtom od brodovlasnika.

Označi li se s:

- C_1 – događaj da se nacrt neće mijenjati na temelju potpunosti informacija sadržanih nacrtom
- C_2 – događaj da se nacrt neće mijenjati na temelju odobrenosti informacija sadržanih nacrtom od klasifikacijskog društva
- C_3 – događaj da se nacrt neće mijenjati na temelju odobrenosti informacija sadržanih nacrtom od brodovlasnika.

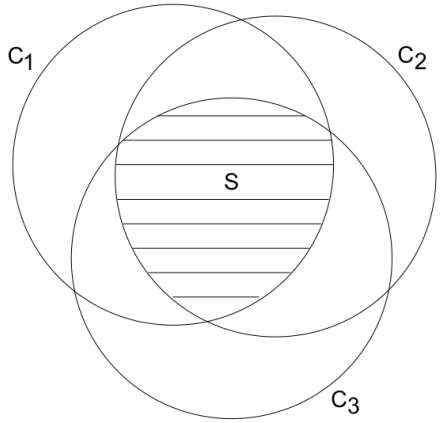
$P(C_i)$, $i = 1, 2, 3$ su potom vjerojatnosti da se nacrt neće mijenjati na temelju utjecaja promatranog kriterija. Te vjerojatnosti predstavljaju pouzdanost nacrta za promatrani kriterij.

p_i – ekspertnim pristupom utvrđena razina informacija sadržanih nacrtom koje se unaprijed pretpostavljaju pouzdanima i sigurno se ne mijenjaju. Može imati vrijednost od 0 do 1 ($0 \leq p \leq 1$).

Razina informacija sadržanih nacrtom koje se unaprijed pretpostavljaju nepouzdanim te mogu utjecati na promjenu nacrta jednaka je $1 - p_i$.

Vrijedi sljedeće: $P(C_i) = p_i + (1 - p_i) \cdot c_i$, $i = 1, 2, 3$, tj. vjerojatnost da se nacrt neće mijenjati zbog *i*-tog kriterija jednaka je razini informacija sadržanih nacrtom koje se unaprijed pretpostavljaju pouzdanima p_i, uvećanoj za razinu nacrtom uključenih informacija c_i pomnoženih s razinom informacija sadržanih nacrtom koje se unaprijed pretpostavljaju nepouzdanim $1 - p_i$.

Ako se sa *S* označi događaj da se nacrt neće trebati mijenjati, tada je *P(S)* njegova vlastita pouzdanost. Vrijedi:



Slika 4.4 Prikaz pouzdanosti nacrta

$S = C_1 \cap C_2 \cap C_3$. Ako se pretpostavi da su $C_1,\ C_2\ i\ C_3$ međusobno nezavisni, vrijedi:

$$P(S) = P(C_1) \cdot P(C_2) \cdot P(C_3) \tag{4.4}$$

Vlastita nepouzdanost nacrta jednaka je:

$$P(S^C) = 1 - P(S) \tag{4.5}$$

Vlastita pouzdanost nacrta prema izrazu 4.4 utvrđuje se vrednovanjem triju kriterija utjecaja informacija sadržanih nacrtom: razine potpunosti informacija sadržanih nacrtom, razine odobrenosti informacija sadržanih nacrtom od klasifikacijskog društva i razine odobrenosti informacija sadržanih nacrtom od brodovlasnika.

Ekspertnim pristupom [22, 24, 34] utvrđena je razina informacija sadržanih nacrtom koje svojim sadržajem ne utječu na izradu međusobno zavisnih nacrta te se unaprijed pretpostavljaju pouzdanim u iznosu od $p = 0{,}75$.

Iznesena razmatranja i matematičke postavke čine osnovu algoritma za izračunavanje nepouzdanosti nacrta koji se upotrebljava kod izrade programskog kôda računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije (slika 4.7). Algoritmom se za svaki nacrt izračunava pouzdanost u promatranom vremenu. Promatrano vrijeme je ono u kojem su informacije promatranog nacrta potrebne za izradu međusobno zavisnih nacrta ili kada se nacrt planira distribuirati u narednu fazu gradnje broda. Promatrani nacrt može, zavisno o vremenu promatranja, biti nacrt sljedbenik, ali i nacrt prethodnik pa se, prema tome,

razlikuje jednostrana i dvostrana međuzavisnost nacrta. Kod dvostrane međuzavisnosti nacrta informacije sadržane nacrtom prethodnikom mogu biti ulazni podaci za izradu promatranog nacrta, ali, s druge strane informacije iz promatranog nacrta mogu biti ulazni podaci za izradu nacrta prethodnika. Pri tome informacije sadržane nacrtom prethodnikom potrebne za izradu promatranog nacrta nemaju istu težinu i važnost u odnosu na obrnuti slučaj kolanja informacija. Kod jednostrane međuzavisnost nacrta informacije sadržane nacrtom prethodnikom mogu biti samo ulazni podaci za izradu promatranog nacrta. Za te potrebe uvodi se matrica zavisnosti nacrta. Primjer matrice zavisnosti prikazan je tablicom 4.1.

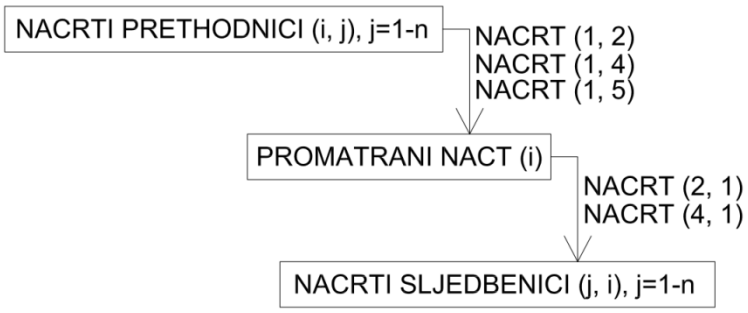
Tablica 4.1 Primjer matrice zavisnosti nacrta

		NACRT_A	NACRT_B	NACRT_C	NACRT_D	NACRT_E
	i \ j	1	2	3	4	5
NACRT_A	1	-	0,5	0	0,2	0,8
NACRT_B	2	0,2	-	0,7	0	0
NACRT_C	3	0	0,6	-	0,4	0,9
NACRT_D	4	0,9	0,1	0	-	0,5
NACRT_E	5	0	0,2	0,7	0,9	-

Matricom zavisnosti nacrta utvrđuju se veze između nacrta prethodnika i promatranog nacrta tako da se ekspertnim pristupom utvrde nacrti prethodnici koji svojim informacijama osiguravaju ulazne podatke za izradu promatranog nacrta s pripadajućim težinskim faktorom međuzavisnosti nacrta. Težinski faktor međuzavisnosti nacrta definira razinu utjecaja informacija nacrta prethodnika na promatrani nacrt, kako je to opisano u uvodnom dijelu ovoga poglavlja i slikom 4.2. Ako informacije nacrta prethodnika nemaju nikakvog utjecaja na izradu promatranog nacrta, tada je njegov težinski faktor međuzavisnosti za promatrani nacrt jednak nuli (0 % utjecaja) i suprotno, ako se promatrani nacrt ne može izraditi bez informacija nacrta prethodnika, tada je težinski faktor međuzavisnosti nacrta jednak jedinici (100 % utjecaja). Ako informacije nacrta prethodnika imaju umjereni utjecaj na izradu promatranog nacrta, tada se njihov utjecaj procjenjuje u vrijednosti između 0 i 1, ovisno o razini utjecaja informacija između 0 % i 100 %. Procjena težinskih faktora međuzavisnosti nacrta provodi se ekspertnim pristupom tako da se iz tipskog popisa nacrta za svaki promatrani brod utvrde međusobne zavisnosti nacrta s pripadajućim težinskim faktorima međuzavisnosti.

Primjer matrice zavisnosti nacrta prikazane tablicom 4.1. Ako se za primjer uzme NACRTA_A, on je za svoju izradu zavisan o informacijama iz NACRTA_B, NACRTA_D i

NACRTA_E s utjecajima od 50 %, 20 % i 80 % razine zavisnih informacija, dok istovremeno on svojim ulaznim podacima djeluje na izradu NACRTA_B i NACRTA_D s u iznosu od 20 % i 50 % razine zavisnih informacija, a na NACRT_E nema nikakvog utjecaja. Opisane relacije međuzavisnosti NACRTA_A kao nacrta prethodnika ili sljedbenika, iz matričnog zapisa prema tablici 4.1, grafički su prikazane slikom 4.5.



Slika 4.5 Grafički prikaz matrice zavisnosti nacrta

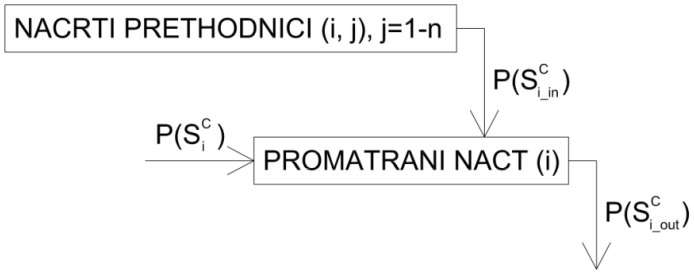
Iz primjera međuzavisnosti nacrta prikazanog slikom 4.5 zaključuje se kako je promatrani nacrt (i) sljedbenik nacrta prethodnika (i, j), te za taj slučaj vrijedi opći izraz 4.6,

$$PROMATRANI\ NACRT(i) \xleftarrow{sljedbenik} NACRTI\ PRETHODNICI(i,\ j), j=1,\ldots,n \tag{4.6}$$

dok je promatrani nacrt (i) nacrt prethodnik nacrta sljedbenika (j, i) te za taj slučaj vrijedi opći izraz 4.7.

$$PROMATRANI\ NACRT(i) \xrightarrow{prethodnik} NACRTI\ SLJEDBENICI\ (j, i),\ j=1,\ldots,n \tag{4.7}$$

Kod izračuna nepouzdanosti promatranog nacrta i utjecaja nepouzdanosti nacrta prethodnika na temelju utjecaja razine međuzavisnosti nacrta primjenom matrice zavisnosti nacrta s pripadajućim težinskim faktorima međuzavisnosti nacrta, uvijek se promatra odnos nacrta prethodnika prema promatranom nacrtu, slika 4.6. Nepouzdanost kojom nacrti prethodnici $(i, j), j = 1,\ldots, n$ promatranog nacrta (i) iz izraza 4.6 djeluju na promatrani nacrt (i) jednaka je nepouzdanosti nacrta prethodnika $(i, j), j = 1,\ldots, n$ izračunate prema izrazu 4.5, umanjene za njihove težinske faktore međuzavisnosti nacrta $W_{i,j}, j = 1,\ldots, n$, s kojom nacrti prethodnici djeluju na promatrani nacrt (i) i dana je izrazom 4.8.



Slika 4.6 Utvrđivanje nepouzdanosti promatranog nacrta

$$P\left(S_{i_in}^{C}\right) = \prod_{j=1}^{n} P\left(S_{i,j}^{C}\right) \cdot W_{i,j} \tag{4.8}$$

Na promatrani nacrt (i), osim naslijeđene nepouzdanosti nacrta prethodnika, djeluje i vlastita nepouzdanost nacrta $P\left(S_i^C\right)$ definirana izrazom 4.5 tako da je ukupna nepouzdanost promatranog nacrta (i) s kojom on djeluje na idući zavisni nacrt:

$$P\left(S_{i_out}^{C}\right) = P\left(S_i^C\right) \cdot P\left(S_{i_{in}}^{C}\right) \tag{4.9}$$

Izraz 4.9 čini osnovu algoritma za izračunavanje nepouzdanosti nacrta prikazanog i opisanog slikom 4.7.

Kako je to opisano u poglavlju 3.1, tehnička se dokumentacija dijeli na projektnu, funkcionalnu i radioničku. Na identičan način su i nacrti koji se obrađuju računalnim alatom za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije svrstani u skupinu projektne, funkcionalne i radioničke tehničke dokumentacije. Pri tome se u obzir uzimaju sljedeća ograničenja:

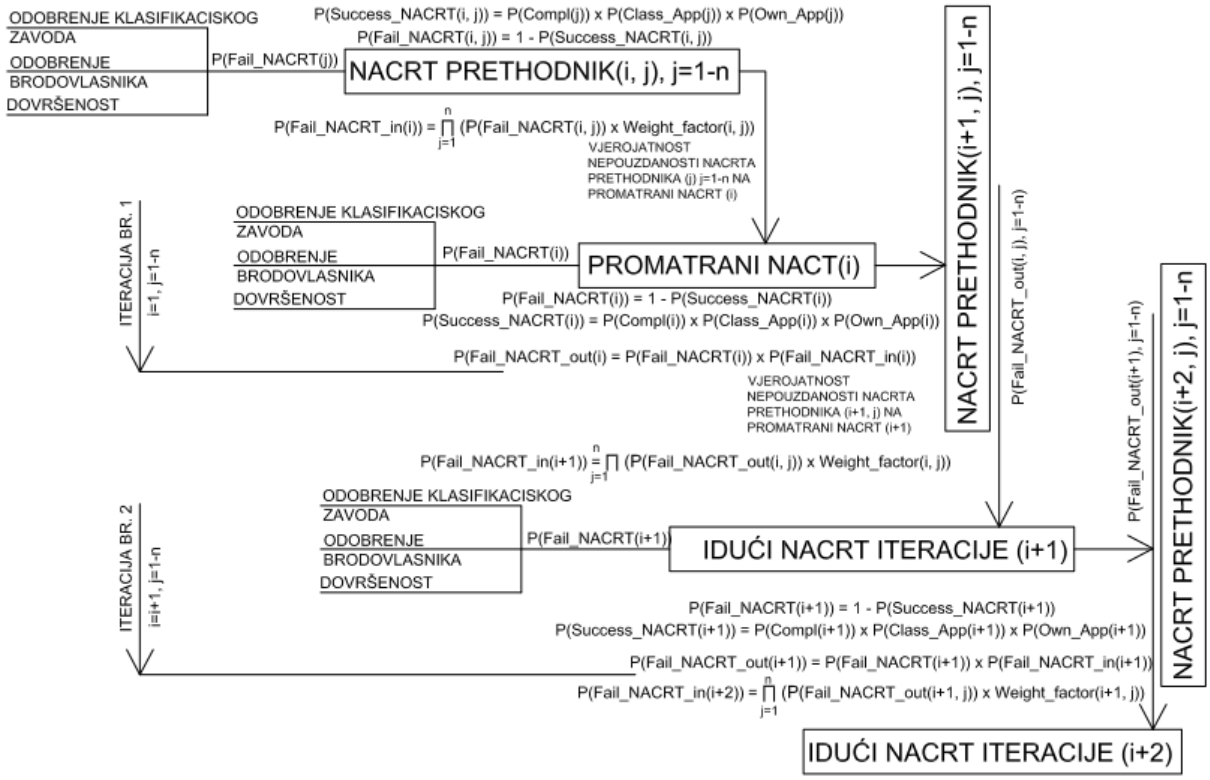
a) Nacrti iz skupine projektne tehničke dokumentacije nalaze se po važnosti u primarnoj skupini tehničke dokumentacije i o njima ovisi izrada funkcionalne tehničke dokumentacije kao dokumentacije niže razine važnosti. Informacije sadržane nacrtima iz skupine projektne tehničke dokumentacije predstavljaju ulazni podatak za izradu nacrta iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije, dok nacrti iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije svojim podacima ne utječu na izradu nacrta iz skupine projektne tehničke dokumentacije. Dakle, nacrti iz skupine projektne tehničke dokumentacije mogu biti samo prethodnici nacrtima iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije (vrijedi izraz 4.6), ali ne mogu biti njihovi sljedbenici (ne vrijedi izraz 4.7). Nacrti unutar skupine projektne tehničke dokumentacije mogu jedan drugom biti nacrti prethodnici i nacrti sljedbenici, dakle za njih vrijede oba izraza, 4.6 i 4.7.

b) Nacrti iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije po važnosti su viša razina u odnosu na nacrte iz skupine radioničke tehničke dokumentacije tako da oni mogu nacrtima iz skupine radioničke tehničke dokumentacije biti samo nacrti prethodnici (vrijedi izraz 4.6), ali ne mogu biti njihovi sljedbenici (ne vrijedi izraz 4.7). Nacrti unutar skupine funkcionalne tehničke dokumentacije mogu jedan prema drugom biti nacrti prethodnici i nacrti sljedbenici, dakle za njih vrijede oba izraza, 4.6 i 4.7.
c) 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 prema drugom biti nacrti prethodnici i nacrti sljedbenici, dakle za njih vrijede oba izraza, 4.6 i 4.7.

Na temelju analiza ograničenja iznesenih u točkama a), b) i c) mogu se utvrditi opća pravila koja će se primjenjivati u procesu optimizacije planiranja izrade tehničke dokumentacije:

1. nacrti iz skupine tehničke dokumentacije više razine važnosti mogu biti samo nacrti prethodnici nacrtima iz skupine niže razine važnosti (vrijedi izraz 4.6)
2. nacrti iz skupine tehničke dokumentacije niže razine važnosti ne mogu biti nacrti prethodnici nacrtima iz skupine više razine važnosti (ne vrijedi izraz 4.7)
3. nacrti iz skupine tehničke dokumentacije iste razine važnosti mogu jedan prema drugom biti nacrti prethodnici i nacrti sljedbenici i za njih vrijede oba izraza, 4.6 i 4.7.

Primjenom temeljnih relacija iz izraza od 4.1 do 4.9 izrađena je organizacijska struktura algoritma za izračunavanje nepouzdanosti nacrta, prikazana slikom 4.7, s programskim kôdom izrađenim prema izrazima od 4.10 do 4.20, čiji se ispis nalazi u prilogu 1 doktorske disertacije.



Slika 4.7 Prikaz organizacijske strukture algoritma za izračunavanje nepouzdanosti nacrta

LEGENDA SIMBOLA IZ SLIKE 4.7 S USPOREDNIM SIMBOLIMA DANIH MATEMATIČKIH IZRAZA:

Matematički simbol	Simbol usvojen algoritmom	Definicija
$P(C_1)$	$P(Compl)$	*pouzdanost nacrta na temelju utjecaja razine potpunosti informacija sadržanih nacrtom*
$P(C_2)$	$P(Class_App)$	*pouzdanost nacrta na temelju utjecaja razine odobrenosti informacija sadržanih nacrtom od klasifikacijskog društva*
$P(C_3)$	$P(Own_App)$	*pouzdanost nacrta na temelju utjecaja razine odobrenosti informacija sadržanih nacrtom od brodovlasnika*
$P(S)$	$P(Succes_NACRT)$	*vlastita pouzdanost nacrta*
$P(S^C)$	$P(Fail_NACRT)$	*vlastita nepouzdanost nacrta*
$P(S_{in}^C)$	$P(Fail_NACRT_in)$	*nepouzdanost zavisnih nacrta prethodnika s kojom oni djeluju na promatrani nacrt*
$P(S_{out}^C)$	$P(Fail_NACRT_out)$	*nepouzdanost promatranog nacrta s kojom on djeluje na zavisne nacrte sljedbenike*
W	$Weight_factor$	*težinski faktor međuzavisnosti nacrta*

Simboli prikazani organizacijskom strukturom iz slike 4.7 prilagođeni su algoritmu računalnog alata, čije je tumačenje prikazano legendom uz samu sliku. U daljnjoj razradi doktorske disertacije koristit će se isti simboli i varijable prilagođene pojedinim algoritmima i njihovim programskim kôdovima.

Izračun nepouzdanosti nacrta iteracijski je postupak u kojem se uvijek promatra utjecaj nepouzdanosti zavisnih nacrta prethodnika na promatrani nacrt, slika 4.6. Pri tome promatrani nacrt (i) u narednom iteracijskom koraku postaje jedan od nacrta prethodnika $(i+1, j)$ idućem nacrtu iteracije $(i+1)$, slika 4.7.

1. **iteracija br. 1:** izračun nepouzdanosti nacrta prethodnika $(i, j),\ j = 1,\ldots, n$ prema promatranom nacrtu (i), slika 4.7

Vlastita pouzdanost zavisnog nacrta prethodnika $(i, j),\ j = 1,\ldots, n$ prema promatranom nacrtu (i) glasi:

$$P(S_{i,j}) = P(C_{1,j}) \cdot P(C_{2,j}) \cdot P(C_{3,j}),\ j = 1,\ldots, n \tag{4.10}$$

Vlastita nepouzdanost zavisnog nacrta prethodnika $(i, j),\ j = 1,\ldots, n$ prema promatranom nacrtu (i) glasi:

$$P(S_{i,j}^C) = 1 - P(S_{i,j}),\ j = 1,\ldots, n \tag{4.11}$$

Ukupna nepouzdanost svih zavisnih nacrta prethodnika $(i, j),\ j = 1,\ldots, n$ koji sa svojim ulaznim podacima djeluju na promatrani nacrt (i) glasi:

$$P(S_{i_in}^C) = \prod_{j=1}^{n} P(S_{i,j}^C) \cdot W_{i,j} \tag{4.12}$$

Vlastita pouzdanost promatranog nacrta (i) glasi:

$$P(S_i) = P(C_{1,i}) \cdot P(C_{2,i}) \cdot P(C_{3,i}) \tag{4.13}$$

Vlastita nepouzdanost promatranog nacrta (i) glasi:

$$P(S_i^C) = 1 - P(S_i) \tag{4.14}$$

Nepouzdanost promatranog nacrt (i) koji svojim ulaznim podacima djeluje na idući zavisni nacrt iteracije $(i+1)$ računa se prema izrazu 4.9 i glasi:

$$P(S_{i_out}^C) = P(S_i^C) \cdot P(S_{i_in}^C) \tag{4.15}$$

2. **iteracija br. 2:** izračun nepouzdanosti nacrta prethodnika $(i{+}1, j),\ i, j = 1,\ldots, n$ prema idućemu nacrtu iteracije $(i+1)$

U idućemu iteracijskom koraku promatrani nacrt (i) postaje jedan od nacrta prethodnika idućem nacrtu iteracije $(i+1)$ te se prati utjecaj nepouzdanosti svih zavisnih nacrta

prethodnika $(i{+}1, j)$, $j = 1,\ldots, n$ na idući nacrt iteracije $(i + 1)$, slika 4.7. Ukupna nepouzdanost svih zavisnih nacrta prethodnika $(i{+}1, j)$, $j = 1,\ldots, n$ koji svojim ulaznim podacima djeluju na idući nacrt iteracije $(i + 1)$ glasi:

$$P(S^C_{i+1_in}) = \prod_{j=1}^{n} P\left(S^C_{i+1,j}\right) \cdot W_{i+1,j} \tag{4.16}$$

Vlastita pouzdanost idućega nacrta iteracije $(i + 1)$ glasi:

$$P(S_{i+1}) = P(C_{1,i+1}) \cdot P(C_{2,i+1}) \cdot P(C_{3,i+1}) \tag{4.17}$$

Vlastita nepouzdanost idućega nacrta iteracije $(i + 1)$ glasi:

$$P(S^C_{i+1}) = 1 - P(S_{i+1}) \tag{4.18}$$

Nepouzdanost nacrta iteracije $(i + 1)$ koji svojim ulazim podacima djeluje na idući zavisni nacrt iteracije $(i + 2)$ sastoji od vlastite nepouzdanosti nacrta iteracije $(i + 1)$ i nepouzdanosti svih zavisnih nacrta prethodnika koji djeluju na nacrt iteracije $(i + 1)$ i glasi:

$$P\left(S^C_{i+1_out}\right) = P\left(S^C_{i+1}\right) \cdot P(S^C_{i+1_in}) \tag{4.19}$$

Istim principom se iteracijski postupak nastavlja te se računaju nepouzdanosti nacrta za sve međusobno zavisne nacrte definirane matricom zavisnosti nacrta, čiji je primjer prikazan tablicom 4.1. Na temelju izraza 4.10 do 4.19 može se napisati opći izraz s kojim se izračunava nepouzdanost svakog pojedinog nacrta iz matrice zavisnih nacrta s kojom oni ulaze u proizvodni proces gradnje broda i glasi:

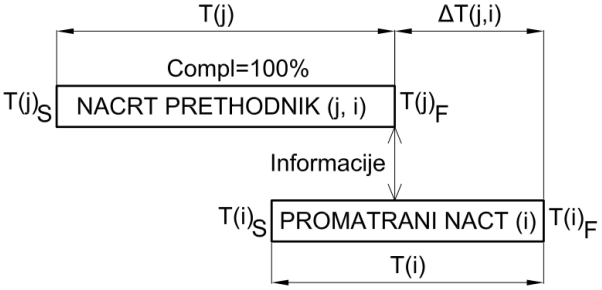
$$P\left(S^C_{i_out}\right) = P\left(S^C_i\right) \cdot P\left(S^C_{i_in}\right),\ i = 1, \ldots, n \tag{4.20}$$

4.2 Definiranje smjernica za optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije

Opisani postupak čini osnovu algoritma za izračunavanje nepouzdanosti nacrta i ugrađen je u programski kôd računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije, čiji se ispis nalazi u prilogu 1 doktorske disertacije. Njime će se moći izračunati nepouzdanost međusobno zavisnih nacrta i optimizirati redoslijed njihove izrade i distribucije u narednu fazu brodograđevnog procesa. Pristup se zasniva na osiguravanju potpunih i pouzdanih informacija sadržanih nacrtima prethodnicima, a koje su potrebne za izradu i završetak promatranog nacrta. Time se podiže razina pouzdanosti nacrta i umanjuje vjerojatnost nastanka poremećaja i dodatnih radova tijekom proizvodnog procesa gradnje

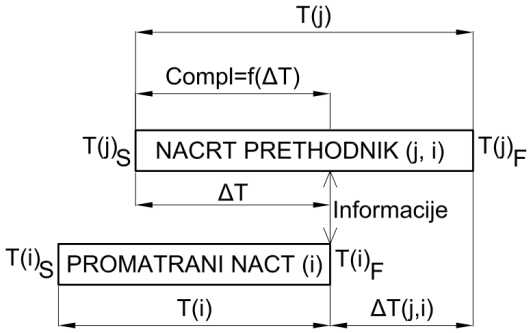
broda. Kako je to opisano u poglavlju 4.1, promatrani nacrt može biti zavisan s nacrtom prethodnikom na dva načina: dvostrano i jednostrano. Pri tome nacrt prethodnik može biti završen prije ili poslije završetka promatranog nacrta. Ako je nacrt prethodnik završen prije završetka promatranog nacrta, to se definira kao pozitivan fazni pomak jer se time omogućuje potpuni prijenos informacija nacrta prethodnika na promatrani nacrt prije završetka izrade promatranog nacrta. Ako je nacrt prethodnik završen poslije završetka promatranog nacrta, to se definira kao negativan fazni pomak jer se time ne omogućuje potpuni prijenos informacija nacrta prethodnika na promatrani nacrt, već se informacije nacrta prethodnika mogu uključiti u promatrani nacrt samo do razine potpunosti nacrta prethodnika u vremenu do završetka izrade promatranog nacrta, slika 4.8.

Eksperimentalnom metodom utvrđeno je da optimalno vrijeme izrada nacrta ovisi o tome je li međuzavisnost nacrta jednostrana ili dvostrana i je li promatrani nacrt izrađen s pozitivnim ili negativnim faznim pomakom u odnosu na nacrt prethodnik.



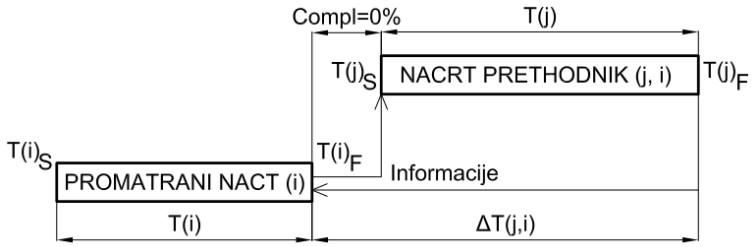
$$T(j)_F < T(i)_F, \Delta T(j,i) = T(i)_F - T(j)_F > 0$$

Slika 4.8 a) Pozitivni fazni pomak – nacrt prethodnik je završen prije završetka promatranog nacrta



$$T(j)_F > T(i)_F, \Delta T(j,i) = T(i)_F - T(j)_F < 0, |\Delta T(j,i)| < T(j)$$

Slika 4.8 b) Negativni fazni pomak – promatrani nacrt je završen prije završetka nacrta prethodnika s određenim vremenom preklapanja ΔT, $\Delta T = T(j) - |\Delta T(j,i)|$



$$T(j)_F > T(i)_F, \Delta T(j,i) = T(i)_F - T(j)_F < 0, |\Delta T(j,i)| > T(j)$$

Slika 4.8 c) Negativni fazni pomak - promatrani nacrt je završen prije završetka nacrta prethodnika bez vremena preklapanja ΔT, $\Delta T = T(j) - |\Delta T(j,i)| \leq 0$

Slika 4.8 (a, b i c) Utjecaj vremena završetka međusobno zavisnih nacrta na pouzdanost promatranog nacrta

NAPOMENA: U slučaju dvostrane međuzavisnosti nacrta informacije kolaju u obama smjerovima, dok u slučaju jednostrane međuzavisnosti nacrta informacije kolaju samo od nacrta prethodnika prema promatranom nacrtu.

LEGENDA: Compl – razina potpunost informacija sadržanih nacrtom prethodnikom u vremenu završetka promatranog nacrta; $T(j)_S$ – vrijeme početka izrade nacrta prethodnika; $T(j)_F$ – vrijeme završetka izrade nacrta prethodnika); $T(i)_S$ – vrijeme početka izrade promatranog nacrta; $T(i)_F$ – vrijeme završetka izrade promatranog nacrta; T(j) – trajanje izrade nacrta prethodnika; T(i) – trajanje izrade promatranog nacrta; ΔT(j,i) – vremensko zaostajanje u završetku izrade promatranog nacrta; ΔT – vremensko preklapanje izrade nacrta.

Slučaj a) Pozitivni fazni pomak – nacrt prethodnik završen prije završetka promatranog nacrta

a-1) jednostrana međuzavisnost nacrta: Kod jednostrane međuzavisnosti nacrta poželjno je da nacrt prethodnik bude završen što je moguće više prije završetka izrade promatranog nacrta ($\Delta T(j,i) > 0$) jer se tada osigurava mogućnost prijenosa potpunih informacija iz nacrta prethodnika na promatrani nacrt. Što je $\Delta T(j,i)$ veće, to će informacije za izradu promatranog nacrta biti prije na raspolaganju. Optimalno vrijeme završetka nacrta prethodnika je u vremenu početka izrade promatranog nacrta, odnosno kada je zadovoljen uvjet $T(j)_F = T(i)_S$ jer će se tada osigurati započinjanje izrade promatranog nacrta s potpunim informacija nacrta prethodnika, što će osigurati maksimalnu pouzdanost promatranog nacrta uz istovremeno najmanji utjecaj nepouzdanosti nacrta prethodnika. U slučaju kada je vrijeme završetka izrade nacrta prethodnika nalazi između vremena početka i završetka izrade promatranog nacrta, odnosno kada su zadovoljeni uvjet da su $T(j)_F > T(i)_S$ i $T(j)_F < T(i)_F$, osigurat će se izrada promatranog nacrta s potpunim informacijama iz nacrta prethodnika, ali s poremećajem u

kontinuitetu izrade, koji je veći što se nacrt prethodnik kasnije završi, odnosno što je viša razina preklapanja izrade između tih dvaju nacrta. Ako je vrijeme završetka nacrta prethodnika ranije nego je to planirano vrijeme započinjanja izrade promatranog nacrta, odnosno kada je zadovoljen uvjet $T(j)_F < T(i)_S$, to neće imati nikakvog utjecaja na pouzdanost i kontinuitet izrade promatranog nacrta, ali može imati značajan utjecaj na ostale nacrte s kojima je nacrt prethodnik također u međuzavisnosti.

a-2) dvostrana međuzavisnost nacrta: Kod dvostrane međuzavisnosti nacrta poželjno je da nacrt prethodnik bude završen što je moguće više u vremenu završetka izrade promatranog nacrta jer se tada osigurava mogućnost prijenosa većine informacija iz nacrta prethodnika na promatrani nacrt i obrnuto s promatranog nacrta na nacrt prethodnik. Što je vremenska razlika između dovršenosti nacrta prethodnika i promatranog nacrta manja, veća je mogućnost prijenosa informacija u obama smjerovima. Optimalno vrijeme završetka nacrta prethodnika je u vremenu završetka promatranog nacrta, odnosno kada je zadovoljen uvjet $T(j)_F = T(i)_F$. Kada se vrijeme završetka izrade nacrta prethodnika nalazi između vremena početka i završetka izrade promatranog nacrta, odnosno kada su zadovoljeni uvjeti da su $T(j)_F > T(i)_S$ i $T(j)_F < T(i)_F$, moguć je potpun prijenos informacija s nacrta prethodnika na promatrani nacrt. No u obrnutom se smjeru informacije, koje su nacrtu prethodniku potrebne od promatranog nacrta, moguće je prenijeti samo u obimu do kojega je promatrani nacrt završen do vremena dovršenosti nacrta prethodnika, odnosno, moguće je ostvariti prijenos informacija u iznosu do razine dovršenosti promatranog nacrta u promatranom vremenu, umanjene za težinski faktor međuzavisnosti nacrta. Ako je vrijeme završetka nacrta prethodnika ranije nego što je planirano vrijeme započinjanja izrade promatranog nacrta, odnosno kada je zadovoljen uvjet $T(j)_F < T(i)_S$, to neće imati nikakvog utjecaja na pouzdanost i kontinuitet izrade promatranog nacrta, ali će imati značajan utjecaj na izradu nacrta prethodnika jer u tom vremenu neće biti na raspolaganju informacije promatranog nacrta jer se on još nije započeo niti raditi. U slučaju da se ne mogu uskladiti vremena završetka nacrta prethodnika i promatranog nacrta u isto vrijeme, odnosno da se ne može zadovoljiti optimalan uvjet $T(j)_F = T(i)_F$, tada se završetak izrade nacrta planira uzimajući u obzir težinski faktor međuzavisnosti nacrta tako da se uvijek ranije završi onaj nacrt koji ima veći utjecaj na izradu onoga drugog, odnosno onoga koji ima veći težinski faktor međuzavisnosti nacrta.

Slučaj b) Negativni fazni pomak – promatrani nacrt završen prije završetka nacrta prethodnika s određenim vremenom preklapanja ΔT

b-1) jednostrana međuzavisnost nacrta: Kod jednostrane međuzavisnosti nacrta poželjno je da nacrt prethodnik bude završen što je moguće više do završetka izrade promatranog nacrta jer se tada osigurava veća mogućnost prijenosa informacija iz nacrta prethodnika na promatrani nacrt ($\Delta T(j,i) < 0$). Što je $\Delta T(j,i)$ bliže nuli, to će više informacije nacrta prethodnika biti na raspolaganju kod izrade promatranog nacrta. Optimalno vrijeme završetka promatranog nacrta je u vremenu završetka izrade nacrta prethodnika, odnosno kada je zadovoljen uvjet $T(j)_F = T(i)_F$ jer će se tada osigurati da promatrani nacrt bude završen s potpunim informacija nacrta prethodnika, što će osigurati maksimalnu pouzdanost promatranog nacrta, uz istovremeno najmanji utjecaj nepouzdanosti nacrta prethodnika. U slučaju kada je vrijeme završetka izrade promatranog nacrta nalazi između vremena početka i završetka izrade nacrta prethodnika, odnosno kada su zadovoljeni uvjeti da su $T(i)_F > T(j)_S$ i $T(i)_F < T(j)_F$, moguć je prijenos informacija s nacrta prethodnika na promatrani nacrt samo u obimu do kojeg je nacrt prethodnik završen do vremena dovršenosti promatranog nacrta. Drugim riječima, moguće je ostvariti prijenos informacija u iznosu do razine dovršenosti nacrta prethodnika u promatranom vremenu, umanjene za težinski faktor međuzavisnosti nacrta. Ako je vrijeme završetka promatranog nacrta ranije nego što je planirano vrijeme započinjanja izrade nacrta prethodnika, odnosno kada je zadovoljen uvjet $T(i)_F < T(j)_S$, to će imati značajan utjecaj na izradu promatranog nacrta jer u zahtijevanom vremenu neće biti na raspolaganju informacije nacrta prethodnika jer se on još nije započeo niti raditi.

b-2) dvostrana međuzavisnost nacrta: Kod dvostrane međuzavisnosti nacrta poželjno je da nacrt prethodnik bude završen što je moguće više do završetka izrade promatranog nacrta jer se tada osigurava mogućnost prijenosa većine informacija iz nacrta prethodnika na promatrani nacrt i obrnuto. Što je vremenska razlika između dovršenosti i prethodnog i promatranog nacrta manja, veća je mogućnost prijenosa informacija iz nacrta u oba smjera. Optimalno vrijeme završetka nacrta prethodnika je u vremenu završetka promatranog nacrta, odnosno kada je zadovoljen uvjet $T(j)_F = T(i)_F$. Kada se vrijeme završetka izrade promatranog nacrta nalazi između vremena početka i završetka izrade nacrta prethodnika, odnosno kada su zadovoljeni uvjet da su $T(i)_F > T(j)_S$ i $T(i)_F < T(j)_F$, moguć je potpun prijenos informacija s promatranog nacrta na nacrt prethodnik, ali su u obrnutom smjeru informacije, koje su promatranom nacrtu potrebne od nacrta prethodnika, moguće je prenijeti samo u obimu do

kojega je nacrt prethodnik završen do vremena dovršenosti promatranog nacrta, odnosno, moguće je ostvariti prijenos informacija u iznosu do razine dovršenosti nacrta prethodnika u promatranom vremenu, umanjene za težinski faktor međuzavisnosti nacrta. Ako je vrijeme završetka promatranog nacrta ranije nego što je planirano vrijeme započinjanja izrade nacrta prethodnika, odnosno kada je zadovoljen uvjet $T(i)_F < T(j)_S$, to neće imati utjecaja na pouzdanost i kontinuitet izrade nacrta prethodnika, ali će imati značajan utjecaj na izradu promatranog nacrta jer u tom vremenu neće biti na raspolaganju informacije nacrta prethodnika koji se tada još nije započeo niti raditi. U slučaju da se ne mogu uskladiti vremena završetka nacrta prethodnika i promatranog nacrta u isto vrijeme, odnosno zadovoljiti optimalan uvjet $T(j)_F = T(i)_F$, tada se završetak izrade nacrta planira tako da se uzima u obzir težinski faktor međuzavisnosti nacrta, i to tako da se uvijek ranije završi onaj nacrt koji ima veći utjecaj na izradu onoga drugog, odnosno onoga koji ima veći težinski faktor međuzavisnosti nacrta.

Slučaj c) Negativni fazni pomak – promatrani nacrt završen prije završetka nacrta prethodnika bez vremena preklapanja ΔT

Za slučajeve koji se dogode pod istim okolnostima vrijede ista razmatranja opisana slučajevima a) i b).

4.3 Analiza nepouzdanosti nacrta karakterističnih scenarija preklapanja izrade tehničke dokumentacije

U ovom će se poglavlju primjenom analize osjetljivosti istražiti i izračunati nepouzdanosti nacrta za više karakterističnih slučajeva planiranja izrade tehničke dokumentacije, na temelju kojih će se primjenom smjernica za optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije utvrđenih poglavljem 4.2, analizirati i vrednovati svaki pojedini scenarij te će se predložiti optimalan pristup planiranju izrade tehničke dokumentacije. Izračun je podržan algoritmom za izračunavanje nepouzdanosti nacrta opisanog u poglavlju 4.1, koji čini jedan od modula računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije, opisanog u poglavlju 7.

Algoritmom za izračunavanje nepouzdanosti nacrta uzimaju se u obzir sljedeća ograničenja:

a) Nacrti iz skupine projektne i funkcionalne tehničke dokumentacije predmet su odobrenja klasifikacijskog društva i brodovlasnika, dok nacrti iz skupine radioničke tehničke

dokumentacije služe samo u proizvodnom procesu gradnje broda i nisu predmet odobrenja.

b) Kada je nacrt završen, on može biti potpun ako je napravljen s potpunim i pouzdanim informacijama ili može biti nepotpun ako u njemu nisu uključene i obrađene sve predviđene informacije.
c) Kada je nacrt iz skupine projektne i funkcionalne tehničke dokumentacije završen, on ima status neodobrenog nacrta od klasifikacijskog društva i brodovlasnika s razinom pouzdanost za svaki promatrani kriterij u iznosu od 0,75.
d) Proces odobravanja tehničke dokumentacije od klasifikacijskog društva i brodovlasnika uzima se u trajanju od 30 dana, što predstavlja iskustvenu vrijednost trajanja procesa. Naime, klasifikacijska društva već kod sklapanja ugovora o nadziranju gradnje broda podrazumijevaju da će taj proces trajati između 21 i 30 dana, ovisno o složenosti nacrta, ali prema iskustvenim pokazateljima, u pravilu traje od 21 pa do 60 dana te se 30 dana prihvaća kao referentna vrijednost. Isto vrijedi i za proces odobravanja tehničke dokumentacije brodovlasnika te se unaprijed pretpostavlja trajanje od 30 dana.
e) Nacrt od klasifikacijskog društva i brodovlasnika može biti u potpunosti odobren, odobren s primjedbama ili neodobren. Ako je nacrt odobren, njegova pouzdanost na temelju kriterija odobrenosti klasifikacijskog društva i brodovlasnika iznosi 1. Kada je nacrt odobren s primjedbama, njegova nepouzdanost ovisi o postotnom udjelu nacrtom neodobrenih informacija. Kada nacrt nije odobren, njegova pouzdanost ostaje ona početna.
f) Nacrti iz skupine projektne tehničke dokumentacije imaju dvostranu međuzavisnost unutar skupine, ali jednostranu prema nacrtima skupine funkcionalne tehničke dokumentacije, kako je to opisano u poglavlju 4.1.
g) Nacrti iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije imaju dvostranu međuzavisnost unutar skupine, ali jednostranu prema nacrtima skupine radioničke tehničke dokumentacije, kako je to opisano u poglavlju 4.1.
h) Nacrti iz skupine radioničke tehničke dokumentacije imaju samo dvostranu međuzavisnost unutar skupine, kako je to opisano u poglavlju 4.1.

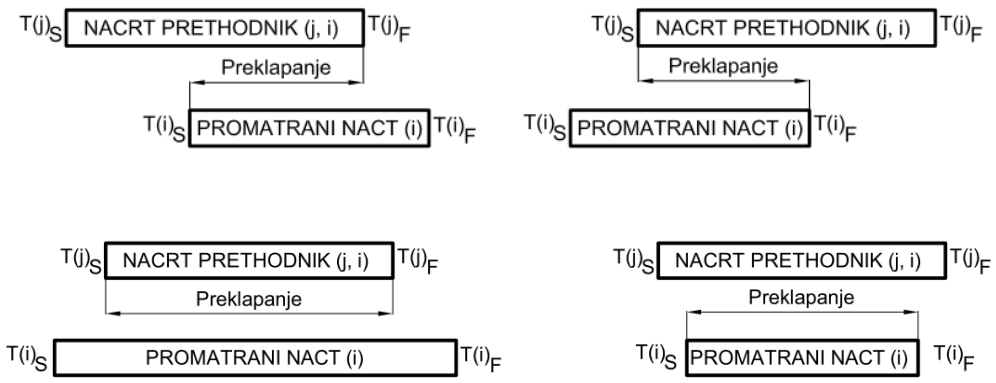
Za lakšu razradu, prikaz i analizu rezultata nacrti će se metodom klasifikacije objediniti po skupinama tehničke dokumentacije prema kriterijima koji vrijede u brodogradilištima Dalekog istoka tako što će se nacrti iz skupine projektne tehničke dokumentacije objediniti

zajedničkom skupinom pod nazivom „Basic design“, nacrti iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije bit će objedinjeni pod zajedničkim nazivom „System design“, dok će nacrti skupine radioničke tehničke dokumentacije biti objedinjeni zajedničkom skupinom nacrta pod nazivom „Detail design“.

Kod analize utjecaja razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije na nepouzdanost nacrta, uzet će se u razmatranje više scenarija od kojih je najnepovoljniji onaj s negativnim faznim pomacima kada se s izradom funkcionalne tehničke dokumentacije započinje prije nego što je dovršena projektna tehnička dokumentacija, a s izradom radioničke tehničke dokumentacije prije nego što je dovršena funkcionalna tehnička dokumentacija. Dalje će se razvijati scenariji preklapanja izrade tehničke dokumentacije variranjem faznih pomaka u njezinoj izradi. Izračun nepouzdanosti nacrta za svaki pojedini scenarij radit će se za dvije razine zavisnosti nacrta, jednu s malim težinskim faktorima međuzavisnosti nacrta i drugu s velikim faktorima međuzavisnosti nacrta. Na temelju rezultata izračuna nepouzdanosti nacrta razmatranih scenarija izvršit će se analiza i opis rezultata svakog obrađenog scenarija na temelju kojega će se uočiti tendencija utjecaja preklapanja izrade tehničke dokumentacije na nepouzdanost nacrta i dati smjernice za postizanje optimalnog rješenja. Analizirat će se sljedeći karakteristični scenariji:

a) Scenarij 1 – Preklapanje izrade nacrta između različitih skupina tehničke dokumentacije s negativnim faznim pomakom
    i. s niskom razinom zavisnosti nacrta
    ii. s visokom razinom zavisnosti nacrt
b) Scenarij 2 – Preklapanje izrade nacrta između različitih skupina tehničke dokumentacije s pozitivnim faznim pomakom
    i. s niskom razinom zavisnosti nacrta
    ii. s visokom razinom zavisnosti nacrta
c) Scenarij 3 – Izrada nacrta bez preklapanja između različitih skupina tehničke dokumentacije s pozitivnim faznim pomakom
    i. s niskom razinom zavisnosti nacrta
    ii. s visokom razinom zavisnosti nacrta.

Preklapanje izrade tehničke dokumentacije podrazumijeva izradu nacrta prethodnika u jednom dijelu vremena izrade promatranog nacrta (slika 4.9), odnosno kada vrijede izrazi 4.21, 4.22, 4.23 i 4.24.



Slika 4.9 Prikaz razina preklapanja izrade tehničke dokumentacije

LEGENDA: $T(j)_S$ – Vrijeme početka izrade nacrta prethodnika, $T(j)_F$ – Vrijeme završetka izrade nacrta prethodnika, $T(i)_S$ – Vrijeme početka izrade promatranog nacrta, $T(i)_F$ – Vrijeme završetka izrade promatranog

Kada je nacrt prethodnik završen prije promatranog nacrta ($T(j)_F < T(i)_F$) i kada je nacrt prethodnik započet s izradom prije promatranog nacrta ($T(j)_S < T(i)_S$), tada je:

$$Preklapanje = T(j)_F - T(i)_S \tag{4.21}$$

Kada je promatrani nacrt završen prije nacrta prethodnika ($T(i)_F < T(j)_F$) i kada je nacrt prethodnik započet s izradom poslije promatranog nacrta ($T(j)_S > T(i)_S$), tada je:

$$Preklapanje = T(j)_F - T(j)_S \tag{4.22}$$

Kada je nacrt prethodnik završen prije promatranog nacrta ($T(j)_F < T(i)_F$) i kada je nacrt prethodnik započet s izradom poslije promatranog nacrta ($T(j)_S > T(i)_S$), tada je:

$$Preklapanje = T(j)_F - T(j)_S \tag{4.23}$$

Kada je promatrani nacrt završen prije nacrta prethodnika ($T(i)_F < T(j)_F$) i kada je promatrani nacrt započet s izradom poslije nacrta prethodnika ($T(i)_S > T(j)_S$), tada je:

$$Preklapanje = T(i)_F - T(i)_S \tag{4.24}$$

U slučaju kada je nacrt prethodnik završen u vremenu koji je blizu vremena završetka promatranog nacrta, moguće je osigurati potpuni prijenos informacija nacrta prethodnika na promatrani nacrt. Međutim, što je ta vremenska razlika manja, to će kasnije doći do procesa prijenosa informacija. U graničnom slučaju to može dovesti do produženja izrade promatranog nacrta.

U slučaju kada je nacrt prethodnik završen nakon završetka izrade promatranog nacrta, nije moguće osigurati potpun prijenos informacija s nacrta prethodnika na promatrani nacrt, već samo do razine raspoloživih informacija ostvarenih do vremena završetka promatranog nacrta $T(i)_F$.

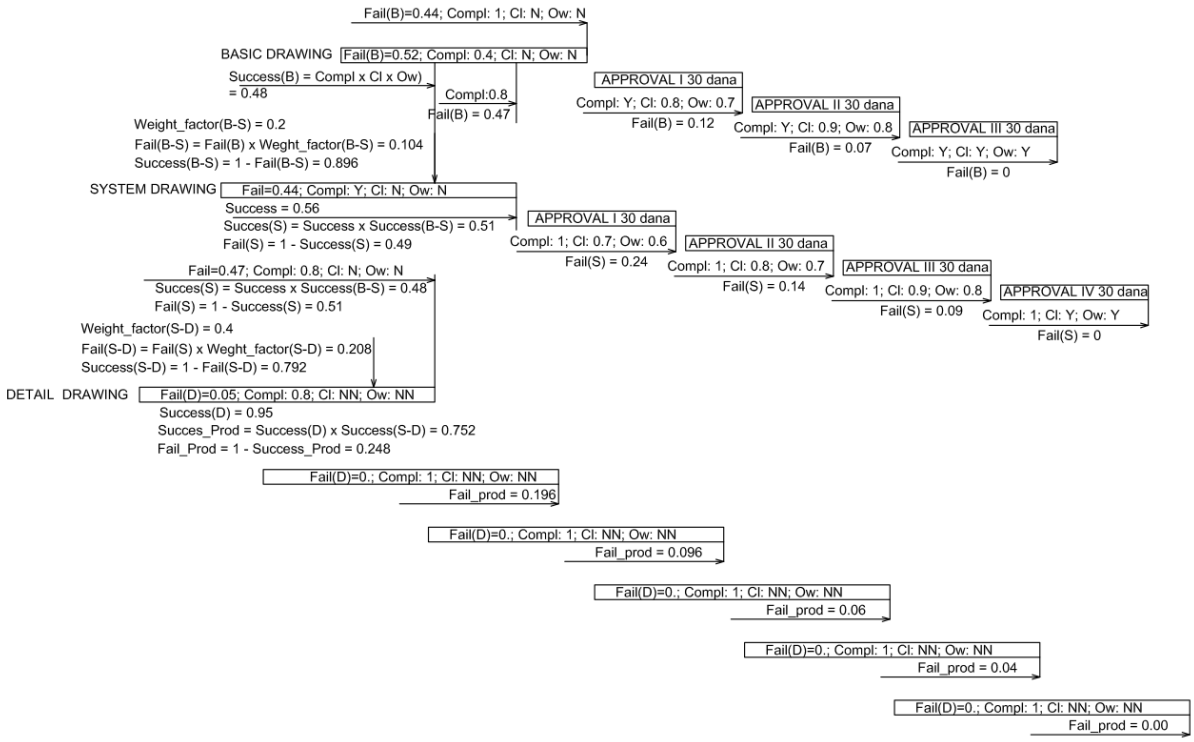
4.3.1 Scenarij 1 – Preklapanje izrade nacrta između različitih skupina tehničke dokumentacije s negativnim faznim pomakom

Kako je u uvodnom dijelu poglavlja 4.3 istaknuto, izračun nepouzdanosti nacrta za različite scenarije izvršit će se za dvije razine zavisnosti nacrta:

1. **malu razinu zavisnosti nacrta:** za primjer će se usvojiti težinski faktor međuzavisnosti nacrta u razini od 0,2 za zavisne nacrte iz skupine projektne tehničke dokumentacije prema funkcionalnoj tehničkoj dokumentaciji, što znači da je 20 % informacija iz projektne tehničke dokumentacije uključeno u izradu funkcionalne tehničke dokumentacije, a za zavisne nacrte iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije prema radioničkoj tehničkoj dokumentaciji usvojit će se težinski faktor međuzavisnosti nacrta u razini od 0,4, što znači da je za izradu radioničke tehničke dokumentacije potrebno 40 % informacija funkcionalne tehničke dokumentacije
2. **veliku razinu međuzavisnosti**: za primjer će se usvojiti težinski faktor međuzavisnosti nacrta u razini od 0,6 za zavisne nacrte iz skupine projektne tehničke dokumentacije prema funkcionalnoj tehničkoj dokumentaciji, što znači da je 60 % informacija iz projektne tehničke dokumentacije uključeno u izradu funkcionalne tehničke dokumentacije, a za zavisne nacrte iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije prema radioničkoj tehničkoj dokumentaciji usvojit će se težinski faktor međuzavisnosti nacrta u razini od 0,8, što znači da je za izradu radioničke tehničke dokumentacije potrebno 80 % informacija funkcionalne tehničke dokumentacije.

Zavisnosti nacrta i težinski faktor međuzavisnosti nacrta utvrđuju se ekspertnim pristupom, kako je to opisano u poglavlju 4.1.

4.3.1.1 Preklapanje izrade nacrta s negativnim faznim pomakom i niskom razinom međuzavisnosti nacrta



Slika 4.10 Grafički prikaz preklapanja izrade nacrta s negativnim faznim pomakom i niskom razinom međuzavisnosti nacrta

LEGENDA:

Fail(B) – nepouzdanost nacrta projektne skupine; Fail(S) – nepouzdanost nacrta funkcionalne skupine; Fail(D) – nepouzdanost nacrta radioničke skupine; Fail(B-S) – nepouzdanost nacrta projektne skupine kojom se djeluje na nacrte funkcionalne skupine; Fail(S-D) – nepouzdanost nacrta funkcionalne skupine kojom se djeluje na nacrte radioničke skupine; Fail_Prod – nepouzdanost nacrta radioničke skupine kojom se djeluje na proizvodni proces gradnje broda; Success(B) – pouzdanost nacrta projektne skupine; Success(S) – pouzdanost nacrta funkcionalne skupine; Success(D) – pouzdanost nacrta radioničke skupine; Success(B-S) – pouzdanost nacrta projektne skupine kojom se djeluje na nacrte funkcionalne skupine; Success(S-D) – pouzdanost nacrta funkcionalne skupine kojom se djeluje na nacrte radioničke skupine; Success_Prod – pouzdanost nacrta radioničke skupine kojom se djeluje na proizvodni proces gradnje broda; Weight_factor(B-S) – težinski faktor međuzavisnosti nacrta projektne skupine prema nacrtima funkcionalne skupine; Weight_factor(S-D) – težinski faktor međuzavisnosti nacrta funkcionalne skupine prema nacrtima radioničke skupine; N – neodobreni nacrt. U računalnom kodu ima vrijednost 0; Y – odobreni nacrt. U računalnom kodu ima vrijednost 1; NN – nacrt nije potrebno odobriti. U računalnom kodu ima vrijednost 1.

Razina potpunosti nacrta procjenjuje se kod utvrđivanja stanja nacrta u promatranom vremenu, čija vrijednost može biti od vrijednosti 0 do 1. Vrijednost 0 znači da nacrt u

promatranom vremenu nije započet s izradom, dok vrijednost 1 znači da je nacrt u promatranom vremenu dovršen, a vrijednost između 0 i 1 predstavlja adekvatno izraženi postotni udio potpunosti nacrta u promatranom vremenu.

Razina odobrenosti klasifikacijskog društva i brodovlasnika procjenjuje se kod utvrđivanja stanja nacrta u promatranom vremenu, čiji status može biti: N ako je nacrt neodobren (vrijednost 0 u programskom kôdu), Y ako je nacrt odobren (vrijednost 1 u programskom kôdu), NN ako nacrt nije potrebno odobravati (vrijednost 1 u programskom kôdu) i brojčana vrijednost između 0 i 1, ovisno o razini odobrenosti nacrta u promatranom vremenu. Razina odobrenosti nacrta mjeri se brojem i razinom složenosti primjedbi koje su u promatranom vremenu otvorene i nisu još nacrtom riješene.

Izračun nepouzdanosti sustava zavisnih nacrta:

Nepouzdanost međusobno zavisnih nacrta izračunava se prema izrazima 4.10 – 4.20.

Prva razina nepouzdanosti – u vremenu kada je planirana distribucija nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije u narednu fazu gradnje broda, nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije dovršeni su do razine 40 % sadržaja potrebnih informacija za izradu funkcionalne tehničke dokumentacije i neodobreni od klasifikacijskog društva i brodovlasnika (Status nacrta: Compl:0,4, Cl:N, Ow:N), nacrti skupine funkcionalne tehničke dokumentacije dovršeni su do razine 80 % sadržaja potrebnih informacija za izradu radioničke tehničke dokumentacije i neodobreni od klasifikacijskog društva i brodovlasnika (Status nacrta: Compl:0,8, Cl:N, Ow:N), dovršenost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije u promatranom vremenu iznosi 80 % sadržaja potrebnih informacija za narednu fazu gradnje broda i nacrte nije potrebno odobravati (Status nacrta: Compl:0,8, Cl:NN, Ow:NN).

Pouzdanost nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije u promatranom vremenu iznosi:

$$Success(B) = P(Compl) \cdot P(Cl) \cdot P(Ow)$$
$$= (0{,}4 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) = 0{,}48$$

Nepouzdanost nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije u promatranom vremenu iznosi:

$$Fail(B) = 1 - Success(B) = 1 - 0{,}48 = 0{,}52$$

Nepouzdanost kojom nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine funkcionalne tehničke dokumentacije ovisna je o težinskom faktoru međuzavisnosti nacrta, koji kako je to navedeno u uvodnom dijelu za ovaj promatrani slučaj iznosi 0,2:

$$Fail(B-S) = Fail(B) \cdot Weight_factor(B-S) = 0{,}52 \cdot 0{,}2 = 0{,}104$$

Pouzdanost kojom nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine funkcionalne tehničke dokumentacije iznosi:

$$Success(B-S) = 1 - Fail(B-S) = 1 - 0{,}104 = 0{,}896$$

U vremenu kad je planirana dovršenost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije, dovršeno je 80 % nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije. Vlastita pouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije iznosi:

$$Success = P(Compl) \cdot P(Cl) \cdot P(Ow)$$
$$= (0{,}8 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) = 0{,}53$$

Vlastita nepouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije iznosi:

$$Fail = 1 - Success = 1 - 0{,}53 = 0{,}47$$

Ukupna pouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije ovisna je o pouzdanosti preuzete iz nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije i vlastite pouzdanosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije te iznosi:

$$Success(S) = Success \cdot Success(B-S) = 0{,}53 \cdot 0{,}896 = 0{,}479$$

Ukupna nepouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije iznosi:

$$Fail(S) = 1 - Success(S) = 1 - 0{,}479 = 0{,}521$$

Nepouzdanost kojom nacrti skupine funkcionalne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine radioničke tehničke dokumentacije ovisna je o težinskom faktoru međuzavisnosti nacrta koji, kako je to navedeno u uvodnom dijelu, za ovaj promatrani slučaj iznosi 0,4:

$$Fail(S-D) = Fail(S) \cdot Weight_factor(S-D) = 0{,}521 \cdot 0{,}4 = 0{,}208$$

Pouzdanost kojom nacrti skupine funkcionalne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine radioničke tehničke dokumentacije iznosi:

$$Success(S-D) = 1 - Fail(S-D) = 1 - 0{,}208 = 0{,}792$$

U vremenu kad je planirano slanje nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije u proizvodni proces gradnje broda, dovršeno je 80 % nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije. Treba istaknuti da nacrte skupine radioničke tehničke dokumentacije klasifikacijsko društvo i brodovlasnik ne odobravaju te je zato njihova pouzdanost s toga gledišta jednaka 1. Vlastita pouzdanost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije ovisna je samo o razini njezine potpunosti i iznosi:

$$Success(D) = P(Compl) \cdot P(Cl) \cdot P(Ow)$$
$$= (0{,}8 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) = 0{,}95$$

Vlastita nepouzdanost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije iznosi:

$$Fail(D) = 1 - Success(D) = 1 - 0{,}95 = 0{,}05$$

Pouzdanost kojom nacrti skupine radioničke tehničke dokumentacije djeluje na proizvodni proces gradnje broda ovisna je o pouzdanosti preuzete iz nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije i vlastite pouzdanosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije te iznosi:

$$Success_Prod = Success(D) \cdot Success(S - D) = 0{,}95 \cdot 0{,}792 = 0{,}752$$

Nepouzdanost kojom nacrti skupine radioničke tehničke dokumentacije djeluje na proizvodni proces gradnje broda iznosi:

$$Fail_Prod = 1 - Success_Prod = 1 - 0{,}752 = 0{,}248$$

Zaključak prve razine nepouzdanosti – u promatranom slučaju vjerojatnost dodatnih radova u proizvodnom procesu gradnje broda prouzrokovanih tehničkom dokumentacijom iznosi 24,8 %.

Druga razina nepouzdanosti – distribucija nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije u narednu fazu gradnje broda izvodi se kada su nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije dovršeni do razine 80 % sadržaja potrebnih informacija za izradu funkcionalne tehničke dokumentacije i neodobreni od klasifikacijskog društva i brodovlasnika (Status nacrta: Compl:0,8, Cl:N, Ow:N), nacrti skupine funkcionalne tehničke dokumentacije dovršeni su do razine 100 % sadržaja potrebnih informacija za izradu radioničke tehničke dokumentacije i neodobreni od klasifikacijskog društva i brodovlasnika (Status nacrta: Compl:1, Cl:N, Ow:N), dovršenost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije u

promatranom vremenu iznosi 100 % sadržaja potrebnih informacija za narednu fazu gradnje broda a nacrte nije potrebno odobravati (Status nacrta: Compl:1, Cl:NN, Ow:NN).

Pouzdanost nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije u promatranom vremenu iznosi:

$$Success(B) = P(Compl) \cdot P(Cl) \cdot P(Ow)$$
$$= (0{,}8 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) = 0{,}53$$

Nepouzdanost nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije u promatranom vremenu iznosi:

$$Fail(B) = 1 - Success(B) = 1 - 0{,}56 = 0{,}47$$

Nepouzdanost kojom nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine funkcionalne tehničke dokumentacije ovisna je o težinskom faktoru međuzavisnosti nacrta koji, kako je to navedeno u uvodnom dijelu, za ovaj promatrani slučaj iznosi 0,2:

$$Fail(B-S) = Fail(B) \cdot Weight_factor(B-S) = 0{,}47 \cdot 0{,}2 = 0{,}094$$

Pouzdanost kojom nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine funkcionalne tehničke dokumentacije iznosi:

$$Success(B-S) = 1 - Fail(B-S) = 1 - 0{,}094 = 0{,}906$$

Vlastita pouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije kada je ona u potpunosti dovršena i neodobrena od klasifikacijskog društva i brodovlasnika iznosi:

$$Success = P(Compl) \cdot P(Cl) \cdot P(Ow)$$
$$= (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) = 0{,}56$$

Vlastita nepouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije iznosi:

$$Fail = 1 - Success = 1 - 0{,}56 = 0{,}44$$

Ukupna pouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije ovisna je o pouzdanosti preuzete iz nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije i vlastite pouzdanosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije i iznosi:

$$Success(S) = Success \cdot Success(B-S) = 0{,}56 \cdot 0{,}906 = 0{,}51$$

Ukupna nepouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije iznosi:

$$Fail(S) = 1 - Success(S) = 1 - 0{,}51 = 0{,}49$$

Nepouzdanost kojom nacrti skupine funkcionalne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine radioničke tehničke dokumentacije ovisna je o težinskom faktoru međuzavisnosti nacrta koji, kako je to navedeno u uvodnom dijelu, za ovaj promatrani slučaj iznosi 0,4:

$$Fail(S-D) = Fail(S) \cdot Weight_factor(S-D) = 0{,}49 \cdot 0{,}4 = 0{,}196$$

Pouzdanost kojom nacrti skupine funkcionalne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine radioničke tehničke dokumentacije iznosi:

$$Success(S-D) = 1 - Fail(S-D) = 1 - 0{,}196 = 0{,}804$$

Vlastita pouzdanost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije kada je ona dovršena, iznosi:

$$Success(D) = P(Compl) \cdot P(Cl) \cdot P(Ow)$$
$$= (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) = 1$$

Vlastita nepouzdanost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije iznosi:

$$Fail(D) = 1 - Success(D) = 1 - 1 = 0$$

Pouzdanost kojom nacrti skupine radioničke tehničke dokumentacije djeluje na proizvodni proces gradnje broda ovisna je o pouzdanosti preuzete iz nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije i vlastite pouzdanosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije i iznosi:

$$Success_Prod = Success(D) \cdot Success(S-D) = 1 \cdot 0{,}804 = 0{,}804$$

Nepouzdanost kojom nacrti skupine radioničke tehničke dokumentacije djeluje na proizvodni proces gradnje broda iznosi:

$$Fail_Prod = 1 - Success_Prod = 1 - 0{,}804 = 0{,}196$$

Zaključak druge razine nepouzdanosti – u promatranom slučaju vjerojatnost dodatnih radova u proizvodnom procesu gradnje broda prouzrokovanih tehničkom dokumentacijom iznosi 19.6 %.

Treća razina nepouzdanosti – distribucija nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije u narednu fazu gradnje broda izvodi se kada su nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije dovršeni do razine 100 % sadržaja potrebnih informacija za izradu funkcionalne tehničke dokumentacije i neodobreni od klasifikacijskog društva i brodovlasnika

(Status nacrta: Compl:1, Cl:N, Ow:N), nacrti skupine funkcionalne tehničke dokumentacije dovršeni su do razine 100 % sadržaja potrebnih informacija za izradu radioničke tehničke dokumentacije i odobreni od klasifikacijsko društvo u razini od 70 % uključenih informacija, a od brodovlasnika u razini od 60 % uključenih informacija (Status nacrta: Compl:1, Cl:0,7, Ow:0,6), dovršenost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije u promatranom vremenu iznosi 100 % sadržaja potrebnih informacija za narednu fazu gradnje broda a nacrte nije potrebno odobravati (Status nacrta: Compl:1, Cl:NN, Ow:NN).

Pouzdanost nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije u promatranom vremenu iznosi:

$$Success(B) = P(Compl) \cdot P(Cl) \cdot P(Ow)$$
$$= (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) = 0{,}56$$

Nepouzdanost nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije u promatranom vremenu iznosi:

$$Fail(B) = 1 - Success(B) = 1 - 0{,}56 = 0{,}44$$

Nepouzdanost kojom nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine funkcionalne tehničke dokumentacije ovisna je o težinskom faktoru međuzavisnosti nacrta koji, kako je to navedeno u uvodnom dijelu, za ovaj promatrani slučaj iznosi 0,2:

$$Fail(B - S) = Fail(B) \cdot Weight_factor(B - S) = 0{,}44 \cdot 0{,}2 = 0{,}088$$

Pouzdanost kojom nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine funkcionalne tehničke dokumentacije iznosi:

$$Success(B - S) = 1 - Fail(B - S) = 1 - 0{,}088 = 0{,}912$$

Vlastita pouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije kada je ona dovršena i kada ju klasifikacijsko društvo odobrava u razini od 70 %, a brodovlasnik 60 %, iznosi:

$$Success = P(Compl) \cdot P(Cl) \cdot P(Ow)$$
$$= (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0{,}7 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0{,}6 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) = 0{,}83$$

Vlastita nepouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije iznosi:

$$Fail = 1 - Success = 1 - 0{,}83 = 0{,}17$$

Ukupna pouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije ovisna je o pouzdanosti preuzete iz nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije i vlastite pouzdanosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije i iznosi:

$$Success(S) = Success \cdot Success(B-S) = 0{,}83 \cdot 0{,}912 = 0{,}759$$

Ukupna nepouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije iznosi:

$$Fail(S) = 1 - Success(S) = 1 - 0{,}759 = 0{,}241$$

Nepouzdanost kojom nacrti skupine funkcionalne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine radioničke tehničke dokumentacije ovisna je o težinskom faktoru međuzavisnosti nacrta koji, kako je to navedeno u uvodnom dijelu, za ovaj promatrani slučaj iznosi 0,4:

$$Fail(S-D) = Fail(S) \cdot Weight_factor(S-D) = 0{,}241 \cdot 0{,}4 = 0{,}096$$

Pouzdanost kojom nacrti skupine funkcionalne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine radioničke tehničke dokumentacije iznosi:

$$Success(S-D) = 1 - Fail(S-D) = 1 - 0{,}096 = 0{,}904$$

Vlastita pouzdanost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije kada je ona dovršena, iznosi:

$$Success(D) = P(Compl) \cdot P(Cl) \cdot P(Ow)$$
$$= (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) = 1$$

Vlastita nepouzdanost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije iznosi:

$$Fail(D) = 1 - Success(D) = 1 - 1 = 0$$

Pouzdanost kojom nacrti skupine radioničke tehničke dokumentacije djeluje na proizvodni proces gradnje broda ovisna je o pouzdanosti preuzete iz nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije i vlastite pouzdanosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije te iznosi:

$$Success_Prod = Success(D) \cdot Success(S-D) = 1 \cdot 0{,}904 = 0{,}904$$

Nepouzdanost kojom nacrti skupine radioničke tehničke dokumentacije djeluje na proizvodni proces gradnje broda iznosi:

$$Fail_Prod = 1 - Success_Prod = 1 - 0{,}904 = 0{,}096$$

Zaključak treće razine nepouzdanosti – u promatranom slučaju vjerojatnost dodatnih radova u proizvodnom procesu gradnje broda prouzrokovanih tehničkom dokumentacijom iznosi 9,6 %.

Četvrta razina nepouzdanosti – distribucija nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije u narednu fazu gradnje broda izvodi se kada su nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije dovršeni do razine 100 % sadržaja potrebnih informacija za izradu funkcionalne tehničke dokumentacije i kada ih odobri klasifikacijsko društvo u razini od 80 % uključenih informacija, a brodovlasnik u razini od 70 % uključenih informacija (Status nacrta: Compl:1, Cl:0,8, Ow:0,7), nacrti skupine funkcionalne tehničke dokumentacije dovršeni su do razine 100 % sadržaja potrebnih informacija za izradu radioničke tehničke dokumentacije i kada ih odobri klasifikacijsko društvo u razini od 80 % uključenih informacija, a brodovlasnik u razini od 70 % uključenih informacija (Status nacrta: Compl:1, Cl:0,8, Ow:0,7), dovršenost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije u promatranom vremenu iznosi 100 % sadržaja potrebnih informacija za narednu fazu gradnje broda (Status nacrta: Compl:1, Cl:NN, Ow:NN).

Pouzdanost nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije u promatranom vremenu iznosi:

$$Success(B) = P(Compl) \cdot P(Cl) \cdot P(Ow)$$
$$= (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0{,}8 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0{,}7 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) = 0{,}88$$

Nepouzdanost nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije u promatranom vremenu iznosi:

$$Fail(B) = 1 - Success(B) = 1 - 0{,}88 = 0{,}12$$

Nepouzdanost kojom nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine funkcionalne tehničke dokumentacije ovisna je o težinskom faktoru međuzavisnosti nacrta koji, kako je to navedeno u uvodnom dijelu, za ovaj promatrani slučaj iznosi 0,2:

$$Fail(B-S) = Fail(B) \cdot Weight_factor(B-S) = 0{,}12 \cdot 0{,}2 = 0{,}024$$

Pouzdanost kojom nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine funkcionalne tehničke dokumentacije iznosi:

$$Success(B-S) = 1 - Fail(B-S) = 1 - 0{,}024 = 0{,}976$$

Vlastita pouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije kada je ona dovršena i kada ju klasifikacijsko društvo odobri u razini od 80 %, a brodovlasnik u razini od 70 %, iznosi:

$$Success = P(Compl) \cdot P(Cl) \cdot P(Ow)$$
$$= (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0{,}8 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0{,}7 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) = 0{,}88$$

Vlastita nepouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije iznosi:

$$Fail = 1 - Success = 1 - 0{,}88 = 0{,}12$$

Ukupna pouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije ovisna je o pouzdanosti preuzete iz nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije i vlastite pouzdanosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije i iznosi:

$$Success(S) = Success \cdot Success(B - S) = 0{,}88 \cdot 0{,}976 = 0{,}858$$

Ukupna nepouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije iznosi:

$$Fail(S) = 1 - Success(S) = 1 - 0{,}858 = 0{,}142$$

Nepouzdanost kojom nacrti skupine funkcionalne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine radioničke tehničke dokumentacije ovisna je o težinskom faktoru međuzavisnosti nacrta koji, kako je to navedeno u uvodnom dijelu, za ovaj promatrani slučaj iznosi 0,4:

$$Fail(S - D) = Fail(S) \cdot Weight_factor(S - D) = 0{,}142 \cdot 0{,}4 = 0{,}057$$

Pouzdanost kojom nacrti skupine funkcionalne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine radioničke tehničke dokumentacije iznosi:

$$Success(S - D) = 1 - Fail(S - D) = 1 - 0{,}057 = 0{,}943$$

Vlastita pouzdanost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije kada je ona dovršena, iznosi:

$$Success(D) = P(Compl) \cdot P(Cl) \cdot P(Ow)$$
$$= (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) = 1$$

Vlastita nepouzdanost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije iznosi:

$$Fail(D) = 1 - Success(D) = 1 - 1 = 0$$

Pouzdanost kojom nacrti skupine radioničke tehničke dokumentacije djeluje na proizvodni proces gradnje broda ovisna je o pouzdanosti preuzete iz nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije i vlastite pouzdanosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije i iznosi:

$$Success_Prod = Success(D) \cdot Success(S-D) = 1 \cdot 0{,}943 = 0{,}943$$

Nepouzdanost kojom nacrti skupine radioničke tehničke dokumentacije djeluje na proizvodni proces gradnje broda iznosi:

$$Fail_Prod = 1 - Success_Prod = 1 - 0{,}943 = 0{,}057$$

Zaključak četvrte razine nepouzdanosti – u promatranom slučaju vjerojatnost dodatnih radova u proizvodnom procesu gradnje broda prouzrokovanih tehničkom dokumentacijom iznosi 5,7 %.

Peta razina nepouzdanosti – distribucija nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije u narednu fazu gradnje broda izvodi se kada su nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije dovršeni do razine 100 % sadržaja potrebnih informacija za izradu funkcionalne tehničke dokumentacije i kada ih odobri klasifikacijsko društvo u razini od 90 % uključenih informacija, a brodovlasnik u razini od 80 % uključenih informacija (Status nacrta: Compl:1, Cl:0,9, Ow:0,8), nacrti skupine funkcionalne tehničke dokumentacije dovršeni su do razine 100 % sadržaja potrebnih informacija za izradu radioničke tehničke dokumentacije i kada ih odobri klasifikacijsko društvo u razini od 90 % uključenih informacija, a brodovlasnik u razini od 80 % uključenih informacija (Status nacrta: Compl:1, Cl:0,9, Ow:0,8), dovršenost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije u promatranom vremenu iznosi 100 % sadržaja potrebnih informacija za narednu fazu gradnje broda (Status nacrta: Compl:1, Cl:NN, Ow:NN).

Pouzdanost nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije u promatranom vremenu iznosi:

$$Success(B) = P(Compl) \cdot P(Cl) \cdot P(Ow)$$
$$= (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0{,}9 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0{,}8 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) = 0{,}93$$

Nepouzdanost nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije u promatranom vremenu iznosi:

$$Fail(B) = 1 - Success(B) = 1 - 0{,}88 = 0{,}07$$

Nepouzdanost kojom nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine funkcionalne tehničke dokumentacije ovisna je o težinskom faktoru međuzavisnosti nacrta koji, kako je to navedeno u uvodnom dijelu, za ovaj promatrani slučaj iznosi 0,2:

$$Fail(B-S) = Fail(B) \cdot Weight_{factor(B-S)} = 0{,}07 \cdot 0{,}2 = 0{,}014$$

Pouzdanost kojom nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine funkcionalne tehničke dokumentacije iznosi:

$$Success(B-S) = 1 - Fail(B-S) = 1 - 0{,}014 = 0{,}986$$

Vlastita pouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije kada je ona dovršena i kada ju odobri klasifikacijsko društvo u razini od 90 % te brodovlasnika u razini od 80 %, iznosi:

$$Success = P(Compl) \cdot P(Cl) \cdot P(Ow)$$
$$= (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0{,}9 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (0{,}8 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) = 0{,}93$$

Vlastita nepouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije iznosi:

$$Fail = 1 - Success = 1 - 0{,}93 = 0{,}07$$

Ukupna pouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije ovisna je o pouzdanosti preuzete iz nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije i vlastite pouzdanosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije i iznosi:

$$Success(S) = Success \cdot Success(B-S) = 0{,}93 \cdot 0{,}986 = 0{,}913$$

Ukupna nepouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije iznosi:

$$Fail(S) = 1 - Success(S) = 1 - 0{,}913 = 0{,}087$$

Nepouzdanost kojom nacrti skupine funkcionalne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine radioničke tehničke dokumentacije ovisna je o težinskom faktoru međuzavisnosti nacrta koji, kako je to navedeno u uvodnom dijelu, za ovaj promatrani slučaj iznosi 0,4:

$$Fail(S-D) = Fail(S) \cdot Weight_factor(S-D) = 0{,}087 \cdot 0{,}4 = 0{,}035$$

Pouzdanost kojom nacrti skupine funkcionalne tehničke dokumentacije djeluju na nacrte skupine radioničke tehničke dokumentacije iznosi:

$$Success(S-D) = 1 - Fail(S-D) = 1 - 0{,}035 = 0{,}965$$

Vlastita pouzdanost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije kada je ona dovršena, iznosi:

$$Success(D) = P(Compl) \cdot P(Cl) \cdot P(Ow)$$
$$= (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) \cdot (1 \cdot 0{,}25 + 0{,}75) = 1$$

Vlastita nepouzdanost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije iznosi:

$$Fail(D) = 1 - Success(D) = 1 - 1 = 0$$

Pouzdanost kojom nacrti skupine radioničke tehničke dokumentacije djeluje na proizvodni proces gradnje broda ovisna je o pouzdanosti preuzete iz nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije i vlastite pouzdanosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije te iznosi:

$$Success_Prod = Success(D) \cdot Success(S - D) = 1 \cdot 0{,}965 = 0{,}965$$

Nepouzdanost kojom nacrti skupine radioničke tehničke dokumentacije djeluje na proizvodni proces gradnje broda iznosi:

$$Fail_Prod = 1 - Success_Prod = 1 - 0{,}965 = 0{,}035$$

Zaključak pete razine nepouzdanosti – u promatranom slučaju vjerojatnost dodatnih radova u proizvodnom procesu gradnje broda prouzrokovanih tehničkom dokumentacijom iznosi 3,5 %.

Šesta razina nepouzdanosti – nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije dovršeni su te ih odobrava klasifikacijsko društvo i brodovlasnik (Status nacrta: Compl:1, Cl:Y, Ow:Y), nacrti skupine funkcionalne tehničke dokumentacije dovršeni su te ih odobrava klasifikacijsko društvo i brodovlasnik (Status nacrta: Compl:1, Cl:Y, Ow:Y), dovršeni su nacrti skupine radioničke tehničke dokumentacije (Status nacrta: Compl:1, Cl:NN, Ow:NN).

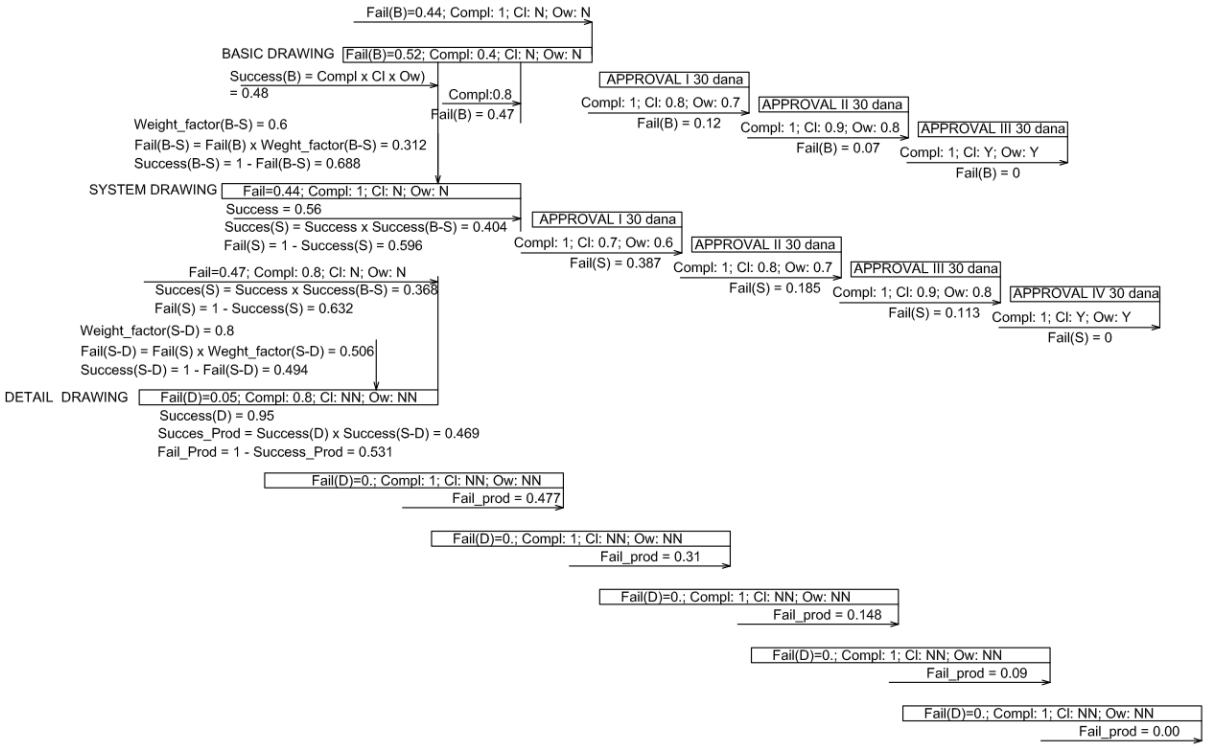
Zaključak šeste razine nepouzdanosti – u promatranom slučaju vjerojatnost dodatnih radova u proizvodnom procesu gradnje broda prouzrokovanih tehničkom dokumentacijom iznosi 0 %, dakle osigurana je potpuna pouzdanost nacrta.

4.3.1.2 Preklapanje izrade nacrta s negativnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta

Za izračun nepouzdanosti sustava zavisnih nacrta ostalih scenarija identični su postupci i izrazi, opisani u poglavlju 4.3.1.1, te će se u daljnjim obradama pojedinih scenarija samo tablično prikazati rezultati izračuna. Oznake u tablicama u skladu su s oznakama prikazanim i opisanim slikom 4.10.

Tablica 4.2 Prikaz rezultata nepouzdanosti nacrta s kojom oni djeluju na proizvodni proces gradnje broda za slučaj preklapanja izrade nacrta s negativnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta

RAZINA NEPOUZDANOSTI	**DOKUMENTACIJA**	**STATUS**			**NEPOUZDANOST NACRTA**
		Compl	*Cl*	*Ow*	*Fail_Prod*
Prva	Projektna	0,4	N	N	0,531
	Funkcionalna	0,8	N	N	
	Radionička	0,8	NN	NN	
Druga	Projektna	0,8	N	N	0,477
	Funkcionalna	1	N	N	
	Radionička	1	NN	NN	
Treća	Projektna	1	N	N	0,31
	Funkcionalna	1	0,7	0,6	
	Radionička	1	NN	NN	
Četvrta	Projektna	1	0,8	0,7	0,148
	Funkcionalna	1	0,8	0,7	
	Radionička	1	NN	NN	
Peta	Projektna	1	0,9	0,8	0,09
	Funkcionalna	1	0,9	0,8	
	Radionička	1	NN	NN	
Šesta	Projektna	1	Y	Y	0
	Funkcionalna	1	Y	Y	
	Radionička	1	NN	NN	



Slika 4.11 Grafički prikaz preklapanja izrade nacrta s negativnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta

4.3.2 Scenarij 2 – Preklapanje izrade nacrta između različitih skupina tehničke dokumentacije s pozitivnim faznim pomakom

Opisanim primjerom iz poglavlja 4.3.1 osigurava se ranija distribucija promatranog nacrta u narednu fazu gradnje broda, ali s nepotpunim i nepouzdanim informacijama jer je promatrani nacrt napravljen na temelju informacija nacrta prethodnika pouzdanih do razine koja postoji u trenutku dovršenosti promatranog nacrta. To dovodi do nastanka većega broja izmjena i dopuna promatranog nacrta, ovisno o izmjenama i dopunama informacija nacrta prethodnika, koje utječu na povećanje vjerojatnosti nastanka poremećaja u narednim fazama gradnje broda. Ta vjerojatnost je veća što je viša razina međuzavisnosti nacrta prethodnika i promatranog nacrta izražena težinskim faktorom njihove međuzavisnosti.

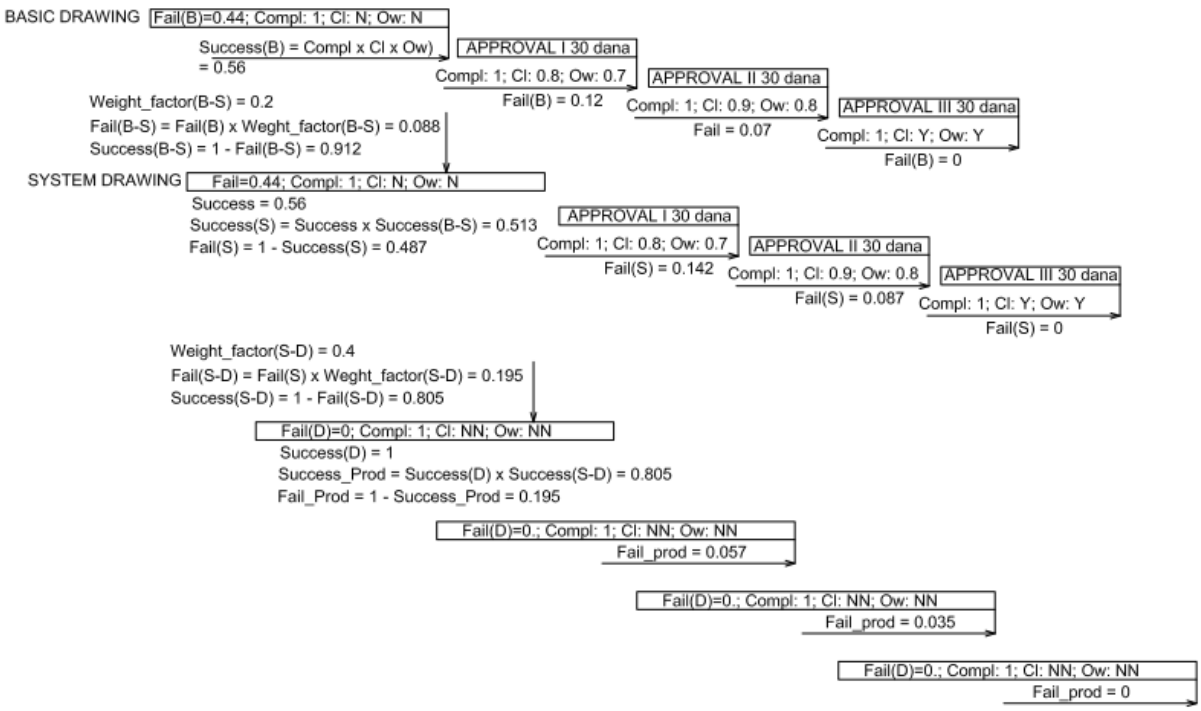
Optimizirana strategija izrade tehničke dokumentacije predstavlja strategiju s pozitivnim faznim pomakom dovršenosti nacrta između pojedinih skupina projektne, funkcionalne i radioničke tehničke dokumentacije. Što je pozitivni fazni pomak veći, to je ranije moguće osigurati prijenos informacija iz skupine projektne tehničke dokumentacije na funkcionalnu tehničku dokumentaciju te iz nje na radioničku tehničku dokumentaciju, što povećava razinu

pouzdanosti nacrta jer će imati ranije na raspolaganju potrebne informacije nacrta prethodnika za njegovu izradu.

4.3.2.1 Preklapanje izrade nacrta s pozitivnim faznim pomakom i niskom razinom međuzavisnosti nacrta

Tablica 4.3 Prikaz rezultata nepouzdanosti nacrta s kojom oni djeluju na proizvodni proces gradnje broda za slučaj preklapanja izrade nacrta s pozitivnim faznim pomakom i niskom razinom međuzavisnosti nacrta

RAZINA NEPOUZDANOSTI	**DOKUMENTACIJA**	**STATUS**			**NEPOUZDANOST NACRTA**
		Compl	*Cl*	*Ow*	*Fail_Prod*
Prva	Projektna	1	N	N	0,195
	Funkcionalna	1	N	N	
	Radionička	1	NN	NN	
Druga	Projektna	1	0,8	0,7	0,057
	Funkcionalna	1	0,8	0,7	
	Radionička	1	NN	NN	
Treća	Projektna	1	0,9	0,8	0,035
	Funkcionalna	1	0,9	0,8	
	Radionička	1	NN	NN	
Četvrta	Projektna	1	Y	Y	0
	Funkcionalna	1	Y	Y	
	Radionička	1	NN	NN	

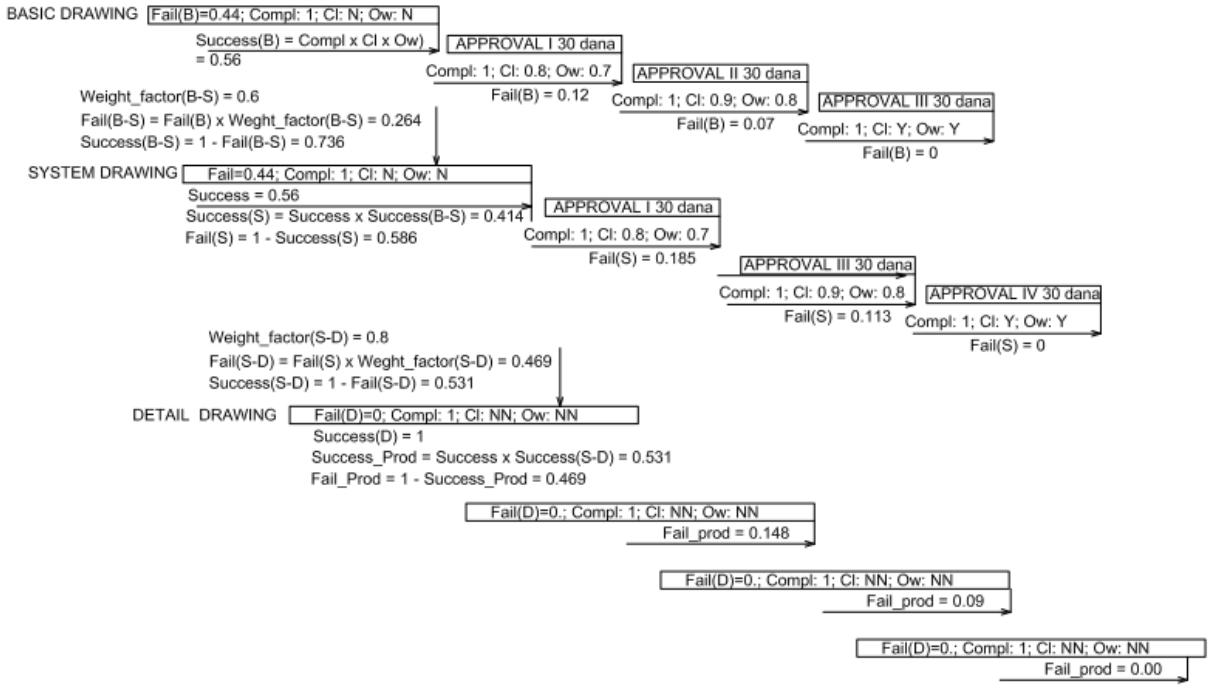


Slika 4.12 Grafički prikaz preklapanja izrade nacrta s pozitivnim faznim pomakom i niskom razinom međuzavisnosti nacrta

4.3.2.2 Preklapanje izrade nacrta s pozitivnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta

Tablica 4.4 Prikaz rezultata nepouzdanosti nacrta s kojom oni djeluju na proizvodni proces gradnje broda za slučaj preklapanja izrade nacrta s pozitivnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta

RAZINA NEPOUZDANOSTI	**DOKUMENTACIJA**	**STATUS**			**NEPOUZDANOST NACRTA**
		Compl	*Cl*	*Ow*	*Fail_Prod*
Prva	Projektna	1	N	N	0,469
	Funkcionalna	1	N	N	
	Radionička	1	NN	NN	
Druga	Projektna	1	0,8	0,7	0,148
	Funkcionalna	1	0,8	0,7	
	Radionička	1	NN	NN	
Treća	Projektna	1	0,9	0,8	0,009
	Funkcionalna	1	0,9	0,8	
	Radionička	1	NN	NN	
Četvrta	Projektna	1	Y	Y	0
	Funkcionalna	1	Y	Y	
	Radionička	1	NN	NN	



Slika 4.13 Grafički prikaz preklapanja izrade nacrta s pozitivnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta

4.3.3 Scenarij 3 – Izrada nacrta bez preklapanja između različitih skupina tehničke dokumentacije s pozitivnim faznim pomakom

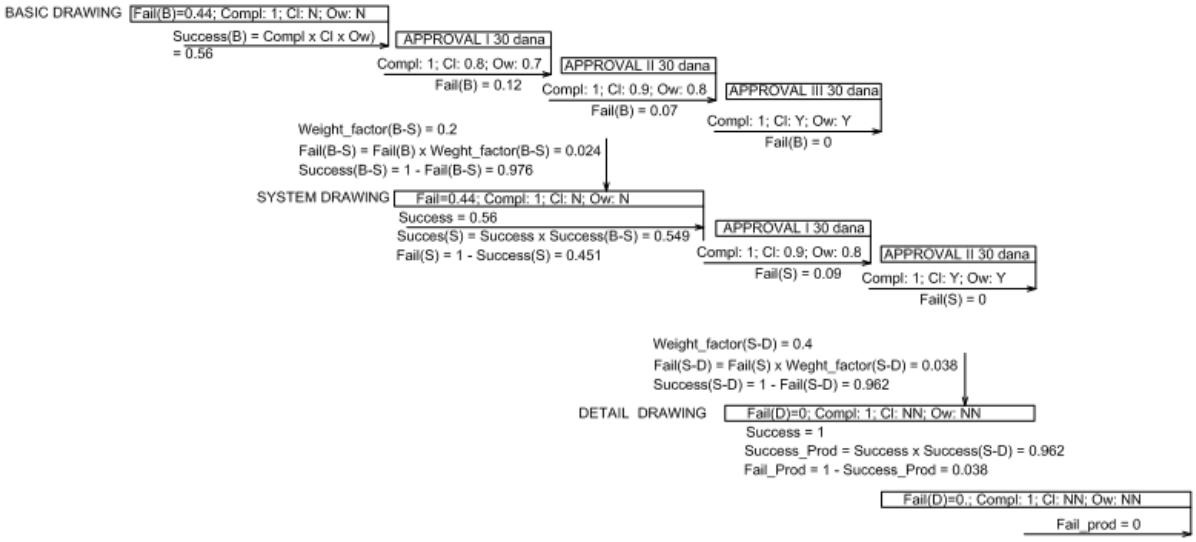
Opisanim primjerom iz poglavlja 4.3.2 podržava se strategija kasnije izrade nacrta, ali s pouzdanijim informacijama iz nacrta prethodnika, što znači da je promatrani nacrt napravljen s potpunim informacijama nacrta prethodnika, ali ga nije odobrilo klasifikacijsko društvo i brodovlasnik. Time se nacrt kasnije distribuira u narednu fazu gradnje broda, ali uz trend manjega broja izmjena i dopuna nacrta, što osigurava manju vjerojatnost nastanka poremećaja u proizvodnom procesu gradnje broda. Ta je vjerojatnost manja što je niža razina međuzavisnosti nacrta prethodnika i promatranog nacrta izražena težinskim faktorom njihove međuzavisnosti.

S gledišta pouzdanosti nacrta najpovoljnija strategija izrade tehničke dokumentacije je strategija s pozitivnim faznim pomakom dovršenosti nacrta između pojedinih skupina projektne, funkcionalne i radioničke tehničke dokumentacije, bez međusobnog preklapanja, opisano primjerima u poglavljima 4.3.3.1 i 4.3.3.2, kada je kod početka izrade promatranog nacrta, nacrt prethodnik u potpunosti dovršen. Tada je osigurana izrada promatranog nacrta s velikom pouzdanošću i malim zahtjevima za njihovom izmjenom.

4.3.3.1 Izrada nacrta bez preklapanja s pozitivnim faznim pomakom i niskom razinom međuzavisnosti nacrta

Tablica 4.5 Prikaz rezultata nepouzdanosti nacrta s kojom oni djeluju na proizvodni proces gradnje broda za slučaj izrade nacrta bez preklapanja s pozitivnim faznim pomakom i niskom razinom međuzavisnosti nacrta

RAZINA NEPOUZDANOSTI	**DOKUMENTACIJA**	**STATUS**			**NEPOUZDANOST NACRTA**
		Compl	*Cl*	*Ow*	*Fail_Prod*
Prva	Projektna	1	0,8	0,7	0,038
	Funkcionalna	1	0,9	0,8	
	Radionička	1	NN	NN	
Druga	Projektna	1	Y	Y	0
	Funkcionalna	1	Y	Y	
	Radionička	1	NN	NN	

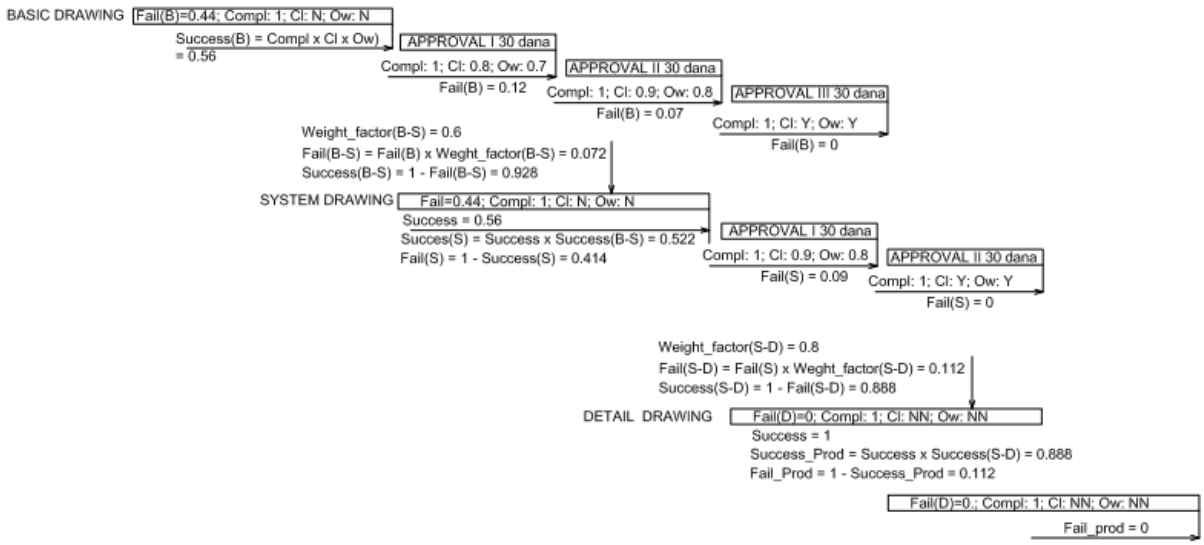


Slika 4.14 Grafički prikaz izrade nacrta bez preklapanja s pozitivnim faznim pomakom i niskom razinom međuzavisnosti nacrta

4.3.3.2 Izrada nacrta bez preklapanja s pozitivnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta

Tablica 4.6 Prikaz rezultata nepouzdanosti nacrta s kojom oni djeluju na proizvodni proces gradnje broda za slučaj izrade nacrta bez preklapanja s pozitivnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta

RAZINA NEPOUZDANOSTI	DOKUMENTACIJA	STATUS			NEPOUZDANOST NACRTA
		Compl	*Cl*	*Ow*	*Fail_Prod*
Prva	Projektna	1	0,8	0,7	0,112
	Funkcionalna	1	0,9	0,8	
	Radionička	1	NN	NN	
Druga	Projektna	1	Y	Y	0
	Funkcionalna	1	Y	Y	
	Radionička	1	NN	NN	

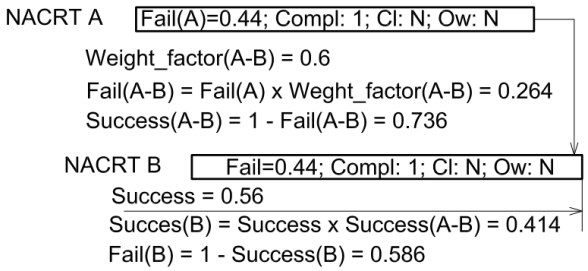


Slika 4.15 Grafički prikaz izrade nacrta bez preklapanja s pozitivnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta

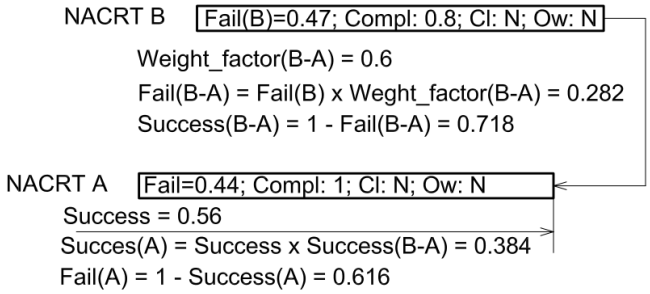
4.3.4 Preklapanje izrade nacrta unutar iste skupine tehničke dokumentacije

Nacrti unutar iste skupine tehničke dokumentacije mogu imati jednostranu i dvostranu međuzavisnost. U slučaju jednostrane međuzavisnosti nacrta promatrani nacrt može primati informacije samo od nacrta prethodnika, dok kod dvostrane međuzavisnosti nacrta promatrani nacrt može primati i davati informacije od i ka nacrtu prethodniku, ovisno o vremenu promatranja i matrici zavisnosti nacrta.

Na slici 4.16 prikazan je primjer dvostrane međuzavisnosti nacrta, gdje su promatrani nacrt i nacrt prethodnik napravljeni s visokom razinom preklapanja i završeni u 20 % vremenske razlike i s težinskim faktorom međuzavisnosti 0,6. U slučaju kada je „NACRT A“ nacrt prethodnik u izradi promatranog „NACRTA B“ i napravljen 20 % prije vremena završetka promatranog „NACRTA B“, moguć je potpuni prijenos informacija iz NACRT A“ na NACRT B“. U obrnutom slučaju, kada „NACRT B“ postane nacrt prethodnik u izradi promatranog „NACRTA A“, moguć je prijenos informacija iz „NACRTA B“ na „NACRT A“ do razine dovršenosti nacrta u promatranom vremenu, što za primjer iz slike 4.16 iznosi 80 % informacija.



a) Nacrt prethodnik napravljen u vremenu 20 % prije završetka promatranog nacrta



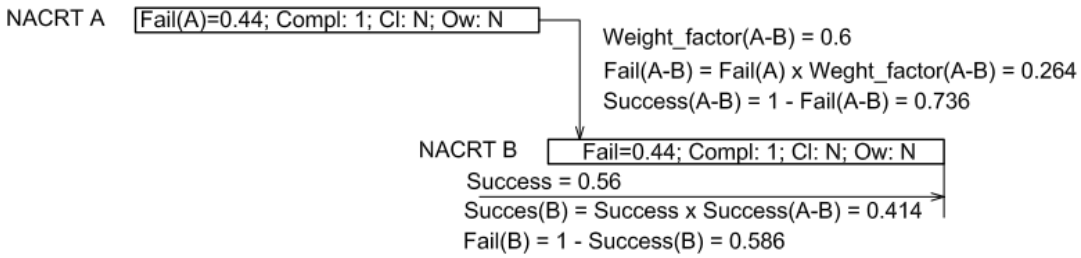
b) Nacrt prethodnik napravljen u vremenu 20 % poslije završetka promatranog nacrta

Slika 4.16 Primjer dvostrane međuzavisnosti nacrta s visokom razinom preklapanja izrade nacrta

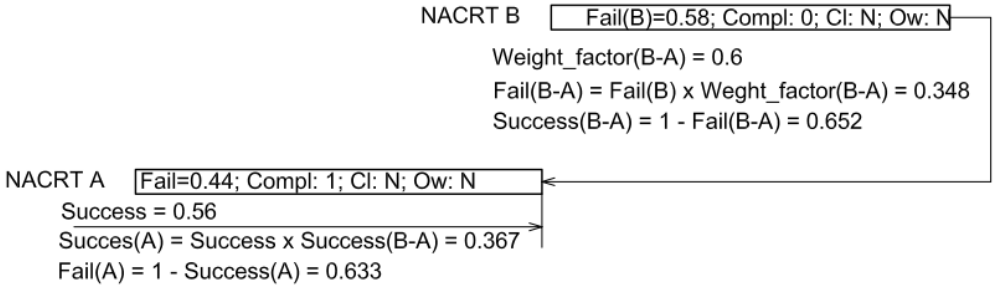
Iz promatranog primjera sa slike 4.16, kada je „NACRT A“ nacrt prethodnik promatranom „NACRTU B“ s težinskim faktorom međuzavisnosti 0,6, „NACRT A“ napravljen 20 % vremena prije „NACRTA B“ i oba nacrta su potpuno dovršena te ih nisu odobrili klasifikacijsko društvo i brodovlasnik, nepouzdanost „NACRTA B“ kao promatranog nacrta iznosi 0,586, dok u obrnutom slučaju, kad je „NACRT A“ promatrani nacrt, ona iznosi 0,616.

U primjeru na slici 4.17 prikazani su nacrti pod istim uvjetima, ali bez preklapanja izrade tehničke dokumentacije. U promatranom slučaju, kada je „NACRT A“ nacrt prethodnik u izradi promatranog „NACRTA B“ i dovršen je do početka izrade promatranog „NACRTA B“,

moguć je potpuni prijenos informacija s „NACRTA A“ na „NACRT B“, ali u obrnutom slučaju, kada je „NACRT B“ nacrt prethodnik u izradi promatranog „NACRTA A“ i započet s izradom nakon dovršenosti „NACRTA A“, nije moguć prijenos informacija iz „NACRTA B“ na „NACRT A“ jer u vremenu završetka izrade „NACRTA A“ „NACRT B“ se još nije započeo raditi. Tada nepouzdanost „NACRTA B“ kao promatranog nacrta iznosi isto 0,586, kao u prethodno opisanom slučaju, ali u obrnutom slučaju, kad je „NACRT A“ promatrani nacrt, ona raste od 0,616 na 0,633.



a) Nacrt prethodnik napravljen prije početka izrade promatranog nacrta



b) Nacrt prethodnik započet s radom nakon završetka izrade promatranog nacrta

Slika 4.17 Primjer dvostrane međuzavisnosti nacrta bez preklapanja izrade nacrta

U slučaju jednostrane međuzavisnosti nacrta teži se tome da nacrt prethodnik bude dovršen što ranije u odnosu na završetak izrade promatranog nacrta jer se samo tada osigurava potpun prijenos informacija s nacrta prethodnika na promatrani nacrt. Što je ta vremenska razlika veća, veća je i mogućnost prijenosa potpunih informacija s nacrta prethodnika na promatrani nacrt. To je prikazano primjerom a) sa slike 4.17. Kada je ta vremenska razlika mala ili jednaka nuli, također je moguć potpun prijenos informacija, ali uz ograničenje da može doći do produženja vremena izrade promatranog nacrta zbog prekasno preuzetih informacija iz nacrta prethodnika. To je prikazano primjerom a) sa slike 4.16.

Kod dvostrane međuzavisnosti nacrta teži se tome da se nacrt prethodnik i promatrani nacrt završe u što je više moguće istom vremenu s visokom razinom preklapanja jer će se samo tako osigurati obostrani prijenos informacija bez velikih oscilacija nepouzdanosti jednog nacrta na drugi i obrnuto (slika 4.16). Međutim, kada su nacrt prethodnik i promatrani nacrt napravljeni s niskom razinom preklapanja, odnosno kada je nacrt prethodnik završen bliže vremenu početka izrade promatranog nacrta, osiguran je potpuni prijenos informacija s nacrta prethodnika na promatrani nacrt. U obrnutom slučaju, kada nacrt prethodnik postane promatrani nacrt, nije moguć potpuni prijenos informacija jer je tada njegov nacrt prethodnik tek u postupku izrade (slika 4.17).

4.3.5 Vrednovanje rezultata razmatranih scenarija

Zbirni rezultati istraživanja utjecaja razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije između nacrta pojedinih skupina projektne, funkcionalne i radioničke tehničke dokumentacije, opisanih poglavljima 4.3.1, 4.3.2 i 4.3.3, prikazani su tablicom 4.7.

Tablica 4.7 Zbirni rezultati istraživanja utjecaja razine preklapanja izrade nacrta između skupina projektne, funkcionalne i radioničke tehničke dokumentacije

Slučaj razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije	Razina nepouzdanosti	Mali težinski faktor međuzavisnosti nacrta	Veliki težinski faktor međuzavisnosti nacrta
Scenarij 1 – Preklapanje izrade nacrta između različitih skupina tehničke dokumentacije s negativnim faznim pomakom	1	0,248	0,531
	2	0,196	0,477
	3	0,096	0,310
	4	0,057	0,148
	5	0,035	0,090
	6	0	0
Scenarij 2 – Preklapanje izrade nacrta između različitih skupina tehničke dokumentacije s pozitivnim faznim pomakom	1	0,195	0,469
	2	0,057	0,148
	3	0,035	0,090
	4	0	0
Scenarij 3 – Izrada nacrta bez preklapanja između različitih skupina nacrta s pozitivnim faznim pomakom	1	0,038	0,112
	2	0	0

Na temelju analize rezultata karakterističnih scenarija izrade tehničke dokumentacije prikazanih tablicom 4.7 mogu se zaključiti osnovne značajke utjecaja razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije na nepouzdanost nacrta s kojom oni ulaze u proizvodni proces gradnje broda i dati glavne smjernice za izradu optimalnog plana tehničke dokumentacije.

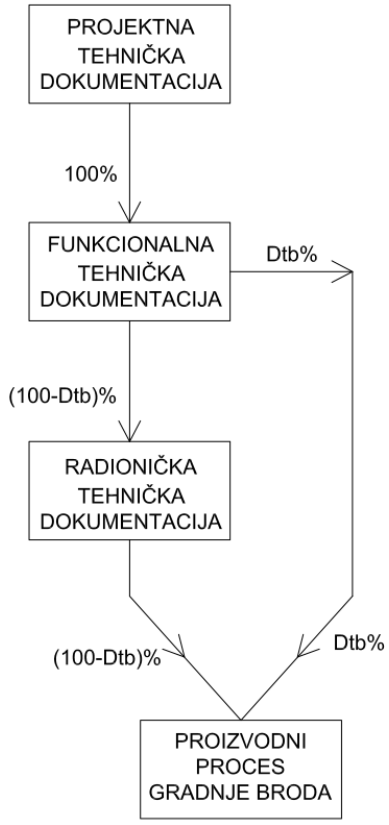
Što je viša razina preklapanja izrade tehničke dokumentacije između nacrta pojedinih skupina tehničke dokumentacije, to je nacrt ranije spreman za distribuciju u narednu fazu gradnje broda, ali s višom razinom nepouzdanosti i time veće vjerojatnosti nastanka dodatnih radova tijekom proizvodnog procesa gradnje broda. Promatrani je nacrt tada podložan višekratnim izmjenama, ovisno o tome kako se nacrti prethodnici nadopunjuju s nedostajućim i nepotpunim informacijama. Razina rizika je viša što je veća međuzavisnost promatranog nacrta i nacrta prethodnika izražena putem težinskog faktora njihove međuzavisnosti.

Što je razina preklapanja izrade tehničke dokumentacije između nacrta pojedinih skupina tehničke dokumentacije niža, to će nacrt biti kasnije spreman za distribuciju u narednu fazu gradnje broda, ali će biti napravljen s nižom razinom nepouzdanosti i manje podložan izmjenama.

Kod planiranja izrade tehničke dokumentacije poželjno je imati što veće zaostajanje nacrta između međusobno zavisnih nacrta skupina projektne i funkcionalne tehničke dokumentacije te između međusobno zavisnih nacrta skupina funkcionalne i radioničke tehničke dokumentacije, dakle između nacrta iz skupine više razine važnosti u odnosu na one iz skupine niže razine važnosti. Unutar nacrta iz iste skupine, za nacrte s dvostranom međuzavisnošću teži se što višoj razini preklapanja izrade nacrta, dok se za nacrte s jednostranom međuzavisnošću teži većem zaostajanju.

5 OPTIMIZACIJSKI MODEL STRATEGIJE GRADNJE BRODA S GLEDIŠTA UPOTREBE FUNKCIONALNE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

Empirijskom metodom ustanovljeno je da se informacije iz projektne tehničke dokumentacije izravno upotrebljavaju za izradu funkcionalne tehničke dokumentacije. Ostale informacije potrebne za izradu ove dokumentacije dobivaju se od proizvođača opreme, propisa i pravila klasifikacijskog društva i relevantnih nacionalnih vlasti, zahtjeva brodovlasnika te brodograđevne prakse u gradnji sličnih brodova. Informacije iz funkcionalne tehničke dokumentacije dalje služe za izradu radioničke tehničke dokumentacije, koja se onda izravno upotrebljava za potrebe proizvodnog procesa gradnje broda. Informacije projektne tehničke dokumentacije ne upotrebljavaju se izravno za potrebe izrade radioničke tehničke dokumentacije niti za potrebe proizvodnog procesa gradnje broda Tijek kolanja informacija tehničke dokumentacije u procesu gradnje broda prikazan je slikom 5.1.



Slika 5.1 Tijek kolanja informacija tehničke dokumentacije u procesu gradnje broda (Dtb – *razina informacija iz funkcionalne tehničke dokumentacije koje se izravno upotrebljavaju u proizvodnom procesu gradnje broda*)

Što je viša razina informacija iz funkcionalne tehničke dokumentacije sadržana u radioničkoj tehničkoj dokumentaciji, to je ona potpunija i točnija, ali zahtijeva duže vrijeme i veće

troškove njezine izrade. S druge strane, time se olakšava i ubrzava proces gradnje broda jer se zbog više razine informacija sadržanih u radioničkoj tehničkoj dokumentaciji osigurava bolje planiranje i priprema proizvodnje, uz manju vjerojatnost diskontinuiteta proizvodnog procesa gradnje broda. Informacije funkcionalne tehničke dokumentacije koje nisu ugrađene u radioničku tehničku dokumentaciju upotrebljavaju se izravno u proizvodnom procesu gradnje broda. Što je viša razina informacija sadržanih funkcionalnom tehničkom dokumentacijom po kojoj se izravno odvija proizvodni proces gradnje broda, to je niža razina informacija sadržana radioničkom tehničkom dokumentacijom te se ona može izraditi u kraćem vremenu i s manjim troškovima.

Brodogradilišta imaju vlastiti pristup i brodograđevnu praksu u pogledu razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda pa se njezin udio razlikuje od brodogradilišta do brodogradilišta, ali i unutar samoga brodogradilišta, ovisno o vrsti broda koji se gradi te njegovoj složenosti, veličini i zahtijevanim rokovima [39]. Kako bi se omogućilo mjerenje uspješnosti neke strategije upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, metodom je mjerenja potrebno za promatrano brodogradilište utvrditi referentnu točku od koje će se izvoditi mjerenja odstupanja gubitaka/ušteda budžeta i radnih sati, ovisno o mijenjaju postavljenih parametara. Ta točka će predstavljati relativnu nultu točku promatranog brodogradilišta. Udio funkcionalne tehničke dokumentacije koji se planira izravno upotrebljavati u proizvodnom procesu gradnje broda utvrđuje se već kod samoga ugovaranje broda i izrade popisa nacrta tehničke dokumentacije. Utvrđuje se posebno za svaku gradnju broda, na temelju brodograđevne prakse o gradnji sličnih brodova.

Valja istaknuti da u brodograđevnoj praksi ne postoji idealan proces kojim bi se osiguralo potpuno uključivanje informacija iz funkcionalne tehničke dokumentacije u radioničku tehničku dokumentaciju i onda putem nje za daljnje potrebe proizvodnog procesa gradnje broda jer bi takav pristup zahtijevao znatno povećanje vremena i troškova izrade radioničke tehničke dokumentacije, koji bi premašili uštede u smanjenju vremena i troškova proizvodnog procesa gradnje broda, i učinio gradnju broda neisplativom. Stoga se dopušta upotreba određene razine informacija iz funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda. Ekspertnim pristupom [22] zaključilo se da pogodan brodograđevni proces uključuje 20 % informacija iz funkcionalne tehničke dokumentacije koje se izravno upotrebljavaju u proizvodnom procesu gradnje broda. Za promatrani će pristup referentna

točka biti postavljena na vrijednost od 20 % upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda i to će biti nulta točka od koje će se mjeriti uspješnost brodograđevnog procesa promatranog brodogradilišta. Većim udjelom funkcionalne tehničke dokumentacije koja se upotrebljava izravno u proizvodnom procesu gradnje broda smatrat će se rasterećenje u izradi radioničke tehničke dokumentacije te povećanje obima radova koji se odvija izravno na mjestu gradnje broda, dok će se manjim udjelom smatrati povećanje obima radova na izradi radioničke tehničke dokumentacije i rasterećenje proizvodnog procesa gradnje broda. Valja istaknuti da radovi ne mogu nestati, nego se samo mijenja nositelj radova te vrijeme i tehnološka faza izvršenja radova. Sukladno se tome mijenjaju troškovi i trajanje gradnje broda, što je detaljnije objašnjeno u poglavlju 5.1 „Definiranje ulaznih parametara."

5.1 Definiranje ulaznih parametara

Pod pojmom definiranje ulaznih parametara podrazumijeva se odabir parametara s kojima se planira graditi brod i na temelju kojih će se vrednovati i ocjenjivati moguće strategije gradnje broda te će se izabrati onu koja u okvirima zahtjeva projekta ima najrealnije izglede za uspjeh. Ako se uspjeh gradnje broda vrednuje na temelju trajanja njegove gradnje, tada je prihvatljiva takva strategija kojom će se bez obzira na troškove osigurati gradnja broda s nižim utroškom radnih sati. Ako se uspjeh gradnje broda vrednuje na temelju troškova, tada je prihvatljiva takva strategija koja će rezultirati nižim troškovima bez obzira na trajanje gradnje broda.

Utrošak radnih sati u procesu gradnje broda definiran je raspoloživim budžetom utvrđenim u fazi ugovaranja broda prilikom procjene budžeta glavnih stavki troškova i cijene rada, kako je to prikazano tablicama 5.1 i 5.2. Vrijednost budžeta i utroška radnih sati prikazanih tablicama predstavlja relativnu vrijednost koja se temelji na raspodjeli udjela budžeta pojedinih stavki na bazi broja 100, odnosno njihovih postotnih udjela.

Tablica 5.1 Raspodjela budžeta u procesu gradnje broda [1, 13, 53, 58]

Glavne stavke troškova gradnje broda	Udio u ukupnom budžetu gradnje broda [%]
Izrada tehničke dokumentacije ($\$_design$)	10
Proizvodni proces gradnje broda ($\$_production$)	20
Materijal za gradnju broda	60
Fiksni troškovi gradnje broda	10

Tablica 5.2 Raspodjela budžeta u izradi tehničke dokumentacije [15, 54]

Skupina tehničke dokumentacije	Relativni udio u odnosu na budžet izrade tehničke dokumentacije	Relativni udio u ukupnom budžetu gradnje broda	Relativni utrošak radnih sati izrade tehničke dokumentacije
Projektna tehnička dokumentacija	20	2	= 2 / relativna cijena rada
Funkcionalna tehnička dokumentacija	40	4	= 4 / relativna cijena rada
Radionička tehnička dokumentacija	40	4	= 4 / relativna cijena rada
Ukupno tehnička dokumentacija	100	10	= 10 / relativna cijena rada

Utrošak radnih sati izrade tehničke dokumentacije i proizvodnog procesa gradnje broda ovisi o utvrđenom budžetu za gradnju broda i cijeni rada. Što je cijena rada veća, to je u okviru utvrđenog budžeta raspoloživi utrošak radnih sati manji.

Ulaznih parametri definirani su na način opisan tablicom 5.3.

Tablica 5.3 Definiranje ulaznih parametara

Oznaka	Naziv	Objašnjenje
$	Relativna cijena rada [$/h]	Definira koliko puta je cijena rada izrade tehničke dokumentacije veća ili manja od cijene rada proizvodnog procesa gradnje broda. Sinonim je za vrijednost rada.
Wh	Relativni utrošak radnih sati [h]	Količnik budžeta i relativne cijene rada. Sinonim je za količinu utrošenog rada.
Stage	Faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda	Faktor složenosti proizvodnog procesa gradnje broda s obzirom na tehnološku fazu. Definira koliko puta su troškovi proizvodnog procesa gradnje broda izvedeni u jednoj od narednih faza gradnje broda veći u odnosu na iste radove kada bi bili izvedeni u jednoj od ranijih faza [21, 51].
Dtb	Razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda [%]	Razina informacija iz nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije koje se izravno upotrebljavaju u proizvodnom procesu gradnje broda.
Rp	Referentna točka [%]	Unaprijed utvrđena razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda i koja se za promatrano brodogradilište smatra optimalnom. Referentna točka definira se kod ugovaranja broda za svaku novu gradnju broda i ovisi o razini tehnološke razine promatranog brodogradilišta te vrsti broda koji se gradi.

Za potrebe istraživanja usvojena su dva nova pojma: relativna cijena rada i faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda.

Relativna cijena rada utvrđuje se ekspertnim pristupom i predstavlja omjer cijene rada izrade tehničke dokumentacije i cijene rada proizvodnog procesa gradnje broda te pokazuje koliko je puta cijena rada projektiranja veća ili manja od cijene rada proizvodnog procesa gradnje broda. Cijena rada izrade tehničke dokumentacije po jednom djelatniku jednaka je količniku utvrđenog budžeta i planiranog utroška radnih sati projektiranja. Na identičan se način ekspertnim pristupom predviđa budžet i planiran broj radnih sati potrebnih za proizvodni proces gradnje broda te je cijena rada proizvodnog procesa gradnje broda po jednom djelatniku jednaka količniku utvrđenog budžeta i planiranog utroška radnih sati proizvodnog procesa gradnje broda. Relativna cijena rada proizvodnog procesa gradnje broda uvijek je jednaka jedinici jer je relativnom cijenom rada izraženo samo koliko je puta cijena rada izrade tehničke dokumentacije veća ili manja od cijene rada proizvodnog procesa gradnje broda.

Faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda utvrđuje se ekspertnim pristupom, kako je to opisano u poglavlju 3.2.

5.2 Algoritam za izradu krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda

Krivuljama pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda omogućit će se odabir pogodne razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda s aspekta utjecaja na troškove i rokove gradnje broda, a na temelju poznavanja cijene rada i tehnološke razine promatranog brodogradilišta. Razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda za promatrano brodogradilište utvrđuje se ekspertnim pristupom na temelju popisa nacrta radioničke tehničke dokumentacije i poznavanja razine informacija brodskih sustava sadržanih tom dokumentacijom. Primjenom metode klasifikacije utvrđeno je kako veći broj radioničkih nacrta pretpostavlja nižu razinu upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda. Ako se razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda poveća ili smanji u odnosu na onaj predviđen kod kalkulacije troškova gradnje broda u procesa ugovaranja i predstavlja za promatrano brodogradilište referentnu točku, sukladno će

se tome smanjiti ili povećati količina rada u izradi radioničke tehničke dokumentacije te povećati ili smanjiti količina rada proizvodnog procesa gradnje broda.

Empirijskom metodom utvrđeno je da se količina rada mjeri utroškom radnih sati te će se, sukladno gore iznesenom, povećati ili smanjiti udio radnih sati u proizvodnom procesu gradnje broda. Izrazima od 5.1 do 5.7 prikazani su izračuni za povećanje ili smanjenje budžeta i radnih sati u ovisnosti o razini upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda različitoj od one utvrđene u referentnoj točki. Ta razina ovisi o tehnološkoj razini brodogradilišta promatranoj kroz faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda i relativne cijene rada. Variranjem različitih faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda i relativnih cijena rada, za različite razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u odnosu na vrijednost postavljenu u referentnoj točki, dobivene su krivulje pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda. Primjer krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda, izračunatih na temelju relacija postavljenih izrazima od 5.1 do 5.7, prikazan je tablicama 5.4 i 5.5, uz opis i analizu rezultata danih u poglavlju 5.3.

Tumačenje oznaka korištenih u izrazima od 5.1 do 5.7:

$Total_Wh_design$	ukupan broj radnih sati u izradi radioničke tehničke zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda
Wh_detail_design	kalkulirani broj radnih sati u izradi radioničke tehničke dokumentacije
Wh_design_lose	gubitak/ušteda radnih sati u izradi radioničke tehničke dokumentacije zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda
$Wh_production_lose$	gubitak/ušteda radnih sati u proizvodnom procesu gradnje broda zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda
$Total_Wh_$lose	ukupni gubitak/ušteda radnih sati u gradnji broda zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u

	proizvodnom procesu gradnje broda
$\$_design_lose$	gubitak/ušteda budžeta izrade radioničke tehničke dokumentacije zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda
\$	relativna cijena rada
$\$_production_lose$	gubitak/ušteda budžeta proizvodnog procesa gradnje broda zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda
$Total_\$_lose$	ukupni gubitak/ušteda budžeta gradnje broda zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda

Ukupan broj radnih sati u izradi radioničke tehničke dokumentacije nastao kao posljedica više ili niže razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u odnosu na vrijednost postavljenu u referentnoj točki izračunava se izrazom 5.1.

$$Total_Wh_design = \frac{Wh_detail_design}{1-\frac{Rp}{100}} \cdot (1 - \frac{Dtb}{100}) \tag{5.1}$$

Gubitak/ušteda radnih sati u izradi radioničke tehničke dokumentacije izračunava se izrazom 5.2. Pozitivna vrijednost ukazuje na gubitak radnih sati i produženje izrade radioničke tehničke dokumentacije, dok negativna vrijednost ukazuje na uštedu u radnim satima i skraćenje izrade radioničke tehničke dokumentacije.

$$Wh_design_lose = Total_Wh_design - Wh_detail_design \tag{5.2}$$

Kako je to objašnjeno u poglavlju 5.1, količina rada ne može nestati, već se ona prenosi na druge sudionike uključene u proizvodni proces gradnje broda, uvećana ili umanjena za razinu utjecaja tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda. Ako se količina rada u izradi radioničke tehničke dokumentacije smanji za određeni iznos, isti radovi koji se nisu odradili u radioničkoj tehničkoj dokumentaciji morat će se odraditi izravno u proizvodnom procesu gradnje broda izradom priručnih skica nastalih mjerenjem izravno na brodu. Sukladno će se tome povećati količina rada proizvodnog procesa gradnje broda uvećana za razinu utjecaja tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda. I obrnuto, veća količina rada u izradi

radioničke tehničke dokumentacije s višom razinom uključenih informacija iz funkcionalne tehničke dokumentacije rasterećuje proizvodni proces gradnje broda. Gubitak/ušteda radnih sati u proizvodnom procesu gradnje broda zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda izračunava se izrazom 5.3.

$$Wh_production_lose = Wh_design_lose \cdot (-Stage) \tag{5.3}$$

Negativan predznak za faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda u izrazu 5.3 referira na povećanje ili smanjenje utroška radnih sati u proizvodnom procesu gradnje broda. Naime, ako dolazi do smanjenja razine izrade radioničke tehničke dokumentacije, što znači uštedu radnih sati u izradi radioničke tehničke dokumentacije i u izrazu 5.2 ima negativnu vrijednost, tada će se utrošak radnih sati u proizvodnom procesu gradnje broda adekvatno povećati i imati pozitivnu vrijednost. I suprotno, u slučaju da dolazi do povećanja razine izrade radioničke tehničke dokumentacije, što znači gubitak radnih sati u izradi radioničke tehničke dokumentacije i u izrazu 5.2 ima pozitivnu vrijednost, tada će se utrošak radnih sati u proizvodnom procesu gradnje broda adekvatno smanjiti i imati negativnu vrijednost.

Ukupan gubitak/ušteda radnih sati u gradnji broda definiran izrazom 5.4, jednak je zbroju gubitaka/ušteda radnih sati izrade radioničke tehničke dokumentacije i proizvodnog procesa gradnje broda.

$$Total_Wh_lose = Wh_design_lose + Wh_production_lose \tag{5.4}$$

Sukladno povećanju ili smanjenju utroška radnih sati, povećat će se ili smanjiti troškovi izrade radioničke tehničke dokumentacije i proizvodnog procesa gradnje broda, sagledano gubitkom ili uštedom budžeta, nastalog kao posljedica veće ili manje upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda.

Gubitak/ušteda budžeta izrade radioničke tehničke dokumentacije definiran je izrazom 5.5 i jednak je umnošku gubitka/uštede radnih sati izrade radioničke tehničke dokumentacije i relativne cijene rada. Pozitivna vrijednost ukazuje na gubitak budžeta izrade radioničke tehničke dokumentacije, dok negativna vrijednost ukazuje na njegovu uštedu.

$$\$_design_lose = Wh_design_lose \cdot \$ \tag{5.5}$$

Gubitak/ušteda budžeta proizvodnog procesa gradnje broda definiran je izrazom 5.6 i jednak je umnošku gubitka/uštede radnih sati proizvodnog procesa gradnje broda i relativne cijene

rada proizvodnog procesa gradnje broda. Relativna cijena rada proizvodnog procesa gradnje broda, kako je to objašnjeno poglavljem 5.1, jednaka je 1. Pozitivna vrijednost ukazuje na gubitak budžeta proizvodnog procesa gradnje broda, dok negativna vrijednost ukazuje na uštedu budžeta proizvodnog procesa gradnje broda.

$$\$_production_lose = Wh_production_lose \cdot 1 \tag{5.6}$$

Ukupan gubitak/ušteda budžeta gradnje broda zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, definiran je izrazom 5.7 i jednak je zbroju gubitka ili uštede budžeta izrade radioničke tehničke dokumentacije i proizvodnog procesa gradnje broda. Pozitivna vrijednost ukazuje na povećanje troškova gradnje broda, dok negativna vrijednost ukazuje na njihovo smanjenje.

$$Total_\$_lose = \$_design_lose + \$_production_lose \tag{5.7}$$

5.3 Analiza rezultata kroz dva karakteristična primjera krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda

Algoritmom za izradu krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda omogućit će se izbor zadovoljavajuće razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u okvirima utvrđenih troškova i rokova gradnje broda, ovisno o cijeni rada i tehnološkoj razini brodogradilišta. Time će se moći utvrditi strategija izrade radioničke tehničke dokumentacije s razinom njezine zastupljenosti i detaljiziranosti te definirati troškovi i rokovi njezine izrade.

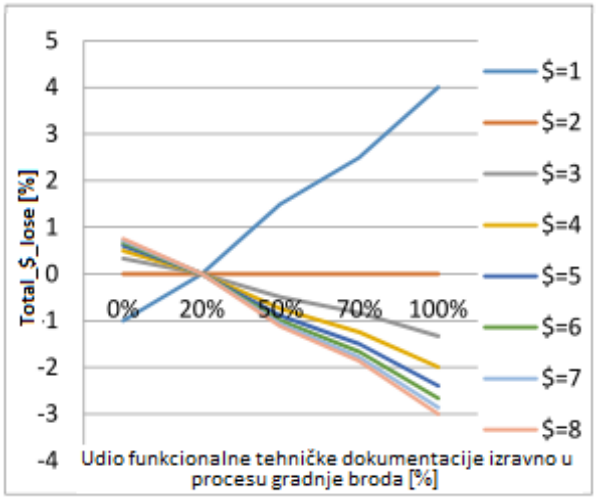
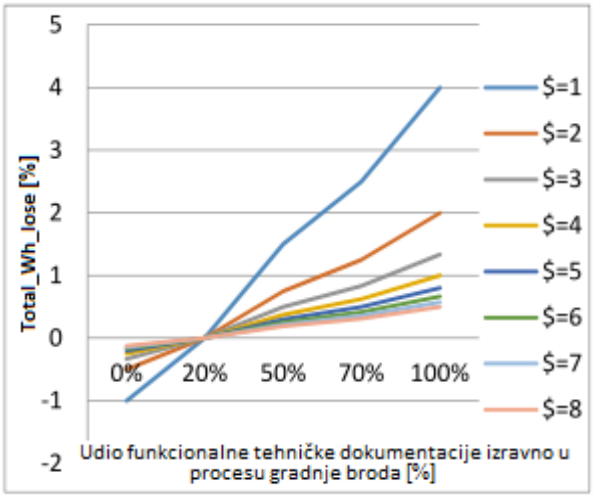
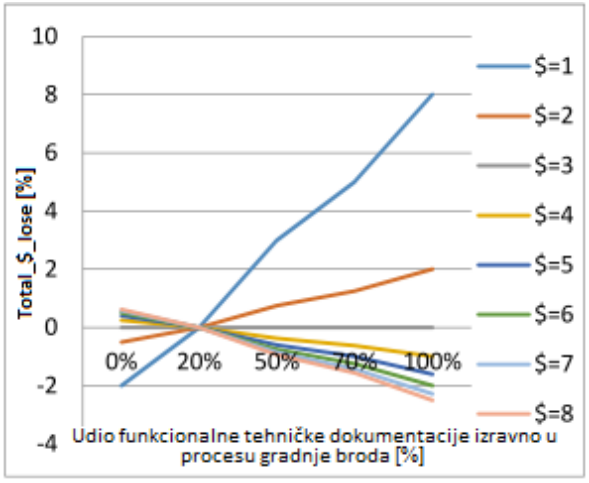
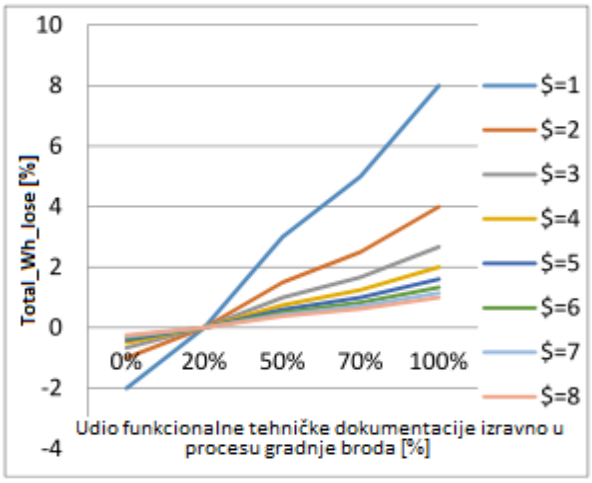
Razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda utvrđuje se u fazi ugovaranja broda kod kalkulacije troškova izrade tehničke dokumentacije i proizvodnog procesa gradnje broda te utvrđivanja rokova njegove gradnje, čija se vrijednost onda postavlja kao referentna točka. Razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda utvrđuje se posebno za svako promatrano brodogradilište na temelju njegove tehnološke razine i uobičajene brodograđevne prakse u upotrebi tehničke dokumentacije za pojedinu vrstu broda koji se gradi. Primjenom analize osjetljivosti, ovisno o višoj ili nižoj razini upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u odnosu na vrijednost definiranu referentnom točkom i u odnosu na relativnu cijenu rada i faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda, može se pratiti utjecaj na troškove i rokove gradnje broda

i utvrditi primjerenu strategiju izrade tehničke dokumentacije u zadanim okvirima troškova i rokova. Ako su zahtijevani kratki rokovi gradnje broda, tada je kod kalkulacije troškova potrebno utvrditi utjecaj na povećanje troškova izrade tehničke dokumentacije ili proizvodnog procesa gradnje broda u odnosu na standardnu brodograđevnu praksu brodogradilišta. Ako su limitirani troškovi gradnje broda, tada se izvode korekcije plana gradnje broda adekvatnim usklađivanjem rokova njegove gradnje kojim će se omogućiti izrada tehničke dokumentacije i odvijanja proizvodnog procesa u okvirima zadanog budžeta. To može značiti, ovisno o relativnoj cijeni rade i faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda, smanjenje ili povećanja razine zastupljenosti radioničke tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda, i ovisno o tome povećanje ili smanjenje razine radova koji se odvijaju direktno na mjestu gradnje broda i s tim u vezi samih troškova proizvodnog procesa njegove gradnje. Opisanim postupkom moguće je već u fazi procesa ugovaranja broda definirati odgovarajuću strategiju izrade tehničke dokumentacije na temelju kojih će se s potrebnim proizvodnim resursima prilagoditi i pripremiti proizvodni proces gradnje broda.

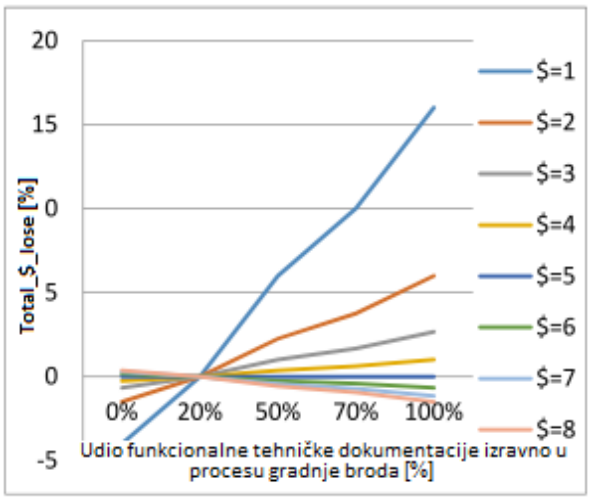
Primjenom izraza od 5.1 do 5.7 izračunate su i u tablicama 5.4 i 5.5 prikazani su primjeri krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda za dva zamišljena brodogradilišta koja u svojoj inicijalnoj strategiji gradnje broda upotrebljavaju 20 % i 40 % funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda i te se vrijednosti smatraju njihovom referentnom točkom. Usvojena razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u razini od 20 % i 40 %, uzeta je kao primjer izračuna krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda zamišljenog brodogradilišta, na temelju čijih će se rezultata moći izvesti relevantni zaključci o trendu i zakonitostima ponašanja sustava.

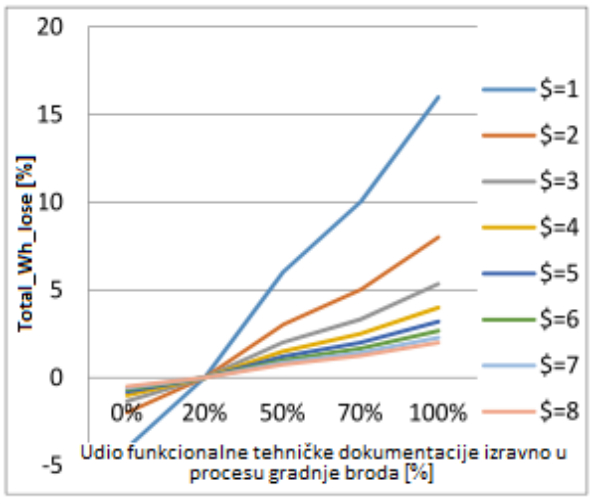
Variranjem relativne cijene rada u iznosu od 1 do 8 i više faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda, ovisno o mijenjanju razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu u odnosu na onu vrijednost koja je bila postavljena u referentnoj točki, dobivene su krivulje pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda za tako postavljene ulazne podatke.

Tablica 5.4 Krivulje pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda za slučaj kada je gradnja broda definirana s 20 % funkcionalne tehničke dokumentacije koja se izravno upotrebljava u proizvodnom procesu gradnje broda (referentna točka = 20 %)

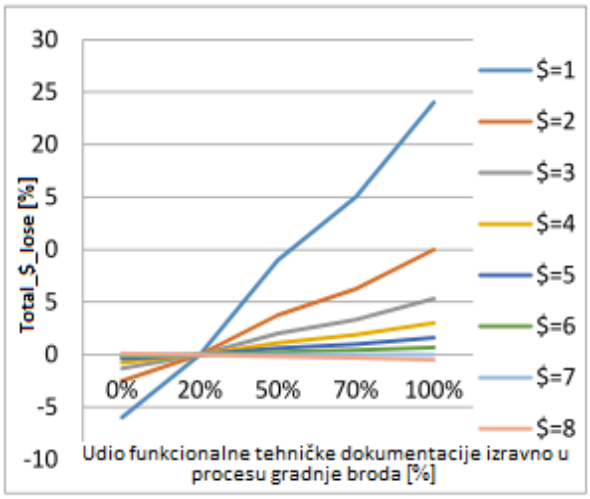
Gubici/uštede budžeta	Gubici/uštede radnih sati
Faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda: Stage = 2	
	
Faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda: Stage = 3	
	

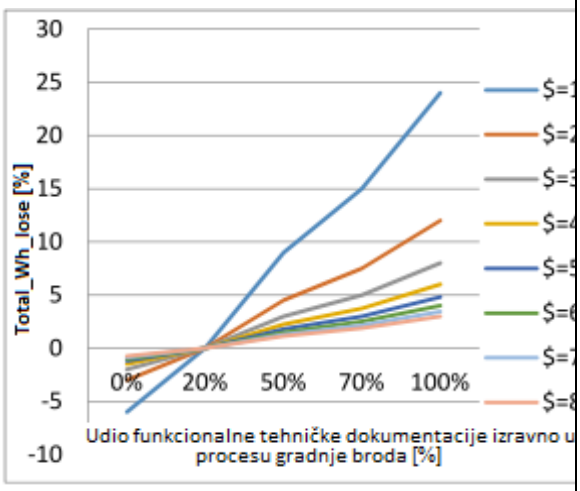
Faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda: Stage = 5



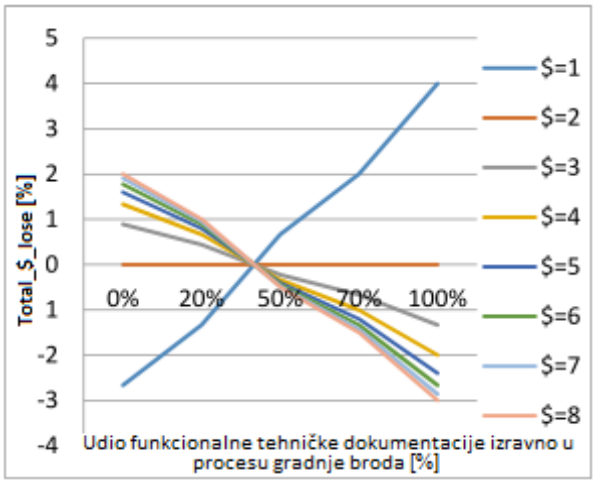
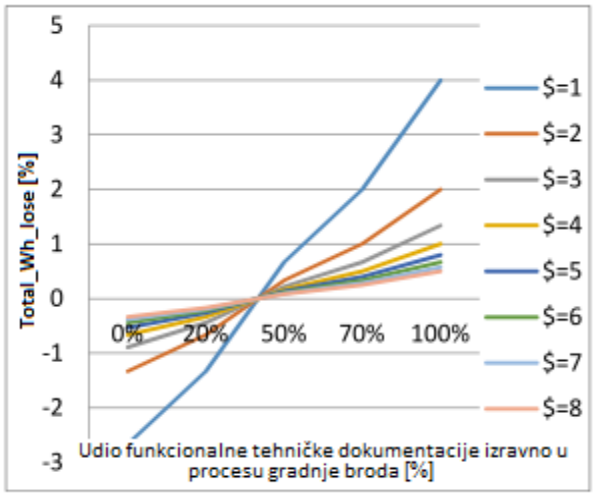
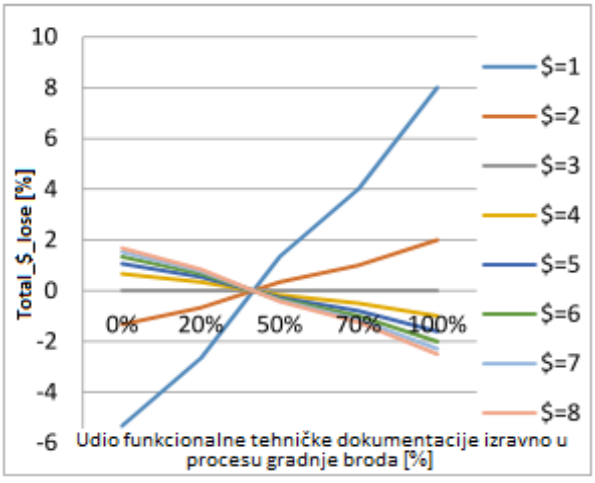
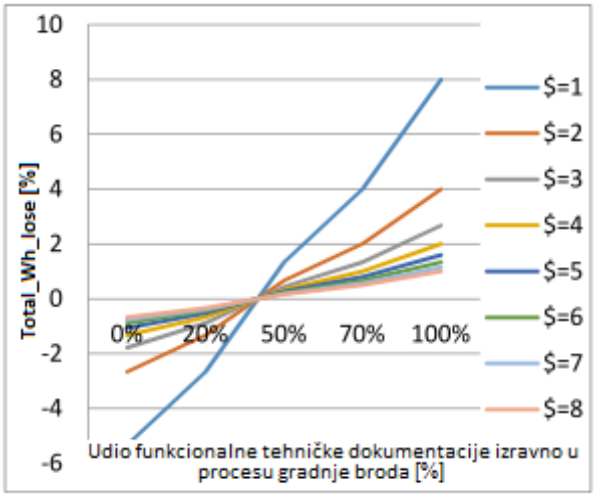


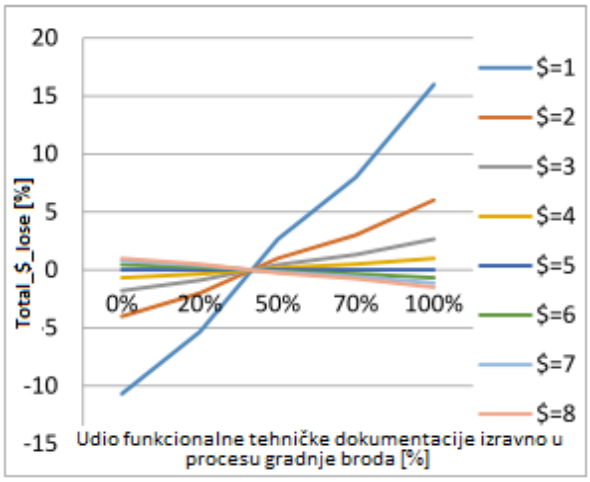
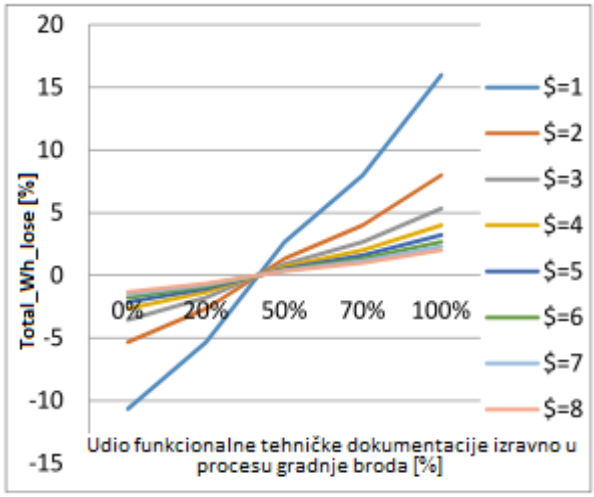
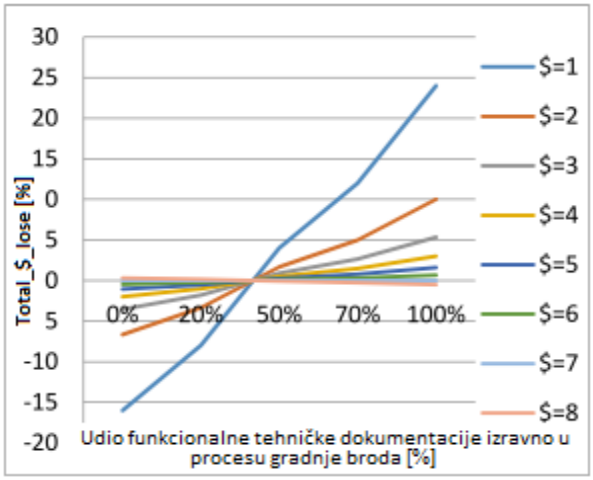
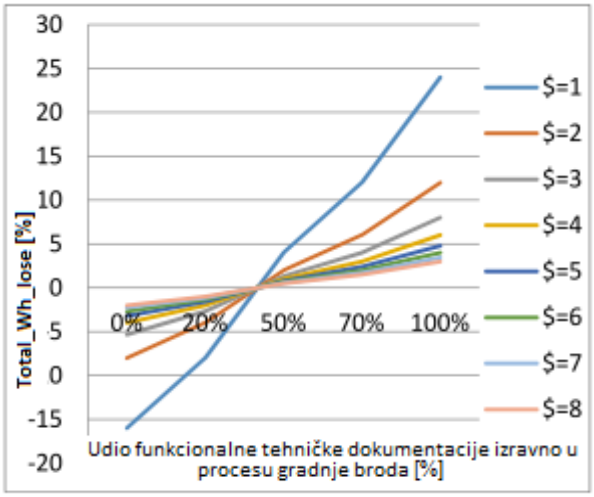
Faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda: Stage = 7





Tablica 5.5 Krivulje pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda za slučaj kada je gradnja broda definirana s 40 % funkcionalne tehničke dokumentacije koja se izravno upotrebljava u proizvodnom procesu gradnje broda (referentna točka = 40 %)

Gubici/uštede budžeta	Gubici/uštede radnih sati
Faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda: Stage = 2	
	
Faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda: Stage = 3	
	

Faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda: Stage = 5	
	
Faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda: Stage = 7	
	

Analizom rezultata prikazanih krivulja u tablicama 5.4 i 5.5 zaključuje se sljedeći trend utjecaja na troškove i utrošak radnih sati:

- Gubici/uštede budžeta i radnih sati u gradnji broda ovise o udjelu funkcionalne tehničke dokumentacije koja se planira upotrebljavati izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, cijeni rada izrade tehničke dokumentacije u odnosu na cijenu rada proizvodnog procesa gradnje broda (relativna cijena rada) i faktoru tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda.

- U referentnoj točki gubici/uštede budžeta i radnih sati gradnje broda jednaki su nuli. Smanjenjem ili povećanjem razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, ovisno o relativnoj cijeni rada i faktoru tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda, gubici/uštede budžeta i radnih sati gradnje broda u referentnoj točki mijenjaju svoj predznak. Ako su budžet ili utrošak radnih sati ispred referentne točke bili u gubitku, iza referentne točke nastaju uštede i obrnuto.
- Ako su faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda i relativna cijena rada jednaki, gubici/uštede budžeta gradnje brod su jednaki nuli za sve razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, jer se efekt gubitka/uštede budžeta izrade tehničke dokumentacije poništava sa efektom uštede/gubitka budžeta proizvodnog procesa gradnje broda. Relativni utrošak radnih sati gradnje broda u odnosu na položaj prema vrijednosti u referentnoj točki se povećava s povećanjem razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, dok se on smanjuje s njezinim smanjenjem. S povećanjem relativne cijene rada za jednaki faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda, s povećanjem razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda rastu uštede, dok s njezinim daljnjim smanjenjem dolazi do povećanja gubitaka.
- Stupanj povećanja ili smanjenja gubitaka/ušteda budžeta i radnih sati u gradnji broda ovisi o relativnoj cijeni rada i faktoru tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda. Što je relativna cijena rada manja, to je veći stupanj povećanja ili smanjenja gubitaka/ušteda budžeta i radnih sati. S druge strane, što je faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda veći, to je veći stupanj povećanja ili smanjenja gubitaka/ušteda budžeta i radnih sati gradnje broda.

6 ALGORITAM ZA VREDNOVANJE PLANA IZRADE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

Da bi se moglo mjeriti i vrednovati uspješnost nekog proizvodnog procesa, prvo se metodom mjerenja utvrđuju vrijednosti koje se žele mjeriti i vrednovati. U doktorskoj disertaciji vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije provedena je s dvaju gledišta: s gledišta utjecaja nepouzdanosti nacrta na gubitke budžeta i radnih sati te s gledišta utjecaja preklapanja izrade tehničke dokumentacije na nepouzdanost nacrta i rokove izrade tehničke dokumentacije. U prvom će se slučaju mjeriti gubici budžeta i radnih sati nastalih kao posljedica nepouzdanosti nacrta te će se izabrati plan izrade tehničke dokumentacije s najmanjim utjecajem na troškove i rokove gradnje broda. U drugom će se slučaju mjeriti vrijeme dovršenosti nacrta od neke referentne točke, izračunat će se trajanje izrade nacrta po skupinama tehničke dokumentacije i razina preklapanja izrade međusobno zavisnih nacrta po skupinama tehničke dokumentacije s utjecajem na nepouzdanost nacrta i rokove izrade tehničke dokumentacije te će se izabrati varijanta s najmanjim utjecajem na troškove i rokove gradnje broda.

6.1 Algoritam za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta nepouzdanosti nacrta

Algoritam za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta nepouzdanosti nacrta nadopunjuje se na algoritam za izračunavanje nepouzdanosti nacrta opisanog u poglavlju 4.1 i koristi njegove rezultate za izračun utvrđenih parametara za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije prema izrazima od 6.1 do 6.13. Namjena je algoritma ta da na temelju izračunate nepouzdanosti nacrta, prema izrazima od 4.10 do 4.20, izračuna utjecaj nepouzdanosti nacrta na dodatne troškove proizvodnog procesa gradnje broda i gubitak radnih sati, što će služiti za vrednovanje različitih varijanti planova izrade tehničke dokumentacije sa stajališta nepouzdanosti nacrta tijekom postupka optimizacije plana izrade tehničke dokumentacije. Kako je to već istaknuto, optimizacijski postupak planiranja izrade tehničke dokumentacije je iteracijski postupak, čiji rezultat konvergira optimalnom rješenju, tako da će se od više mogućih varijanti primjenom analize osjetljivosti izabrati ona s najmanjim utjecajem na gubitke budžeta i radnih sati. Sam postupak primjene računalnog alata i princip rada osnovanih algoritama detaljno je opisan u poglavlju 7.

Nepouzdanost nacrta s kojom promatrani nacrt izravno djeluje na proizvodni proces gradnje broda ovisi o njegovoj razini informacija koje se izravno upotrebljavaju u proizvodnom procesu gradnje broda i računa se prema izraza 6.1. Kod radioničke tehničke dokumentacije one se upotrebljavaju u potpunosti, dok kod funkcionalne tehničke dokumentacije to ovisi o razini informacija koje iz funkcionalne tehničke dokumentacije nisu uključene u radioničku tehničku dokumentaciju. Informacije iz projektne tehničke dokumentacije ne upotrebljavaju se izravno u proizvodnom procesu gradnje broda.

$$Fail_prod = P(Fail_NACRT_out) \cdot Dtb \tag{6.1}$$

gdje je $P(Fail_NACRT_out)$ nepouzdanost promatranog nacrta s kojim on djeluje na nacrte sljedbenike i računa se prema izrazu 4.20, a *Dtb* razina informacija iz nacrta koje se izravno upotrebljavaju u proizvodnom procesu gradnje broda. Za nacrte iz skupine projektne tehničke dokumentacije ona iznosi 0 jer se projektna tehničke dokumentacije ne upotrebljava izravno u proizvodnom procesu gradnje broda. Za nacrte iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije ona može varirati od vrijednosti 0 do 1, u zavisnosti od razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda. Za nacrte iz skupine radioničke tehničke dokumentacije ona iznosi 1 jer se radioničke tehničke dokumentacije u potpunosti upotrebljava u proizvodnom procesu gradnje broda.

Informacije koje se putem funkcionalne tehničke dokumentacije izravno prenose u proizvodni proces gradnje broda ne ugrađuju se u radioničku tehničku dokumentaciju te se smanjuje i razina njezine nepouzdanosti. Nepouzdanost s kojom promatrani nacrt izravno djeluje na izradu nacrta sljedbenika iz skupine radioničke tehničke dokumentacije računa se prema izraza 6.2.

$$Fail_design = P(Fail_NACRT_out) \cdot (1 - Dtb) \tag{6.2}$$

Kako je to definirano izrazom 4.20, nepouzdanost promatranog nacrta sastoji se od vlastite nepouzdanosti koja ovisi o razini potpunosti nacrta i odobrenosti klasifikacijskog društva i brodovlasnika te naslijeđene nepouzdanosti kojom međusobno zavisni nacrti prethodnici djeluju na promatrani nacrt. Da bi se ustanovila naslijeđena razina nepouzdanosti s kojom nacrti prethodnici djeluju na promatrani nacrt, uvodi se pojam indeksa nepouzdanosti nacrta ($Failure_Index$). Indeks nepouzdanosti nacrta je pokazatelj s kolikom nepouzdanošću međusobno zavisni nacrti prethodnici djeluju na promatrani nacrt. Računa se prema izrazu 6.3

i predstavlja srednju vrijednost nepouzdanosti svih međusobno zavisnih nacrta prethodnika koji svojom nepouzdanošću djeluju na promatrani nacrt,

$$Failure_Index = \frac{\sum_{i=1}^{n} P(Fail_NACRT_out_dep_i)}{No_dep_dwg} \tag{6.3}$$

gdje je $P(Fail_NACRT_out_dep_i)$ nepouzdanost svakog pojedinog zavisnog nacrta prethodnika, a No_dep_dwg ukupan broj zavisnih nacrta prethodnika.

Na temelju poznavanja nepouzdanosti nacrta kojim oni djeluju na proizvodni proces gradnje broda, može se izračunati ukupna nepouzdanost sustava isplaniranih nacrta te očekivani gubici budžeta i radnih sati. Izračunati gubici su relativni jer je izračun rađen na temelju raspodjele budžeta na bazi broja 100, kako je to prikazano tablicama 5.1 i 5.2.

Nepouzdanost nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije računa se prema izrazu 6.4 i jednaka je srednjoj vrijednosti nepouzdanosti svih nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije,

$$Fail_basic = \frac{\sum_{i=1}^{n} Fail_basic_i}{No_basic} \tag{6.4}$$

gdje je $Fail_basic$ srednja vrijednost nepouzdanosti nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije, $Fail_basic_i$ pojedinačna vrijednost nepouzdanosti nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije, a No_basic ukupni broj nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije.

Nepouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije računa se prema izrazu 6.5 i jednaka je srednjoj vrijednosti nepouzdanosti svih nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije,

$$Fail_system = \frac{\sum_{i=1}^{n} Fail_system_i}{No_system} \tag{6.5}$$

gdje je $Fail_system$ srednja vrijednost nepouzdanosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije, $Fail_system_i$ pojedinačna vrijednost nepouzdanosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije, a No_system ukupni broj nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije.

Nepouzdanost nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije računa se prema izrazu 6.6 i jednaka je srednjoj vrijednosti nepouzdanosti svih nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije,

$$Fail_detail = \frac{\sum_{i=1}^{n} Fail_detail_i}{No_detail} \tag{6.6}$$

gdje je $Fail_detail$ srednja vrijednost nepouzdanosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije, $Fail_detail_i$ pojedinačna vrijednost nepouzdanosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije, a No_detail ukupni broj nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije.

Primjenom izraza 6.1, na temelju poznavanja razine informacija iz nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije koje se izravno upotrebljavaju u proizvodnom procesu gradnje broda (Dtb), izračunava se nepouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije s kojom oni djeluju na proizvodni proces gradnje broda i prikazana je izrazom 6.7.

$$Fail_system_to_production = Fail_system \cdot Dtb \tag{6.7}$$

Primjenom izraza 6.2 izračunava se nepouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije s kojom oni djeluju na izradu nacrta iz skupine radioničke tehničke dokumentacije i prikazana je izrazom 6.8.

$$Fail_system_to_detail = Fail_system \cdot (1 - Dtb) \tag{6.8}$$

Ukupna nepouzdanost proizvodnog procesa gradnje broda računa se prema izrazu 6.9 i jednaka je zbroju nepouzdanosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije s kojom ulaze u proizvodni proces gradnje broda te nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije koji se izravno upotrebljavaju u proizvodnom procesu gradnje broda

$$Fail_production = Fail_detail + Fail_system_to_production \tag{6.9}$$

6.1.1 Računanje očekivanih gubitaka/ušteda na temelju nepouzdanosti nacrta i upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda

Broj radnih sati izrade tehničke dokumentacije i proizvodnog procesa gradnje broda ovisan je o budžetu i cijeni rada. Kako je to prikazano tablicama 5.1 i 5.2 u poglavlju 5.1, budžet predstavlja relativnu vrijednost jer se izračun temelji na bazi broja 100, dok je cijena rada relativna veličina temeljena na odnosu cijene rada projektiranja i proizvodnog procesa gradnje broda i pokazuje koliko puta je cijena rada projektiranja veća ili manja od cijene rada proizvodnog procesa gradnje broda. Iz tako postavljene relacije proizlazi da relativna cijena rada proizvodnog procesa gradnje broda iznosi 1.

Relativni broj radnih sati izrade tehničke dokumentacije računa se prema izrazu 6.10 i jednak je količniku relativnog budžeta za izradu tehničke dokumentacije i relativne cijene rada projektiranja,

$$Wh_design = \frac{\$_design}{\$} \tag{6.10}$$

gdje je Wh_design relativni broj radnih sati izrade tehničke dokumentacije [h], $\$_design$ relativni budžet za izradu tehničke dokumentacije [$], a $ relativna cijena rada [$/h].

Relativni broj radnih sati proizvodnog procesa gradnje broda računa se prema izrazu 6.11 i jednak je količniku relativnog budžeta za proizvodni proces gradnje broda i relativne cijene rada proizvodnog procesa gradnje broda koja, kako je rečeno, iznosi vrijednost 1,

$$Wh_production = \frac{\$_production}{1} \tag{6.11}$$

gdje je $Wh_production$ relativni broj radnih sati proizvodnog procesa gradnje broda [h], a $\$_production$ relativni budžet za proizvodni proces gradnje broda [$].

Očekivani gubitak budžeta proizvodnog procesa gradnje broda zbog nepouzdanosti sustava isplaniranih nacrta izračunava se izrazom 6.12 i jednak je umnošku nepouzdanosti proizvodnog procesa gradnje broda i relativnog budžeta za proizvodni proces gradnje broda.

$$\$_Fail_production = Fail_production \cdot \$_production \tag{6.12}$$

Očekivani gubitak radnih sati proizvodnog procesa gradnje broda zbog nepouzdanosti sustava isplaniranih nacrta izračunava se izrazom 6.13 i jednak je umnošku nepouzdanosti

proizvodnog procesa gradnje broda i relativnog utroška radnih sati proizvodnog procesa gradnje broda.

$$Wh_Fail_production = Fail_production \cdot Wh_production \tag{6.13}$$

Razina informacija iz funkcionalne tehničke dokumentacije koje se izravno upotrebljavaju u proizvodnom procesu gradnje broda za promatrano brodogradilište inicijalno iznosi vrijednost koja je određena referentnom točkom, kako je to opisano u poglavlju 5. S povećanjem se te razine skraćuje trajanje izrade radioničke tehničke dokumentacije i smanjuju se troškovi njezine izrade. Isto se tako smanjuje i nepouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije s kojom oni djeluju na proizvodni proces gradnje broda jer se tada zbog njezine kasnije upotrebe u proizvodnom procesu gradnje broda upotrebljava funkcionalna tehnička dokumentacija s visokom razinom odobrenosti, stoga i niskom razinom nepouzdanosti. I obrnuto, smanjenjem razine informacija iz funkcionalne tehničke dokumentacije koje se izravno upotrebljavaju u proizvodnom procesu gradnje broda, produžuje se trajanje izrade radioničke tehničke dokumentacije jer se veća razina informacija funkcionalne tehničke dokumentacije ugrađuje u radioničku tehničku dokumentaciju. Time se povećavaju troškovi i nepouzdanost radioničke tehničke dokumentacije s kojom ona djeluju na proizvodni proces gradnje broda jer se u njenoj izradi upotrebljava funkcionalna tehnička dokumentacija s nižom razinom odobrenosti, stoga i višom razinom nepouzdanosti.

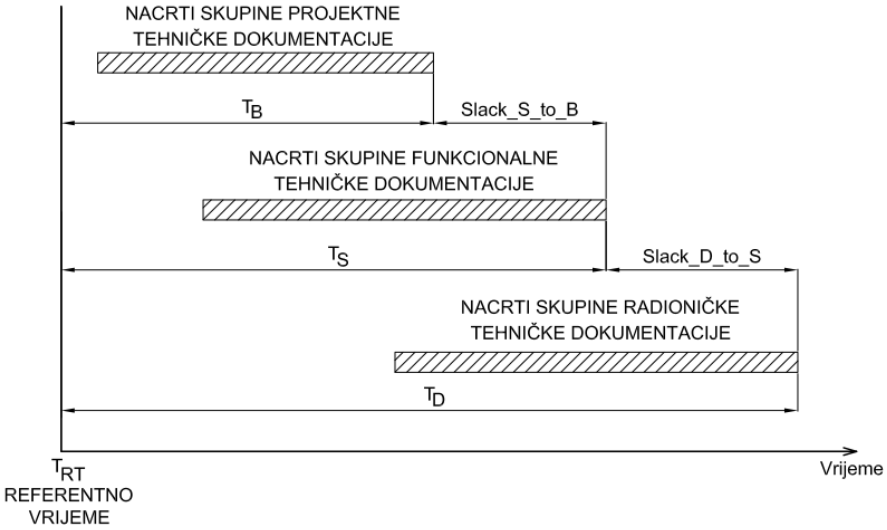
Izrazom 5.7 definiran je ukupan gubitak/ušteda budžeta gradnje broda zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda ($Total_\$_lose$), dok je izrazom 6.12 definiran očekivani gubitak budžeta proizvodnog procesa gradnje broda zbog nepouzdanosti sustava isplaniranih nacrta ($\$_Fail_production$). Ova dva gubitka/uštede se nadopunjuju te ih je potrebno integrirati u zajednički gubitak/uštedu. Ukupan gubitak/ušteda budžeta gradnje broda ($Total_\$$) definiran je izrazom 6.14.

$$Total_\$ = Total_\$_lose + \ \$_Fail_production \tag{6.14}$$

Potrebno je naglasiti da u slučaju kada brodogradilište upotrebljava funkcionalnu tehničku dokumentaciju izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u razini koja je identična vrijednosti definiranoj u referentnoj točci, nema gubitaka/ušteda nastalih na temelju stavke više ili niže razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda jer referentna točka predstavlja nultu točku od koje se za promatrano

brodogradilište provodi mjerenje te je onda vrijednost $Total_\$_lose = 0$. Tada je ukupni gubitak budžeta gradnje broda jednak očekivanom gubitku budžeta proizvodnog procesa gradnje broda zbog nepouzdanosti sustava isplaniranih nacrta, $Total_\$ = \$_Fail_production.$

6.2 Algoritam za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta razine preklapanja njezine izrade



Slika 6.1 Definiranje položaja nacrta skupina tehničke dokumentacije u odnosu na referentno vrijeme

LEGENDA: T_{RT} – datum referentnog vremena, T_B – srednje vrijeme dovršenosti nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije, T_S - srednje vrijeme dovršenosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije, T_D – srednje vrijeme dovršenosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije, Slack_S_to_B – zaostajanje dovršenosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije u odnosu na nacrte skupine projektne tehničke dokumentacije, Slack_D_to_S – zaostajanje dovršenosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije u odnosu na nacrte skupine funkcionalne tehničke dokumentacije

Algoritam za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta razine preklapanja njezine izrade koristi se za verifikaciju plana s gledišta trajanja izrade nacrta po skupinama tehničke dokumentacije i razini preklapanja njihove izrade. Da bi se na temelju ovoga kriterija mogao vrednovati plan izrade tehničke dokumentacije, primjenom metode mjerenja utvrđen je način mjerenja vremena. Za tu su potrebu uvedena dva nova pojma, referentno vrijeme i zaostajanje nacrta. Referentno je vrijeme (slika 6.1) polazišno i od njega se mjeri dovršenost nacrta te služi za izračun trajanja izrade nacrta po pojedinim skupinama tehničke dokumentacije. Zaostajanje nacrta je pojam kojim se definira odmak vremena dovršenosti

nacrta između dviju skupina tehničke dokumentacije. Verifikacija plana izrade tehničke dokumentacije izvodi se u svakom iteracijskom postupku vrednovanja plana tijekom procesa optimizacije te se prednost daje planu izrade tehničke dokumentacije s kraćim trajanjem i nižom razinom preklapanja koja doprinosi višoj razini pouzdanosti nacrta.

Srednje vrijeme dovršenosti nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije T_B jednako je zbroju razlike datuma dovršenosti svakog pojedinog nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije $T_{B(i)}$ i datuma referentnog vremena T_{RT}, podijeljenih s ukupnim brojem nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije No_basic i izračunava se prema izrazu 6.15.

$$T_B = \frac{\sum_{i=1}^{n}(T_{B(i)} - T_{RT})}{No_basic} \tag{6.15}$$

Srednje vrijeme dovršenosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije T_S jednako je zbroju razlike datuma dovršenosti svakog pojedinog nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije $T_{S(i)}$ i datuma referentnog vremenaT_{RT}, podijeljenih s ukupnim brojem nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije No_system i izračunava se prema izrazu 6.16.

$$T_S = \frac{\sum_{i=1}^{n}(T_{S(i)} - T_{RT})}{No_system} \tag{6.16}$$

Srednje vrijeme dovršenosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije T_D jednako je zbroja razlike datuma dovršenosti svakog pojedinog nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije $T_{D(i)}$ i datuma referentnog vremena T_{RT}, podijeljenih s ukupnim brojem nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije No_detail i definirano je izrazom 6.17.

$$T_D = \frac{\sum_{i=1}^{n}(T_{D(i)} - T_{RT})}{No_detail} \tag{6.17}$$

Zaostajanje dovršenosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije, u odnosu na nacrte skupine projektne tehničke dokumentacije $Slack_S_to_B$, jednako je razlici srednjega vremena dovršenosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije T_S i srednjega vremena dovršenosti nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije T_B i definirano je izrazom 6.18. Njime se mjeri odmak dovršenosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije u odnosu na dovršenosti nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije i predstavlja mjerilo za utvrđivanje razine preklapanja izrade nacrta promatranih skupina

tehničke dokumentacije. Veće zaostajanje dovršenosti nacrta pretpostavlja nižu razinu preklapanja u izradi nacrta skupine funkcionalne i projektne tehničke dokumentacije.

$$Slack_S_to_B = T_S - T_B \tag{6.18}$$

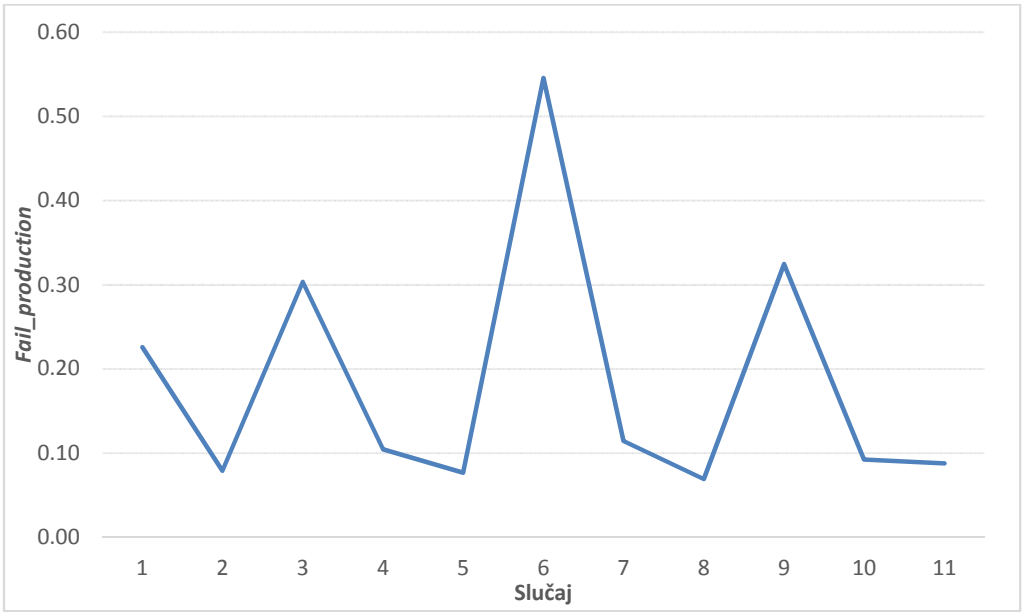
Zaostajanje dovršenosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije, u odnosu na nacrte skupine funkcionalne tehničke dokumentacije $Slack_D_to_S$, jednako je razlici srednjega vremena dovršenosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije T_D i srednjega vremena dovršenosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije T_S i definirano je izrazom 6.19. Njime se mjeri odmak dovršenosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije u odnosu na dovršenost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije i predstavlja mjerilo za utvrđivanje razine preklapanja izrade nacrta promatranih skupina tehničke dokumentacije. Veće zaostajanje dovršenosti nacrta pretpostavlja nižu razinu preklapanja u izradi nacrta skupine radioničke i funkcionalne tehničke dokumentacije.

$$Slack_D_to_S = T_D - T_S \tag{6.19}$$

Primjenom analize osjetljivosti i variranjem različitih vremena zaostajanja dovršenosti nacrta pojedinih skupina tehničke dokumentacije dobivaju se različiti rezultati nepouzdanosti nacrta i sustava kao cjeline. Tablicom 6.1 prikazani su rezultati nepouzdanosti proizvodnog procesa gradnje broda za 11 slučajeva različitih vremena zaostajanja nacrta između pojedinih skupina tehničke dokumentacije, s rezultatima njihovog utjecaja na nepouzdanost proizvodnog procesa gradnje broda. Grafički prikaz rezultata iz tablice 6.1 prikazan je slikom 6.2.

Tablica 6.1 Nepouzdanost proizvodnog procesa gradnje broda za više različitih slučajeva zaostajanja nacrta

Slučaj	$Slack_S_to_B$ [dana]	$Slack_D_to_S$ [dana]	Nepouzdanost proizvodnog procesa gradnje broda ($Fail_production$)
1	38,32	77,38	0,23
2	38,32	106,27	0,08
3	45,58	70,11	0,30
4	45,58	95,78	0,10
5	45,58	128,00	0,08
6	45,58	41,11	0,55
7	67,18	84,40	0,11
8	67,18	113,40	0,07
9	67,18	55,40	0,32
10	95,58	107,00	0,09
11	125,72	105,87	0,09



Slika 6.2 Grafički prikaz nepouzdanosti proizvodnog procesa gradnje broda za više različitih slučajeva zaostajanja nacrta

Na temelju prikazanih rezultata može se zaključiti trend ponašanja nepouzdanosti nacrta u odnosu na razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije. Uočavaju se vrhovi krivulje u točkama 2, 3, 5, 6, 8, 9 i 11, s ekstremima u točkama 6 i 8. Analizirajući razinu preklapanja izrade tehničke dokumentacije u nastalim vrhovima, uočava se kako su vrhovi krivulje u minimumu kada je niža razina preklapanja izrade nacrta između pojedinih skupina tehničke

dokumentacije. Niža razina preklapanja iščitava se iz većega zaostajanja nacrta. Dakle, najpovoljniji je slučaj u točki 8, gdje je prisutna niska razina preklapanja izrade nacrta između skupine projektne i funkcionalne tehničke dokumentacije i niska razina preklapanja izrade nacrta između skupine funkcionalne i radioničke tehničke dokumentacije. Također se pokazao veoma pogodnim slučaj niže razine preklapanja izrade nacrta između skupine radioničke i funkcionalne tehničke dokumentacije i više razine preklapanja izrade nacrta između skupine funkcionalne i projektne tehničke dokumentacije, što je slučaj prikazan u točkama 2 i 5 sa slike 6.2. Najnepovoljniji je slučaj u točki 6, gdje je prisutna visoka razina preklapanja izrade nacrta između skupine projektne i funkcionalne tehničke dokumentacije i visoke razina preklapanja izrade nacrta između skupine funkcionalne i radioničke tehničke dokumentacije.

Nepouzdanost nacrta izravno je zavisna o razini preklapanja izrade nacrta između skupina projektne, funkcionalne i radioničke tehničke dokumentacije, stoga je najpovoljnija strategija izrade tehničke dokumentacije ona kojom se osigurava niža razina preklapanja izrade nacrta između pojedinih skupina tehničke dokumentacije. Također se pogodnom pokazuje strategija većega preklapanja izrade nacrta između skupine funkcionalne i projektne tehničke dokumentacije, što podrazumijeva skraćenje trajanja izrade funkcionalne tehničke dokumentacije, i niže razine preklapanja izrade nacrta između skupine radioničke i funkcionalne tehničke dokumentacije, što podrazumijeva veću vremensku rezervu u izradi radioničke tehničke dokumentacije.

Ova strategija ne ukazuje kada započeti s izradom radioničke tehničke dokumentacije, nego pokazuje najpovoljnije vrijeme njezine dovršenosti i distribucije u proizvodni proces gradnje broda. Nacrti iz skupine radioničke tehničke dokumentacije mogu biti dovršeni i ranije, ali je poželjno da se distribuiraju u proizvodni proces gradnje broda s vremenskim odmakom od međusobno zavisnih nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije, barem do vremena prve razine njihove odobrenosti od klasifikacijskog društva i brodovlasnika. Ako to zbog planskih rokova gradnje broda nije moguće, valja računati na poremećaje u proizvodnom procesu gradnje broda jer će se on odvajati s većom vjerojatnošću nastanka dodatnih radova kao posljedica nepouzdanosti tehničke dokumentacije zbog očekivanih primjedbi klasifikacijskog društva i brodovlasnika te neobrađenih informacija iz međusobno zavisnih nacrta.

7 RAČUNALNI ALAT ZA VREDNOVANJE I OPTIMIZACIJU PLANIRANJA IZRADE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

Računalni alat za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije nastao je integracijom algoritma za izračunavanje nepouzdanosti nacrta, opisanog u poglavlju 4.1, algoritma za izradu krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda, opisanog u poglavlju 5.2, algoritma za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta nepouzdanosti nacrta, opisanog u poglavlju 6.1, i algoritma za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta razine preklapanja njezine izrade, opisanog u poglavlju 6.2. Oni čine četiri neovisna modula računalnog alata koji svojim rezultatima nadopunjuju jedan drugog.

Modulom za izračunavanje nepouzdanosti nacrta se primjenom teorije vjerojatnosti, matematičkih metoda, linearne algebre i teorije skupova, izračunava nepouzdanost svakog nacrta definiranog planom izrade tehničke dokumentacije s kojim on ulazi u proizvodni proces gradnje broda.

Modulom za izradu krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda se primjenom analize osjetljivosti, metode klasifikacije, empirijske i eksperimentalne metode te metode mjerenja izračunava povećanje ili smanjenje troškova i trajanja gradnje broda na temelju razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda.

Modulom za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta nepouzdanosti nacrta se primjenom analize osjetljivosti, teorije vjerojatnosti i eksperimentalne metode izračunavaju očekivani gubici budžeta i radnih sati, i to na temelju vjerojatnosti nastanka dodatnih radova zbog izračunate nepouzdanosti nacrta. Služi za vrednovanje i verifikaciju plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta utjecaja na dodatne radove.

Modulom za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta razine preklapanja njezine izrade se primjenom metode mjerenja izračunava vrijeme dovršenosti pojedinog nacrta i razinu preklapanja njegove izrade s međusobno zavisnim nacrtima. Služi za vrednovanje i verifikaciju plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije i utjecaja na rokove i trajanje izrade tehničke dokumentacije.

Optimizacijski postupak planiranja izrade tehničke dokumentacije primjenom računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije je iteracijski postupak koji se ponavlja sve dok se ne postigne zadovoljavajuće rješenje. U prvom koraku se, na temelju ugovornih rokova gradnje broda, popisa nacrta za gradnju broda, plana naručivanja i prispijeća materijala za gradnju broda te plana raspoloživih resursa brodogradilišta, izradi preliminarni plan izrade tehničke dokumentacije. Zatim se ekspertnim pristupom definiraju međusobne zavisnosti nacrta i razina njihove međuzavisnosti te se na temelju toga izradi matrica zavisnosti nacrta s pripadajućim faktorima međuzavisnosti nacrta. Također se ekspertnim pristupom svakom nacrtu iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije dodijeli razina informacija koja se planira izravno upotrebljavati u proizvodnom procesu gradnje broda. Ta se razina informacija ne ugrađuje u radioničku tehničku dokumentaciju i ne utječe na njezinu izradu i nepouzdanost. Primjenom modula za izračunavanje nepouzdanosti nacrta izračunava se nepouzdanost svakog promatranog nacrta i sustava isplaniranih nacrta kao cjeline. Modulom za izradu krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda izračunava se razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda i uspoređuje se s vrijednostima utvrđenih referentnom točkom. Zatim se modulom za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta nepouzdanosti nacrta, izračunava ukupna nepouzdanost proizvodnog procesa gradnje broda zbog nepouzdanosti nacrta s kojom oni ulaze u proizvodni proces gradnje broda i tako nastali očekivani gubitci budžeta i radnih sati. Na te gubitke nadodaju se gubici/uštede budžeta i radnih sati na temelju razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda izračunatih modulom za izradu krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda. Modulom za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta razine preklapanja njezine izrade, izračunava se ukupno trajanje procesa izrade tehničke dokumentacije i razina preklapanja po skupinama nacrta tehničke dokumentacije.

Rezultati izračuna su očekivani gubici budžeta i radnih sati zbog korištenja nepouzdanih nacrta u proizvodnom procesu gradnje broda, gubici/uštede budžeta zbog upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u višoj ili nižoj razini od one utvrđene referentnom točkom promatranog brodogradilišta, trajanje izrade nacrta po skupinama tehničke dokumentacije i razina preklapanja njihove izrade. Ako

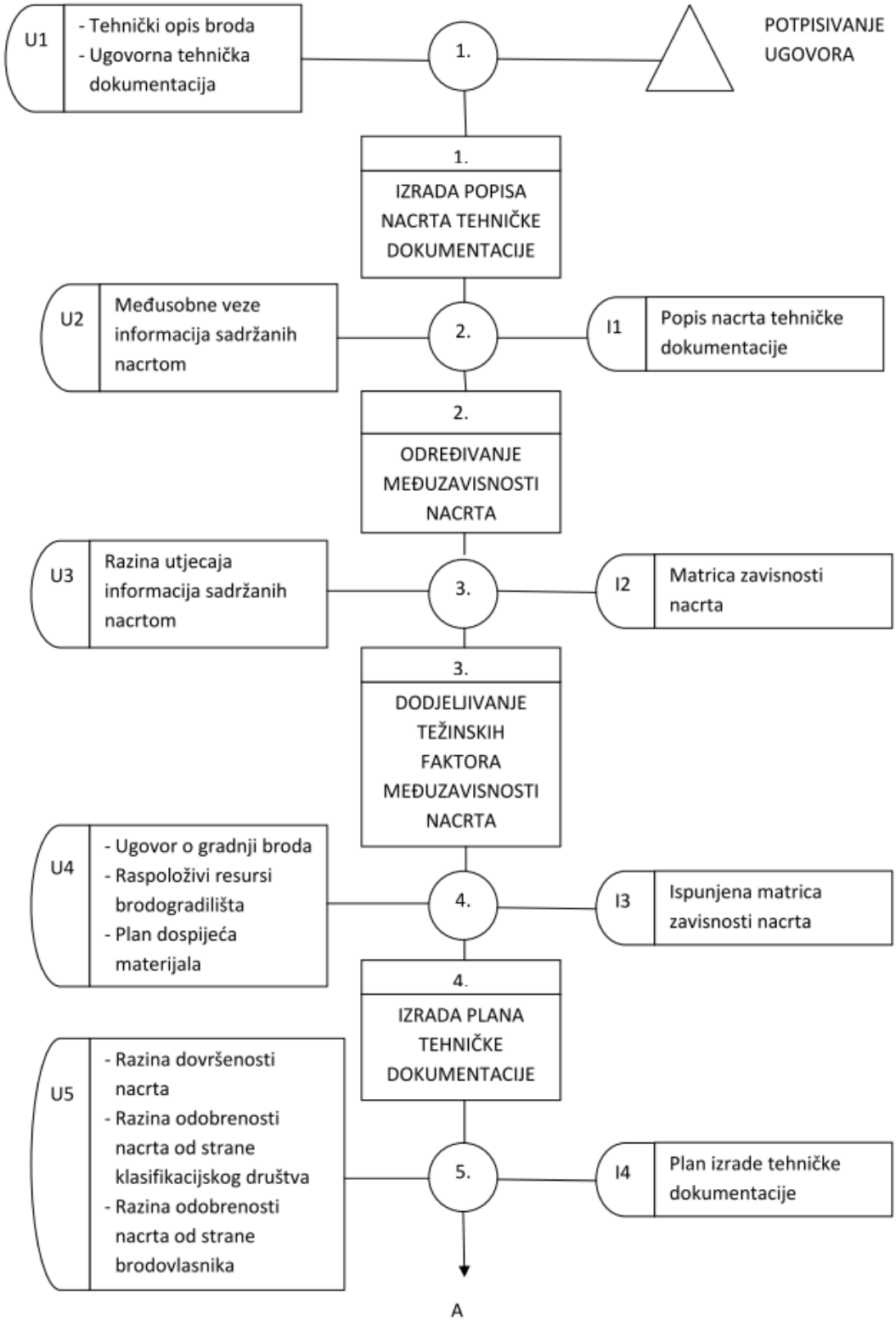
rezultati izračuna zadovoljavaju, plan se izrade tehničke dokumentacije verificira i postaje važeći za primjenu u gradnji broda. U suprotnom, izvodi se promjena plana izrade tehničke dokumentacije mijenjanjem rokova i razine preklapanja izrade zavisnih nacrta te razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda. Postupak se ponavlja sve dok se ne postigne zadovoljavajuće rješenje, odnosno ono kojim se od više mogućih kombinacija redoslijeda i razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije i razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, dobije prihvatljiv rezultat s gledišta utjecaja na troškove i rokove gradnje broda.

Opisani optimizacijski postupak prikazan je dijagramom toka algoritma računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije, slika 7.1 (a), (b) i (c), i sastoji se iz 9 postupaka, opisanih kako slijedi:

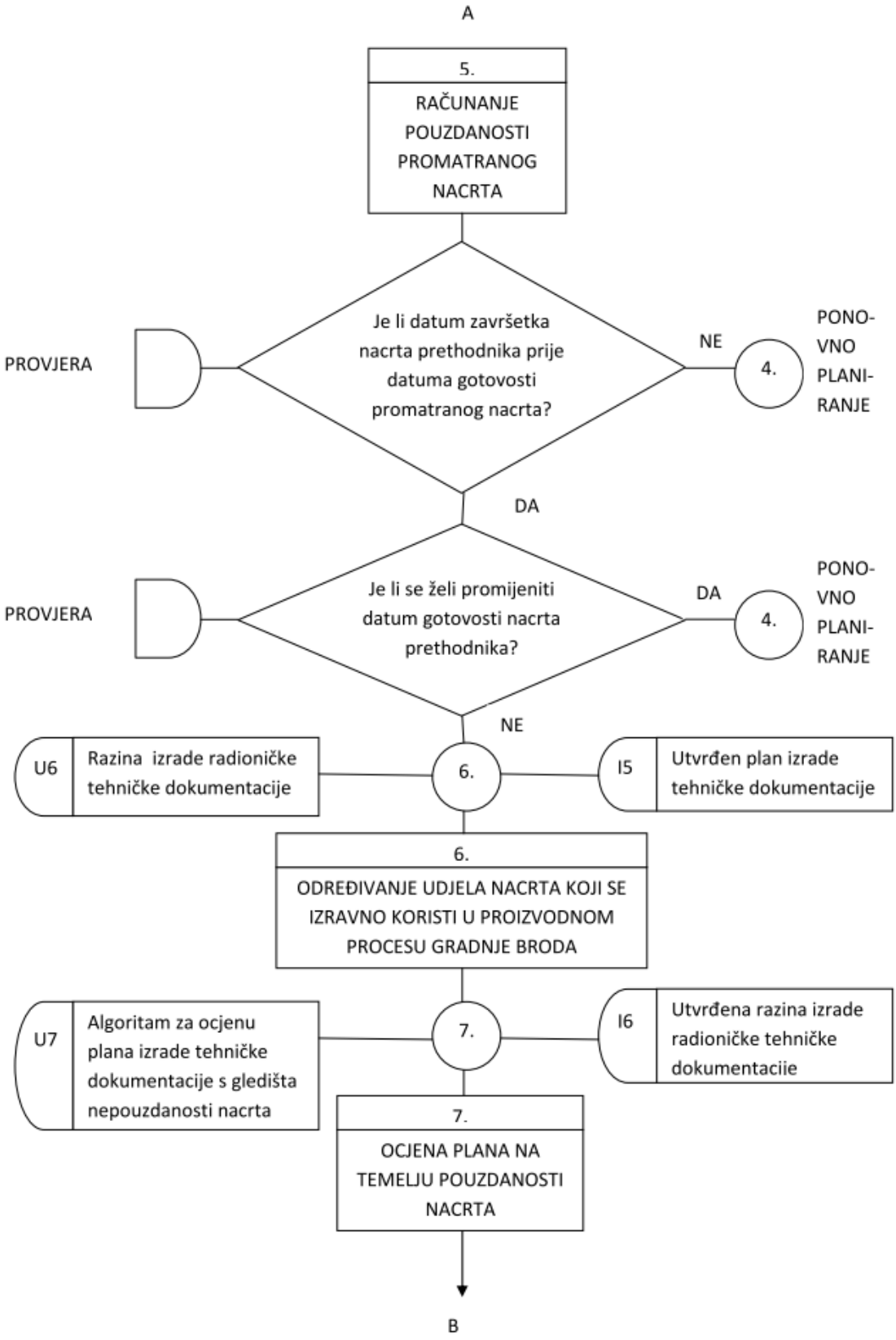
1. Nakon potpisivanja ugovora o gradnji broda, na temelju tehničkog opisa broda i ugovorne tehničke dokumentacije u programskoj aplikaciji MS Project izrađuje se popis nacrta potrebne tehničke dokumentacije za gradnju broda.
2. Iz popisa nacrta utvrđuju se međusobno zavisni nacrti i formira se matrica zavisnosti nacrta, kako je to opisano u poglavlju 4.1.
3. Ekspertnim pristupom na temelju razine utjecaja informacija međusobno zavisnih nacrta na njihovu izradu, svakom se zavisnom nacrtu iz matrice zavisnosti nacrta dodjeljuje odgovarajući težinski faktor međuzavisnosti nacrta.
4. U programskoj aplikacije MS Project izrađuje se plan izrade tehničke dokumentacija.
5. Pomoću modula za izračunavanje nepouzdanosti nacrta razvijenog na temelju algoritma, opisanog u poglavlju 4, izračunava se nepouzdanost svakog nacrta iz popisa nacrta tehničke dokumentacije. Provjerava se usklađenost datuma dovršenosti nacrta prethodnika i promatranog nacrta. Ako je nacrtu prethodniku planirana njegova dovršenosti kasnije nego promatranom nacrtu, tada informacije iz nacrta prethodnika neće biti u potpunosti pouzdane jer u vremenu dovršenosti promatranog nacrta nacrt prethodnik još neće biti dovršen. Tada se sugerira korekcija datuma dovršenosti nacrta prethodnika. Ako je korekcija datuma opravdana, vraća se u postupak 4, gdje se izvodi adekvatna promjena plan dovršenosti nacrta prethodnika, s kojim se ponovno kreće u izračun nepouzdanosti. Ako se smatra da promjenu datuma dovršenosti nacrta prethodnika nije potrebno korigirati, kreće se u naredni postupak, opisan u točki 6.

6. Modulom za izradu krivulja pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda, razvijenog na temelju algoritma opisanog u poglavlju 5.2, utvrđuje se za svaki nacrt iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije udio nacrta koji se planira upotrebljavati izravno u proizvodnom procesu gradnje broda te se za sustav isplaniranih nacrta izračuna razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda i uspoređuje s vrijednostima utvrđenim referentnom točkom, kako je to opisano u poglavlju 5.3.
7. Modulom za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta nepouzdanosti nacrta, razvijenog na temelju algoritma opisanog u poglavlju 6.1, izračunava se ukupna nepouzdanost proizvodnog procesa gradnje broda zbog nepouzdanosti nacrta s kojom oni ulaze u proizvodni proces gradnje broda te, na temelju algoritma opisanog u poglavlju 6.1.1, očekivani gubici/uštede budžeta i radnih sati na temelju izračunate nepouzdanosti proizvodnog procesa gradnje broda i razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u razini različitoj od one koja je utvrđena referentnom točkom. Ako rezultati ne zadovoljavaju očekivanja, vraća se ponovo u postupak planiranja izrade tehničke dokumentacije te se izvodi usklađivanje plana izrade međusobno zavisnih nacrta kojima će se osigurati njihova izrada u vremenu kojim će se omogućiti potpun prijenos informacija zavisnih nacrta prethodnika na promatrani nacrt. Takvim pristupom smanjuje se nepouzdanost nacrta. Također se, prema potrebi, provodi revizija razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda iz postupka 6. Ako rezultati zadovoljavaju očekivanja, kreće se u izračun podataka slijedećim modulom za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta razine preklapanja njezine izrade.
8. Modulom za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije s gledišta razine preklapanja njezine izrade, razvijenog na temelju algoritma opisanog u poglavlju 6.2, provjerava se utjecaj razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije na nepouzdanost nacrta i rokove dovršenosti nacrta u skladu s planom gradnje broda. Ako rezultati ne zadovoljavaju očekivanja, vraća se ponovno u postupak 4 te se opisanim načinom izvodi rekonstrukcija plana izrade tehničke dokumentacije. Ako rezultati zadovoljavaju očekivanje, ide se u postupak verifikacije plana.
9. Verifikaciju plana izrade tehničke dokumentacije provodi rukovodno osoblje brodogradilište, gdje se potvrđuje njegova usklađenost s ostalim planovima

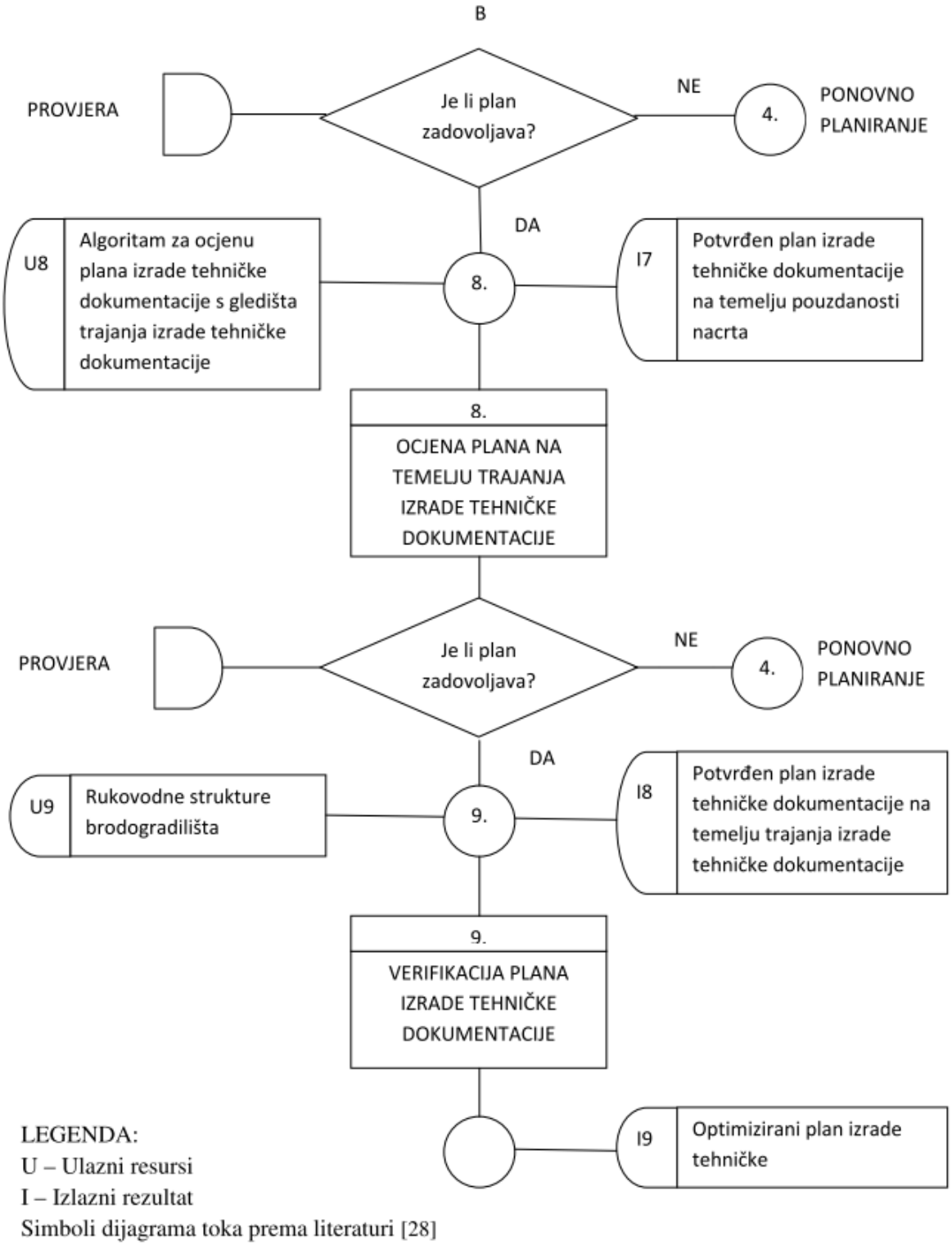
brodogradilišta; planom naručivanja i dospijeća materijala, planom proizvodnog procesa gradnje broda te planom kontrole i ispitivanja.



Slika 7.1 (a) Dijagram toka algoritma računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije – postupci od 1 do 5



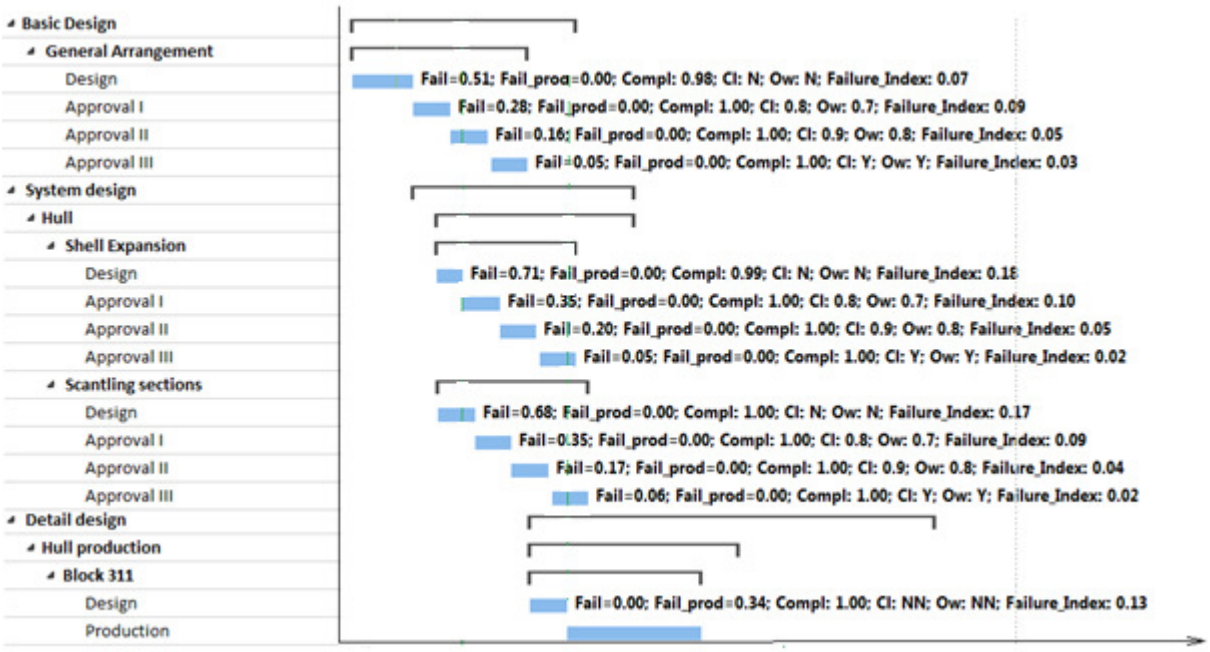
Slika 7.1 (b) Dijagram toka algoritma računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije – postupak 6 i 7



Slika 7.1 (c) Dijagram toka algoritma računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije – postupak 8 i 9

Računalni alat za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije razvijen je i testiran na modelu od 28 nacrta, od kojih 4 čine nacrte skupine projektne tehničke dokumentacije, 15 nacrte skupine funkcionalne tehničke dokumentacije i 9 nacrte skupine

radioničke tehničke dokumentacije, čiji je popis nacrta prikazan u tablici 7.1. Grupiranje nacrta po skupinama tehničke dokumentacije primjenom metode klasifikacije preuzeto je iz brodogradilišta s Dalekog istoka.



Slika 7.2 Primjer ispisa rezultata nepouzdanosti nacrta jedne odabrane skupine međusobno zavisnih nacrta

LEGENDA: Fail –nepouzdanost nacrta s kojom promatrani nacrt izravno djeluje na nacrt sljedbenik,, Fail_prod – nepouzdanost nacrta s kojim promatrani nacrt izravno djeluje na proizvodni proces gradnje broda, Compl – razina potpunosti informacija sadržanih nacrtom, Cl – razina odobrenosti informacija sadržanih nacrtom od klasifikacijskog društva, Ow – razina odobrenosti informacija sadržanih nacrtom od brodovlasnika, Failure_index – indeks nepouzdanosti nacrta

Na slici 7.2 prikazan je primjer ispisa rezultata nepouzdanosti nacrta dobiven primjenom računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije, gdje je za promatrane nacrte iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije „Shell Expansion“ i „Scantling section“ nacrt iz skupine projektne tehničke dokumentacije „General Arrangement“ nacrt prethodnik, a nacrt iz skupine radioničke tehničke dokumentacije „Block 311“ nacrt sljedbenik. Kako je to naglašeno u poglavlju 4, nacrti skupine projektne tehničke dokumentacije nacrti su prethodnici nacrtima iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije, a oni su pak nacrti prethodnici nacrtima iz skupine radioničke tehničke dokumentacije. U vremenu dovršenosti promatranog nacrta „Shell Expansiona“ njegov međusobno zavisni nacrt prethodnik „General Arrangementa“ je potpuno dovršen (Compl=1), odobrilo ga je klasifikacijsko društvo u razini od 80 % (Cl=0,8), odobrio ga je brodovlasnik u

razini od 70 % (Ow=0,7) te sa svojom nepouzdanošću u razini od 28 % (Fail=0,28) djeluje na promatrani nacrt. Kada se promatranom nacrtu „Shell Expansiona“ doda vlastita nepouzdanost zbog statusa potpunosti u iznosu od 99 % (Comp=0,99) te neodobrenosti klasifikacijskog društva i brodovlasnika (Cl=N, Ow=N), ukupna nepouzdanost promatranog nacrta u vremenu njegove dovršenosti iznosi 71 % (Fail=0,71). Kako razina potpunosti i odobrenosti nacrta prethodnika i promatranog nacrta raste, snizuje se razina nepouzdanosti promatranog nacrta. Najvišu razinu nepouzdanosti promatrani nacrt ima kod njegove dovršenosti u prvom koraku promatranja kada nacrti prethodnici nisu dovršeni i odobreni jer je tada najviša razina vjerojatnosti nastanka izmjena promatranog nacrta zbog nepotpunih informacija i nepoznavanja statusa primjedbi klasifikacijskog društva i brodovlasnika sadržanih u nacrtima prethodnicima. Ista razmatranja vrijede i za nacrt „Scantling section“, čiji su rezultati nepouzdanosti prikazani slikom 7.2.

Promatranom nacrtu iz skupine radioničke tehničke dokumentacije „Block 311“ međusobno zavisni nacrti prethodnici iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije su nacrti „Shell Expansion“ i „Scantling section“ koji u vremenu dovršenosti promatranog nacrta imaju status „Shell Expansion“: Compl=1, Cl=0,9, Ow=0,8, Fail=0,20 i „Scantling section“: Compl=1, Cl=0,9, Ow=0,8, Fail=0,17. S takvom razinom nepouzdanosti nacrta prethodnika na promatrani nacrt, kada je on potpuno dovršen, promatrani nacrt djeluje na proizvodni proces izrade sekcije brodskog trupa s nepouzdanošću od 34 % (Fail=0,34). Dakle, sekcija brodskog trupa izrađivat će se s vjerojatnošću nastanka poremećaja od 34 %. Ta se vjerojatnost smanjuje kasnijom distribucijom promatranog nacrta u proizvodni proces gradnje brodskog trupa jer tada nacrti prethodnici povisuju razinu potpunosti i odobrenosti te time snizuju razinu njihove nepouzdanosti. I obrnuto, ranijom distribucijom promatranog nacrta u proizvodni proces gradnje brodskog trupa ta se vjerojatnost povećava zbog veće nepouzdanosti nacrta prethodnika s kojim se izrađuje promatrani nacrt. Utjecaj razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije detaljnije je opisan u poglavlju 6.2.

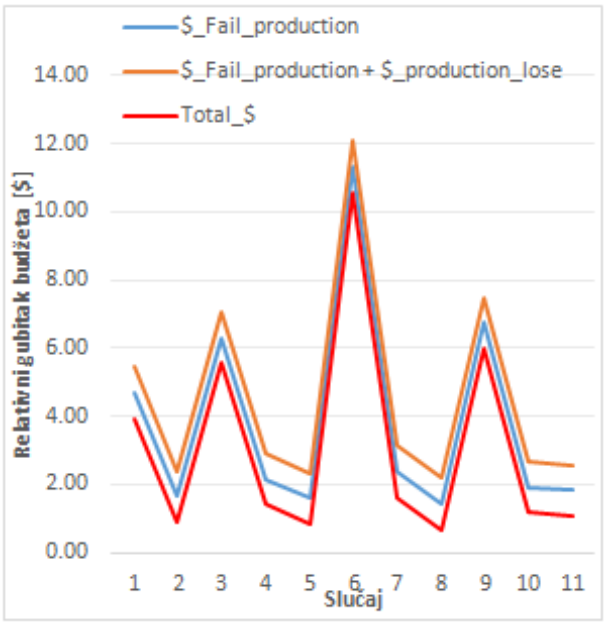
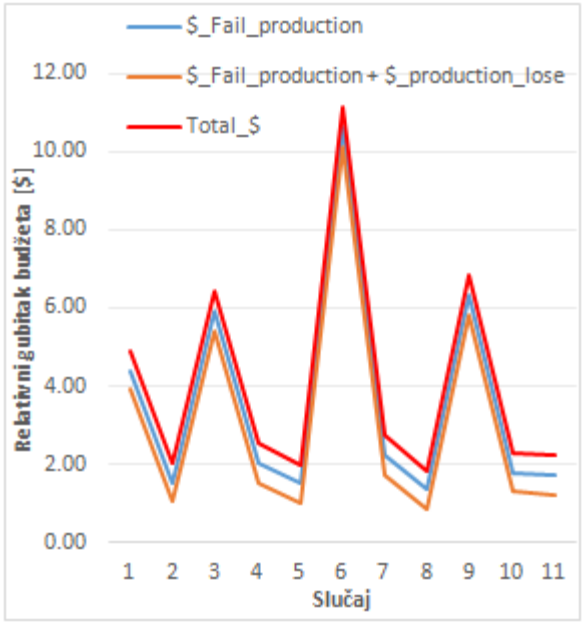
Tablica 7.1 Popis nacrta za uspoređivanje i vrednovanje rezultata istraživanja u dvama stvarnim brodogradilištima

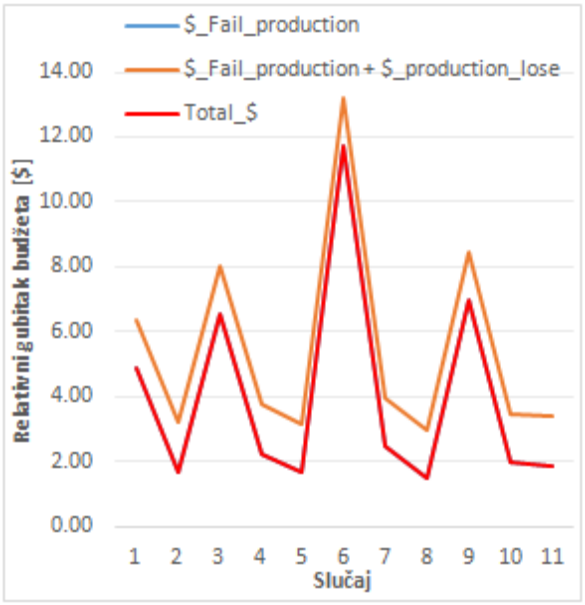
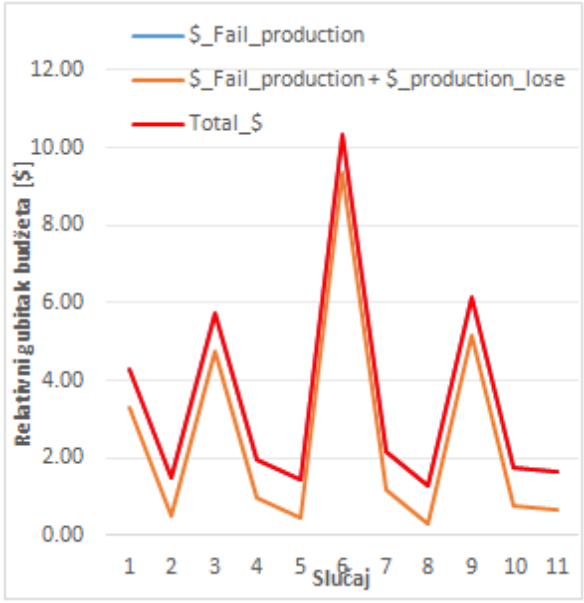
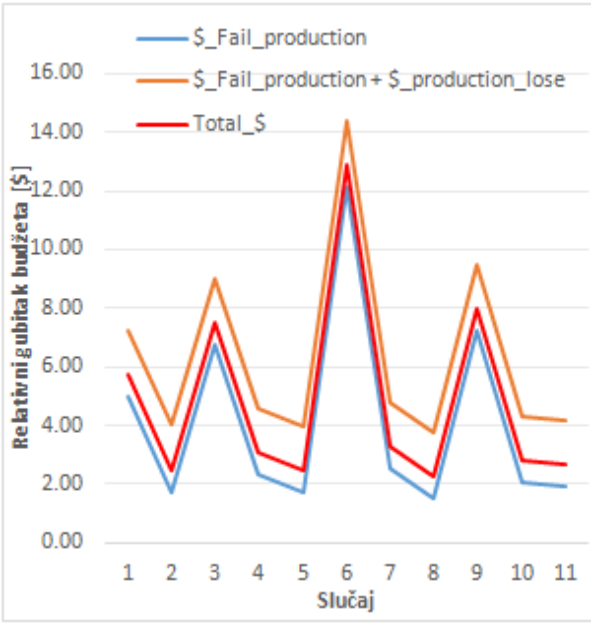
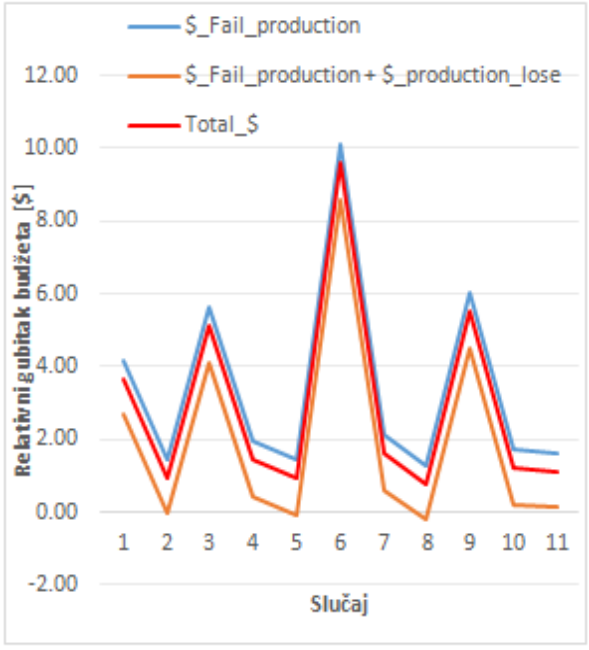
Gradnja 1102	Gradnja 716
Projektna tehnička dokumentacija	
General Arrangement	Opći plan
Lines & Body Plan – 3 Pages	Plan linija-krma
Tank Plan	Kapacitetni plan
Offset Table	Numerički podaci geometrije brodskog trupa
Funkcionalna tehnička dokumentacija	
Shell Expansion	Vanjska oplata
Scantling sections	Glavno rebro
Engine room construction detail	Platforme i okviri u strojarnici
Main Engine foundation	**Dvodno** u strojarnici s temeljem glavnog motora
Midship Construction	Gornja paluba
Arrangement of exits	Plan izlaza iz strojarnice
Hatch plan	Grotlašca - opći plan
Location of manholes and bottom plugs	Provlake izvan strojarnice - opći plan
Bilge, Ballast & Fire Main System	Shema cjevovoda kaljuže izvan strojarnice
Engine room lay-out arrangement	Generalni plan strojarnice
Shafting arrangement & stern tube detail	Postrojavanje voda vratila
Electrical AC system - single line diagram (main components)	Električna instalacija - opći plan
Electrical load analysis - AC	Instalacija snage 220 v - blok shema
Power System	Bilansa električne energije
Ventilation diagram in engine room	Ventilacija strojarnice
Radionička tehnička dokumentacija	
Block 311	Dno 311
Block 230	1. Platforma
Ladder Arrangement & Detail in Engine Room	Komunikacije - na 1. Platf.
Ladder Arrangement & Detail in Ballast tank	Komunikacije
Piping Arrangement of Segregated Ballast System in DB Tanks	Cjevovod - dno
Piping Arrangement of Ballast System at ER	Cjevovod - na krovu dvodna lijevo
Shafting arrangement	Međuosovina - prostor međuosovine
Cable tray Modelling E/R	Elektrouređaji i kabelske staze - na 1. Platf. Lijevo
Ventilation arrangement in engine room	Ventilacija debelostijena - strojarnica lijevo

Kod izračuna gubitaka/ušteda budžeta i radnih sati uvedena su dva nova pojma: relativna cijena rada (*$*) i faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda (*Stage*), kako je to opisano u poglavlju 5.1. Primjenom analize osjetljivosti, variranjem više faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda i relativne cijene rada za različite razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, dobiju se krivulje iz kojih se može zaključiti trend ponašanja sistema, koji pokazuje kako se za različite vrijednosti faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda i relativne cijene rada i za isti sustav redoslijeda izrade tehničke dokumentacije, trend krivulje ne mijenja, nego se samo mijenjaju apsolutne vrijednosti gubitaka/ušteda budžeta i radnih sati.

Primjer jednog izračuna variranjem različitih faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda i relativne cijene rada prikazan je tablicom 7.2, gdje su se kao ulazni podaci koristile vrijednosti nepouzdanosti proizvodnog procesa gradnje broda na temelju izračunatih vrijednosti nepouzdanosti nacrta iz poglavlju 6.2, tablica 6.1 i slika 6.3, utvrđenih na 11 slučajeva različitih preklapanja izrade tehničke dokumentacije. Rezultati izračuna u tablici 7.2 odnose se na dva primjera različite razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u odnosu na vrijednost utvrđenu referentnom točkom, koja u promatranom slučaju iznosi 20%. U primjeru 1 ona iznosi 50 % informacija funkcionalne tehničke dokumentacije upotrebljavanih izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, a u primjeru 2 to je 0 %. Varirani su faktori tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda u vrijednosti $Stage = 2$, $Stage = 4$, $Stage = 6$, za relativnu cijenu rada *$ = 4*. Oznake u tablici 7.2 odnose se na relevantne pojmove, opisane u poglavlju 6.1.1, kako slijedi: *$_Fail_production* – očekivani gubitak budžeta proizvodnog proces gradnje broda zbog nepouzdanosti sustava isplaniranih nacrta; *$_production_lose* – gubitak/ušteda budžeta proizvodnog procesa gradnje broda zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda; *Total_$* – ukupni gubitak/ušteda budžeta gradnje broda.

Tablica 7.2 Relativni gubitak budžeta u odnosu na razinu upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda za različite slučajeve faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda kod relativne cijene rada $=4

PRIMJER 1	PRIMJER 2
Relativni gubitak budžeta za slučaj 50 % upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda kod relativne cijene rada $=4	Relativni gubitak budžeta za slučaj 0 % upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda kod relativne cijene rada $=4
Faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda: Stage = 2	
	

Faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda: Stage = 4	
	
Faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda: Stage = 6	
	

Analizom rezultata prikazanih tablicom 7.2 mogu se donijeti zaključci o trendu gubitaka/ušteda budžeta i radnih sati u odnosu na različite razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda za različite faktore

tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda i relativne cijene rada jer, kako je to već prethodno rečeno, trend i ponašanje opisane krivulje se ne mijenja, već se samo mijenjaju njezine apsolutne vrijednosti. Pri tome je potrebno posebno istaknuti kako krivulja kojom je opisan očekivani gubitak budžeta proizvodnog procesa gradnje broda zbog nepouzdanosti sustava isplaniranih nacrta (*$_Fail_production*) predstavlja referentnu krivulju. Vrijednosti ispod referentne krivulje predstavljaju smanje gubitaka budžeta gradnje broda, dok vrijednosti iznad referentne linije predstavljaju povećanje gubitka budžeta gradnje broda. Teoretski, kada ne bi postojali očekivani gubici budžeta proizvodnog procesa gradnje broda zbog nepouzdanosti sustava isplaniranih nacrta (*$_Fail_production*), vrijednosti ispod referentne krivulje predstavljali bi uštedu budžeta.

Kada je faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda manji od relativne cijene rada, tada se za slučaj upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u većem obimu nego što je to vrijednost utvrđena referentnom točkom, gubitak budžeta proizvodnog procesa gradnje broda (*$_production_lose*) povećava (duže trajanje gradnje broda), dok se zbog većega utjecaja relativne cijene rada u odnosu na faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda i efekta većeg smanjenja budžeta izrade radioničke tehničke dokumentacije (*$_design_lose*) u odnosu na povećanje budžeta proizvodnog procesa gradnje broda (*$_production_lose*), ukupni gubitak budžeta gradnje broda (*Total_$*) smanjuje proporcionalno smanjenju faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda ili povećanju relativne cijene rada. Za slučaj kada se funkcionalna tehnička dokumentacija izravno upotrebljava u proizvodnom procesu gradnje broda u manjem obimu nego što je to vrijednost utvrđena referentnom točkom, gubitak budžeta proizvodnog procesa gradnje broda (*$_production_lose*) se smanjuje (kraće trajanje gradnje broda), dok se zbog efekta većeg povećanja budžeta izrade radioničke tehničke dokumentacije (*$_design_lose*) u odnosu na smanjenje budžeta proizvodnog procesa gradnje broda (*$_production_lose*), ukupni gubitak budžeta gradnje broda (*Total_$*) povećava proporcionalno smanjenju faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda ili povećanju relativne cijene rada.

Kada je faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda jednak relativnoj cijeni rada, tada se u slučaju upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u većem obimu nego što je to vrijednost utvrđena referentnom točkom, gubitak budžeta proizvodnog procesa gradnje broda (*$_production_lose*) povećava (duže

trajanje gradnje broda), dok se zbog iste relativne cijene rada i faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda, poništava efekt smanjenja troškova izrade radioničke tehničke dokumentacije u odnosu na povećanje troškova proizvodnog procesa gradnje broda (*$_design_lose + $_production_lose = 0*), te je stoga ukupni gubitak budžeta gradnje broda jednak očekivanom gubitku budžeta proizvodnog procesa gradnje broda zbog nepouzdanosti sustava isplaniranih nacrta (*Total_$ = $_Fail_production*). U slučaju kada se funkcionalna tehnička dokumentacija izravno upotrebljava u proizvodnom procesu gradnje broda u manjem obimu nego što je to vrijednost utvrđena referentnom točkom, gubitak budžeta proizvodnog procesa gradnje broda (*$_production_lose*) se smanjuje (kraće trajanje gradnje broda), dok se zbog iste relativne cijene rada i faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda, također poništava efekt povećanja troškova izrade radioničke tehničke dokumentacije u odnosu na smanjenje troškova proizvodnog procesa gradnje broda, te je stoga ukupni gubitak budžeta gradnje broda jednak očekivanom gubitku budžeta proizvodnog procesa gradnje broda zbog nepouzdanosti sustava isplaniranih nacrta (*Total_$ = $_Fail_production*)

Kada je faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda veći od relativne cijene rada, tada se za slučaj upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u većem obimu nego što je to vrijednost utvrđena referentnom točkom, gubitak budžeta proizvodnog procesa gradnje broda (*$_production_lose*) povećava (duže trajanje gradnje broda), ali se isto tako zbog većega utjecaja faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda u odnosu na relativnu cijenu rada i nedovoljnog smanjenja budžeta izrade radioničke tehničke dokumentacije (*$_design_lose*) u odnosu na povećanje troškova proizvodnog procesa gradnje broda (*$_production_lose*), ukupni gubitak budžeta gradnje broda (*Total_$*) povećava proporcionalno povećanju faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda ili smanjenju relativne cijene rada. U slučaju kada se funkcionalna tehnička dokumentacija izravno upotrebljava u proizvodnom procesu gradnje broda u manjem obimu nego što je to vrijednost utvrđena referentnom točkom, gubitak budžeta proizvodnog procesa gradnje broda (*$_production_lose*) se smanjuje (kraće trajanje gradnje broda), ali se isto tako zbog većeg smanjenja budžeta proizvodnog procesa gradnje broda (*$_production_lose*) u odnosu na povećanje budžeta izrade radioničke tehničke dokumentacije (*$_design_lose*), ukupni gubitak budžeta gradnje broda (*Total_$*) smanjuje proporcionalno povećanju faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda ili smanjenju relativne cijene rada.

To znači da za brodogradilišta s nižom tehnološkom razinom, koja imaju faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda manji od relativne cijene rada, što znači niska razina predopremanja i cijena rada proizvodnog procesa gradnje broda znatno niža od cijene rada projektiranja (visoka relativna cijena rada), viša razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda predstavlja prednost jer iako se u proizvodnom procesu gradnje broda troši više radnih sati pa gradnja broda traje nešto duže, ukupni se budžet zbog visoke cijene rada projektiranja smanjuje. S druge strane, brodogradilištima s višom tehnološkom razinom, koja imaju faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda veći od relativne cijene rada, što znači visoka razina predopremanja i manja razlika između cijene rada projektiranja i proizvodnog procesa gradnje broda (niska relativna cijena rada), niža razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda predstavlja prednost jer iako se u procesu projektiranja troši više radnih sati pa izrada tehničke dokumentacije traje nešto duže, utrošak radnih sati u proizvodnom procesu gradnje broda i ukupni budžet smanjuju se zbog niže relativne cijene rada.

Kod brodogradilišta srednje tehnološke razine, čiji je faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda približno jednak relativnoj cijeni rada, s gledišta budžeta nema gubitaka ili ušteda, ali se s višom razinom upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda troši više radnih sati te gradnja broda traje duže, dok se s njenom nižom razinom troši manje radnih sati te gradnja broda traje kraće.

Kada se tijekom procesa ugovaranja broda procjenjuje uspješnost projekta i moguće strategije gradnje broda, izbor će jedino ovisiti o zadovoljavanju dvaju ključnih čimbenika: troškovima gradnje broda u predviđenom budžetu i rokovima gradnje broda u skladu sa zahtjevom brodovlasnika. Osnovani računalni alat za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije služi upravo za vrednovanje uspješnosti projekta, kojim se na temelju postavljenih parametara iz utvrđene strategije izrade tehničke dokumentacije i proizvodnog procesa gradnje broda te plana izrade tehničke dokumentacije izračunava pouzdanost procesa gradnje broda s utjecajem na troškove i rokove njegove gradnje. Postupak je iteracijski, za svaku se razmatranu strategiju izrade tehničke dokumentacije i odvijanja proizvodnog procesa gradnje broda izračunava pouzdanost i utjecaj na troškove i rokove granje broda, te se izabire najpovoljnija opcija.

8 VREDNOVANJE PRIMJENJIVOSTI REZULTATA NA REALNOM MODELU BRODOGRADILIŠTA

Vrednovanje je provedeno analizom gradnje dvaju tankera izgrađenim u dvama brodogradilištima s različitim organizacijskim modelima gradnje broda. Jedno brodogradilište je hrvatsko koje raspolaže vlastitim tehničkim uredom osposobljenim za izradu cjelokupne projektne, funkcionalne i radioničke tehničke dokumentacije, a u vršnim opterećenjima rabi vanjske projektne urede u domeni izrade radioničke tehničke dokumentacije. Također se i proizvodni proces gradnje broda izvodi u najvećoj mjeri s vlastitim kapacitetima, dok se kooperantske tvrtke koriste samo za radove u kojem brodogradilište nema dovoljnu razinu izvrsnosti ili raspoloživih kapaciteta. Drugo je brodogradilište s Dalekog istoka, koje projektiranje broda i izradu tehničke dokumentacije povjerava vanjskim projektnim uredima, dok vlastiti tehnički ured služi samo za kontrolu i koordinaciju informacija između klasifikacijskog društva, brodovlasnika, proizvođača opreme, projektnih ureda i vlastitih proizvodnih resursa. Također se i sam proizvodni proces gradnje broda izvodi u potpunosti s vanjskim kooperantskim tvrtkama, dok su vlastiti proizvodni kapaciteti uglavnom u rukovodnom i organizacijskom dijelu.

Vrednovanjem će se pokazati kako oba brodogradilišta s različitom strategijom izrade tehničke dokumentacije i njezinim udjelom u proizvodnom procesu gradnje broda, brod grade s gotovo identičnim efektom i uspješnosti. Time se dokazuje tvrdnja kako razina zastupljenosti radioničke tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda i njezin utjecaj na troškove i rokove gradnje broda isključivo ovisi o cijeni rada i tehnološkoj razini brodogradilišta, i pokazuje opravdanost predloženog pristupa planiranju izrade tehničke dokumentacije koji bi bio primjenjiv u brodogradilištima bez obzira na njihovu organizacijsku strukturu, tehnološku razinu i vrstu broda koji se gradi.

Ekspertnim pristupom opisanim u poglavlju 3.2 utvrđena je tehnološka razina proizvodnog procesa gradnje broda hrvatskog brodogradilišta i brodogradilišta s Dalekog istoka čiji su rezultati prikazani usporednima tablicama od 8.1 do 8.6. Gradnja broda u hrvatskom brodogradilištu temeljena je na proizvodnom procesu gradnje broda iz sekcija brodskog trupa i s relativno visokom razinom predopremanja, dok je gradnja broda u brodogradilištu s Dalekog istoka temeljena na proizvodnom procesu gradnje broda iz sekcija brodskog trupa i s niskom razinom predopremanja.

Tablica 8.1 Usporedne tablice vrednovanja tehnološke razine radionice za izradu elemenata brodskog trupa za dva promatrana brodogradilišta

RADIONICA ZA IZRADU ELEMENATA BRODSKOG TRUPA, KRITERIJ BR. 1			
x	UDIO IZRADE ELEMENATA BRODSKOG TRUPA	VRIJEDNOST (It_x) [%] od 0 do 100	OCJENA (Oc_x) od 1 do 5
	HRVATSKO BRODOGRADILIŠTE		
1	RUČNIM I PRIJENOSNIM ALATIMA, It_1	20	4
2	S POLUAUTOMATSKIM ILI AUTOMATSKIM ALATIMA, It_2	40	3
3	S POLUAUTOMATSKIM ILI AUTOMATSKIM PROIZVODNIM LINIJAMA, It_3	40	5
	UKUPNO	100	4
x	BRODOGRADILIŠTE S DALEKOG ISTOKA		
1	RUČNIM I PRIJENOSNIM ALATIMA, It_1	40	3
2	S POLUAUTOMATSKIM ILI AUTOMATSKIM ALATIMA, It_2	60	4
3	S POLUAUTOMATSKIM ILI AUTOMATSKIM PROIZVODNIM LINIJAMA, It_3	0	1
	UKUPNO	100	2,66

Tablica 8.2 Usporedne tablice vrednovanja tehnološke razine radionice za sklapanje elemenata brodskog trupa za dva promatrana brodogradilišta

RADIONICA ZA SKLAPANJE ELEMENATA BRODSKOG TRUPA, KRITERIJ BR. 2			
x	UDIO MONTAŽE ELEMENATA BRODSKOG TRUPA	VRIJEDNOST (St_x) [%] od 0 do 100	OCJENA (Oc_x) od 1 do 5
	HRVATSKO BRODOGRADILIŠTE		
1	NA MJESTU GRADNJE BRODA, St_1	0	5
2	U SKLOPOVE, MIKROPANELE I PANELE, St_2	45	4
3	U SEKCIJE BRODSKOG TRUPA, St_3	55	3
	UKUPNO	100	4
x	BRODOGRADILIŠTE S DALEKOG ISTOKA		
1	NA MJESTU GRADNJE BRODA, St_1	10	3
2	U SKLOPOVE, MIKROPANELE I PANELE, St_2	30	3
3	U SEKCIJE BRODSKOG TRUPA, St_3	60	3
	UKUPNO	100	3

Tablica 8.3 Usporedne tablice vrednovanja tehnološke razine radionice za montažu brodskog trupa za dva promatrana brodogradilišta

RADIONICE ZA MONTAŽU BRODSKOG TRUPA, KRITERIJ BR. 3			
x	UDIO MONTAŽE	VRIJEDNOST (Mt_x) [%] od 0 do 100	OCJENA (Oc_x) od 1 do 5
	HRVATSKO BRODOGRADILIŠTE		
1	ELEMENATA BRODSKOG TRUPA NA MJESTO GRADNJE, Mt_1	0	5
2	SKLOPOVA, MIKROPANELA I PANELA BRODSKOG TRUPA NA MJESTO GRADNJE, Mt_2	5	5
3	SEKCIJA BRODSKOG TRUPA NA MJESTO GRADNJE, Mt_3	95	5
	UKUPNO	100	5
x	BRODOGRADILIŠTE S DALEKOG ISTOKA		
1	ELEMENATA BRODSKOG TRUPA NA MJESTO GRADNJE, Mt_1	10	3
2	SKLOPOVA, MIKROPANELA I PANELA BRODSKOG TRUPA NA MJESTO GRADNJE, Mt_2	20	3
3	SEKCIJA BRODSKOG TRUPA NA MJESTO GRADNJE, Mt_3	70	4
	UKUPNO	100	3,33

Tablica 8.4 Usporedne tablice vrednovanja tehnološke razine radionice za izradu brodske opreme za dva promatrana brodogradilišta

RADIONICA ZA IZRADU BRODSKE OPREME, KRITERIJ BR. 4			
x	UDIO IZRADE BRODSKE OPREME	VRIJEDNOST (Io_x) [%] od 0 do 100	OCJENA (Oc_x) od 1 do 5
	HRVATSKO BRODOGRADILIŠTE		
1	RUČNIM I PRIJENOSNIM ALATIMA, Io_1	50	3
2	S POLUAUTOMATSKIM ILI AUTOMATSKIM ALATIMA, Io_2	40	4
3	S POLUAUTOMATSKIM ILI AUTOMATSKIM PROIZVODNIM LINIJAMA, Io_3	10	3
	UKUPNO	100	3
x	BRODOGRADILIŠTE S DALEKOG ISTOKA		
1	RUČNIM I PRIJENOSNIM ALATIMA, Io_1	70	2
2	S POLUAUTOMATSKIM ILI AUTOMATSKIM ALATIMA, Io_2	30	3
3	S POLUAUTOMATSKIM ILI AUTOMATSKIM PROIZVODNIM LINIJAMA, Io_3	0	1
	UKUPNO	100	2

Tablica 8.5 Usporedne tablice vrednovanja tehnološke razine radionice za montažu brodske opreme za dva promatrana brodogradilišta

RADIONICA ZA MONTAŽU BRODSKE OPREME, KRITERIJ BR. 5			
x	UDIO MONTAŽE BRODSKE OPREME	VRIJEDNOST (Mo_x) [%] od 0 do 100	OCJENA (Oc_x) od 1 do 5
	HRVATSKO BRODOGRADILIŠTE		
1	U SKLOPOVE MODULE I BLOKOVE OPREME, Mo_1	10	3
3	U SEKCIJE BRODSKOG TRUPA, Mo_2	30	4
3	NA MJESTU GRADNJE DO PREDAJE BRODA VODI, Mo_3	50	3
4	NAKON PREDAJE BRODA VODI, Mo_4	10	5
	UKUPNO	100	3,75
x	BRODOGRADILIŠTE S DALEKOG ISTOKA		
1	U SKLOPOVE MODULE I BLOKOVE OPREME, Mo_1	0	1
3	U SEKCIJE BRODSKOG TRUPA, Mo_2	5	2
3	NA MJESTU GRADNJE DO PREDAJE BRODA VODI, Mo_3	60	3
4	NAKON PREDAJE BRODA VODI, Mo_4	35	3
	UKUPNO	100	2,25

Ekspertnim pristupom, opisanim u poglavlju 3.2, utvrđen je faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda za oba promatrana brodogradilišta, čije su izračunate vrijednosti prikazane tablicom 8.6.

Tablica 8.6 Dodjeljivanje faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda

FAKTOR TEHNOLOŠKE FAZE PROIZVODNOG PROCESA GRADNJE BRODA			
R.br.	OCJENA MONTAŽE BRODSKE OPREME	OCJENA (Oc) od 1 do 5	Faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda $(Stage)$
	HRVATSKO BRODOGRADILIŠTE		
1	U SKLOPOVE MODULE I BLOKOVE OPREME, *Oc_1*	$Stage = \frac{3+4}{2} = 3{,}5$	5
2	U SEKCIJE BRODSKOG TRUPA, *Oc_2*		
R.br.	BRODOGRADILIŠTE S DALEKOG ISTOKA		
1	U SKLOPOVE MODULE I BLOKOVE OPREME, *Oc_1*	$Stage = \frac{1+2}{2} = 1{,}5$	2
2	U SEKCIJE BRODSKOG TRUPA, *Oc_2*		

Ekspertnim pristupom, opisanim u poglavlju 5.1, utvrđena je relativna cijena rada koja za hrvatsko brodogradilište iznosi $ = 2, dok relativna cijena rada za brodogradilište iz Dalekog istoka iznosi $ = 4.

Karakteristike brodova na kojima je izvedeno istraživanje i vrednovanje rezultata prikazane su tablicom 8.7.

Tablica 8.7 Karakteristike dvaju tankera na kojima je izvedeno istraživanje

	Hrvatsko brodogradilište	Brodogradilište s Dalekog istoka
Karakteristike	Tanker za prijevoz bitumena Gradnja 716	Tanker za prijevoz nafte Gradnja 1102
Duljina preko svega [m]	133,35	90,00
Duljina između okomica [m]	128,20	84,00
Širina [m]	23	15,20
Visina [m]	12,40	7,20
Gaz [m]	8,60	5,00
Nosivost [tDW]	15000	3500

Istraživanje je provedeno praćenjem i promatranjem gradnji broda u obama brodogradilištima u razdoblju od 2010. do 2017. godine sa stvarno ostvarenim glavnim aktivnostima gradnje broda prikazanih tablicom 8.8.

Tablica 8.8 Stvarno ostvarene aktivnosti u gradnji promatranih brodova

	Hrvatsko brodogradilište	Brodogradilište s Dalekog istoka
Glavni realizirane aktivnosti	Tanker za prijevoz bitumena Gradnja 716	Tanker za prijevoz nafte Gradnja 1102
Datum potpisivanje ugovora	7. rujna 2010.	1. studenog 2014.
Datum početaka rezanja limova	20. svibnja 2011.	12. ožujka 2015.
Datum polaganje kobilice	29. kolovoza 2011.	15. lipnja 2015.
Datum porinuće	13. ožujka 2012.	15. kolovoza 2016.
Datum isporuke broda	14. prosinca 2012.	15. ožujka 2017.
Ugovorni rok isporuke broda	29. veljače 2012.	31. rujna 2016.
Trajanje gradnje broda	27,1 mjesec	30,5 mjeseci
Kašnjenje isporuke broda	8,5 mjeseci	5,5 mjeseci
Trajanje izrade projektne tehničke dokumentacije	200 dana	300 dana
Trajanje izrade funkcionalne tehničke dokumentacije	450 dana	350 dana
Trajanje izrade radioničke tehničke dokumentacije	540 dana	290 dana

Analizirajući podatke iz tablice 8.8, mogu se zaključiti određene sličnosti i razlike u gradnjama tankera u dvama promatranim brodogradilištima. I jednu i drugu gradnju karakterizira relativno duga gradnja broda, nastala većim dijelom zbog zahtjeva kupca, visoke razine preinaka tijekom proizvodnog procesa gradnje broda, primjedaba kupca na izvedbe tijekom proizvodnog procesa gradnje broda i grešaka tehničke dokumentacije. Navedeno se može iščitati brojem izmjena nacrta, prikazanima u tablicama od 8.9 do 8.12. Također je za obje gradnje karakteristična duga izrada tehničke dokumentacije. Bitnu razliku u pristupu izrade tehničke dokumentacije između dvaju promatranih gradnji čini kraća izrada radioničke tehničke dokumentacije kod tankera za prijevoz nafte, koja je kraća nego što je to trajanje izrade funkcionalne tehničke dokumentacije. To potvrđuje činjenicu da se veći dio procesa gradnje tankera za prijevoz nafte odvija izravnom upotrebom funkcionalnoj tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda.

Kako je u uvodnom dijelu ovog poglavlja istaknuto, promatrana brodogradilišta imaju različitu organizacijsku strukturu i strategiju gradnje broda, koje na identičan način prati i izrada tehničke dokumentacije. Za potrebe uspoređivanja, praćenja i prikaza rezultata istraživanja, nacrti tehničke dokumentacije objedinit će se prema podjeli tehničke dokumentacije koja vrijedi za brodogradilište s Dalekog istoka. Nacrti iz popisa nacrta tehničke dokumentacije hrvatskog brodogradilišta bit će objedinjeni prema skupinama nacrta koje vrijede za brodogradilište s Dalekog istoka. Tako će se omogućiti jednoznačno uspoređivanje nacrta istog sadržaja i namjene. Prikaz rezultata tako podijeljenih nacrta prema skupinama nacrta tehničke dokumentacije prikazan je tablicama od 8.9 do 8.12, a primjer usporednog popisa istovrsnih nacrta na kojemu je razvijen i testiran računalni alat za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije nalazi se u tablici 7.1.

Tablica 8.9 Broj nacrta projektne i funkcionalne tehničke dokumentacije za gradnju 716 s prikazom broja izmjena nacrta iz promatrane skupine te brojem sudionika u izradi nacrta i njihovo radno opterećenje

PROJEKTNA I FUNKCIONALNA TEHNIČKA DOKUMENTACIJA GRADNJE 716					
Skupina nacrta	Ukupan broj nacrta	Ukupan broj izmjena nacrta	Prosječan broj izmjena nacrta	Broj sudionika u izradi nacrta	Radno opterećenje po sudioniku
General	42	41	0,98	4	10,50
Hull	19	75	3,95	2	9,50
Piping	85	278	3,27	8	10,63
Outfitting	46	88	1,91	4	11,50
Mechanical	44	98	2,23	3	14,67
Electrical	156	329	2,11	4	39,00
HVAC	18	43	2,39	3	6,00
Carpentry	23	51	2,22	3	7,67
Painting	5	11	2,20	1	5,00
UKUPNO	438	1014	2,32	32	13,69

Tablica 8.10 Broj nacrta radioničke tehničke dokumentacije za gradnju 716 s prikazom broja izmjena nacrta iz promatrane skupine te brojem sudionika u izradi nacrta i njihovo radno opterećenje

RADIONIČKA TEHNIČKA DOKUMENTACIJA GRADNJE 716					
Skupina nacrta	Ukupan broj nacrta	Ukupan broj izmjena nacrta	Prosječan broj izmjena nacrta	Broj sudionika u izradi nacrta	Radno opterećenje po sudioniku
Hull	65	0	0,00	10	6,50
Piping	411	516	1,26	16	25,69
Outfitting	348	222	0,64	8	43,50
Mechanical	149	116	0,78	4	37,25
Electrical	126	240	1,90	8	15,75
HVAC	71	113	1,59	4	17,75
Carpentry	63	33	0,52	4	15,75
Painting	33	32	0,97	2	16,50
UKUPNO	1266	1272	1,00	56	22,61

Tablica 8.11 Broj nacrta projektne i funkcionalne tehničke dokumentacije za gradnju 1102 s prikazom broja izmjena nacrta iz promatrane skupine te brojem sudionika u izradi nacrta i njihovo radno opterećenje

PROJEKTNA I FUNKCIONALNA TEHNIČKA DOKUMENTACIJA GRADNJE 1102					
Skupina nacrta	Ukupan broj nacrta	Ukupan broj izmjena nacrta	Prosječan broj izmjena nacrta	Broj sudionika u izradi nacrta	Radno opterećenje po sudioniku
General	18	11	0,61	1,5	12
Hull	19	25	1,32	1,5	12,67
Piping	30	46	1,53	2	15
Outfitting	16	39	2,44	1	16
Mechanical	4	9	2,25	0,5	8
Electrical	13	17	1,31	1	13
HVAC	2	6	3,00	0,5	4
Carpentry	0	0	0	0	0
Painting	0	0	0	0	0
UKUPNO	102	153	1,50	8	12,75

Tablica 8.12 Broj nacrta radioničke tehničke dokumentacije za gradnju 1102 s prikazom broja izmjena nacrta iz promatrane skupine te brojem sudionika u izradi nacrta i njihovo radno opterećenje

RADIONIČKA TEHNIČKA DOKUMENTACIJA GRADNJE 1102					
Skupina nacrta	Ukupan broj nacrta	Ukupan broj izmjena nacrta	Prosječan broj izmjena nacrta	Broj sudionika u izradi nacrta	Radno opterećenje po sudioniku
Hull	45	53	1,18	4,5	10
Piping	165	327	1,98	6	27,5
Outfitting	16	12	0,75	1	16
Mechanical	3	1	0,33	0,5	6
Electrical	6	5	0,83	1	6
HVAC	0	0	0	0	0
Carpentry	0	0	0	0	0
Painting	0	0	0	0	0
UKUPNO	235	398	1,69	13	18,08

Na temelju podataka prikazanih tablicama od 8.9 do 8.12, uočava se kako je u hrvatskom brodogradilištu za potrebe gradnje tankera za prijevoz bitumena cjelokupna strategija gradnje broda temeljena na dobroj pokrivenosti tehničkom dokumentacijom, koja se sastoji od 438 nacrta projektne i funkcionalne tehničke dokumentacije i 1266 nacrta radioničke tehničke dokumentacije. Radionička tehnička dokumentacija prati svaku tehnološku fazu opremanja broda, tako da su izrađeni radionički nacrti za fazu opremanja sekcija brodskog trupa, opremanja u sklopove, module i blokove, opremanja na mjestu gradnje te završnog opremanja. Ekspertnim pristupom identificiran je udio radioničke tehničke dokumentacije u

proizvodnom procesu gradnje broda koji se kreće u razini od 80 % informacija potrebnih za njegovu gradnju. Za potrebe izrade tehničke dokumentacije tankera za prijevoz bitumena, koristio se vlastiti tehnički ured uz pomoć dvaju vanjskih projektnih ureda u vršnom opterećenju izrade cjevarske radioničke tehničke dokumentacije. Karakteristika ovakvog pristupa je visoko opterećenje tehničkog ureda pri izradi tehničke dokumentacije s relativno dugim trajanjem njezine izrade, pogotovo u domeni radioničke tehničke dokumentacije, koja zahtijeva projektni tim s velikim brojem specijalista zaduženih za izradu tehničke dokumentacijama po pojedinim skupinama nacrta.

S druge strane, brodogradilište s Dalekog istoka za potrebe gradnje tankera za prijevoz nafte ima strategiju gradnje broda temeljenu na visokoj razini upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda i relativno niskom pokrivenošću gradnje broda s radioničkom tehničkom dokumentacijom. Ekspertnim pristupom identificirano je kako se 60 % potrebnih informacija za gradnju broda rješava izravnom upotrebom funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda. Zato trajanje izrade funkcionalne tehničke dokumentacije traje duže od trajanja izrade radioničke tehničke dokumentacije. Radionička tehnička dokumentacija izrađuje se u potpunosti za izradu sekcija brodskog trupa, dok se kod opremanja broda izrađuje za glavne cijevne sustave, a malim udjelom u brodskoj opremi i za potrebe mehaničarskih i električarskih radova. Za potrebe stolarske opreme, ventilacije i klimatizacije te bojenja broda, radionička tehnička dokumentacija uopće se ne izrađuje. Kompletna tehnička dokumentacija tankera za prijevoz nafte izrađena je s dvama vanjskim projektnim uredima, od kojih je jedan bio zadužen za izradu projektne i funkcionalne tehničke dokumentacije, a drugi za izradu radioničke tehničke dokumentacije. Karakteristika je ovakvog pristupa kraće trajanje izrade tehničke dokumentacije, pogotovo u domeni izrade radioničke tehničke dokumentacije i mali tim specijalista za izradu tehničke dokumentacije po pojedinim skupinama nacrta. Manjak radioničke tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda nadomještava se izradom priručnih skica proizvodnog osoblja brodogradilišta temeljenih na upotrebi funkcionalne tehničke dokumentacije.

Sa stajališta resursa potrebnih za izradu tehničke dokumentacije, manja potreba za izradom tehničke dokumentacije zahtijeva manji projektni tim. Brodogradilište s Dalekog istoka u odnosu na hrvatsko brodogradilište izrađuje 4,3 puta manji broj projektne i funkcionalne tehničke dokumentacije s 4 puta manjim projektni timom za potrebe njihove izrade te 5,4 puta

manji broj radioničke tehničke dokumentacije s 4 puta manjim projektnim timom za njezinu izradu. Kako brodogradilište s Dalekog istoka ne raspolaže vlastitim projektnim timom, nego rabi usluge vanjskih projektnih ureda, pristup izradi tehničke dokumentacije u obimu kakav se primjenjuje u promatranom hrvatskom brodogradilištu zahtijevao bi kod vanjskih projektnih ureda mnogo veći projektni tim i duži angažmanom u izradi tehničke dokumentacije, što bi znatno poskupjelo i produžilo izradu tehničke dokumentacije, koju brodogradilište ne bi moglo podnijeti u sklopu predviđenog budžeta za izradu tehničke dokumentacije i rokova gradnje broda. S druge strane, projektni uredi s velikim projektnim timom i dugim razdobljem izrade tehničke dokumentacije ne bi bili konkurentni. Radno opterećenje projektanata po broju ostvarenih nacrta približno je jednako za oba promatrana brodogradilišta.

Pouzdanost nacrta mjeri se brojem nastalih izmjena nacrta, koji se u brodograđevnoj praksi nazivaju „indeks nacrta“. Na temelju izračunate srednje vrijednosti broja izmjena nacrta, prikazanih tablicama od 8.9 do 8.12, pokazuje se da gradnju broda u obama promatranim brodogradilištima karakterizira približno isto opterećenje izmjena nacrta s kojim one utječu na proizvodni proces gradnje broda.

Vrednovanje novog pristupa u planiranju izrade tehničke dokumentacije, vrednovanje pouzdanosti nacrta i izrada optimizacijskog plana izrade tehničke dokumentacije primjenom računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije, izvedeno je tako da se iz popisa nacrta izdvojio uzorak od 28 istovrsnih nacrta, i to 4 iz skupine projektne tehničke dokumentacije, 15 iz skupine funkcionalne tehničke dokumentacije i 9 iz skupine radioničke tehničke dokumentacije, prikazanih u tablici 7.1. Datum ostvarene dovršenosti nacrta i njihovo trajanje izrade uneseni su kao ulazni podatak u programsku aplikaciju MS Project. Izračun nepouzdanosti nacrta te očekivani gubici uslijed nepouzdanosti nacrta izračunati su računalnim alatom za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije na temelju utvrđenih postupaka opisanih u poglavlju 7, te dijagrama toka algoritma računalnog alata prikazanog slikom 7.1. Ulazni parametri kojima se izračunala nepouzdanost nacrta i očekivanih gubitaka primjenom navedenog računalnog alata, utvrđeni su prema zahtjevima definiranim tablicom 5.3, i imaju sljedeće vrijednosti:

1. za gradnju 716:
    a. razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u iznosu od 20 % (Dtb=20)

b. relativna cijena rada s vrijednošću 2, što znači da je cijena rada projektiranja dva puta veća od cijene rada proizvodnog procesa gradnje broda *($=2)*
c. faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda s vrijednošću 5, što znači da brodogradilište u proizvodnom procesu gradnje broda rabi visoku razinu predopremanja te su radovi izvedeni u fazi opremanja na brodu pet puta veći od istih kad bi bili izvedeni u fazi predopremanja (*Stage*=5)

2. za gradnju 1102
   a. razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u iznosu od 60 % (Dtb=60)
   b. relativna cijena rada s vrijednošću 4, što znači da je cijena rada projektiranja 4 puta veća od cijene rada proizvodnog procesa gradnje broda (*$=4*)
   c. faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda s vrijednošću 2, što znači da brodogradilište u proizvodnom procesu gradnje broda rabi nisku razinu predopremanja te su radovi izvedeni u fazi opremanja na brodu dva puta veći od istih kad bi bili izvedeni u fazi predopremanja (*Stage*=2).

Međusobna zavisnost nacrta s pripadajućim težinskim faktorima međuzavisnosti jednaki su za obje gradnje.

U prvom je koraku izračunata nepouzdanost nacrta na temelju stvarno ostvarene dovršenosti nacrta, čiji su rezultati prikazani tablicom 8.13. U drugom je koraku napravljen optimizirani plan izrade tehničke dokumentacije u kojem su primjenom spomenutog računalnog alata identificirani nacrti prethodnici koji svojim informacijama utječu na izradu promatranog nacrta, a završeni su kasnije nego promatrani nacrt. Za njih je utvrđen raniji rok završetka izrade u skladu sa smjernicama iznesenima u poglavlju 4.3. Rezultati nepouzdanosti nacrta optimiziranog plana prikazani su tablicom 8.14, dok su slikama od 8.1 do 8.4 grafovima prikazane vrijednosti iz tablica 8.13 i 8.14. Iz prikazanih su grafova vidljiva poboljšanja u skraćivanju izrade tehničke dokumentacije, uz podizanje razine njezine pouzdanosti. To se postiglo djelovanjem na redoslijed izrade međusobno zavisnih nacrta i razinu preklapanja izrade tehničke dokumentacije. Za proizvodni proces gradnje broda to znači ranije započinjanje radova gradnje broda, uz točniju dokumentaciju te manje troškove i gubitke radnih sati.

Rezultati smanjenja trajanja gradnje broda i nepouzdanosti nacrta dobiveni optimiziranim planom izrade tehničke dokumentacije, prikazani na slikama od 8.1 do 8.4, dokazuju tvrdnju

kako pouzdanost nacrta s kojom oni ulaze u proizvodni proces gradnje broda isključivo zavisi o razini preklapanja i redoslijedu izrade nacrta između pojedinih skupina tehničke dokumentacije, a nije zavisna o vremenu završetka izrade nacrta u odnosu na referentno vrijeme, poglavlje 6.2. Podizanje razine pouzdanosti nacrta ostvaruje se redoslijedom izrade međusobno zavisnih nacrta tako da su nacrti prethodnici promatranog nacrta završeni najkasnije do vremena njegove dovršenosti jer se jedino time osigurava izrada i završetak promatranog nacrta s potpunim i pouzdanim informacijama nacrta prethodnika. Predloženim optimiziranim planom izrade tehničke dokumentacije za oba promatrana broda trajanje izrade tehničke dokumentacije je skraćeno. Ujedno je smanjena i nepouzdanost nacrta kojom oni djeluju na proizvodni proces gradnje broda, što je ostvareno opisanim pristupom u planiranju redoslijeda izrade međusobno zavisnih nacrta i razinom preklapanja njihove izrade.

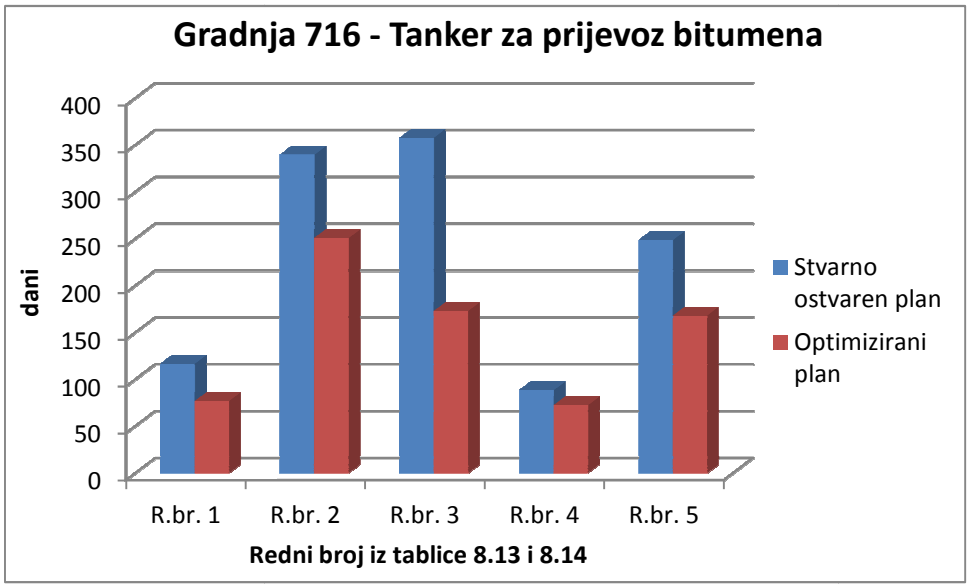
Predloženi pristup planiranja izrade tehničke dokumentacije i računalni alat za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije mogu se primijeniti u svim fazama planiranja: fazi strateškog, taktičkog te operativnog planiranja i primjenjiv je za sve vrste brodogradilišta.

Tablica 8.13 Utjecaj nepouzdanosti nacrta na proizvodni proces gradnje broda izračunat prema stvarno ostvarenoj dovršenosti nacrta

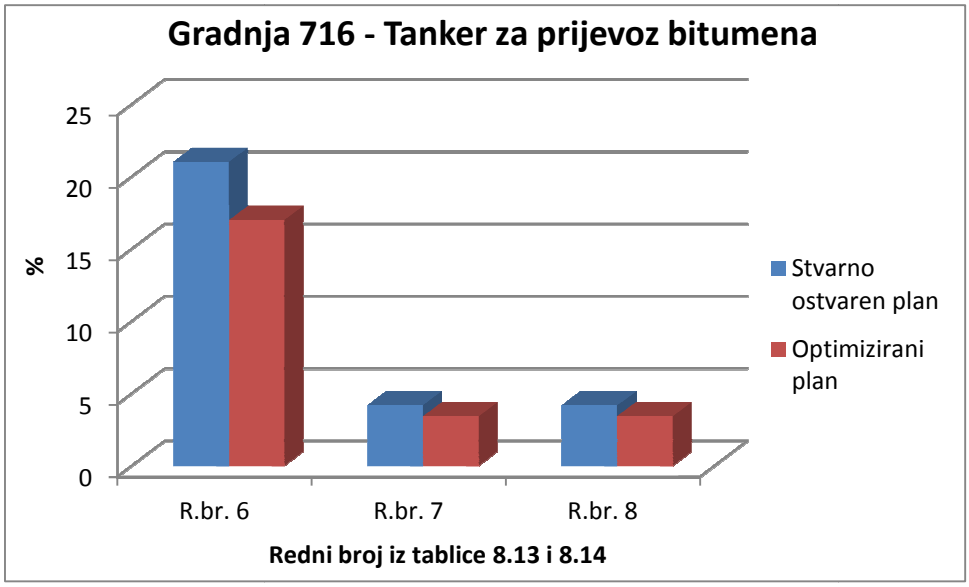
R. br.	Aktivnost	Gradnja 716	Gradnja 1102
1	Trajanje izrade projektne tehničke dokumentacije na promatranom uzorku nacrta [dana]	117	297
2	Trajanje izrade funkcionalne tehničke dokumentacije na promatranom uzorku nacrta [dana]	340	274
3	Trajanje izrade radioničke tehničke dokumentacije na promatranom uzorku nacrta [dana]	358	275
4	Zaostajanje dovršenosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije u odnosu na nacrte skupine projektne tehničke dokumentacije (*Slack_S_to_B*) [dana]	86,83	55,57
5	Zaostajanje dovršenosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije u odnosu na nacrte skupine funkcionalne tehničke dokumentacije (*Slack_D_to_S*) [dana]	248,89	32,49
6	Ukupna nepouzdanost proizvodnog procesa gradnje broda (*Fail_production*) [%]	21	27
7	Očekivani gubitak radnih sati proizvodnog procesa gradnje broda zbog nepouzdanosti sustava isplaniranih nacrta (*Wh_Fail_production*) [%]	4,18	5,40
8	Očekivani gubitak budžeta proizvodnog procesa gradnje broda zbog nepouzdanosti sustava isplaniranih nacrta (*$_Fail_production*) [%]	4,18	5,40

Tablica 8.14 Utjecaj nepouzdanosti nacrta na proizvodni proces gradnje broda izračunat na temelju optimiziranog plana

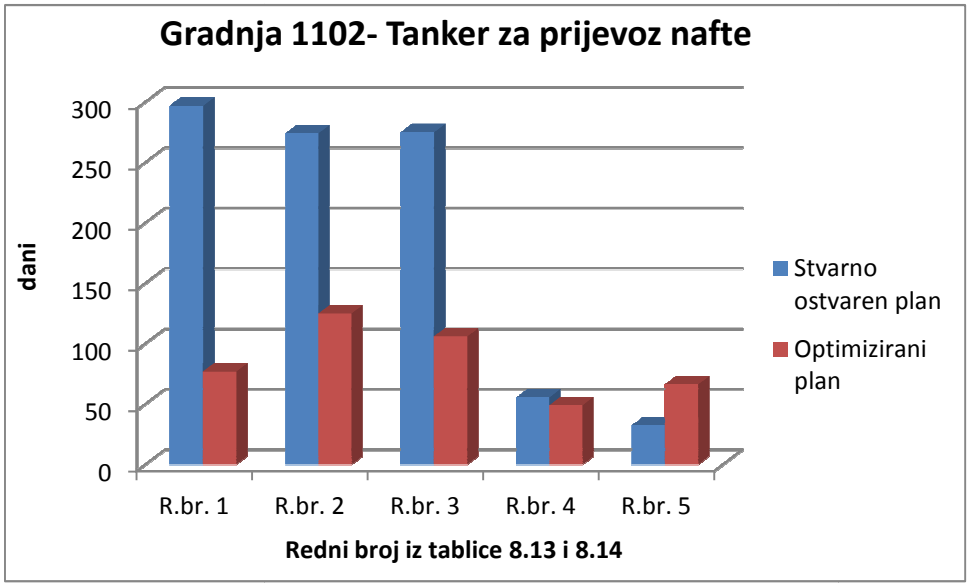
R. br.	Aktivnost	Gradnja 716	Gradnja 1102
1	Trajanje izrade projektne tehničke dokumentacije na promatranom uzorku nacrta [dana]	77	77
2	Trajanje izrade funkcionalne tehničke dokumentacije na promatranom uzorku nacrta [dana]	251	125
3	Trajanje izrade radioničke tehničke dokumentacije na promatranom uzorku nacrta [dana]	173	106
4	Zaostajanje dovršenosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije u odnosu na nacrte skupine projektne tehničke dokumentacije (*Slack_S_to_B*) [dana]	72,80	49
5	Zaostajanje dovršenosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije u odnosu na nacrte skupine funkcionalne tehničke dokumentacije (*Slack_D_to_S*) [dana]	168,20	66,33
6	Ukupna nepouzdanost proizvodnog procesa gradnje broda (*Fail_production*) [%]	17	21
7	Očekivani gubitak radnih sati proizvodnog procesa gradnje broda zbog nepouzdanosti sustava isplaniranih nacrta (*Wh_Fail_production*) [%]	3,42	4,26
8	Očekivani gubitak budžeta proizvodnog procesa gradnje broda zbog nepouzdanosti sustava isplaniranih nacrta (*$_Fail_production*) [%]	3,42	4,26



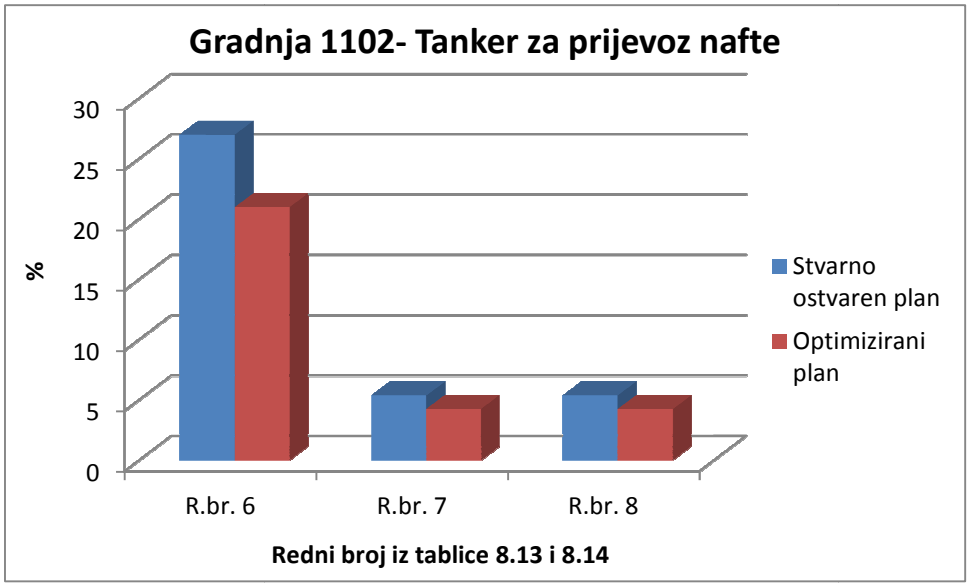
Slika 8.1 Usporedba trajanja i razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije stvarno ostvarenog plana i optimiziranog plana za gradnju 716



Slika 8.2 Usporedba nepouzdanosti nacrta, gubitaka radnih sati i budžeta stvarno ostvarenog plana i optimiziranog plana za gradnju 716

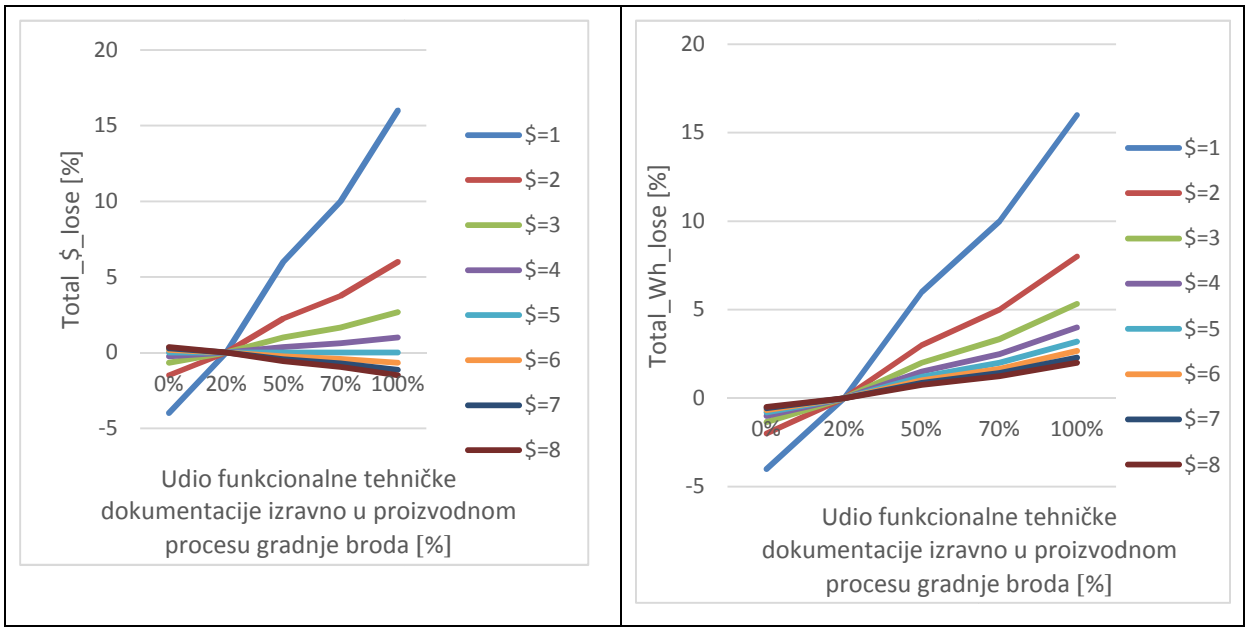


Slika 8.3 Usporedba trajanja i razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije stvarno ostvarenog plana i optimiziranog plana za gradnju 1102



Slika 8.4 Usporedba nepouzdanosti nacrta, gubitaka radnih sati i budžeta stvarno ostvarenog plana i optimiziranog plana za gradnju 1102

Na temelju razmatranja iznesenih u poglavlju 5 i postavljenih ulaznih parametara, za svako su brodogradilište izračunate krivulje pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda.



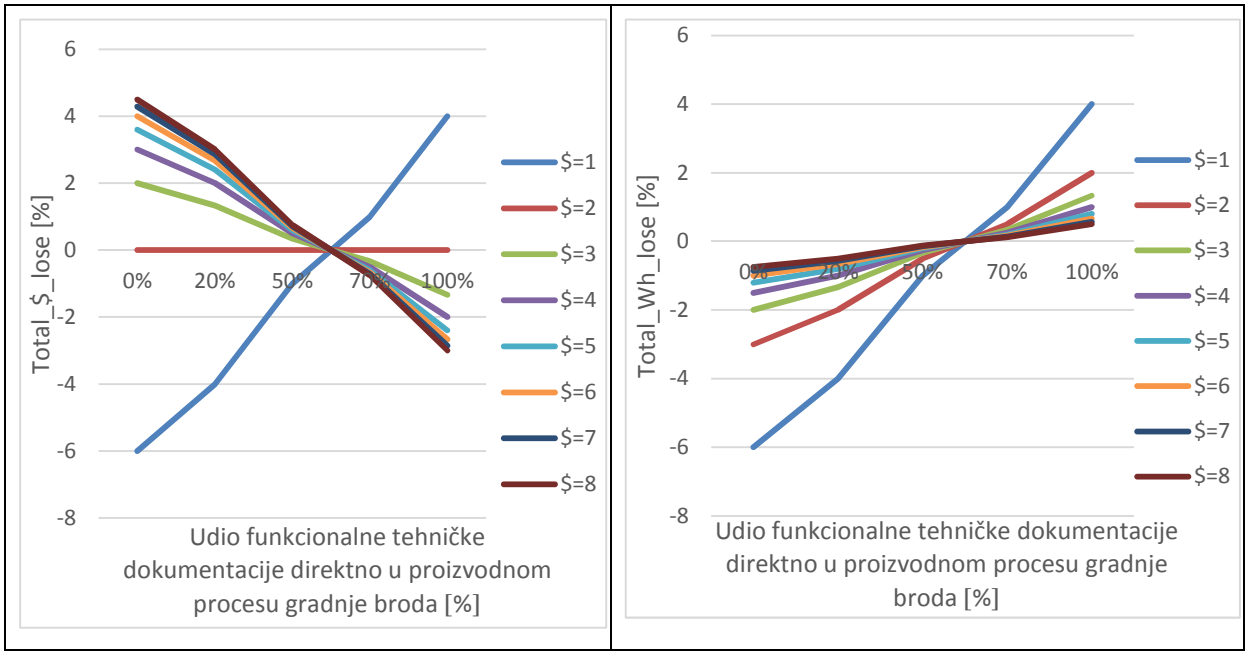
Slika 8.5 Krivulje pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda u hrvatskom brodogradilištu na primjeru tankera za prijevoz bitumena, gradnja 716

LEGENDA: *Total_$_lose* – ukupni gubitak/ušteda budžeta, *Total_Wh_lose* – ukupni gubitak/ušteda radnih sati

Slikom 8.5 prikazane su krivulje pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda različitoj od one koja je definirana referentnom točkom, na primjeru broda za prijevoz bitumena, gradnja 716, izrađenog u hrvatskom brodogradilištu. Kako je to već istaknuto, gradnja navedenog broda izvedena je pod visokim tehnološkim standardima, s dobrom pokrivenošću tehničkom dokumentacijom, gdje se oko 80 % informacija funkcionalne tehničke dokumentacije uključuje u radioničku tehničku dokumentaciju (*Referentna točka Rp = 20%* informacija funkcionalne tehničke dokumentacije upotrjebljavanih izravno u proizvodnom procesu gradnje broda) te visokom razinom predopremanja (faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda *Stage* = 5) i relativno malom razlikom cijene rada projektiranja u odnosu na cijenu rada proizvodnog procesa gradnje broda (relativna cijena rada *$ = 2*).

U tako postavljenim uvjetima, s povećanjem razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u odnosu na vrijednost koja je definirana referentnom točkom, povećava se ukupni utrošak radnih sati u gradnji broda, a zbog većeg utjecaja faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda u odnosu na relativnu cijenu rada, rastu i ukupni troškovi njegove gradnje. Odabirom takve strategije trebalo bi kod procesa ugovaranja broda predvidjeti dodatno vrijeme gradnje broda i povećanje budžeta za njegovu gradnju. Viša razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda imala bi opravdanje jedino uz uvjet da se smanji cijena rada proizvodnog procesa gradnje broda na takvu razinu da relativna cijena rada bude veća od faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda (*$ > 5*, odnosno da cijena rada izrade tehničke dokumentacije bude više od pet puta veća od cijene rada proizvodnog procesa gradnje broda). Obrnuto, povećanjem udjela radioničke tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda dodatno se utječe na ukupno skraćivanje trajanja gradnje broda i manje troškove, sve do razine relativne cijene rada manje od faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda (*$ < 5*, odnosno da cijena rada izrade tehničke dokumentacije bude manje od pet puta veća od cijene rada proizvodnog procesa gradnje broda). Ako je cijena rada izrade tehničke dokumentacije u odnosu na cijenu rada proizvodnog procesa gradnje broda veća od faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda ($ > Stage), tada veći udio radioničke tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda, zbog utjecaja visoke cijene rada izrade tehničke dokumentacije, proizvodi gubitke brodogradilišta. Ako je relativna cijena rada jednaka faktoru tehnološke

faze proizvodnog procesa gradnje broda (*$ = Stage*), kako je to objašnjeno u poglavlju 5.3, nema gubitaka/ušteda budžeta na temelju razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda. Unapređenje gradnje broda u brodogradilištima s opisanom tehnološkom razinom i strategijom gradnje broda, gledano sa stajališta troškova njegove gradnje, zasniva se na razvijanju radioničke tehničke dokumentacije i povećanju razine njezine zastupljenosti u proizvodnom procesu gradnji broda. Međutim, sa stajališta trajanja gradnje broda strategija povećanja udjela radioničke tehničke dokumentacije uvijek doprinosi skraćenju njegove gradnje te, ako su brodogradilištu prioritet rokovi gradnje broda, tada će prihvatiti povećanje udjela izrade radioničke tehničke dokumentacije bez obzira na troškove i povećanje budžeta i rokova njezine izrade, ako već unaprijed nisu ukalkulirani u cijenu i rokove gradnje broda.



Slika 8.6 Krivulje pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda u brodogradilištu s Dalekog istoka, na primjeru tankera za prijevoz nafte, gradnja 1102

LEGENDA: Total_$_lose – ukupni gubitak/ušteda budžeta, Total_Wh_lose – ukupni gubitak/ušteda radnih sati

Slikom 8.6 prikazane su krivulje pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda različitoj od one koja je definiran referentnom točkom, na primjeru broda za prijevoz nafte, gradnja 1102, izrađenog u brodogradilištu s Dalekog istoka. Gradnja navedenog broda izvedena je pod niskim tehnološkim standardima, s niskom pokrivenošću tehničke dokumentacije, gdje se oko 60 % informacija rabi upotrebom funkcionalne tehničke dokumentacije izvedbama izravno na brodu (*Referentna*

točka Rp = 60% informacija funkcionalne tehničke dokumentacije upotrjebljavanih izravno u proizvodnom procesu gradnje broda) te niskom razinom predopremanja (faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda *Stage* = 2) i relativno velikom razlikom cijene rada projektiranja u odnosu na cijenu rada proizvodnog procesa gradnje broda (relativna cijena rada *$ = 4*).

U tako postavljenim uvjetima, s povećanjem razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u odnosu na vrijednost definiranu referentnom točkom, povećava se ukupni utrošak radnih sati u gradnji broda, ali se zbog većeg utjecaja relativne cijene rada u odnosu na faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda, ukupni trošak gradnje broda smanjuje. Odabirom takve strategije treba kod procesa ugovaranja broda predvidjeti dodatno vrijeme njegove gradnje i moguće smanjenje budžeta za izradu tehničke dokumentacije. Viša razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda ne bi imala opravdanje jedino uz uvjet da se smanji cijena rada projektiranja na razinu da relativna cijena rada bude manja od faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda (*$ < 2*, odnosno da cijena rada izrade tehničke dokumentacije bude manje od dva puta veća od cijene rada proizvodnog procesa gradnje broda). Obrnuto, povećanjem udjela radioničke tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda, skraćuje se ukupno trajanje njegove gradnje, ali se zbog relativno velike razlike cijene rada projektiranja u odnosu na cijenu rada proizvodnog procesa gradnje broda (visoka relativna cijena rada), ukupni troškovi gradnje broda povećavaju te je pri ugovaranju broda primjenom takve strategije gradnje potrebno predvidjeti povećanje budžeta za njegovu gradnju. Navedeno vrijedi sve do razine relativne cijene rada veće od faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda (*$ > 2*, odnosno da cijena rada izrade tehničke dokumentacije bude više od dva puta veća od cijene rada proizvodnog procesa gradnje broda). Strategija brodogradilišta s opisanom tehnološkom razinom i strategijom gradnje broda zasniva se na podržavanju upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, s jedinom mogućnošću skraćivanja trajanja gradnje broda ulaganjem u razvijanje radioničke tehničke dokumentacije i povećanja njezine zastupljenosti u gradnji broda, što zahtijeva predviđanje većeg budžeta za izradu tehničke dokumentacije i duže trajanje njezine izrade, koje treba ukalkulirati u cijenu i rokove gradnje broda u fazi njegova ugovaranja.

Rezultati istraživanja, prikazani i opisani slikama 8.5 i 8.6, dokazuju kako niža razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda, a time veći udio radioničke tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda, ne mora nužno dovesti do smanjenja troškova gradnje broda. Prema podacima prikazanima u tablicama od 8.9 do 8.12, promatrano hrvatsko brodogradilište izrađuje 4,3 puta više nacrta iz skupine projektne i funkcionalne tehničke dokumentacije i 5,4 više nacrta iz skupine radioničke tehničke dokumentacije od brodogradilišta s Dalekog istoka, ali je efekt i uspješnost gradnje obaju promatranih brodova približno isti s gledišta trajanja gradnje, nepouzdanosti nacrta sagledanih kroz broj izmjena nacrta te radnom opterećenju izrade tehničke dokumentacije po sudioniku. To je dokaz kako troškovi gradnje broda na temelju razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda isključivo ovise o relativnoj cijeni rada i faktoru tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda, čije su definicije dane u poglavlju 5.1 te se model gradnje broda pogodan za jedno brodogradilište ne može pod jednakim uvjetima cijene rada i tehnološke razine izravno preslikati na drugo brodogradilište. Koncepcija gradnje broda uspješna u jednom brodogradilištu ne podrazumijeva isti efekt u drugom ako oni nisu približno iste tehnološke razine i cijene rada.

9 ZAKLJUČAK I SMJERNICE ZA DALJNJI RAD

U okviru provedenog istraživanja predložena je i razvijena nova metodologija planiranja izrade tehničke dokumentacije, koja se zasniva na dvama optimizacijskim pristupima planiranju izrade tehničke dokumentacije s kojima se započinje već u fazi ugovaranja broda. Jedan se optimizacijski pristup temelji na izradi nacrta s visokom razinom pouzdanosti, dok se drugi temelji na utvrđivanju optimalne razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda za promatrano brodogradilište.

Optimizacijski pristup planiranja izrade tehničke dokumentacije na temelju pouzdanosti nacrta, osim varijable vremena, uključuje i varijablu pouzdanosti informacija sadržanih nacrtom, s ciljem distribucije nacrta u proizvodni proces gradnje broda s visokom razinom pouzdanosti, čime će se smanjiti utjecaj poremećaja i dodatnih radova tijekom njegove gradnje. Pouzdanost nacrta se utvrđuje na temelju kriterija razine njegove potpunosti i odobrenosti klasifikacijskog društva i brodovlasnika u vremenu potrebnom za izradu međusobno zavisnih nacrta. Razina poremećaja i dodatnih radova u proizvodnom procesu gradnje broda proporcionalna je razini pouzdanosti nacrta i kvaliteti informacija s kojima je nacrt napravljen. Viša razina pouzdanosti nacrta postiže se višom razinom potpunosti informacija koje on sadrži te višom razinom odobrenosti klasifikacijskog društva i brodovlasnika. Za izradu nacrta veće pouzdanosti potrebno je i duže vrijeme njegove izrade, koje uključuje prikupljanje i obradu nedostajućih informacija te njihovu ugradnju u nacrt, kao i rješavanje primjedbi klasifikacijskog društva i brodovlasnika. Ovim istraživanjem analiziran je utjecaj nepouzdanosti nacrta s kojim on ulazi u proizvodni proces gradnje broda, ovisno o razini potpunosti i kvalitete informacija s kojima je napravljen u promatranom vremenu. Na temelju poznavanja nepouzdanosti nacrta mogu se utvrditi očekivani dodatni troškovi na preinakama i doradama tijekom proizvodnog procesa gradnje broda. Ako je nepouzdanost nacrta u razini koja može ugroziti kontinuitet proizvodnog procesa gradnje broda, nacrt se prije distribucije u narednu fazu brodograđevnog procesa nadopunjuje, a trajanje njegove izrade produžuje. Tijekom istraživanja razvijen je algoritam s kojim je napravljen programski kôd računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije kojim se izračunava nepouzdanost nacrta u promatranom vremenu potrebnom za izradu zavisnih nacrta ili narednu fazu gradnje broda. Na temelju izračunate nepouzdanosti nacrta moguće je definirati prikladnu strategiju izrade, dovršenosti i distribucije tehničke dokumentacije uz adekvatnu razinu nepouzdanosti s kojom nacrti ulaze u proizvodni proces

gradnje broda i rizika od nastanka dodatnih radova. Time će predloženi pristup planiranju izrade tehničke dokumentacije i računalni alat postati učinkovito sredstvo u upravljanju i odlučivanju kada i s kojom razinom nepouzdanosti distribuirati nacrt u proizvodni proces gradnje broda te će biti od velike koristi rukovodnom osoblju.

Optimizacijskim pristupom planiranja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda za promatrano će se brodogradilište osigurati razina informacija uključena radioničkom tehničkom dokumentacijom s kojom je moguće osigurati njezinu izradu i proizvodni proces gradnje broda u okvirima zadanog budžeta i rokova gradnje broda. Razina upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda ovisi o tehnološkoj razini brodogradilišta i cijeni rada projektiranja i proizvodnog procesa gradnje broda. Utjecaj tehnološke razine brodogradilišta sagledan je razinom primjene tehnoloških faza kod gradnje broda, a utjecaj cijene rada sagledan je u odnosom cijene rada projektiranja i proizvodnog procesa gradnje broda. Za te potrebe uvedeni su novi pojmovi: faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda (poglavlje 3.2) i relativna cijena rada (poglavlje 5.1). Višom razinom upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda smanjuje se udio radioničke tehničke dokumentacije, ali se zbog toga povećava udio radova koji se odvija izravno na mjestu gradnje broda, što za posljedicu ima skraćenje trajanja izrade radioničke tehničke dokumentacije i manje troškove njezine izrade te povećanje trajanja proizvodnog procesa gradnje broda uz njegove veće troškove. I obrnuto, nižom razinom upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda povećava se udio radioničke tehničke dokumentacije, ali se zbog toga smanjuje udio radova koji se odvija izravno na mjestu gradnje broda, što za posljedicu ima povećanje trajanja izrade radioničke tehničke dokumentacije uz veće troškove njezine izrade te smanjenje trajanja proizvodnog procesa gradnje broda uz njegove manje troškove. Predloženim pristupom omogućit će se, već u fazi ugovaranja broda, odabir prihvatljive strategije izrade tehničke dokumentacije i proizvodnog procesa gradnje broda u zadanim okvirima budžeta i rokova.

Za potrebe istraživanja osnovan je računalni alat za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije koji se sastoji iz četiriju integriranih neovisnih modula, koji svojim rezultatima nadopunjuju jedan drugog. Prvim se modulom na temelju aktualnog plana izrade tehničke dokumentacije izračunava nepouzdanost nacrta s kojom oni ulaze u proizvodni proces gradnje broda, na osnovu čega se izrađuje i predlaže optimizirani plan s

redoslijedom i razinom preklapanja izrade tehničke dokumentacije kojim se osigurava potpuni prijenos informacija međusobno zavisnih nacrta na promatrani nacrt. Drugim se modulom procjenjuje utjecaj razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda na troškove i trajanje gradnje broda, na temelju čega će se već u fazi ugovaranja broda moći predvidjeti adekvatna strategija izrade tehničke dokumentacije u okvirima zadanih troškova i trajanja gradnje broda. Trećim se modulom, na temelju izračunate nepouzdanosti nacrta, izračunavaju očekivani gubici budžeta i radnih sati gradnje broda zbog nepouzdanosti nacrta s kojom se planira njegova gradnja. Služi za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije sa stajališta troškova gradnje broda, kojim se osigurava izbor varijante plana s najpovoljnijim ishodom. Četvrtim se modulom, na temelju aktualnog plana izrade tehničke dokumentacije, izračunava razina preklapanja i trajanje izrade tehničke dokumentacije. Služi za vrednovanje plana izrade tehničke dokumentacije iz perspektive utjecaja preklapanja izrade tehničke dokumentacije na nepouzdanost nacrta i rokove njihove izrade, kojim se osigurava izbor varijante plana s najpovoljnijim ishodom.

U ovom je istraživanju razvijena potpuna i detaljna metodologija koja će primjenom iteracijske metode, analizom osjetljivosti te uz programsku podršku razvijenog računalnog alata polučiti rezultate koji konvergiraju optimalnom rješenju. To se postiže variranjem vremena i razine preklapanja izrade međusobno zavisnih nacrta te odabirom primjenjivog faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda, relativne cijene rada i razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda. Navedeni čimbenici će u okviru zadanih rokova gradnje broda i raspoloživog budžeta osigurati razinu informacija prema proizvodnom procesu gradnje broda s minimalnim utjecajem na poremećaje u njegovoj gradnji, uz zadovoljavajuću razinu nepouzdanosti tehničke dokumentacije i optimalnu razinu upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda.

Provedeno sustavno istraživanje i kritički pregled postojećih pristupa i metodologija procjene razine nepouzdanosti nacrta i njihova utjecaja na poremećaje i dodatne radove tijekom proizvodnog procesa gradnje broda, omogućili su bolje razumijevanje problematike utjecaja informacija sadržanih tehničkom dokumentacijom na troškove i rokove gradnje broda te, sukladno tome, izrade plana i strategije gradnje broda koja će u zadanim okvirima budžeta i rokova dati optimalan rezultat.

Predložena metodologija, matematičke formule na temelju kojih su razvijeni algoritmi računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije s pripadajućim programskim kôdom predstavljaju originalan doprinos. Vrednovanje rezultata pokazuje primjenjivost na realnom modelu brodogradilišta i praktičnu primjenu u brodograđevnoj industriji. Računalni alat za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije može se koristiti u svim fazama planiranja gradnje broda.

Istraživanje provedeno u okviru doktorske disertacije potaknulo je i dodatna pitanja i ideje za buduća istraživanja kojima bi se mogli proširiti i poboljšati rezultati izračuna nepouzdanosti tehničke dokumentacije i primjene funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda te njihov utjecaj na troškove i rokove gradnje broda. Tijekom istraživanja utvrđeno je da rezultati značajno ovise o faktoru tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda i relativne cijene rada. Stoga će prvi korak u nastavku istraživanja biti prikupljanje dodatnih podataka iz različitih brodogradilišta s različitom tehnološkom razinom vezanih uz njihove troškove i cijenu rada projektiranja i proizvodnog procesa gradnje broda, utroška radnih sati te primjene tehnoloških faza opremanja broda. Na temelju toga unaprijedit će se procedura za utvrđivanje tehnološke razine brodogradilišta te faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda i relativne cijene broda. Pri tome se planiraju koristiti primijenjene metode operacijskih istraživanja. Također će se provesti daljnja istraživanja glede utvrđivanja uzroka nastajanja izmjena nacrta i njihova utjecaja na poremećaje u gradnji broda te utjecaja kriterija potpunosti nacrta, odobrenosti nacrta od klasifikacijskog društva i brodovlasnika na pouzdanost nacrta s definiranjem dodatnih kriterija njihova vrednovanja.

Predloženi pristup predstavlja značajan doprinos u unapređenju procesa planiranja izrade tehničke dokumentacije i moći će se koristiti u procesu ugovaranja broda i definiranju strategije njegove gradnju u području planiranja troškova, budžeta i rokova njegove gradnje, zatim za utvrđivanje razine zastupljenosti radioničke tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda te izrade tehničke dokumentacije s optimalnom razinom rizika od poremećaja proizvodnog procesa gradnje broda. Za primjenu u realnom sektoru planira se izraditi komercijalna verzija računalnog alata, kao pomoć u izradi i vrednovanju plana tehničke dokumentacije s razine utjecaja informacija sadržanih nacrtom na proizvodni proces gradnje broda sa što je moguće manjim poremećajima u okviru zadanih troškova i rokova.

POPIS LITERATURE

[1] Altic, B. E. at all: Implementation of an improved outfit process model, Journal of Ship Production, Vol. 19, No. 1, February: 1–7, 2003.

[2] Andritsos, F., Perez-prat, J.: The automation and integration of production processes in shipbuilding, European Commission, Joint Research Center, Institute for Systems, Informatics and Safety, 2000.

[3] Arena, M.V. et al.: Monitoring the Progress of Shipbuilding Programs, RAND Europe, Prepared for the United Kingdom's Ministry of Defence, ISBN 0-8330-3660-2, 2005

[4] Ash, R.B.: Basic Probability theory, Dover Publication Inc, ISBN-13:978-0-486-46628-6, New York, 2008.

[5] Asok, K. A., Aoyama, K.: Module division planning considering uncertainties, Journal of Ship Production, Vol. 25, No. 3:153–160, 2009.

[6] Austeng K. et al.: Uncertainty analysis - Modelling, estimation and calculation, NTNU, Department of Civil and Transport Engineering (BAT), Trondheim: Concept-program, 2005.

[7] Austeng, K. et al.: Uncertainty analysis – Methodology, NTNU, Department of Civil and Transport Engineering (BAT), Trondheim: Concept-program, 2005.

[8] Austeng, K. et al.: Uncertainty analysis - methodological errors in data and analysis NTNU, Department of Civil and Transport Engineering (BAT). Trondheim: Concept-program, 2005.

[9] Baade, R. at all: Modular outfitting, The National Shipbuilding Research Program 1997 Ship Production Symposium pages 1–18, 1997.

Beißert, U., König, M., Bargstädt, H.J.: Constraint-Based Simulation of Outfitting Processes in Building Engineering. CIB 24th W78 Conference, Maribor, Slovenia, 2007.

[10] Ben-Arieh, D.: A methodology for analysis of assembly operations' difficulty, International Journal of Production Research, 32,No.8:1879–1895, 1994.

[11] Ben-Arieh, D., Kramer, B.: Computer-aided process planning for assembly: generation of assembly operation sequence, International Journal of Production Research, 32,No.3:643–656, 1994.

[12] Bertsekas, D.P., Tsitsiklis, J.N.: Introduction to Probability, Massachusetts Institute of

Technology, Course 6.041-6.431, Massachusetts, 2000.

[13] Bertram, V. At al.: Cost assessment in ship production, The Naval Architect, 2005. March, pp.6-8

[14] Brown, A.J., Thomas, M.: Reengineering the Naval Ship Concept Design Process, From Research to Reality in Ship Systems Engineering Symposium, ASNE, September, 1998.

[15] Caprace, J.D., Rigo. P., Warnotte, R.: An Analytical Cost Assessment Module for the Detailed Design Stage, ANAST, University of Liege, Liège/Belgium

[16] Clark, D.L., Howell, D.M., Wilson, C.E.: Improving Naval Shipbuilding Project Efficiency through Rework Reduction, Master's Thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, California, NSN 7540-01-280-5500, 2007.

[17] Design for Production Manual, 2 nd edition, National Shipbuilding Research Program, U.S. Department of the Navy Carderock Division, Vol. 1-3, 1999.

[18] Dlugokecki, V. at all: Transforming the shipbuilding and ship repair project environment, SNAME Conference pages 1–10, 2009.

[19] Dlugokecki,. V., Fanguy, D., Hepinstall, L.: Leading the Way for Mid-Tier Shipyards to Implement Design for Production Methodologies, Journal of Ship Production, Vol. 25, No. 2, May 2009, pp. 99–108

[20] Elmaghraby, S.E:. On the fallacy of averages in project risk management, European Journal of Operational Research 165(2): 307-313, 2005.

[21] Erikstad, S. O.: Modularisation in Shipbuilding and Modular Production, Project no.: 8946/140 Innovation in Global Maritime Production 2020 (IGLO-MP 2020), Working Paper 11, 2009.

[22] Fafandjel, N., Zamarin, A., Hadjina, M.: Shipyard production costs structure optimisation model related to product type, International Journal of Production Research (ISSN: 1366-588X (online) 0020-7543 (paper), Vol.48, Issue 5., pp.1479-1491, Taylor&Francis, 2010.

[23] Fafandjel, N., Rubeša, R., Matulja, T.; Improvement Of Industrial Production Process Design Using Systematic Layout Planning, Strojarstvo/Journal for theory and application in mechanical engineering (ISSN 0562-1887), 51(3), str. 177-186, Croatian Union of Mechanical Engineers and Naval Architects, Zagreb, 2009.

[24] Fafandjel, N., Zamarin, A., Hadjina, M.: Generation of Optimal Vessel's Production

Costs Structure, Strojarstvo/Journal for theory and application in mechanical engineering (ISSN 0562-1887), 50 (2), str. 77-84, Croatian Union of Mechanical Engineers and Naval Architects, Zagreb, 2008.

[25] Fafandjel, N., Rubeša, R., Mrakovčić, T.: Procedure for Measuring Shipbuilding Process Optimisation Results after using Modular Outfitting Concept, Strojarstvo/Journal for theory and application in mechanical engineering (ISSN 0562-1887), 50 (3), pp. 141-150, Croatian Union of Mechanical Engineers and Naval Architects, Zagreb, 2008.

[26] Fafandjel, N., Dobrinić, J.,Hadjina, M.: Criteria for evaluating work content and production costs of ship design alternatives, Proceedings of the 11th International DAAAM Symposium, DAAAM, Vienna, Austria 2000.

[27] Fletcher. R.: Practical Methods of Optimisation, John Wiley & Sons Ltd., ISBN-0-471-91547-5, 2000.

[28] Fordham D.R.: Flowchart guidelines, James Madisom University, New York, 2007.

[29] Galnur, T.: Business planning levels: Strategic, tactical, and operational, http://managingabusiness.com/businessplanning, 2005.

[30] Graves, R. J., McGinnis, L. F.: The outfitting planning problem: Production planning in shipbuilding, Naval Research Logistics Quarterly, 20, No. 2:257–384, 1982.

[31] Hagen, A. (2014). "Processes upstream to production." Compendium in TMR4125 Shipbuilding, Unit at Norwegian University of Science and Technology.

[32] Jaquith P. E. Et al.: A Parametric Approach To Machinery Unitization In Shipbuilding, The National Shipbuilding Research Program 1997 Ship Production Symposium, Paper No. 21

[33] Jørgensen, T., Wallace S. W.: Improving project cost estimation by taking into account managerial flexibility, European Journal of Operational Research 127(2): 239-251, 2000,

[34] Konig, M. at all: Constraint-based simulation of outfitting processes in shipbuilding and civil engineering, 6th EUROSIM Congress on Modeling and Simulation, 2007.

[35] Koenig, P.C.: Technical and Economic Breakdown of Value Added in Shipbuilding, Journal of Ship Production, Vol. 18, No. 1, Feb. 2002, pp. 13–18

[36] Koenig, P.C, et al.: Towards A Generic Product-Oriented Work Breakdown Structure For Shipbuilding, The National Shipbuilding Research Program 1997 Ship Production

Symposium, Paper No. 16, U.S. Department of The Navy, Carderock Division, Naval Surface Warfare Center, 1997.

[37] Kummar, S.A., Suresh, N.: Production and Operation Management, New Age International (P) Limited, Publishers, ISBN : 978-81-224-2425-6, New Delhi, 2008.

[38] Lamb, T.: Ship Design and Construction, SNAME, 2004.

[39] Lamb, T.: ˝Build Strategy Development˝, Journal of Ship Production, Vol.12, No3, Aug. 1996.

[40] Lamb, T., Hellesoy, A.: A Shipbuilding Productivity Predictor, Journal of Ship Production, Vol. 18, No. 2, May 2002, pp. 79–85

[41] Lichtenberg, S.: Proactive management of uncertainty using the successive principle, Polyteknisk Press, 2000.

[42] Litine, M.: Mission-Critical Network planing, Artech House Inc, ISBN 1-58053-516-X, London, 2003.

[43] Maffioli, P., Diazole, J. C., Olivier, J.: Competitive shipbuilding production practices, Transactions- Society of Naval Architects and Marine Engineers 109 pages 309–339, 2001.

[44] Meland, K., Spaulding R. Workload and Labor Resource Planning in a Large Shipyard, Journal of Ship Production, Vol. 19, No. 1, February 2003, pp. 38–43

[45] Mierzwicki, T., Brown, A.J.: Risk Metric for Multi-Objective Design of Naval Ships Naval Engineers Journal, Vol. 116, No. 2, pp. 55-71, 2004.

[46] Mierzwicki, T. (2003), “Risk Index for Multi-objective Design Optimization of Naval Ships”, MS Thesis, Department of Aerospace and Ocean Engineering, Virginia Tech.

[47] Moyst. H., Das. B.: Factors Affecting Ship Design and Construction Lead Time and Cost, Journal of Ship Production, Vol 21, No. 3, pp. 186-194, 2005.

[48] Mishra, A.R.:Fundamentals of Celluar Network Planing and Optimisation, John Wiley & Sons Ltd, ISBN 0-470-86267-X, West Sussex, England, 2000.

[49] Moyst, H.: Optimizing the Integration of Ship Design with Construction: A Linear Progamming Approach, Phd Theses, Dalhousie University - Halifax, Nova Scotia, 0-612-63541-4, 2001.

[50] Natarajan, C.S., Hales, H.L.: Simplified Systemic Network Planing, Management and Industrial Reserch Publication ISBN 0-933684-21-5, Marietta, USA, 2008.

[51] National Shipbuilding Research Program: Extended Modularization of Ship Design &

Build Strategy, Charleston, SC, 2008.

[52] Rao, A., et al.:Total Quality Management:A Cross Functional Perspective, John Wiley & Sons, New York, 1996.

[53] Ross, J.M.: A practical approach for ship construction cost estimating, 2004. COMPIT'04, Siguenza, pp.98-110

[54] Ross, J.M. (), Weight-based cost estimating during initial design, 2005. COMPIT'05, Hamburg, pp.221-229

[55] Rose, C.D.: Automatic Production Planing for the Construction of Complex Ships, Gilderprint, Netherlands, ISBN 978-94-6186-777-1, 2017.

[56] Rubeša, R., Fafandjel, N., Kolić, D.: Procedure for estimating the effectiveness of ship modular outfitting, (ISSN 1330-9587), Engineering Review 31 (1), 55-62, 2011.

[57] Shank, J. F. at all: Outsourcing and outfitting practices, Implications for the Ministry of Defense Shipbuilding Programs, RAND Corporation, 2004.

[58] Shetelig, H.: Shipbuilding Cost Estimation, Norwegian University of Science and Technology, Department of Marine Technology, June 2013.

Shin, J.G., et al.: A Modeling and Simulation of Production Process in Subassembly Lines at a Shipyard, Journal of Ship Production, Vol. 20, No. 2, May 2004, pp. 79–83

[59] Stanić, V., Fafandjel, N., Matulja, T.: A methodology for improving productivity of the existing shipbuilding process using modern production concepts and the AHP method, Shipbuilding:Theory and Practice of Naval Architecture, Marine Engineering and Ocean Engineering, Vol.68 No.3 September 2017. (online first), DOI: 10.21278/brod68303.

[60] Storch, R.L. et al.: Ship Production, SNAME, New Jersey, 1995.

[61] Storch, R.L., Hyung, J.P., Evans, D.: Development of a Ship Detail Design Expert System, Journal of Ship Production, Vol. 18, No. 1, Feb. 2002, pp. 8–12

[62] Su, Q.: A hierarchical approach on assembly sequence planning and optimal sequences analyzing, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing pages 1–11, 2008.188

[63] Tann, W., Shaw, H.J.: The implementation method of data sharing based on ship production modeling, Journal of Taiwan Society of Naval Architects and Marine Engineers, 26, No.1:9–17, 2007.

[64] Traband, M.T., et al.: Shipbuilding Facility Planning and Design:A Product-Centric

Approach, Journal of Ship Production, Vol. 20, No. 4, November 2004, pp. 240–244

[65] Ventura, M.: Ship Design I, Instituto Superior Tecnico, Lisboa, Portugal

[66] Vose, D.: Quantitative risk analysis: a guide to Monte Carlo simulation modelling, Wiley Chichester, 2000.

[67] Wei, Y.: Automatic Generation of Assembly Sequence for the Planning of Outfitting Processes in Shipbuilding, Doctoral thesis, Technische Universiteit Delft, Netherland, ISBN 978-90-6562-295-2, 2012.

Whitfield, R. I., et al.: Ship Product Modelling, Journal of Ship Production, Vol. 19, No. 4, November 2003, pp. 230–245

[68] ……, http://www.britannica.com

[69] ……, http://www.everything2.com

[70] ……..…., http://en.wikipedia.org

POPIS ZNAKOVA I KRATICA

$c_1 = Compl$	razina potpunosti informacija sadržanih nacrtom
$c_2 = Cl$	razina odobrenosti informacija sadržanih nacrtom klasifikacijskog društva
$c_3 = Ow$	razina odobrenosti informacija sadržanih nacrtom brodovlasnika
C_1	događaj da se nacrt neće mijenjati na temelju potpunosti informacija sadržanih nacrtom
C_2	događaj da se nacrt neće mijenjati na temelju odobrenosti informacija sadržanih nacrtom klasifikacijskog društva
C_3	događaj da se nacrt neće mijenjati na temelju odobrenosti informacija sadržanih nacrtom brodovlasnika
p_i	ekspertnim pristupom utvrđena razina informacija sadržanih nacrtom te se unaprijed pretpostavljaju pouzdanima i sigurno se ne mijenjaju
$P(C_i)$	pouzdanost nacrta na temelju utjecaja promatranog kriterija
$P(C_1) = P(Compl)$	pouzdanost nacrta na temelju utjecaja razine potpunosti informacija sadržanih nacrtom
$P(C_2) = P(Class_App)$	pouzdanost nacrta na temelju utjecaja razine odobrenosti informacija sadržanih nacrtom od klasifikacijskog društva
$P(C_3) = P(Own_App)$	pouzdanost nacrta na temelju utjecaja razine odobrenosti informacija sadržanih nacrtom od brodovlasnika
$S = Success_NACRT$	događaj da se nacrt neće trebati mijenjati
$P(S)$ $= P(Success_NACRT)$	vlastita pouzdanost nacrta
$P(S^C) = P(Fail_NACRT)$	vlastita nepouzdanost nacrta
$P(S_{in}^C)$ $= P(Fail_NACRT_in)$	nepouzdanost zavisnih nacrta prethodnika s kojom oni djeluju na promatrani nacrt
$P(S_{out}^C)$ $= P(Fail_NACRT_out)$	nepouzdanost promatranog nacrta s kojom on djeluje na nacrte sljedbenike
$W = Weight_factor$	težinski faktor međuzavisnosti nacrta
$T(j)_S$	vrijeme početka izrade nacrta prethodnika
$T(j)_F$	vrijeme završetka izrade nacrta prethodnika
$T(i)_S$	vrijeme početka izrade promatranog nacrta
$T(i)_F$	vrijeme završetka izrade promatranog nacrta
$T(j)$	trajanje izrade nacrta prethodnika
$T(i)$	trajanje izrade promatranog nacrta

$\Delta t(j, i)$	vremensko zaostajanje u završetku izrade promatranog nacrta
$\$$	relativna cijena rada
Wh	relativni utrošak radnih sati
Dtb	razina informacija iz nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije koje se izravno upotrebljavaju u proizvodnom procesu gradnje broda
$Stage$	faktor tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda
Rp	referentna točka
$Total_Wh_design$	ukupan broj radnih sati u izradi radioničke tehničke dokumentacije zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda
Wh_detail_design	kalkulirani broj radnih sati u izradi radioničke tehničke dokumentacije
Wh_design_lose	gubitak/ušteda radnih sati u izradi radioničke tehničke dokumentacije
$Wh_production_lose$	gubitak/ušteda radnih sati u proizvodnom procesu gradnje broda zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda
$Total_Wh$_lose	ukupni gubitak/ušteda radnih sati u gradnji broda zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda
$\$_design_lose$	gubitak/ušteda budžeta izrade radioničke tehničke dokumentacije zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda
$\$_production_lose$	gubitak/ušteda budžeta proizvodnog procesa gradnje broda zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda
$Total_\$$_lose	ukupni gubitak/ušteda budžeta gradnje broda zbog utjecaja razine upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda

$Fail_design$	nepouzdanost nacrta s kojom promatrani nacrt izravno djeluje na nacrt sljedbenik
$Fail_prod$	nepouzdanost nacrta s kojim promatrani nacrt izravno djeluje na proizvodni proces gradnje broda
$Failure_Index$	indeks nepouzdanosti nacrta
$Fail_NACRT_out_dep_i$	nepouzdanost svakog pojedinog zavisnog nacrta prethodnika
No_dep_dwg	ukupan broj zavisnih nacrta prethodnika
$Fail_basic$	srednja vrijednost nepouzdanosti nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije
$Fail_basic_i$	pojedinačna vrijednost nepouzdanosti nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije
No_basic	ukupni broj nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije
$Fail_system$	srednja vrijednost nepouzdanosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije
$Fail_system_i$	pojedinačna vrijednost nepouzdanosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije
No_system	ukupni broj nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije
$Fail_detail$	srednja vrijednost nepouzdanosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije
$Fail_detail_i$	pojedinačna vrijednost nepouzdanosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije
No_detail	ukupni broj nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije
$Fail_system_to_detail$	nepouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije s kojom oni djeluju na izradu nacrta iz skupine radioničke tehničke dokumentacije
$Fail_system_to_productior$	nepouzdanost nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije s kojom ona djeluje na proizvodni proces gradnje broda
$Fail_production$	ukupna nepouzdanost proizvodnog procesa gradnje broda

$\$_design$	relativni budžet izrade tehničke dokumentacije
Wh_design	relativni broj radnih sati izrade tehničke dokumentacije
$\$_production$	relativni budžet proizvodnog procesa gradnje broda
$Wh_production$	relativni broj radnih sati proizvodnog procesa gradnje broda
$\$_Fail_production$	očekivani gubitak budžeta proizvodnog procesa gradnje broda zbog nepouzdanosti sustava isplaniranih nacrta
$Wh_Fail_production$	očekivani gubitak radnih sati proizvodnog procesa gradnje broda zbog nepouzdanosti sustava isplaniranih nacrta
$Total_\$$	ukupan gubitak/ušteda budžeta gradnje broda
$Slack_S_to_B$	zaostajanje dovršenosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije u odnosu na nacrte skupine projektne tehničke dokumentacije
$Slack_D_to_S$	zaostajanje dovršenosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije u odnosu na nacrte skupine funkcionalne tehničke dokumentacije
T_B	srednje vrijeme dovršenosti nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije
$T_{B(i)}$	datum dovršenosti svakog pojedinog nacrta skupine projektne tehničke dokumentacije
T_{RT}	datum referentnog vremena
T_S	srednje vrijeme dovršenosti nacrta skupine funkcionalne tehničke dokumentacije
$T_{S(i)}$	datum dovršenosti svakog pojedinog nacrta skupine funkcionalne tehničke
T_D	srednje vrijeme dovršenosti nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije
$T_{D(i)}$	datum dovršenosti svakog pojedinog nacrta skupine radioničke tehničke dokumentacije

POPIS SLIKA

Slika 1.1 Zavisnost razine informacija sadržanih tehničkom dokumentacijom u odnosu na

njezinu pouzdanost
Slika 1.2 Odnos razine informacija sadržanih nacrtom, ovisno o trajanju njegove izrade
Slika 3.1 Temeljna struktura brodograđevnog procesa
Slika 3.2 Razine planiranja u brodogradnji
Slika 3.3 Raščlamba tehnoloških faza opremanja broda
Slika 4.1 Razine preklapanja pojedinih faza gradnje broda
Slika 4.2 Tijek prijenosa nepouzdanosti informacija između nacrta
Slika 4.3 Prikaz pouzdanosti događaja A i B
Slika 4.4 Prikaz pouzdanosti nacrta
Slika 4.5 Grafički prikaz matrice zavisnosti nacrta
Slika 4.6 Utvrđivanje nepouzdanosti promatranog nacrta
Slika 4.7 Prikaz organizacijske strukture algoritma za izračunavanje nepouzdanosti nacrta
Slika 4.8 Utjecaj vremena završetka međusobno zavisnih nacrta na pouzdanost promatranog nacrta
Slika 4.9 Prikaz razina preklapanja izrade tehničke dokumentacije
Slika 4.10 Grafički prikaz preklapanja izrade nacrta s negativnim faznim pomakom i niskom razinom međuzavisnosti nacrta
Slika 4.11 Grafički prikaz preklapanja izrade nacrta s negativnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta
Slika 4.12 Grafički prikaz preklapanja izrade nacrta s pozitivnim faznim pomakom i niskom razinom međuzavisnosti nacrta
Slika 4.13 Grafički prikaz preklapanja izrade nacrta s pozitivnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta
Slika 4.14 Grafički prikaz izrade nacrta bez preklapanja s pozitivnim faznim pomakom i niskom razinom međuzavisnosti nacrta
Slika 4.15 Grafički prikaz izrade nacrta bez preklapanja s pozitivnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta
Slika 4.16 Primjer dvostrane međuzavisnosti nacrta s visokom razinom preklapanja izrade nacrta
Slika 4.17 Primjer dvostrane međuzavisnosti nacrta bez preklapanja izrade nacrta
Slika 5.1 Tijek kolanja informacija tehničke dokumentacije u procesu gradnje broda
Slika 6.1 Definiranje položaja nacrta skupina tehničke dokumentacije u odnosu na referentno vrijeme

Slika 6.2 Grafički prikaz nepouzdanosti proizvodnog procesa gradnje broda za više različitih slučajeva zaostajanja nacrta

Slika 7.1 (a) Dijagram toka algoritma računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije – postupci od 1 do 5
(b) Dijagram toka algoritma računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije – postupci 6 i 7
(c) Dijagram toka algoritma računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije – postupci 8 i 9

Slika 7.2 Primjer ispisa rezultata nepouzdanosti nacrta jedne odabrane skupine međusobno zavisnih nacrta

Slika 8.1 Usporedba trajanja i razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije stvarno ostvarenog plana i optimiziranog plana za gradnju 716

Slika 8.2 Usporedba nepouzdanosti nacrta, gubitaka radnih sati i budžeta stvarno ostvarenog plana i optimiziranog plana za gradnju 716

Slika 8.3 Usporedba trajanja i razine preklapanja izrade tehničke dokumentacije stvarno ostvarenog plana i optimiziranog plana za gradnju 1102

Slika 8.4 Usporedba nepouzdanosti nacrta, gubitaka radnih sati i budžeta stvarno ostvarenog plana i optimiziranog plana za gradnju 1102

Slika 8.5 Krivulje pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda u hrvatskom brodogradilište, na primjeru tankera za prijevoz bitumena, gradnja 716

Slika 8.6 Krivulje pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda u brodogradilištu s Dalekog istoka, na primjeru tankera za prijevoz nafte, gradnja 1102

POPIS TABLICA

Tablica 3.1 Glavne značajke koncepcija proizvodnog procesa gradnje broda

Tablica 3.2 Značajke tehničke dokumentacije, ovisno o koncepciji proizvodnog procesa gradnje broda

Tablica 3.3 Vrednovanje tehnološke razine radionice za izradu elemenata brodskog trupa

Tablica 3.4 Vrednovanje tehnološke razine radionice za sklapanje elemenata brodskog trupa

Tablica 3.5 Vrednovanje tehnološke razine radionice za montažu brodskog trupa

Tablica 3.6 Vrednovanje tehnološke razine radionice za izradu brodske opreme

Tablica 3.7 Vrednovanje tehnološke razine radionice za montažu brodske opreme

Tablica 3.8 Dodjeljivanje faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda

Tablica 3.9 (a) Vrednovanje razine primjene predopremanja – kriterij 1

(b) Vrednovanje razine primjene predopremanja – kriterij 2

(c) Vrednovanje razine primjene predopremanja – kriterij 3

Tablica 3.10 (a) Vrednovanje utjecaja izmjena tehničke dokumentacije na proizvodni proces gradnje broda – kriterij 1

(b) Vrednovanje utjecaja izmjena tehničke dokumentacije na proizvodni proces gradnje broda – kriterij 2

(c) Vrednovanje utjecaja izmjena tehničke dokumentacije na proizvodni proces gradnje broda – kriterij 3

(d) Vrednovanje utjecaja izmjena tehničke dokumentacije na proizvodni proces gradnje broda – kriterij 4

Tablica 4.1 Primjer matrice zavisnosti nacrta

Tablica 4.2 Prikaz rezultata nepouzdanosti nacrta s kojom oni djeluju na proizvodni proces gradnje broda za slučaj preklapanja izrade nacrta s negativnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta

Tablica 4.3 Prikaz rezultata nepouzdanosti nacrta s kojom oni djeluju na proizvodni proces gradnje broda za slučaj preklapanja izrade nacrta s pozitivnim faznim pomakom i niskom razinom međuzavisnosti nacrta

Tablica 4.4 Prikaz rezultata nepouzdanosti nacrta s kojom oni djeluju na proizvodni proces gradnje broda za slučaj preklapanja izrade nacrta s pozitivnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta

Tablica 4.5 Prikaz rezultata nepouzdanosti nacrta s kojom oni djeluju na proizvodni proces gradnje broda za slučaj izrade nacrta bez preklapanja s pozitivnim faznim pomakom i niskom razinom međuzavisnosti nacrta

Tablica 4.6 Prikaz rezultata nepouzdanosti nacrta s kojom oni djeluju na proizvodni proces gradnje broda za slučaj izrade nacrta bez preklapanja s pozitivnim faznim pomakom i visokom razinom međuzavisnosti nacrta

Tablica 4.7 Zbirni rezultati istraživanja utjecaja preklapanja izrade nacrta između skupina projektne, funkcionalne i radioničke tehničke dokumentacije

Tablica 5.1 Raspodjela budžeta u procesu gradnje broda

Tablica 5.2 Raspodjela budžeta u izradi tehničke dokumentacije

Tablica 5.3 Definiranje ulaznih parametara

Tablica 5.4 Krivulje pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda za slučaj kada je gradnja broda definirana s 20 % funkcionalne tehničke dokumentacije koja se izravno upotrebljava u proizvodnom procesu gradnje broda (referentna točka = 20 %)

Tablica 5.5 Krivulje pogodnosti primjene funkcionalne tehničke dokumentacije u proizvodnom procesu gradnje broda za slučaj kada je gradnja broda definirana s 40 % funkcionalne tehničke dokumentacije koja se izravno upotrebljava u proizvodnom procesu gradnje broda (referentna točka = 40 %)

Tablica 6.1 Nepouzdanost proizvodnog procesa gradnje broda za više različitih slučajeva zaostajanja nacrta

Tablica 7.1 Popis nacrta za uspoređivanje i vrednovanje rezultata istraživanja u dvama stvarnim brodogradilištima

Tablica 7.2 Relativni gubitak budžeta u odnosu na razinu upotrebe funkcionalne tehničke dokumentacije izravno u proizvodnom procesu gradnje broda za različite slučajeve faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda kod relativne cijene rada $=4

Tablica 8.1 Usporedne tablice vrednovanja tehnološke razine radionice za izradu elemenata brodskog trupa za dva promatrana brodogradilišta

Tablica 8.2 Usporedne tablice vrednovanja tehnološke razine radionice za sklapanje elemenata brodskog trupa za dva promatrana brodogradilišta

Tablica 8.3 Usporedne tablice vrednovanja tehnološke razine radionice za montažu brodskog trupa za dva promatrana brodogradilišta

Tablica 8.4 Usporedne tablice vrednovanja tehnološke razine radionice za izradu brodske opreme za dva promatrana brodogradilišta
Tablica 8.5 Usporedne tablice vrednovanja tehnološke razine radionice za montažu brodske opreme za dva promatrana brodogradilišta
Tablica 8.6 Dodjeljivanje faktora tehnološke faze proizvodnog procesa gradnje broda
Tablica 8.7 Karakteristike dvaju tankera na kojima je izvedena analiza gradnje i vrednovanja rezultata
Tablica 8.8 Stvarno realizirane aktivnosti u gradnji promatranih brodova
Tablica 8.9 Broj nacrta projektne i funkcionalne tehničke dokumentacije za gradnju 716 s prikazom broja izmjena i brojem sudionika u izradi nacrta i njihovo radno opterećenje
Tablica 8.10 Broj nacrta radioničke tehničke dokumentacije za gradnju 716 s prikazom broja izmjena nacrta iz promatrane skupine i brojem sudionika u izradi nacrta i njihovo radno opterećenje
Tablica 8.11 Broj nacrta projektne i funkcionalne tehničke dokumentacije za gradnju 1102 s prikazom broja izmjena nacrta iz promatrane skupine te brojem sudionika u izradi nacrta i njihovo radno opterećenje
Tablica 8.12 Broj nacrta radioničke tehničke dokumentacije za gradnju 1102 s prikazom broja izmjena nacrta iz promatrane skupine te brojem sudionika u izradi nacrta i njihovo radno opterećenje
Tablica 8.13 Utjecaj nepouzdanosti nacrta na proizvodni proces gradnje broda izračunat prema stvarno ostvarenoj dovršenosti nacrta
Tablica 8.14 Utjecaj nepouzdanosti nacrta na proizvodni proces gradnje broda izračunat na temelju optimiziranog plana

PRILOG 1 Programski kôd računalnog alata za vrednovanje i optimizaciju planiranja izrade tehničke dokumentacije

```
Sub Drawing_dependance_loop()

Dim i As Integer, j As Integer, k As Integer, m As Integer, StepA As Integer, Completion As Integer, Continue As Variant

Dim Count(10000) As Double, Counter As Integer, Weight_factor As Integer

Dim DrawinCompletion(10000) As Double, ClassApproved(10000) As Double, OwnerApproved(10000) As Double, Percent(10000) As Double

Dim Msg As String

Dim Overlap_slack As Integer, Slack As Integer, Overlap_Lug As Integer, Lug As Integer

Dim Counter_O_S As Integer, Counter_S As Integer, Counter_O_L As Integer, Counter_L As Integer

Worksheets("Drawing_list").Activate

Drawing_recalculated = ""

RowCount = Worksheets("Drawing_list").Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row

20:

StepA = InputBox("Press '1' if you would like to activate loop from beginning" & vbNewLine & vbNewLine & _

"Press '2' if you would like to continue loop from last end")

If StepA = 1 Then

   Worksheets("Drawing_list").Range("ag2:al41").ClearContents

   Worksheets("Drawing_list").Range("v2:Z45").ClearContents

ElseIf StepA = 2 Then

   GoTo 40

Else

   MsgBox "Wrong typing. Try again"

   GoTo 20

End If

' CALCULATION INSTEAD OF CHOOSE DRAWING. SHOW FORM

40:

For j = 1 To RowCount

Worksheets("Temporary").Range("a1:m300").ClearContents

Counter = 0

SourceDrawingColumm = j
```

```
If IsEmpty(Cells(SourceDrawingColumm, 33)) And (Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "NN" Or Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "NN") Then
    If IsEmpty(Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 2)) Then GoTo 10
    If Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 2) = "Shell Expansion" Or Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 2) = _
    "Block 311" Then
      If Not IsEmpty(Cells(SourceDrawingColumm  2, 36)) Then
        GoTo 50
      Else
        Exit For
      End If
    End If
50:
      Msg = "The drawing:    " & Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 2) & _
      "     is depended from following drawings:" & vbNewLine & vbNewLine
      For i = 1 To RowCount
        If Not IsEmpty(Worksheets("Weight_factor").Cells(i + 1, j)) Then
        Msg = Msg & Worksheets("Drawing_list").Cells(i + 1, 2) & vbNewLine
        Counter = Counter + 1
        Worksheets("Temporary").Cells(Counter, 1) = Worksheets("Drawing_list").Cells(i + 1, 2)
        Worksheets("Temporary").Cells(Counter, 2) = i + 1
        Worksheets("Temporary").Cells(Counter, 3) = j
        Worksheets("Temporary").Cells(Counter, 4) = Worksheets("Weight_factor").Cells(i + 1, j)
        End If
      Next i
     Worksheets("Temporary").Cells(1, 5) = Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 2)
      Worksheets("Temporary").Cells(1, 6) = j
      RowCount1 = Worksheets("Temporary").Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row
     If Counter <> 0 Then
     ' MsgBox Msg
      Else
      MsgBox ("The selected drawing is not dependent from any related drawings")
```

```
            End If
        GoTo 30
Else
    GoTo 70
End If
70:
If IsEmpty(Cells(SourceDrawingColumm, 36)) And (Not Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "NN" Or Not Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "NN") Then
        If IsEmpty(Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 2)) Then GoTo 10
        If Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 2) = "Shell Expansion" Or Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 2) = _
        "Block 311" Then
            If Not IsEmpty(Cells(SourceDrawingColumm  2, 36)) Then
                GoTo 60
            Else
                Exit For
            End If
        End If
60:
            Msg = "The drawing" & "  " & Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 2) & "  " & _
            " is depended from following drawigs:" & vbNewLine
            For i = 1 To RowCount
                If Not IsEmpty(Worksheets("Weight_factor").Cells(i + 1, j)) Then
                Msg = Msg & Worksheets("Drawing_list").Cells(i + 1, 2) & vbNewLine
                Counter = Counter + 1
                Worksheets("Temporary").Cells(Counter, 1) = Worksheets("Drawing_list").Cells(i + 1, 2)
                Worksheets("Temporary").Cells(Counter, 2) = i + 1
                Worksheets("Temporary").Cells(Counter, 3) = j
                Worksheets("Temporary").Cells(Counter, 4) = Worksheets("Weight_factor").Cells(i + 1, j)
                End If
            Next i
            Worksheets("Temporary").Cells(1, 5) = Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 2)
```

```
        Worksheets("Temporary").Cells(1, 6) = j
        RowCount1 = Worksheets("Temporary").Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row
        If Counter <> 0 Then
      '  MsgBox Msg
        Else
        MsgBox ("The selected drawing is not dependent from any related drawings")
        End If
Else
   GoTo 10
End If
'
30:
SourceDrawingColumm = Worksheets("Temporary").Cells(1, 3)
Overlap_slack = 0
Counter_O_S = 0
Slack = 0
Counter_S = 0
Overlap_Lug = 0
Counter_O_L = 0
Lug = 0
Counter_L = 0
For i = 1 To RowCount1
   DependentDrawingRow(i) = Worksheets("Temporary").Cells(i, 2)
If (Cells(SourceDrawingColumm, 7) < Cells(DependentDrawingRow(i), 9)) And (Cells(SourceDrawingColumm, 9) > Cells(DependentDrawingRow(i), 9)) Then
      Overlap_slack = Overlap_slack + (Cells(DependentDrawingRow(i), 9)  Cells(SourceDrawingColumm, 7))
      Counter_O_S = Counter_O_S + 1
      Cells(SourceDrawingColumm, 22) = Overlap_slack / Counter_O_S
   ElseIf Cells(SourceDrawingColumm, 7) >= Cells(DependentDrawingRow(i), 9) Then
      Slack = Slack + (Cells(SourceDrawingColumm, 7)  Cells(DependentDrawingRow(i), 9))
      Counter_S = Counter_S + 1
      Cells(SourceDrawingColumm, 23) = Slack / Counter_S
```

```
   ElseIf (Cells(SourceDrawingColumm, 7) < Cells(DependentDrawingRow(i), 7)) And (Cells(SourceDrawingColumm, 9) > Cells(DependentDrawingRow(i), 7)) Then

      Overlap_Lug = Overlap_Lug + (Cells(SourceDrawingColumm, 9)  Cells(DependentDrawingRow(i), 7))

      Counter_O_L = Counter_O_L + 1

      Cells(SourceDrawingColumm, 24) = Overlap_Lug / Counter_O_L

   ElseIf Cells(SourceDrawingColumm, 9) <= Cells(DependentDrawingRow(i), 7) Then

      Lug = Lug + (Cells(DependentDrawingRow(i), 7)  Cells(SourceDrawingColumm, 9))

      Counter_L = Counter_L + 1

      Cells(SourceDrawingColumm, 25) = Lug / Counter_L

   End If

Next i

Cells(SourceDrawingColumm, 26) = Cells(SourceDrawingColumm, 17)  Cells(2, 17)

RowCount = Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row

For i = 1 To RowCount

   Worksheets("Drawing_dependance").Cells(i + 1, 1) = Worksheets("Drawing_list").Cells(i + 1, 1)

   Worksheets("Drawing_dependance").Cells(i + 1, 2) = Worksheets("Drawing_list").Cells(i + 1, 2)

Next i

' FIRST STEP:  SOURCE DRAWING COMPLETED BUT NOT APPROVED

Step = 0

For i = 1 To 4

   Step = Step + 1

   If IsEmpty(Cells(SourceDrawingColumm, 32 + i)) Then Exit For

Next i

If Step >= 2 And (Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "NN" Or Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "NN") Then GoTo 10

'MsgBox ("Step =    " & Step)

If Step = 1 Then

Cells(SourceDrawingColumm, 4) = 0

Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "N"

Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "N"

Cells(SourceDrawingColumm, 21) = "N"

Call Step1.Stp_1

ElseIf Step = 2 Then
```

```
    Call Step2.Stp_2
ElseIf Step = 3 Then
    Call Step2.Stp_2
ElseIf Step = 4 Then
    Call Step2.Stp_2
ElseIf Cells(SourceDrawingColumm, 4) <= 1 And (Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "NN" Or Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "NN")
Then
    Call Step1.Stp_1
Completion = InputBox("Input percent of production completion from 0 to 100 %")
Cells(SourceDrawingColumm, 13) = Cells(SourceDrawingColumm, 14) * Completion * Left(Cells(SourceDrawingColumm, 10),
Len(Cells(SourceDrawingColumm, 10))  5) / 100
End If
If IsNumeric(Drawing_recalculated) Then
        Worksheets("Temporary").Range("a1:m300").ClearContents
        Counter = 0
        SourceDrawingColumm = Drawing_recalculated
        If IsEmpty(Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 2)) Then GoTo 10
           Msg = "The drawing" & "  " & Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 2) & "  " & _
           " is depended from following drawings:" & vbNewLine
           For i = 1 To RowCount
              If Not IsEmpty(Worksheets("Weight_factor").Cells(i + 1, SourceDrawingColumm)) Then
              Msg = Msg & Worksheets("Drawing_list").Cells(i + 1, 2) & vbNewLine
              Counter = Counter + 1
              Worksheets("Temporary").Cells(Counter, 1) = Worksheets("Drawing_list").Cells(i + 1, 2)
              Worksheets("Temporary").Cells(Counter, 2) = i + 1
              Worksheets("Temporary").Cells(Counter, 3) = SourceDrawingColumm
              Worksheets("Temporary").Cells(Counter, 4) = Worksheets("Weight_factor").Cells(i + 1, SourceDrawingColumm)
              End If
           Next i
           Worksheets("Temporary").Cells(1, 5) = Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 2)
           Worksheets("Temporary").Cells(1, 6) = SourceDrawingColumm
           RowCount1 = Worksheets("Temporary").Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row
```

```
    If Counter <> 0 Then
    MsgBox Msg
    Else
    MsgBox ("The selected drawing is not dependent from any related drawings")
    End If
       Drawing_recalculated = ""
       j = j  1
       GoTo 30
End If
'Continue = InputBox(" Click 'Enter' if you would like to continue," & vbNewLine & vbNewLine & "or enter 'E' to EXIT")
If Continue = "E" Or Continue = "e" Then
    GoTo 90
    Else
    GoTo 10
End If
10:
Next j
Continue = InputBox(" The Loop finished. " & vbNewLine & vbNewLine & "Click 'Enter' if you would like to continue," & _
vbNewLine & vbNewLine & "or enter 'E' to EXIT")
If Continue = "E" Or Continue = "e" Then
    GoTo 90
    Else
    GoTo 40
End If
90:
If Not WorksheetFunction.CountA(Range("V2:V41")) = 0 Then _
Worksheets("Drawing_list").Cells(43, 22) = WorksheetFunction.Sum(Range("V2:V41")) / WorksheetFunction.CountA(Range("V2:V41"))
If Not WorksheetFunction.CountA(Range("W2:W41")) = 0 Then _
Worksheets("Drawing_list").Cells(43, 23) = WorksheetFunction.Sum(Range("W2:W41")) /
WorksheetFunction.CountA(Range("W2:W41"))
If Not WorksheetFunction.CountA(Range("X2:X41")) = 0 Then _
Worksheets("Drawing_list").Cells(43, 24) = WorksheetFunction.Sum(Range("X2:X41")) / WorksheetFunction.CountA(Range("X2:X41"))
```

```
If Not WorksheetFunction.CountA(Range("Y2:Y41")) = 0 Then _

Worksheets("Drawing_list").Cells(43, 25) = WorksheetFunction.Sum(Range("Y2:Y41")) / WorksheetFunction.CountA(Range("Y2:Y41"))

Worksheets("Drawing_list").Cells(43, 26) = WorksheetFunction.Sum(Range("z2:z41")) / WorksheetFunction.CountA(Range("z2:z41"))

Worksheets("Drawing_list").Cells(6, 26) = WorksheetFunction.Sum(Range("Z2:Z5")) / WorksheetFunction.CountA(Range("Z2:Z5"))

Worksheets("Drawing_list").Cells(27, 26) = WorksheetFunction.Sum(Range("Z7:Z26")) / WorksheetFunction.CountA(Range("Z7:Z26"))

Worksheets("Drawing_list").Cells(42, 26) = WorksheetFunction.Sum(Range("Z28:Z41")) / WorksheetFunction.CountA(Range("Z28:Z41"))

Worksheets("Drawing_list").Cells(44, 26) = Worksheets("Drawing_list").Cells(42, 26)  Worksheets("Drawing_list").Cells(27, 26)

Worksheets("Drawing_list").Cells(45, 26) = Worksheets("Drawing_list").Cells(27, 26)  Worksheets("Drawing_list").Cells(6, 26)

End Sub


Sub Stp_1()

Dim i As Integer, j As Integer, k As Double, l As Integer, m As Integer, n As Integer

Dim Count(10000) As Double, Failure(1000) As Double

Dim DrawinCompletion(10000) As Double, ClassApproved(10000) As Double, OwnerApproved(10000) As Double, Percent(10000) As Double

Dim Percent_SourceDrawingColumm As Double, Faliure_Source As Double, Faliure_Dependent As Double, Depend_dwg_success As Double

Dim Depend_dwg_success1 As Double, FailureIndex As Double, FailureIndex1 As Double

Dim Msg As String, Text_count As Variant, Text_count1 As Variant, Cl As Variant, Ow As Variant

' DEPENDENT DRAWING CHECKING & SETTING FOR FIRST STEP

    Count(0) = 1

Worksheets("Temporary").Range("g1:h100").ClearContents

Worksheets("Drawing_list").Activate

Drawing_recalculated = ""

Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 9) = Cells(SourceDrawingColumm, 17)

For i = 1 To RowCount1

    Failure(i) = 100

    If Cells(SourceDrawingColumm, 9) <= Cells(DependentDrawingRow(i), 17) Then

12:

      Cells(DependentDrawingRow(i), 4) = InputBox("ALERT!" & vbNewLine & "The selected drawing: " & vbNewLine & Cells(SourceDrawingColumm, 2) _

      & vbNewLine & vbNewLine & " is finished on date:   " & Cells(SourceDrawingColumm, 9) & vbNewLine & vbNewLine _
```

```
& " that is before dependent drawing:  " & vbNewLine & Cells(DependentDrawingRow(i), 2) & vbNewLine & vbNewLine & "Started on:  " _
 & Cells(DependentDrawingRow(i), 7) & "  and finish on:  " & Cells(DependentDrawingRow(i), 17) _
& vbNewLine & vbNewLine & "ENTER THE REAL COMPLETION PERCENTAGE LESS THEN 100 % FOR DRAWING:  " & vbNewLine & Cells(DependentDrawingRow(i), 2) _
 & vbNewLine & vbNewLine & "INSTEAD OF EXISTING PERCENTAGE OF:  " & Cells(DependentDrawingRow(i), 4) * 100)

        If Not IsNumeric(Cells(DependentDrawingRow(i), 4)) Or Cells(DependentDrawingRow(i), 4) > 100 Then
          MsgBox "WRONG TYPING"
          Cells(DependentDrawingRow(i), 4) = 0
          GoTo 12
        Else
          Cells(DependentDrawingRow(i), 4) = Cells(DependentDrawingRow(i), 4) / 100
        End If
      Worksheets("Drawing_dependance").Cells(SourceDrawingColumm i + 3) = Cells(DependentDrawingRow(i), 2)
      Worksheets("Temporary").Cells(i, 8) = Cells(DependentDrawingRow(i), 9)
      If DependentDrawingRow(i) >= 28 Then
        Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "NN"
        Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "NN"
      Else
10:
        Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "N"
        Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "N"
20:
      End If
    Else
      m = 0
      For l = 1 To 4
        If Cells(SourceDrawingColumm, 16 + Step) > Cells(DependentDrawingRow(i), 16 + l) Then
          If IsEmpty(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + l)) Then
            If DependentDrawingRow(i) >= 28 Then
              Failure(i) = Mid(Cells(DependentDrawingRow(i), 33), 22, 4)
```

```
                    Else
                    MsgBox ("The dependent drawing:  " & Cells(DependentDrawingRow(i), 2) & vbNewLine & vbNewLine _
                    & "shall be recalculated in next step:      " & m + 1 & vbNewLine & vbNewLine & _
                    "The program will be terminated, and you shall firstly recalculate aforesaid dependent drawing in properly step, because data for it  is empty even dough it is finished before source drawing:  " _
                    & vbNewLine & vbNewLine & Cells(SourceDrawingColumm, 2))
                    Drawing_recalculated = DependentDrawingRow(i)
                    GoTo 900
                    End If
                End If
                If Not IsNumeric(Mid(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + l), 6, 4)) Then GoTo 30
                  If DependentDrawingRow(i) >= 28 Then
                    Failure(i) = Mid(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + l), 22, 4)
                  Else
                    Failure(i) = Mid(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + l), 6, 4)
                  End If
                If Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "NN" Or Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "NN" Then GoTo 300
                m = m + 1
              End If
            Next l
          If m >= 1 And m <= 4 Then GoTo 90
300:        m = 0
          For l = 1 To 4
            If Cells(SourceDrawingColumm, 16 + Step) >= Cells(DependentDrawingRow(i), 16 + l) Then
                If Not IsNumeric(Mid(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + l), 35, 4)) Then GoTo 30
                Cells(DependentDrawingRow(i), 4) = Mid(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + l), 35, 4)
                If Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "NN" Or Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "NN" Then GoTo 400
                m = m + 1
            End If
          Next l
        If m >= 1 And m <= 4 Then GoTo 400
30:
```

```
        Cells(DependentDrawingRow(i), 4) = InputBox("Confirm existing completion percentage in  % for dependent drawing:  " &
vbNewLine & _
        Cells(DependentDrawingRow(i), 2) & vbNewLine & "That is:    " & Cells(DependentDrawingRow(i), 4) * 100 & vbNewLine _
        & "Made from:  " & Cells(DependentDrawingRow(i), 7) & "    to:   " & Cells(DependentDrawingRow(i), 17) _
        & vbNewLine & vbNewLine & "In relation with source drawing:" & vbNewLine & Cells(SourceDrawingColumm, 2) & vbNewLine
_
        & " Finished on:   " & Cells(SourceDrawingColumm, 9) & vbNewLine & vbNewLine & "Or enter new completion percentage")


            If Not IsNumeric(Cells(DependentDrawingRow(i), 4)) Or Cells(DependentDrawingRow(i), 4) > 100 Then
               MsgBox "WRONG TYPING"
               Cells(DependentDrawingRow(i), 4) = 0
               GoTo 30
            Else
               Cells(DependentDrawingRow(i), 4) = Cells(DependentDrawingRow(i), 4) / 100
             End If
400:        m = 0
        For l = 1 To 4
          If Cells(SourceDrawingColumm, 16 + Step) >= Cells(DependentDrawingRow(i), 16 + l) Then
               If Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + Step) = "" Then GoTo 21
               Text_count = Right(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + Step), Len(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + l))  44)
               Text_count1 = Left(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + Step), Len(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + l))  21)
               Cl = ""
               Ow = ""
               For n = 1 To 4
                  If Left(Text_count, n) = "N" Or Left(Text_count, n) = "Y" Or Left(Text_count, n) = "NN" Then Cl = Left(Text_count, n)
                  If Right(Text_count1, n) = "N" Or Right(Text_count1, n) = "Y" Or Right(Text_count1, n) = "NN" Then Ow =
Right(Text_count1, n)
                  If IsNumeric(Left(Text_count, n)) Then Cl = Left(Text_count, n)
                  If IsNumeric(Right(Text_count1, n)) Then Ow = Right(Text_count1, n)
               Next n
               Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = Cl
               Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = Ow
               If Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "NN" Or Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "NN" Then GoTo 90
```

```
                m = m + 1
            End If
        Next l
    If (m >= 1 And m <= 4) Then GoTo 90
21:
        If Cells(DependentDrawingRow(i), 4) = 1 Then
            If DependentDrawingRow(i) >= 28 Then
                Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "NN"
                Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "NN"
            Else
40:
 Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = InputBox("The status of dependent drawing:   " & vbNewLine & Cells(DependentDrawingRow(i), 2) & "      is:       " _
            & Cells(DependentDrawingRow(i), 5) _
            & vbNewLine & vbNewLine & "Confirm with Y or N if dependent drawing is approved by Class on time when is finished source drawing: " & vbNewLine & vbNewLine _
            & Cells(SourceDrawingColumm, 2) & vbNewLine & vbNewLine _
            & "or enter NN if it is not necessary to be approved," & vbNewLine & vbNewLine _
            & "or add percentage of partial approval (betwen 0 and 1")

              If Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "Y" Or Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "N" _
              Or Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "NN" Or IsNumeric(Cells(DependentDrawingRow(i), 5)) _
              Or Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "y" Or Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "n" Then
                  If Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "y" Then Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "Y"
                  If Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "n" Then Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "N"
                  GoTo 50
              Else
                  MsgBox "WRONG TYPING"
                  GoTo 40
              End If
50:
            Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = InputBox("The status of drawing:   " & vbNewLine & Cells(DependentDrawingRow(i), 2) & "      is:     " _
```

```
            & Cells(DependentDrawingRow(i), 6) _

            & vbNewLine & vbNewLine & "Confirm with Y or N if dependent drawing is approved by Class on time when is finished source drawing: " & vbNewLine & vbNewLine _

            & Cells(SourceDrawingColumm, 2) & vbNewLine & vbNewLine _

            & "or enter NN if it is not necessary to be approved," & vbNewLine & vbNewLine _

            & "or add percentage of partial approval (between 0 and 1")

               If Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "Y" Or Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "N" _

                Or Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "NN" Or IsNumeric(Cells(SourceDrawingColumm, 6)) _

                 Or Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "y" Or Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "n" Then

                   If Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "y" Then Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "Y"

                   If Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "n" Then Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "N"

                   GoTo 90

               Else

                   MsgBox "WRONG TYPING"

                   GoTo 50

               End If


            End If

         Else

60:

            If DependentDrawingRow(i) >= 28 Then

               Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "NN"

               Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "NN"

            Else

               Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "N"

               Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "N"

90:

      End If

Count(i) = Count(i   1) * (1   (1   Cells(DependentDrawingRow(i), 4)) * Worksheets("Weight_factor").Cells(DependentDrawingRow(i), SourceDrawingColumm) / 100)

Cells(SourceDrawingColumm, 4) = Count(i)

Next i
```

```
' SOURCE DRAWING CHECKING & SETTING FOR FIRST STEP
11:
        If Cells(SourceDrawingColumm, 4) <= 1 Then
          If Cells(SourceDrawingColumm, 4) = 1 Then GoTo 22
          Cells(SourceDrawingColumm, 4) = InputBox("Confirm existing completion percentage of source drawig:  " & vbNewLine & _
          Cells(SourceDrawingColumm, 2) & vbNewLine & vbNewLine & "Of:     " & Cells(SourceDrawingColumm, 4) * 100 & "  %" & vbNewLine _
          & vbNewLine & "Or enter new percentage completion  ")
            If Not IsNumeric(Cells(SourceDrawingColumm, 4)) Or Cells(SourceDrawingColumm, 4) > 100 Then
              MsgBox "WRONG TYPING"
              Cells(SourceDrawingColumm, 4) = 0
              GoTo 11
            Else
              Cells(SourceDrawingColumm, 4) = Cells(SourceDrawingColumm, 4) / 100
            End If
22:
            If SourceDrawingColumm >= 28 Then
              Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "NN"
              Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "NN"
            Else
              Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "N"
              Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "N"
            End If
        End If
' INITIAL SETTING FOR FIRST STEP
    DrawinCompletion(SourceDrawingColumm) = Cells(SourceDrawingColumm, 4) * 0,25 + 0,75
    If Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "Y" Then
      ClassApproved(SourceDrawingColumm) = 1
    ElseIf Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "N" Then
      ClassApproved(SourceDrawingColumm) = 0,75
    ElseIf Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "NN" Then
      ClassApproved(SourceDrawingColumm) = 1
```

```
    Else
    ClassApproved(SourceDrawingColumm) = Cells(SourceDrawingColumm, 5) * 0,25 + 0,75
    End If
    If Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "Y" Then
        OwnerApproved(SourceDrawingColumm) = 1
    ElseIf Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "N" Then
        OwnerApproved(SourceDrawingColumm) = 0,75
    ElseIf Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "NN" Then
        OwnerApproved(SourceDrawingColumm) = 1
    Else
    OwnerApproved(SourceDrawingColumm) = Cells(SourceDrawingColumm, 6) * 0,25 + 0,75
    End If



For i = 1 To RowCount1
    DrawinCompletion(DependentDrawingRow(i)) = Cells(DependentDrawingRow(i), 4) * 0,25 + 0,75
    Worksheets("Temporary").Cells(i, 7) = Cells(DependentDrawingRow(i), 17)
    If Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "Y" Then
        ClassApproved(DependentDrawingRow(i)) = 1
    ElseIf Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "N" Then
        ClassApproved(DependentDrawingRow(i)) = 0,75
    ElseIf Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "NN" Then
        ClassApproved(DependentDrawingRow(i)) = 1
    Else
    ClassApproved(DependentDrawingRow(i)) = Cells(DependentDrawingRow(i), 5) * 0,25 + 0,75
    End If
    If Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "Y" Then
        OwnerApproved(DependentDrawingRow(i)) = 1
    ElseIf Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "N" Then
        OwnerApproved(DependentDrawingRow(i)) = 0,75
    ElseIf Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "NN" Then
```

```
    OwnerApproved(DependentDrawingRow(i)) = 1
  Else
  OwnerApproved(DependentDrawingRow(i)) = Cells(DependentDrawingRow(i), 6) * 0,25 + 0,75
  End If
Next i
' CALCULATION FOR FIRST STEP
  Percent_SourceDrawingColumm = DrawinCompletion(SourceDrawingColumm) * ClassApproved(SourceDrawingColumm) * OwnerApproved(SourceDrawingColumm)
  Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 12) = Percent_SourceDrawingColumm
  Worksheets("Drawing_dependance").Cells(SourceDrawingColumm, 3) = Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 4)
  Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 15) = Application.WorksheetFunction.Max(Worksheets("Temporary").Range("h1:h100"))
  If Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 15) = 0 Then
    Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 9) = Cells(SourceDrawingColumm, 17)
  Else
    Msg = InputBox("Enter Y if you would like to approve to extend complition  of drawing:  " & Cells(SourceDrawingColumm, 2) & vbNewLine & vbNewLine _
    & "from:  " & Cells(SourceDrawingColumm, 9) & "  to:  " & Cells(SourceDrawingColumm, 15) & vbNewLine & vbNewLine & "or Enter N if not")
    If Msg = "Y" Or Msg = "y" Then
      Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 9) = Cells(SourceDrawingColumm, 15)
      Msg = InputBox(" Confirm with Y or N if SOURCE drawing: " & Cells(SourceDrawingColumm, 2) _
      & vbNewLine & vbNewLine & " is completed on extended date:  " & Cells(SourceDrawingColumm, 15))
      If Msg = "Y" Or Msg = "y" Then
        Cells(SourceDrawingColumm, 4) = 1
        For i = 1 To RowCount1
          Cells(DependentDrawingRow(i), 4) = 1
          DrawinCompletion(DependentDrawingRow(i)) = 1
        Next i
        Percent_SourceDrawingColumm = Cells(SourceDrawingColumm, 4) * ClassApproved(SourceDrawingColumm) * OwnerApproved(SourceDrawingColumm)
        Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 12) = Percent_SourceDrawingColumm
        Worksheets("Drawing_dependance").Cells(SourceDrawingColumm, 3) = Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 4)
```

```
            Else
            GoTo 80
            End If
        End If
80:
    End If
    If Cells(SourceDrawingColumm, 4) = 1 Then
        Cells(SourceDrawingColumm, 21) = "Y"
    Else
        Cells(SourceDrawingColumm, 21) = InputBox("Enter Y if you would like to accept to send drawing:          " & Cells(SourceDrawingColumm, 2) _
        & vbNewLine & vbNewLine & "on approval process with completion of:      " & Cells(SourceDrawingColumm, 4) & vbNewLine & vbNewLine _
        & "on date:     " & Cells(SourceDrawingColumm, 9))
        If Cells(SourceDrawingColumm, 21) = "" Then Cells(SourceDrawingColumm, 21) = "N"
        If Cells(SourceDrawingColumm, 21) = "y" Then Cells(SourceDrawingColumm, 21) = "Y"
    End If
Depend_dwg_success1 = 0
For i = 1 To RowCount1
    If Failure(i) = 100 Or IsEmpty(Failure(i)) Then Failure(i) = 1  DrawinCompletion(DependentDrawingRow(i)) * _
    ClassApproved(DependentDrawingRow(i)) * OwnerApproved(DependentDrawingRow(i))
    Percent(DependentDrawingRow(i)) = 1  Failure(i)
    Worksheets("Drawing_list").Cells(DependentDrawingRow(i), 12) = Percent(DependentDrawingRow(i))
    Depend_dwg_success1 = (Depend_dwg_success1 + Percent(DependentDrawingRow(i)))
    Depend_dwg_success = Depend_dwg_success1 / i
Next i
Percent(0) = 1
j = Worksheets("Temporary").Cells(1, 6)
'k = 0
FailureIndex1 = 0
For i = 1 To RowCount1
    Percent(i) = Percent(i  1) * (1  (1  Cells(DependentDrawingRow(i), 12)) * Worksheets("Temporary").Cells(i, 4) / 100)
```

```
    Faliure_Source = 1  Percent(i) * Percent_SourceDrawingColumm

    FailureIndex1 = FailureIndex1 + (1  Cells(DependentDrawingRow(i), 12)) * Worksheets("Temporary").Cells(i, 4) / 100

    FailureIndex = FailureIndex1 / i

Next i

Worksheets("Drawing_list").Cells(j, 14) = Faliure_Source * (1  Cells(SourceDrawingColumm, 3) / 100)

Worksheets("Drawing_list").Cells(j, 38) = Faliure_Source * Cells(SourceDrawingColumm, 3) / 100

'Worksheets("Drawing_list").Cells(j, 21 + Step) = FailureIndex

If SourceDrawingColumm >= 28 Then

    Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 16) = (Cells(SourceDrawingColumm, 8) * (Worksheets("Drawing_list").Cells(j, 38)))

Else

    Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 16) = (Cells(SourceDrawingColumm, 8) * (Worksheets("Drawing_list").Cells(j, 14)))

End If


'Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 32) = Application.WorksheetFunction.Max(Worksheets("Temporary").Range("g1:g100")) + 30

'If Cells(SourceDrawingColumm, 32) < Cells(SourceDrawingColumm, 9) Then Cells(SourceDrawingColumm, 32) = Cells(SourceDrawingColumm, 9)

Cells(SourceDrawingColumm, 32 + Step) = ("Fail=" & Format(Cells(SourceDrawingColumm, 14).value, "0,00") _

& "; Fail_prod=" & Format(Cells(SourceDrawingColumm, 38).value, "0,00") & "; Compl: " & Format(Cells(SourceDrawingColumm, 4).value, "0,00") _

& "; Cl: " & Cells(SourceDrawingColumm, 5) & "; Ow: " & Cells(SourceDrawingColumm, 6) & "; Failure_Index: " & Format(FailureIndex, "0,00"))

' END CALCULATION FOR FIRST STEP

900:

End Sub


Sub Stp_2()

Dim i As Integer, j As Integer, k As Double, l As Integer, m As Integer, n As Integer

Dim Count(10000) As Double, Failure(1000) As Double

Dim DrawinCompletion(10000) As Double, ClassApproved(10000) As Double, OwnerApproved(10000) As Double, Percent(10000) As Double
```

```
Dim Percent_SourceDrawingColumm As Double, Faliure_Source As Double, Faliure_Dependent As Double, Depend_dwg_success As Double

Dim Depend_dwg_success1 As Double, FailureIndex As Double, FailureIndex1 As Double

Dim Msg As String, Text_count As Variant, Text_count1 As Variant, Cl As Variant, Ow As Variant


' DEPENDENT DRAWING CHECKING & SETTING FOR SECUND STEP

Worksheets("Temporary").Range("h1:h100").ClearContents

Worksheets("Drawing_list").Activate

Drawing_recalculated = ""

Cells(SourceDrawingColumm, 21) = "Y"

For i = 1 To RowCount1

   Failure(i) = 100

        m = 0

        For l = 1 To 4

           If Cells(SourceDrawingColumm, 16 + Step) > Cells(DependentDrawingRow(i), 16 + l) Then

                If IsEmpty(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + l)) Then

                   MsgBox ("The dependent drawing:  " & Cells(DependentDrawingRow(i), 2) & vbNewLine & vbNewLine _

                   & "shall be recalculated in next step:      " & m + 1 & vbNewLine & vbNewLine & _

                   "The program will be terminated, and you shall firstly recalculate aforesaid dependent drawing in properly step, because data for it  is empty even dough it is finished before sorce drawing:  " _

                   & vbNewLine & vbNewLine & Cells(SourceDrawingColumm, 2))

                   Drawing_recalculated = DependentDrawingRow(i)

                   GoTo 900

                End If

                If Not IsNumeric(Mid(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + l), 6, 4)) Then GoTo 30

                Failure(i) = Mid(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + l), 6, 4)

                'MsgBox Failure(i) & "   " & Cells(DependentDrawingRow(i), 2) & "   " & Cells(SourceDrawingColumm, 2) _

                & "   " & Cells(SourceDrawingColumm, 16 + Step) & "   " & Cells(DependentDrawingRow(i), 16 + l)

                m = m + 1

           End If

         Next l

        For l = 1 To 4
```

```
            If Cells(SourceDrawingColumm, 16 + Step) = Cells(DependentDrawingRow(i), 16 + l) Then
               Failure(i) = 100
               GoTo 400
            End If
         Next l
      If m >= 1 And m <= 4 Then GoTo 90
         m = 0
         For l = 1 To 4
            If Cells(SourceDrawingColumm, 16 + Step) >= Cells(DependentDrawingRow(i), 16 + l) Then
               If Not IsNumeric(Mid(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + l), 35, 4)) Then GoTo 30
               Cells(DependentDrawingRow(i), 4) = Mid(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + l), 35, 4)
               m = m + 1
            End If
         Next l
      If m >= 1 And m <= 4 Then GoTo 40
30:
      Cells(DependentDrawingRow(i), 4) = InputBox("Confirm existing completion percentage in  % for dependent drawing:  " &
vbNewLine & _
      Cells(DependentDrawingRow(i), 2) & vbNewLine & vbNewLine & "Or enter new completion percentage")
         If Not IsNumeric(Cells(DependentDrawingRow(i), 4)) Or Cells(DependentDrawingRow(i), 4) > 100 Then
            MsgBox "WRONG TYPING"
            Cells(DependentDrawingRow(i), 4) = 0
            GoTo 30
         Else
            Cells(DependentDrawingRow(i), 4) = Cells(DependentDrawingRow(i), 4) / 100
          End If
40:      m = 0
      For l = 1 To 4
         If Cells(SourceDrawingColumm, 16 + Step) >= Cells(DependentDrawingRow(i), 16 + l) Then
            If Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + Step) = "" Then GoTo 400
            Text_count = Right(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + Step), Len(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + l))  44)
            Text_count1 = Left(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + Step), Len(Cells(DependentDrawingRow(i), 32 + l))  21)
```

```
                Cl = ""
                Ow = ""
                For n = 1 To 4
                  If Left(Text_count, n) = "N" Or Left(Text_count, n) = "Y" Or Left(Text_count, n) = "NN" Then Cl = Left(Text_count, n)
                  If Right(Text_count1, n) = "N" Or Right(Text_count1, n) = "Y" Or Right(Text_count1, n) = "NN" Then Ow = Right(Text_count1, n)
                  If IsNumeric(Left(Text_count, n)) Then Cl = Left(Text_count, n)
                  If IsNumeric(Right(Text_count1, n)) Then Ow = Right(Text_count1, n)
               Next n
                Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = Cl
                Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = Ow
                m = m + 1
            End If
          Next l
        If (m >= 1 And m <= 4) Then GoTo 90
 Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = InputBox("The status of dependent drawing:   " & vbNewLine & Cells(DependentDrawingRow(i), 2) & "      is:       " _
          & Cells(DependentDrawingRow(i), 5) _
          & vbNewLine & vbNewLine & "Confirm with Y or N if dependent drawing is approved by Class on time when is finished source drawing: " & vbNewLine & vbNewLine _
          & Cells(SourceDrawingColumm, 2) & vbNewLine & vbNewLine _
          & "or enter NN if it is not necessary to be approved," & vbNewLine & vbNewLine _
          & "or add percentage of partial approval (betwen 0 and 1")
            If Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "Y" Or Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "N" _
             Or Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "NN" Or IsNumeric(Cells(DependentDrawingRow(i), 5)) _
             Or Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "y" Or Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "n" Then
                If Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "y" Then Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "Y"
                If Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "n" Then Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "N"
                GoTo 500
             Else
                MsgBox "WRONG TYPING"
                GoTo 400
             End If
```

```
500:

        Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = InputBox("The status of drawing:    " & vbNewLine & Cells(DependentDrawingRow(i), 2) & "      is:     " _

        & Cells(DependentDrawingRow(i), 6) _

        & vbNewLine & vbNewLine & "Confirm with Y or N if dependent drawing is approved by Class on time when is finished source drawing: " & vbNewLine & vbNewLine _

        & Cells(SourceDrawingColumm, 2) & vbNewLine & vbNewLine _

        & "or enter NN if it is not necessary to be approved," & vbNewLine & vbNewLine _

        & "or add percentage of partial approval (betwen 0 and 1")

          If Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "Y" Or Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "N" _

           Or Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "NN" Or IsNumeric(Cells(DependentDrawingRow(i), 6)) _

           Or Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "y" Or Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "n" Then

             If Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "y" Then Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "Y"

             If Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "n" Then Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "N"

             GoTo 90

          Else

             MsgBox "WRONG TYPING"

             GoTo 500

          End If

90:

Next i

' SOURCE DRAWING CHECKING & SETTING FOR SECUND STEP

11:

      If Cells(SourceDrawingColumm, 4) < 1 Then

        Cells(SourceDrawingColumm, 4) = InputBox("Confirm existing completion percentage of source drawig:  " & vbNewLine & _

        Cells(SourceDrawingColumm, 2) & vbNewLine & vbNewLine & "Of:     " & Cells(SourceDrawingColumm, 4) * 100 & "  %" & vbNewLine _

        & vbNewLine & "Or enter new percentage completion  ")

          If Not IsNumeric(Cells(SourceDrawingColumm, 4)) Or Cells(SourceDrawingColumm, 4) > 100 Then

             MsgBox "WRONG TYPING"

             Cells(SourceDrawingColumm, 4) = 0

             GoTo 11

          Else
```

```
                Cells(SourceDrawingColumm, 4) = Cells(SourceDrawingColumm, 4) / 100
            End If
        End If
13:
            If Step = 1 Then
                Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "N"
                Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "N"
            ElseIf Step = 2 Then
                Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "0,8"
                Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "0,7"
            ElseIf Step = 3 Then
                Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "Y"
                Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "Y"
            ElseIf Step = 4 Then
                Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "Y"
                Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "Y"
            Else
                MsgBox "Wrong Step. The program will be terminated"
                GoTo 900
            End If
'                       Cells(SourceDrawingColumm, 5) = InputBox("The status of SOURCE drawing:     " & vbNewLine & Cells(SourceDrawingColumm, 2) & "    is:     " _
        & Cells(SourceDrawingColumm, 5) _
        & vbNewLine & vbNewLine & "Confirm with Y or N if drawing is approved by Class, " & vbNewLine & vbNewLine _
        & "or enter NN if it is not necessary to be approved," & vbNewLine & vbNewLine _
        & "or add percentage of partial approval (betwen 0 and 1")
15:
' INITIAL SETTING FOR SECOND STEP
    DrawinCompletion(SourceDrawingColumm) = Cells(SourceDrawingColumm, 4) * 0,25 + 0,75
    If Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "Y" Then
        ClassApproved(SourceDrawingColumm) = 1
    ElseIf Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "N" Then
```

```
        ClassApproved(SourceDrawingColumm) = 0,75
    ElseIf Cells(SourceDrawingColumm, 5) = "NN" Then
        ClassApproved(SourceDrawingColumm) = 1
    Else
    ClassApproved(SourceDrawingColumm) = Cells(SourceDrawingColumm, 5) * 0,25 + 0,75
    End If
    If Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "Y" Then
        OwnerApproved(SourceDrawingColumm) = 1
    ElseIf Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "N" Then
        OwnerApproved(SourceDrawingColumm) = 0,75
    ElseIf Cells(SourceDrawingColumm, 6) = "NN" Then
        OwnerApproved(SourceDrawingColumm) = 1
    Else
    OwnerApproved(SourceDrawingColumm) = Cells(SourceDrawingColumm, 6) * 0,25 + 0,75
    End If
For i = 1 To RowCount1
    DrawinCompletion(DependentDrawingRow(i)) = Cells(DependentDrawingRow(i), 4) * 0,25 + 0,75
    Worksheets("Temporary").Cells(i, 7) = Cells(DependentDrawingRow(i), 9)
    If Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "Y" Then
        ClassApproved(DependentDrawingRow(i)) = 1
    ElseIf Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "N" Then
        ClassApproved(DependentDrawingRow(i)) = 0,75
    ElseIf Cells(DependentDrawingRow(i), 5) = "NN" Then
        ClassApproved(DependentDrawingRow(i)) = 1
    Else
    ClassApproved(DependentDrawingRow(i)) = Cells(DependentDrawingRow(i), 5) * 0,25 + 0,75
    End If
    If Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "Y" Then
        OwnerApproved(DependentDrawingRow(i)) = 1
    ElseIf Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "N" Then
        OwnerApproved(DependentDrawingRow(i)) = 0,75
```

```
    ElseIf Cells(DependentDrawingRow(i), 6) = "NN" Then
        OwnerApproved(DependentDrawingRow(i)) = 1
    Else
    OwnerApproved(DependentDrawingRow(i)) = Cells(DependentDrawingRow(i), 6) * 0,25 + 0,75
    End If
Next i
' CALCULATION FOR SECOND STEP
    Percent_SourceDrawingColumm = DrawinCompletion(SourceDrawingColumm) * ClassApproved(SourceDrawingColumm) *
OwnerApproved(SourceDrawingColumm)
    Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 12) = Percent_SourceDrawingColumm
    Worksheets("Drawing_dependance").Cells(SourceDrawingColumm, 3) = Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 5)
Depend_dwg_success1 = 0
For i = 1 To RowCount1
    If Failure(i) = 100 Or IsEmpty(Failure(i)) Then Failure(i) = 1  DrawinCompletion(DependentDrawingRow(i)) * _
    ClassApproved(DependentDrawingRow(i)) * OwnerApproved(DependentDrawingRow(i))
    Percent(DependentDrawingRow(i)) = 1  Failure(i)
    Worksheets("Drawing_list").Cells(DependentDrawingRow(i), 12) = Percent(DependentDrawingRow(i))
    Depend_dwg_success1 = (Depend_dwg_success1 + Percent(DependentDrawingRow(i)))
    Depend_dwg_success = Depend_dwg_success1 / i
Next i
Percent(0) = 1
j = Worksheets("Temporary").Cells(1, 6)
'k = 0
FailureIndex1 = 0
For i = 1 To RowCount1
    Percent(i) = Percent(i  1) * (1  (1  Cells(DependentDrawingRow(i), 12)) * Worksheets("Temporary").Cells(i, 4) / 100)
    Faliure_Source = 1  Percent(i) * Percent_SourceDrawingColumm
    FailureIndex1 = FailureIndex1 + (1  Cells(DependentDrawingRow(i), 12)) * Worksheets("Temporary").Cells(i, 4) / 100
    FailureIndex = FailureIndex1 / i
Next i
Worksheets("Drawing_list").Cells(j, 14) = Faliure_Source * (1  Cells(SourceDrawingColumm, 3) / 100)
Worksheets("Drawing_list").Cells(j, 38) = Faliure_Source * Cells(SourceDrawingColumm, 3) / 100
```

```
'Worksheets("Drawing_list").Cells(j, 21 + Step) = FailureIndex

'Worksheets("Drawing_list").Cells(SourceDrawingColumm, 30 + Step 2) = (Cells(SourceDrawingColumm, 8) * (Worksheets("Drawing_list").Cells(j, 14)))

Cells(SourceDrawingColumm, 4) = 1

Cells(SourceDrawingColumm, 32 + Step) = ("Fail=" & Format(Cells(SourceDrawingColumm, 14).value, "0,00") _

& "; Fail_prod=" & Format(Cells(SourceDrawingColumm, 38).value, "0,00") & "; Compl: " & Format(Cells(SourceDrawingColumm, 4).value, "0,00") _

& "; Cl: " & Cells(SourceDrawingColumm, 5) & "; Ow: " & Cells(SourceDrawingColumm, 6) & "; Failure_Index: " & Format(FailureIndex, "0,00"))

' END CALCULATION FOR SECOND STEP

900:

End Sub
```

ŽIVOTOPIS

Rajko Rubeša rođen je 23. svibnja 1964. u Rijeci, gdje je 1983. završio srednju Elektrotehničku školu i stekao zvanje elektronički mehaničar za TT mreže. Iste godine upisao je sveučilišni dodiplomski studij strojarstva na Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Rijeci te kao upisani student odlazi na odsluženje vojnog roka u skraćenom trajanju od 12 mjeseci. Tijekom studiranja bio je stipendist Tehničkog ureda brodogradilišta „3. maj". Diplomirao je 1989. na usmjerenju Opće strojarstvo i stekao zvanje diplomiranog inženjera strojarstva. Za vrijeme studija bio je tri puta nagrađivan kao student generacije. Također je nagrađen i njegov diplomski rad pod naslovom „Planetarni multiplikator osovinskog voda".

Odmah nakon završetka studija zaposlio se u brodogradilištu „3. maj“, gdje radi sve do 2014. Tijekom svoga rada u brodogradilištu obavljao je niz različitih poslova i dužnosti: projektanta cijevnih sustava, projektanta tehnologije opremanja broda, poslovođe brodskih cjevara, šefa ureda cijevnih sustava, šefa ureda pripreme materijala za opremanje broda i šefa objekta. Nakon dugogodišnjega rada i iskustva stečenog u brodogradilištu „3. maj“ 2014. godine zapošljava se u brodogradilištu „ASL Marine“ u Singapuru, gdje radi kao konzultant opremanja broda i izrade tehničke dokumentacije.

Akad. god. 2005./2006. upisao je poslijediplomski doktorski studij znanstvenog područja Tehničkih znanosti, polje Brodogradnja, Modul 4: Projektiranje i gradnja plovnih objekata na Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Rijeci, pod mentorstvom prof. Nikše Fafandjela i komentorstvom izv. prof. Tina Matulje. Autor je ili suautor 13 znanstvenih i stručnih radova. U nastavno zvanje predavača imenovan je 2006. godine, a 2010. godine u nastavno zvanje višega predavača.

S nastavnom djelatnošću započinje 2000. godine u privatnoj školi „EDUCA d.o.o. Rijeka“ (škola za intelektualne usluge za izobrazbu odraslih). Od 2004. godine održava nastavu u Centru za izobrazbu kadrova BI „3. maj“ iz kolegija Cjevarski radovi u brodogradnji i Opremni radovi u brodogradnji. Iste godine započinje suradnju s Tehničkim fakultetom Sveučilišta u Rijeci kao vanjski suradnik, gdje mu se, kao istaknutom stručnjaku iz gospodarstva, povjerava održavanje trećine nastave na preddiplomskom i diplomskom sveučilišnom te stručnom studiju Brodogradnje iz kolegija Opremanje i remont broda, Oprema broda, Tehnološki procesi gradnje broda te Tehnološki procesi gradnje i remonta broda.

Za vrijeme Domovinskog rata obavljao je dužnost načelnika tehničke službe pri zapovjedništvu 8. domobranske pukovnije te je sudjelovao u operacijama oslobađanja okupiranih područja Republike Hrvatske „Bljesak“, „Oluja“ i „Maestral“, za što dobiva posebna priznanja.

Aktivno se služi engleskim jezikom te računalnim alatima iz programskog paketa MS Officea (Word, Excel, Power Point, Project) te alata za grafički dizajn iz programskog paketa MicroStation i AutoCad.

Oženjen je i otac je jednog djeteta.

POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

Kongres IMAM 2000	Fafandjel, N., Simone, V., Rubeša, R., Importance of Pipe Spools Production Line in Modern Shipbuilding Industry, Proceedings of IX International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean IMAM 2000. 2 6 April 2000. Ischia (Italy), Volume III, pp 98105, ISBN 8887951004
Simpozij SORTA 2006	Rubeša, R., Simone, V., Fafandjel, N., Unapređenje projektiranja i izvedbe brodskih cjevovoda, Proceedings of XVII. Simpozij Teorija i praksa brodogradnje in memoriam prof. Leopold Sorta, SORTA 2006, 19. – 21. listopada 2006, Zbornik radova. 2006. pp 325336, UDK 629.5(063), ISBN 9536326485.
Kongres IMAM 2007	Fafandjel, N., Rubeša, R., Simone, V., New approach for shipyard pipe production line optimisation, Proceedings of XII International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean IMAM 2007, 2 6 September 2007, Varna (Bulgaria), Volume I, pp 469476, ISBN 9780415455237.
Simpozij SORTA 2008	Rubeša, R., Simone, V., Fafandjel, N., Određivanje propusnosti suvremene linije za izradu cijevi u brodogradnji, Proceedings of XVIII. Simpozij Teorija i praksa brodogradnje in memoriam prof. Leopold Sorta, SORTA 2008, 16. – 18. listopada 2008, Zbornik radova. 2008. pp 345355, UDK 62(05)=862=20=30,
Časopis STROJARSTVO	Fafandjel, N., Rubeša, R., Mrakovčić, T., Procedure for Measuring Shipbuilding Process Optimisation Results after using Modular Outfitting Concept, Strojarstvo 50(3) (2008), pp 141153, ISSN 05621887, UDK 629.5.081:658.58:65.012.2.
Časopis ENGINEERING REVIEW	Hadjina, M., Fafandjel, N., Rubeša, R., Matulja, T., Vrednovanje projekta brodograđevnog proizvodnog procesa simulacijskim modeliranjem, Engineering Review 281 (2008), pp 1726, ISSN 13309587, UDK 62(05)=163.42=.111.
Časopis STROJARSTVO	Fafandjel, N., Rubeša, R., Matulja, T., Improvement of Industrial Production Proces Design Using Systematic Layout Planning, Strojarstvo 51(3) (2009), pp 177186, ISSN 05621887, UDK 62(05)=862=20=30,
Simpozij ALBANIAN MARITIME SYSTEM AND EU EXPERIENCE	Rubeša, R., Fafandjel, N., Evaluation of ship outfitting process comparing different production design approaches, Symposium of Albanian Maritime System and European Union Experience, 14. 15. May 2010. The Proceedings of the International Symposium on the Development of the Albanian Maritime System and European Union Experience, pp 75 82, ISBN 9781609850012
Časopis	Rubeša, R., Fafandjel, N., Kolić, D., Procedure for estimating the

ENGINEERING REVIEW	effectiveness of ship modular outfitting, Engineering Review Vol. 31 No.1 (2011), pp 5562, ISSN 13309587, UDK 62(497.5)(085.3)=862/=20=30
Simpozij ADVANCED MANUFACTURING SYSTEMS AND TECHNOLOGY "AMST '11"	Srdoč, A., Rubeša. R., Sluga, A., Artificial intelligence and robotic applications in shipbuilding welding and joining research an preliminary overview, Advanced Manufacturing Systems and Technology "AMST '11", pp 215223, CIP 120909033, ISNN 9789536326648
Simpozij SORTA 2014	Rubeša, R., Hadjina, M., Hiržin, M., Implementacija iskustvenih zahtjeva kupca tijekom održavanja i eksploatacije broda u proces gradnje broda, Simpozij Teorija i praksa brodogradnje in memorial prof. Leopold Sorta, SORTA 2014, ISBN 9789536326907, 493504, 2014, Baška, Hrvatska
Simpozij SORTA 2014	Rubeša, R., Hadjina, M., Ostojić, S., Analiza procesa uranjenog opremanja s ciljem poboljšanja razine opremljenosti broda do porinuća, Simpozij Teorija i praksa brodogradnje in memorial prof. Leopold Sorta, SORTA 2014, ISBN 9789536326907, 493504, 2014, Baška, Hrvatska
Časopis POMORSKI ZBORNIK	Hadjina. M., Matulja. Tin., Rubeša. R., Methodology for the ship exploitation feedback inclusion for improving the ship design and production process based on adjusted QFD method, Scientific Journal of Maritime Research 29 (2015) 107114 © Faculty of Maritime Studies Rijeka, 2015, ISSN 05546397, UDK 338.47:656.61:504.054(05)

PODACI O AUTORU I DOKTORSKOJ DISERTACIJI

1. AUTOR

Ime i prezime:	Rajko Rubeša
Datum i mjesto rođenja:	23. svibnja 1964., Rijeka
Naziv fakulteta, studija i godina završetka dodiplomskog studija:	Sveučilište u Rijeci,Tehnički fakultet, 2017.
Sadašnje zaposlenje:	ASL Shipyard Singapore

2. DOKTORSKA DISERTACIJA

Naslov:	Optimizacija planiranja izrade tehničke dokumentacije tijekom gradnje broda
Broj stranica, slika, tablica i bibliografskih podataka:	194, 38, 39, 70
Znanstveno polje i grana:	Brodogradnja, Projektiranje i gradnja plovnih objekata
Mentor:	Prof. dr. sc. Nikša Fafandjel, dipl. ing.
Komentor	Izv. prof. dr. sc Tin Matulja, dipl. ing.
Fakultet na kojem je rad obranjen:	Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet

3. OBRANA I OCJENA

Datum prijave teme:	16. siječnja 2017.
Datum predaje rada:	19. lipnja 2017.
Datum prihvaćanja ocjene rada:	29. rujna 2016.
Povjerenstvo za ocjenu:	Prof.dr.sc. Tomislav Mrakovčić Prof.dr.sc. Nikša Fafandjel Izv. prof.dr.sc. Tin Matulja Izv. prof.dr.sc. Marko Hadjina Izv. prof.dr.sc. Boris Ljubenkov
Datum obrane:	16. listopada 2017.
Povjerenstvo za obranu:	Prof.dr.sc. Tomislav Mrakovčić Prof.dr.sc. Nikša Fafandjel Izv. prof.dr.sc. Tin Matulja Izv. prof.dr.sc. Marko Hadjina Izv. prof.dr.sc. Boris Ljubenkov