

# OPREMANJE KROVA DVODNA STROJARNICE BRODA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA

---

Ćosić, Matej

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:868845>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-01**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
TEHNIČKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij brodogradnje

Diplomski rad

**OPREMANJE KROVA DVODNA STROJARNICE BRODA ZA  
PRIJEVOZ KEMIKALIJA**

Rijeka, ožujak 2023.

Matej Čosić

0069075246

SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij brodogradnje

Diplomski rad

**OPREMANJE KROVA DVODNA STROJARNICE BRODA ZA  
PRIJEVOZ KEMIKALIJA**

Mentor: Prof. dr. sc. Tin Matulja

Komentor: Doc. dr. sc. Rajko Rubeša

Rijeka, ožujak 2023.

Matej Čosić

0069075246

Rijeka, 8. ožujka 2022.

Zavod: **Zavod za brodogradnju i inženjerstvo morske tehnologije**  
Predmet: **Opremanje i remont broda**  
Grana: **2.02.04 tehnologija gradnje i održavanje plovnih i pučinskih objekata**

## ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnik: **Matej Čosić (0069075246)**  
Studij: **Diplomski sveučilišni studij brodogradnje**  
Modul: **Tehnologija i organizacija brodogradnje**

Zadatak: **OPREMANJE KROVA DVODNA STROJARNICE BRODA ZA PRIJEVOZ  
KEMIKALIJA**

### Opis zadatka:


U uvodnom dijelu rada potrebno je definirati ulazne informacije potrebne za opremanje odabranog krova dvodna strojarnice (tehnička, tehnološka, planska dokumentacija, liste materijala i dr.).

Nadalje potrebno je definirati potrebnu opremu za opremanje krova dvodna strojarnice i angažiranu radnu snagu, te na osnovu toga definirati aktivnosti i nositelje aktivnosti kroz tehnološki redosljed opremanja.

Definirati vremensko trajanje pojedinih aktivnosti, te na temelju toga izraditi gantogram, mrežni dijagram i odrediti kritični put opremanja.


Konačno izvršiti analizu postojećeg plana i dati prijedloge za unapređenje.

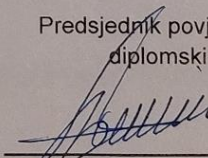
Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanje diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.

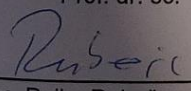
  
Zadatak uručen pristupniku: 21. ožujka 2022.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

  
Prof. dr. sc. Tin Matulja

  
Prof. dr. sc. Albert Zamarin

  
Doc. Rajko Rubeša, dipl. ing. (komentor)

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**

**TEHNIČKI FAKULTET**

## **IZJAVA**

Izjavljujem, da je ovaj diplomski rad diplomskog studija brodogradnje pod naslovom „Opremanje krova dvodna strojarnice broda za prijevoz kemikalija“ samostalno napisan, koristeći znanja i vještine koje sam usvojio tijekom dosadašnjeg školovanja i navedenom literaturom, te uz pomoć i savjete mentora. Svi dijelovi diplomskog rada, nalazi i ideje su konkretno označeni, te su primjereno navedeni u popisu literature.

Student:

Matej Čosić

Rijeka, ožujak 2023.

---

Matični broj: 0069075246

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem svim profesorima, te najviše svojim mentorima Prof. dr. sc. Tinu Matulji i doc. dr. sc. Rajku Rubeši koji su mi olakšali i omogućili sve materijale i potrebnu literaturu kako bi se napisao ovaj diplomski rad. Hvala im na brojnim savjetima koje su mi davali prilikom pisanja rada.

Također se zahvaljujem svojoj obitelji na podršci tijekom studija, te svim svojim prijateljima i kolegama s fakulteta koji su mi pomagali tijekom školovanja.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. DOKUMENTACIJA ZA OPREMANJE KROVA DVODNA .....	2
2.1. Općenito o dokumentaciji.....	2
2.2. Posebna dokumentacija za opremanje krova dvodna .....	2
2.2.1. Projektna dokumentacija .....	2
2.2.2. Klasifikacijska dokumentacija .....	3
2.2.3. Radionička dokumentacija .....	11
2.2.4. Tehnološka dokumentacija.....	14
3. PRINCIP OPREMANJA KROVA DVODNA STROJARNICE .....	15
3.1. Zone opremanja .....	15
3.2. Faze opremanja.....	17
3.3. Glavni zanati u opremanju broda.....	20
4. POPIS OPREME KROVA DVODNA U STROJARNICI.....	23
5. MREŽNI DIJAGRAM.....	25
5.1. Uvod u mrežni dijagram .....	25
5.2. Izrada mrežnog dijagrama .....	26
5.3. Gantogram za prvi slučaj.....	29
5.4. Definiranje kritičnog puta.....	30
6. VARIJACIJE VIŠE PRISTUPA OPREMANJA KROVA DVODNA .....	32
6.1. Drugi slučaj.....	33
6.2. Treći slučaj .....	35
6.3. Četvrti slučaj.....	37
7. IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE.....	40
7.1. Uspoređivanje rezultata i odabir optimalne varijante.....	41
8. ZAKLJUČAK .....	44
POPIS LITERATURE .....	45
SAŽETAK.....	46
ABSTRACT .....	47
PRILOZI.....	48

## 1. UVOD

Brod je jedan od najsloženijih proizvoda u današnjem svijetu, u kojem sudjeluju sve grane znanosti, te traži interakciju pojedinih struka. Kako bi se brod izgradio potrebna je integracija gradnje broskog trupa, montaža opreme, i bojanja. Izgradnja broda koristi sve vrste tehnoloških procesa karakteriziranih za preradu metalurgijskih sirovina. Radi postizanja konkurentnosti na tržištu, moderna brodogradilišta pokušavaju sniziti troškove procesa i ujedno postići smanjenje sati potrebnih za gradnju broda. Do sada se kao najučinkovitiji način za postizanje nižih troškova pokazalo smanjenje broja radnih sati prilikom gradnje, dok su svi ostali načini imali neznatan utjecaj.

Brodogradilišta nemaju utjecaja na svakodnevno stanje tržišta i cijenu potrebnih sirovina, stoga je optimizacija procesa izgradnje jedini način kojim se može utjecati na smanjenje troškova. Sva svjetska brodogradilišta imaju za cilj jednu stvar, a to je pokušaj najveće uštede i željene optimizacije kako bi se izgradnja broda odvila na što jednostavniji i brži način.

U prošlosti je opremanje broda zahtijevalo puno radne snage iz razloga što se opremanje odvijalo pretežito na navozu kao i na opremnom doku. Problem je bio neravnomjerno raspoređena radna snaga, koja je proces opremanja broda činila još dužim. Uvođenjem procesa uranjenog opremanja sekcija, gdje se oprema počinje ugrađivati u predmontaži, rezultiralo je bržom gradnjom broda i stvorila mogućnost uštede i optimizacije. Velika pažnja se treba dodijeliti veličini opremljenosti sekcije koja je limitirana nosivošću teretnih dizalica i transportnog sredstva. Jedna od primarnih karakteristika opremnih radova sastoji se od međusobne zavisnosti i poštivanja tehnoloških-planskih redoslijeda opremanja broda.

U ovom diplomskom radu, definirati ćemo glavne ulazne informacije koje su potrebne za opremanje odabranog krova dvodna strojarnice broda (tehnička, tehnološka, planska dokumentacija, liste materijala i dr.). Također će se definirati potrebna oprema za opremanje i radna angažirana snaga različitih zanimanja po aktivnostima kroz tehnološki redoslijed opremanja. Kroz ovaj rad ćemo vidjeti potrebno vrijeme trajanja aktivnosti za opremanje krova dvodna strojarnice te na temelju toga izraditi gantogram, mrežni dijagram i odrediti kritični put opremanja. Kao rezultat svega toga će se izraditi analiza postojećeg plana.



## **2. DOKUMENTACIJA ZA OPREMANJE KROVA DVODNA**

### **2.1. Općenito o dokumentaciji**

Dokumentacija predstavlja skup organizacijskih, tehničkih i tehnoloških projekata, nacrti i obrazaca koji služe za davanje uputa radi ispravnog obavljanja nekog radnog zadatka, za praćenje proizvodnje s obzirom na rok i proizvedenu količinu, praćenje troškova proizvodnje te za rukovođenje radnom organizacijom. Upravo zato je dokumentacija jedan od ključnih oblika sporazumijevanja ljudi u stvaranju proizvoda. Kao takva dokumentacija niti njezin tijek nisu jednaki u svim brodogradilištima, iz razloga što se uvjeti razlikuju u raznim radnim organizacijama. U današnje vrijeme je cilj da se u sva brodogradilišta, članove udruženja „JADRANBROD“ uvede jedinstvena dokumentacija. Tako bi brodogradilišta bila u mogućnosti međusobno surađivati, a nesukladna dokumentacija ne bi izazivala zastoje ili nesporazume u samoj proizvodnji. U ovom trenutku, teško je navesti cjelokupnu podjelu dokumentacije koja bi vrijedila za svako brodogradilište. Dokumentacija ovisi o mnogo čimbenika, kao što su organiziranost brodogradilišta, uvjeti rada u njemu, opremljenost brodogradilišta, tradicija o vođenju dokumentacije, te o brodograditelju s kojim se sklapa ugovor itd.

S obzirom na činjenicu da gradnja i opremanje broda predstavljaju složen proces, dokumentacijom dobivamo kompletnu podjelu poslova i zadataka. Dokumentacija se najčešće dijeli na tehničku, tehnološku i materijalnu. Osim ovih navedenih koje pripadaju proizvodnoj dokumentaciji, postoji i planska dokumentacija koja određuje rokove gradnje i opremanja broda.

### **2.2. Posebna dokumentacija za opremanje krova dvodna**

#### **2.2.1. Projektna dokumentacija**

Projektna ili ugovorna dokumentacija usklađena je sa međunarodnim konvencijama i propisima, propisima klasifikacijskih društava prema kojima se treba graditi brod te sa zahtjevima brodograditelja. Uz međunarodne, važni su i propisi nacionalnih vlasti države pod čijom će zastavom brod ploviti, kao i nacionalni propisi Republike Hrvatske. Također, bitni su zahtjevi tržišta koji se odnose na temeljne zakonitosti tržišta glavnih materijala i opreme koja se ugrađuje na brod. Isto tako, treba voditi računa o održavanju poslovnih odnosa, što većem korištenju standardnih proizvoda, unificiranju elemenata opreme i dr.

Važni su i unutrašnji zahtjevi brodogradilišta, a to se odnosi na što veću i širu primjenu standarda brodogradilišta, kao npr. pokrivenost proizvodnih površina s dizalicama, usvojeni postupci rada u proizvodnom procesu, dimenzije montažnih površina, dubina opremne luke te ranija iskustva u proizvodnji sličnih tipova brodova i sl.

Projektna dokumentacija obuhvaća slijedeće dokumente koje vrijede za slučaj opremanja krova dvodna :

*Tablica 2.1. Popis projektne dokumentacije*

101203	Preliminarni volumeni	Tank volumes-preliminary
101302	Opći plan broda	General arrangement
101303	Preliminarne linije broda	Body lines-preliminary
101307	Preliminarni kapacitetni plan	Capacity plan-preliminary
101393	Primopredajne brodske linije	Body lines-final
101394	Konačni EEDI proračun	EEDI technical file-final
101397	Konačni kapacitetni plan	Capacity plan-final
101794	Konačne tablice sondiranja u strojarnici	Sounding tables in E.R.-final
101795	Tablice sondiranja za daljnje pokazivanje nivoa	Sounding tables for remote level indication
102111	Proračun oslonaca motora	Main engine top bracing support structure
102294	Građevna rebra-konačni presjeci	Frames sectiones-delivery
102295	Građevna rebra-tabelarna	Offset tables of frames

### 2.2.2. Klasifikacijska dokumentacija

Klasifikacijsku dokumentaciju čini skup nacрта i drugih dokumenata, na osnovi kojih klasifikacijska društva ocjenjuju funkcionalnosti broda i podobnost konstrukcije prema svojim propisima. Ovom dokumentacijom ishodi se odobrenje za nastavak radova od strane klasifikacijskog društva za već predočenu dokumentaciju. Ona služi i za stvaranje podloge za izradu narudžbenih specifikacija te radioničke i tehnološke specifikacije.

Svrha izrade ove dokumentacije je ta da se u ranoj fazi projektiranja broda definira većina opreme koja iznosi više od 80% vrijednosti materijala koji se ugrađuje na brod i čije je vrijeme isporuke najdulje. Nacrtima se definiraju funkcionalni sistemi broda, ali ne mogu se koristiti za izradu u radionici jer nisu detaljno razrađeni kao cjelina trup-oprema. Nakon potpisivanja ugovora o gradnji i usuglašavanja projektne dokumentacije izrađuje se klasifikacijska. Grupe dokumenata koje se mogu svrstati pod klasifikacijsku dokumentaciju su:

- sheme i sistemski nacrti
- popis armatura/materijala
- zahtjevi za narudžbu A, B i C materijala.

A materijali su namjenski nestandardni materijali, različiti i specifični za svaku gradnju i moraju se za svaki brod naručivati posebno. To su: glavni motor, pomoćni motori, nestandardna armatura, kotlovi i dr.

B materijali su namjenski standardni materijali, razlikuju se ovisno o tipu i vrsti broda i naručuju se zasebno za svaki pojedini brod. To su: standardni ventili, filtri, itd.

C materijali su standardni materijali koji ne zavise o gradnji i kao takvi vrijede za sve tipove i vrste brodova. To su: matice, vijci, prirubnici, itd.

Kada je izrada dokumentacije dovršena, šalje se na odobrenje kupcu (njegovim predstavnicima) i klasifikacijskim društvima. U slučaju da je to potrebno, dokumentacija se šalje i nacionalnim vlastima te ostalim uredima za tehničke poslove. Ako postoje primjedbe, one se usaglašavaju, a dokumentacija se ispravlja i dorađuje, a zatim šalje na ponovnu ovjeru.

Za naš slučaj za opremanje krova dvodna strojarnice potrebni su sljedeći dokumenti klasifikacije:

*Tablica 2.2. Klasifikacijska dokumentacija za arhitekturu*

Klasifikacijska dokumentacija za arhitekturu		
105401	Požarna kategorija prostora strojarnice	Fire category of spaces
511323	Izolacija prostora - projekt	Insulation in engine room - project
513323	Strojarnica - unutarnja vrata i poklopci - projekt	E.R.internal doors & covers - project

Tablica 2.3. Klasifikacijska dokumentacija za elektriku

Klasifikacijska dokumentacija za elektriku		
278305	Aktivna katodna zaštita - projekt	Impressed current cat. protection - project
414305	Podvodni osjetnici - projekt	Underwater searching equip. - project
792103	Popis kabela automatike	Cables list for automation
792122	Popis točaka alarmnog sistema	Alarm system points list
792302	Dojava strojarnice - projekt	E.R. alarm system - project
792303	Alarmni sistem broda - projekt	Ship alarm system - project
792304	Pomoćni uređaji automatike - projekt	Aux. automation equipment - project
793302	Daljinsko upravljanje glavnim strojem - projekt	Main engine remote control - project
797302	Daljinsko upravljanje pumpama, ventilima i kompres - projekt	Remote control of pumps, valves and compress. - project
811302	Dojava požara i OPFI sist. alarma - električni projekt	Fire detec.& gen.alarm syst. - project
880121	Kabeli - strojarnica	Cables - engine room
880402	Glavni razvod - smještaj električnog uređaja	Feeders - el.eq.arrangement
881203	Razdjel gl. rasvjete - pop.str.krug.	Light.distr.board - consum.list
885101	Kabelski prolazi za strukturu - strojarnica	Cable penetrations for structure - engine room
890403	Rasvjeta u nuždi - projekt	Emergency lighting project
891325	Snaga strojarnice - električni projekt	Power in E.R. - project
892422	Osvjetljenje strojarnice - projekt	E.R. lighting - project

Tablica 2.4. Klasifikacijska dokumentacija za opremu broda

Klasifikacijska dokumentacija za opremu broda		
101308	Putovi bježanja iz strojarnice i nastambi	Escapes from mach. and accom. spaces
280308	Oznake sustava bojenja za cijevi i nosače	Painting system markings for pipes and supports
297103	Uputstvo za montažu nosača opreme	Instruction for equipment supports installation
527323	Komunikac.stroj. - izlaz u nuždi - projekt	Engine room emergency exit - project

Tablica 2.5. Klasifikacijska dokumentacija za strojne sustave

Klasifikacijska dokumentacija za strojne sustave		
106108	Procedura postrojanja osovinskog voda	Shaft alignment calculation & assembling procedure
106122	Aksijalne vibracije osovinskog voda	Line shaft axial vibration calculation
106124	Proračun reakcija osovinskog voda	Line shaft alignment calculation
106128	Proračun torzijskih vibracija osovinskog voda	Line shaft torsional vibration calculation
106322	Opći plan strojarnice	Engine room general arrangement
106427	Popis priključaka na tankovima u strojarnici	List of connections on E.R. tanks
106704	Podaci o strojnim uređajima	Machinery equipment technical data book
106804	Označavanje službi cjevovoda	Pipe lines marking
262303	Usisi morske vode	Sea water inlet chests
262405	Oplatni priključci	Shell plate penetrations arrangement

262503	Popis materijala sheme oplatnih priključaka	Material list for shell plate penetrations arrangement
269402	Nestrukturalni tankovi	Loose tanks
304322	Provlake u strojarnici	Manholes inside engine room
452303	Transportna oprema osovinskog voda	Shafting transport equipment
452324	Transportna oprema strojarnice	E.R. transport equipment
574224	Ventilacija strojarnice	Engine room ventilation
582202	Shema cjevovoda sanitarnih i brodskih izljeva	Scuppers and sanitary discharges piping diagram
601322	Utemeljenje glavnog motora	Main engine chocking
631314	Odljevak statvene cijevi	Stern tube boss casting
631315	Propelerska i međuosovina s detaljima	Propeller & intermediate shafts with details
631316	Lijevanje ležajeva statvene cijevi smolom	Stern tube bearings - chocking with epoxy resin
631317	Otkivci propelerske osovine i međuosovine	Propeller & intermediate shafts forgings
631318	Statvena cijev	Stern tube
631322	Sastav osovinskog voda s detaljima	Shafting assembly with details
631324	Postrojavanje osovinskog voda - grafička prezentacija	Line shaft alignment - graphical presentation
631402	Viziranje osovinskog voda	Line shaft levelling
631404	Izvlačenje propelera	Propeller withdrawal
631406	Izvlačenja propelera prema zahtjevima klasne notacije SCM	Propeller withdrawal in accordance with SCM class notation requirements
631619	Upute za navlačenje propelera	Propeller fitting instructions
631722	Osovinski vod mjerenje reakcija - izvještaji	Shafting alignment - measuring reports
631723	Osovinski vod - torzijske	Shafting torsional vibration -

	vibracije - izvještaji	measuring reports
631724	Osovinski vod aksijalne vibracije - izvještaji	Shafting axial vibration - measuring reports
632625	Temelj ležaja međuosovine i strukturalna pojačanja	Intermediate shaft bearing foundation and structural stiffeners
700202	Shema cjevovoda goriva	Fuel oil piping diagram
701202	Shema cjevovoda transfera i preljeva goriva	Fuel oil transfer and overflow piping diagram
701222	Shema cjevovoda drenaže goriva i mazivog ulja	Fuel and lub oil drainage piping diagram
701505	Popis materijala sheme cjevovoda drenaže goriva i mazivog ulja	Material list for fuel and lub oil drainage piping diagram
702222	Shema cjevovoda separacije goriva	Fuel oil separating piping diagram
710202	Shema cjevovoda mazivog ulja	Lub oil piping diagram
712222	Shema cjevovoda separacije mazivog ulja	Lub oil separating piping diagram
713222	Shema cjevovoda mazivog ulja statvene cijevi	Stern tube lub oil piping diagram
721122	Proračun zaštite strojarnice od naplavlivanja	Protection against flooding in engine room - calculation
721222	Shema cjevovoda morske rashladne vode	Cooling sea water piping diagram
722101	Bilanca topline sustava slatke rashladne vode	Cooling fresh water system heat balance
722202	Shema cjevovoda slatke rashladne vode	Cooling fresh water piping
731222	Shema cjevovoda komprimiranog zraka za startanje	Starting air piping diagram
732224	Shema cjevovoda	Engine room general purpose

	komprimiranog zraka opće službe u strojarnici	compressed air piping diagram
733202	Shema cjevovoda komprimiranog zraka opće brodske službe za palube	General purpose compressed air piping diagram on decks
734202	Shema cjevovoda instrumentnog zraka	Instrument air piping diagram
734222	Shema cjevovoda komprimiranog zraka za brzozatvarajuće ventile	Quick closing valves compressed air piping diagram
734505	Popis materijala sheme cjevovoda komprimiranog zraka za brzozatvarajuće ventile	Material list for quick closing valves compressed air piping diagram
751202	Shema cjevovoda pare	Live steam system piping diagram
755202	Shema cjevovoda povrata kondenzata	Condensate return piping diagram
755503	Popis materijala sheme cjevovoda povrata kondenzata	Material list for condensate return piping diagram
756222	Shema cjevovoda napojne i cirkulacione vode kotlova	Boiler feed & circulation water piping diagram
761222	Shema cjevovoda sustava proizvodnje slatke vode	Fresh water production system piping diagram
803202	Shema cjevovoda kaljuže	Bilge piping diagram
804202	Shema cjevovoda palubnih izljeva izvan nadgrađa	Deck scuppers & discharges piping diagram outside accommodation
804223	Shema cjevovoda izljeva i ispusta s platformi strojarnice	Engine room platforms scuppers piping diagram
804505	Popis materijala sheme cjevovoda izljeva i ispusta s platformi strojarnice	Material list for engine room platforms scuppers piping diagram



813202	Shema cjevovoda pranja palube i gašenje požara pjenom i vodom	Deck washing and foam and fire fighting piping diagram
813222	Shema cjevovoda gašenja požara vodenom maglom	Water mist fire extinguishing piping diagram
813503	Popis materijala sheme cjevovoda pranja palube i gašenja požara pjenom i vodom	Material list for deck washing and foam and fire fighting piping diagram
815222	Shema cjevovoda CO2 plina za gašenje požara u strojarnici	Engine room CO2 fire extinguishing piping diagram
821222	Shema cjevovoda sonde i odušnika tankova u strojarnici	Sounding & air piping diagram of tanks in engine room
821505	Popis materijala sheme cjevovoda sonde i odušnika tankova u strojarnici	Material list of sounding & air piping diagram of tanks in engine room
822402	Indikatori nivoa tankova balasta, tankova u strojarnici i mjerači gaza - shematski smještaj	Wb tanks, engine room tanks and draught indicating instruments - schematic arrangement
831202	Shema hidrauličkog cjevovoda daljinski upravljenih ventila	Hydraulic oil piping diagram for remote controlled valves

*Tablica 2.6. Klasifikacijska dokumentacija za trup*

Klasifikacijska dokumentacija za trup		
200325	Dvodno u strojarnici	Double bottom in E.R.
200335	Dvodno u tankerima	Double bottom in tanks

### 2.2.3. Radionička dokumentacija

Radionička dokumentacija dio je tehničke dokumentacije koja služi za neposrednu realizaciju izgradnje broda. Radionička dokumentacija u sebi obuhvaća radioničke nacрте, radioničke specifikacije te popise materijala i ostale dokumente kojima se detaljno određuju karakteristike broda kao što su funkcionalnost, oblik, korišteni materijali i sl.

Izrada radioničke dokumentacije provodi se na temelju tipskog propisa radioničkih nacрта (otp. 1400 radioničkih nacрта po brodu), odobrene systemske i klasifikacijske dokumentacije, utvrđene tehnološke koncepcije gradnje broda i druge tehnološke dokumentacije. Također, gradnja broda ovisi i o načinu izrade nacрта koji je prihvaćen u brodogradilištu, stanju organiziranosti samog proizvodnog procesa te pojedinih tehnoloških procesa. Obzirom na složenost samog proizvoda, nekada je potrebno pored montažnih nacрта izraditi i nacрте nižih raščlanskih nivoa kao npr. nacрти montaže predmontiranih sekcija-sklopova, nacрти izrade pojedinih elemenata, itd.

Kada govorimo o podijeli radioničke dokumentacije opremanja broda ona će se podijeliti na radioničku dokumentaciju za izradu, montiranje i predmontiranje:

- Cijevnih sustava,
- Strojnih sustava
- Brodske opreme
- Opreme nadgrađa
- Elektroopreme

Radionička dokumentacija koja se odnosi na cijevne sustave u sebi obuhvaća dio tehničke dokumentacije namijenjen za predmontažu, montažu i izradu cijevnih sustava na brodu određenih grupa i pripadajućih uređaja te druge opreme kao što su nosači cijevi, temelji strojeva i uređaja, komunikacije na brodu i sl.

Početak izrade radioničke dokumentacije predstavlja priprema i planiranje izrade dokumentacije. Slijedeći korak je izrada montažnih radioničkih nacрта, mjernih skica i popisa materijala, a potom prelazimo na verificiranje, pohranjivanje, distribuiranje i kopiranje dokumentacije. Priprema i planiranje izrade dokumentacije provodi se na osnovu odobrene systemske i klasifikacijske dokumentacije, radioničke dokumentacije, tehnološke dokumentacije, podataka proizvođača opreme, tipskog popisa radioničkih nacрта za cijevne sustave i na kraju planskih rokova za izradu dokumentacije. Mjerne skice izrađuju se i za svu ostalu opremu za brodske prostore, a ne samo za cijevne sustave. Pod popisom materijala misli se na materijal cijevi i pripadajuću opremu u

izradi, predmontaži i montaži. Verifikaciju dokumentacije provodi ovlaštena osoba čime se dobiva potvrda da je radionička dokumentacija izrađena u suglasnosti sa sistemskom i klasifikacijskom dokumentacijom, tehnološkom dokumentacijom te tehnološkim mogućnostima brodogradilišta i važećim standardima. Nakon što je obavljena verifikacija, slijedi registriranje nacrtu u centralnoj arhivi, a zatim kopiranje, pohranjivanje i distribuiranje.

Za opremanje krova dvodna strojarnice, trebat će nam svi radionički nacrti koji će biti prikazani u navedenoj tablici:

*Tablica 2.7. Popis radioničkih nacrtu za krov dvodna*

Broj nacrtu	Opis	Aktivnosti
30270411	Grijanje - dvodno u strojarnici R14-21	Cjevovod, nosači cjevovoda – faza 0
30270412	Grijanje - dvodno u strojarnici R22-37	Cjevovod, nosači cjevovoda – faza 0
31200023	Pregrada na reberu 37 od R21-37	Cjevovod, nosači cjevovoda – faza 1
32200020	Sklopovi i moduli na krovu dvodna	Cjevovod, nosači cjevovoda – opremanje u sklopove, module i blokove
33200021	Krov dvodna - krma	Cjevovod, nosači cjevovoda – podnice, skale
33200022	Izlaz u nuždi	Vrata, ljestve, izolacija
33200023	Krov dvodna - pramac	Cjevovod, nosači cjevovoda – podnice, skale
33200024	Krov dvodna - sredina	Cjevovod, nosači cjevovoda – podnice, skale
33245201	Uške za demontažu strojeva i uređaja	Uške
33250501	Protupožarna oprema - strojarnice	Hidranti, košare
33251101	Izolacija cjevovoda i uređaja - strojarnice	Izolacija cjevovoda
33257402	Tankostijena ventilacija	Ventilacija

	strojarnice	
33260120	Priprema temelja glavnog motora	Priprema za lijevanje smolom,
33263101	Smještaj međuosovine	Temelj međuosovine
33263102	Utemeljenje glavnog motora	Lijevanje smolom
33263103	Bočno pričvršćenje glavnog motora	Smještaj nosača za bočno utemeljenje motora
33263104	Strojna obrada međuosovine	Obrada u radionici
33271301	Cjevovod statvene cijevi	Cjevovod, nosači cjevovoda
33288020	Plan kabela krova dvodna	Provlačenje kabela
33288120	Elektrouređaji i segmenti kablskih staza	Kabelske staze
33288520	Elektrouređaji i kabelske staze krova dvodna	Kabelske staze
33288521	Elektrouređaji i kabelske staze krova dvodna	Kabelske staze
33288524	Elektrouređaji i kabelske staze krova dvodna	Kabelske staze
33289102	Uputnici posebne namjere - plan priključaka	Elektro ormari
33289220	Glavna rasvjeta dvodna - popis materijala	Rasvjeta
34010101	Označavanje službi cjevovoda	Označavanje službi cjevovoda bojom
34044801	Natpisne pločice - elektrooprema	Natpisne pločice za elektroopremu
34044802	Natpisne pločice instrumenata	Natpisne pločice za instrumente
34044803	Natpisi i upozorenja	Natpisi i upozorenja
34089300	Glavna i rezervna rasvjeta	Natpisne pločice za rasvjetu
34244801	Natpisne pločice cijevnih sistema stroja	Natpisne pločice za ventile i armaturu
34244802	Natpisne pločice strojeva i uređaja	Natpisne pločice za strojeve i uređaje

#### 2.2.4. Tehnološka dokumentacija

Na temelju tehničke dokumentacije tehnolozi izrađuju tehnološku dokumentaciju. U toj se dokumentaciji propisuju tehnološki postupci izrade i montaže nekog proizvoda, određuju potrebne radne operacije te vrijeme koje je potrebno za ostvarenje određenog zadatka definiranog tehničkom dokumentacijom. Najbolji način redukcije troškova i povećanja proizvodnosti je određivanje tehnološkog procesa kojim se minimaliziraju utrošak radnih sati i materijala. Tehnološka dokumentacija sastoji se od:

- Analitičkih listova
- Tehnoloških nacрта
- Tehnoloških uputa

Analitički list predstavlja temeljni tehnološki dokument u koji se upisuju svi sadržaji tehnološkog ili radnog postupka. On se izrađuje na temelju nacрта i popisa materijala. Njegova uloga je da služi kao uputa za izvođenje tehnoloških i radnih operacija, prema tehnološkom redoslijedu. Izdaje se za svaku ili samo dio tehnološke faze. Izrađuje se sukladno metodi normativa rada i služi kao podloga za izradu normi rada te radnih listova. Svrha izrade tehnoloških nacрта i tehnoloških uputa je ta da bi radnici lakše mogli izraditi ili montirati predmet koji je definiran radioničkim nacrtom. Tehnološke upute mogu se navesti na samom radioničkom nacrtu, ali se ipak najčešće izrađuju odvojena tehnološka uputstva i tehnološki nacrti vezani uz određeni radni zadatak ili radionički nacrt, kao što su primjerice: uputstva za privremenu zaštitu elemenata instalirane opreme, način transporta specifične opreme, uputstva za montažu i instalaciju specifičnih elemenata opreme za koje radnicima treba osigurati posebna uputstva, a čijim bi se nepridržavanjem mogla prouzročiti znatna šteta, definiranje privremene energetike i sl.

### **3. PRINCIP OPREMANJA KROVA DVODNA STROJARNICE**

#### **3.1. Zone opremanja**

Pod terminom zone opremanja misli se na zonsko opremanje koje podrazumijeva da se isti posao utvrđuje na temelju kada je svaka potrebna djelatnost ograničena zonom, aktivnošću i fazama.

Zona može biti na brodu jedan odjeljak ili bilo kakav sastavni dio trupa broda, te svako brodogradilište ima svoj način određivanja zona. Brodogradilište samo određuje podjelu broda s kojom se značajno olakšava potrebno opremanje na određenoj jedinici trupa ili bloka, te čak i na samom brodu nakon svih spajanja blokova.

Kod metode zonskog opremanja, raščlamba broskog trupa mora biti na temelju podjele broskog trupa kada je to potrebno, dok se u drugim slučajevima raščlamba određuje na način da što više odgovara procesima izrade i montaže tražene opreme i u tom slučaju govorimo o tako zvanoj podjeli broda na zone opremanja.

Postoje tri vrste zonskog opremanja:

1. Opremanje na pojedinoj jedinici
2. Opremanje sekcija broskog trupa
3. Opremanje na brodu

Opremanje na pojedinoj jedinici odnosi se na dio opremanja gdje se ugrađuju elementi proizvedeni u samom brodogradilištu ili su kupljeni od nekih drugih kooperantskih proizvođača. Treba naglasiti kako navedeni ugrađeni elementi ne predstavljaju dio čelične strukture trupa.

Opremanje sekcija broskog trupa odnosi se na ugradnju elemenata opreme od trenutka kada je dovršena gradnja cijelog bloka trupa. Spomenuti elementi se mogu ugrađivati kao pojedinačni elementi ili kao zasebna cjelina.

Opremanje na brodu dijeli se u dvije faze. Prva faza opremanja na brodu se odvija na mjestu gradnje broda (navoz ili suhi dok), gdje se započinje s opremanjem montiranih sekcija broskog trupa na mjestu gradnje broda sve do predaje broda vodi (porinuće). Nakon predaje broda vodi započinje se s završnim opremanjem broda u opremnoj luci koje traje sve do gotovosti broda odnosno njegove predaje vlasniku.

Brod je podijeljen u mikroprostore odnosno zone opremanja, te ćemo sada vidjeti u ovom primjeru koje sve zone postoje u strojarnici:

- **20** krov dvodna
- **21** krov dvodna (2120)
- **22** izlaz u nuždi
- **23** sekcija 2230 (od krova dvodna do gornje platforme)
- **24** krov dvodna (2110)
- **30** donja platforma
- **31** donja platforma lijevo
- **32** donja platforma desno
- **40** srednja platforma
- **41** prostor pomoćnih strojeva
- **42** prostorija separatora
- **43** srednja platforma lijevo
- **44** srednja platforma desno
- **45** prostorija protupožarne pumpe
- **50** gornja platforma
- **51** prostorija kotlova
- **52** gornja platforma desno
- **53** prostorije kontrolne sobe i elektro radione
- **54** prostorija konvertera
- **55** prostorije mehaničarske radione i spremišta
- **56** gornja platforma sredina
- **60** dimnjak

Zone tankova u strojarnici:

- **11** tankovi dvodna (2120)
- **12** tankovi dvodna (2110)
- **01** tankovi goriva lijevo
- **02** tankovi goriva desno
- **03** tankovi pitke vode
- **04** tankovi ulja
- **05** tank fekalija

U ovom diplomskom radu bavit će se opremanje pokrova dvodna strojarnice za zone:

- **20** krov dvodna
- **21** krov dvodna (2120)
- **22** izlaz u nuždi
- **23** sekcija 2230 (od krova dvodna do gornje platforme)
- **24** krov dvodna (2110)

### **3.2. Faze opremanja**

U svakom brodogradilištu bitna je brzina gradnje i opremanje samog broda, te skraćivanje vremena od sklapanja ugovora do konačnog proizvoda koji je naručitelj naručio. Rješenje je u tome što se pristupa problemu gradnje na više paralelnih razina. Time se štedi vrijeme, tj. različiti poslovi se rade paralelno, koji uveliko štede vrijeme za kvalitetu i brzinu gradnje broda, a samim time i opremanje broda.

Faze opremanja strojarnice krova dvodna se dijele na:

- Faza 0 – Opremanje sekcije u fazi predmontaže trupa
- Faza 1 – Opremanje predmontirane sekcije trupa
- Faza 2 – Izrada predmontažnog bloka opreme
- Faza 3 – Opremanje na brodu
- Faza 4 – Završno opremanje

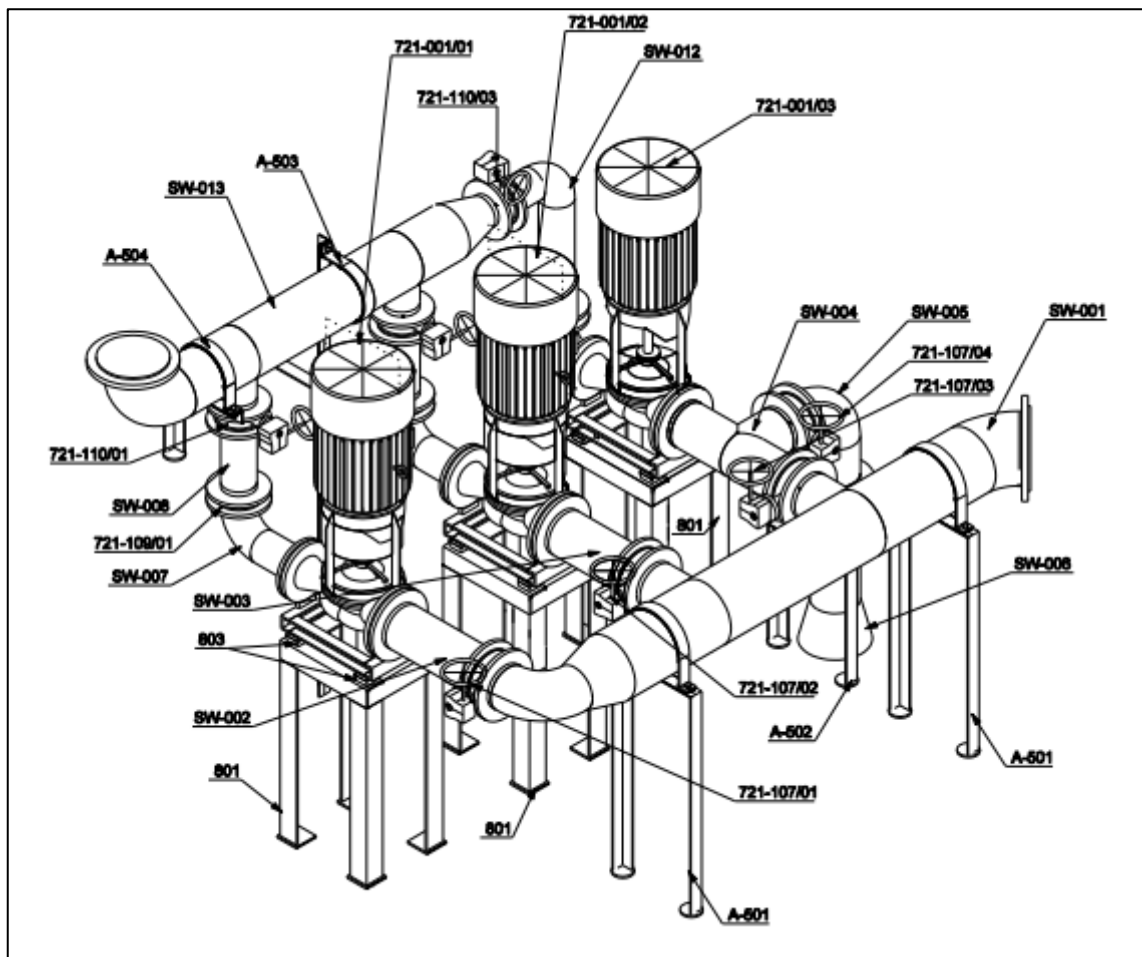
Za naš slučaj u opremanju broda po zonama 20,21,22,23 i 24 koje je navedeno u poglavlju prije, za fazu 0 nemamo nikakvog opremanja.

Opremanje počinje tek u fazi 1 gdje će biti navedeno što se radi. U fazi 1 se oprema pregrada na rebru 37 u predmontiranoj sekciji trupa, gdje se započinje montaža nosača i potrebnog cjevovoda na pregradi.

Faza 2 započinje tako da se rade cjevovodi i nosači za sklopove i module na krovu dvodna, zona 20, a to su moduli:

- morske rashladne vode
- transfera goriva
- požar i pranje palube
- kaljuže





*Slika 3.1. Primjer modula morske rashladne vode*

U fazi 3 vrše se radovi opremanja na brodu te imamo najviše radova. Za zonu 21,23,24 se ugrađuju nosači cjevovoda, cjevovodi, podnice i skale koje su potrebne u krovu dvodna strojarnice. Podnice se montiraju na način da se mogu lagano rastaviti, te ponovno montirati. Stavljaju se na visinu koje omogućuju siguran pristup i rukovanje potrebnih strojeva i uređaja. Rade se izolacije cjevovoda i uređaja strojarnice, te tankostijena ventilacija.

U zoni 22 koje pokriva područje izlaza u nuždi, montiraju se vrata i ljestve. Rukohvati se montiraju uz ljestve koje omogućuju sigurno kretanje. U zoni 20 (krov dvodna) radi se priprema temelja glavnog motora. Nakon pripreme temelja, montira se glavni motor.

Radi se plan kabela i plan priključaka za elektro uređaje u krovu dvodna. U strojarnici se trasiraju kabelaške staze prema osnovi radioničke dokumentacije elektro uređaja, te se zatim montiraju nosači. Za kabelaške staze se rade prolazi na broskoj strukturi, gdje zatim slijedi zavarivanje kabelaških staza. U ovoj fazi se također montiraju elektro ormari, glavna rasvjeta i ostale elektro instalacije.

U fazi 4, koje je završno opremanje, obilježavaju se službe cjevovoda različitim bojama za lakše snalaženje tijekom iznenadnih kvarova. U navedenoj tablici je dan popis svake službe cjevovoda.

OZNAČAVANJE CJEVOVODA		GLAVNE BOJE PO MEDIJU PREMA ISO 14726	
PRIKAZ	BOJE	SLUŽBA	
	ZELENA/OKER/ZELENA	MORSKA VODA	HLAĐENJE
	ZELENA/BIJELA/ZELENA		BALAST
	CRVENA/ZELENA/CRVENA		PROTUPOŽARNA
	CRNA/ZELENA/CRNA	KALJUŽA	
	PLAVA/LJUBIČASTA/PLAVA	SLATKA RASHLADNA VODA	
	PLAVA/ZELENA/PLAVA	VRUĆAI HLADNA PITKA VODA	
	PLAVA/SIVA/PLAVA	DESTILIRANA VODA	
	PLAVA/SREBRNA/PLAVA	SERVISNA VODA	
	CRVENA/OKER/CRVENA	PJENA	
	SREBRNA/OKER/SREBRNA	PARA	

*Slika 3.2. Označavanje cjevovoda*

Nakon bojanja u zadnjoj fazi se ugrađuju natpisne pločice:

- elektroopreme
- instrumenata
- rasvjete
- cijevnih sistema
- ventila i armature
- strojeva i uređaja

### 3.3. Glavni zanati u opremanju broda

Brodogradilište obično posjeduje svoju opremnu luku, gdje se na kraju brod oprema s obučanim radnicima koji mogu obavljati samostalno svoj posao. Danas se pokušava obično opremiti brod u što ranijoj fazi opremanja kako bi što manje opremanja bilo kasnije. Zanati koji se bave pri opremanju su:

- Cjevvari
- Bravari
- Limari
- Električari
- Mehaničari
- Izolateri
- Stolari
- Zidari

Na opremnoj obali su smještene radionice koje pripremaju i isporučuju opremu za sljedeću fazu ugradnje. Oprema se može sama izgrađivati u posebnim radionicama ili naručivati od ostalih dobavljača, svako brodogradilište samo određuje koju će opremu naručivati, a koju samostalno izrađivati. Za takav rad opremanja, slažu se posebne ekipe radnika koje montiraju opremu iz istih radionica. U radionicama se sklapaju moduli i sklopovi opreme koje montažeri montiraju na brod.

Cjevarski dio posla obavljaju cjevvari, koji u svojim radionicama izrađuju cijevi. U radionicama se nalaze strojevi koji omogućavaju savijanje cijevi na toplo i hladno, mehaničke pile za rezanje, razna oprema za postupke zavarivanja i priručni alat za brušenje. Nakon što se izrade potrebne cijevi, one se ugrađuju i montiraju u samu strojarnicu gdje cjevvari prate montažnu shemu ili montažni nacrt. Kod takve radne dokumentacije, radnici trebaju pripremiti potrebne matice, vijke, podloške, brtve te ostale elemente koji će biti ugrađeni u cjevovod. Kako bi se uopće moglo krenuti s montažom cjevovoda, potrebno je odrediti trasu kuda će te cijevi biti montirane. Srednje i teške cijevi obično montiraju dvojica radnika, gdje će jedan pridržavati i namještati cijev prema određenoj trasi, a drugi će montirati i pritezati vijke. Kada su na trasi sve cijevi dobro montirane, počinje postupak ukrućivanja cjevovoda, koji se radi pomoću obujmica i nosača cijevi.

Bravarski radovi se smatraju izradom i montažom opreme koja je izrađena od lima koji je preko 3 milimetra. Bravari u svojim radionicama izrađuju: rezervne dijelove glavnog motora,

protupožarnu opremu, vrata i nogostupe u strojarnici, komunikacije, staze dizalica, uške za podizanje strojeva i uređaja, podnice, platforme, prijelaze, te ograde i rukohvate. Većina navedene opreme čini vanjsku opremu, koja se naručuje od nekih vanjskih dobavljača te se zatim montira na brod kao već gotovi proizvod. Ako se oprema radi u radionici, bravari prvo počinju sa trasiranjem opreme i privarivanjem, gdje zatim slijedi zavarivanje opreme i brušenje zavora. Nakon toga se kontrolira i počinje se sa bojanjem.

Limarski radovi su izrada i montaža opreme koja je izrađena do debljine do 3 milimetra. Limari montiraju ventilaciju strojarnice koja odvodi toplinu od strojeva i drugih uređaja koji se griju, također moraju napraviti ventilaciju koja će strojevima dovoditi potreban zrak za njihov neometani rad. Izrađuju i montiraju zaštitu osovinskog voda u krovu dvodna strojarnice, te sve ostale limene zaštite na brodu.

Ugradnju strojeva i ostalih uređaja u prostoru strojarnice rade brodski mehaničari. U pravilu se započinje u najranijoj mogućoj fazi opremnih radova na brodu, čim se završi montaža sekcije trupa. Mehaničari rade montažu diesel-električnih generatora koji prije svega trebaju imati svoje zavarene temelje na pokrovu dvodna strojarnice. Mehaničari rade i sve ventile koji se nalaze na tankovima strojarnice. Montiraju vratilini vod koji prenosi zakretni moment glavnog pogonskog stroja do samog brdoskog vijka.

Električari rade izradu i predmontažu kablskih staza, elektro kutija, nosača lampi i temelja električnih uređaja. Sve započinje trasiranjem električnih staza i kablskih nosača, gdje se rade na temelju smještajnih nacrti s kojim je određena trasa, visina i širina kablске staze. Nakon toga se režu otvori za staze na kojima se montiraju nosači, zatim električari polažu kablove na istim stazama koje se najčešće radi ručno, tako da odmotavaju kabel s koluta. Nakon što se završi s polaganjem, električari spajaju kablove u elektro uređaje. Kod pripreme za spajanje, mora se obavezno provjeriti shema spajanja kako bi se određeni kabel spojio u odgovarajući uređaj. Kada se oprema spoji, prema shemi spajanja i djelovanja, električari rade ispitivanja opreme koju stavljaju pod napon te ispituju da li je potrebna snaga zadovoljena. Na samom kraju montaže elektroopreme se ugrađuju natpisne pločice samih uređaja i strojeva.

Izolateri u brodskoj strojarnici su specijalizirani za postavljanje izolacije na stijene, pregrade i obloge brodske strukture kako bi se spriječilo širenje topline, požara i buke u susjedne prostore. Također se izoliraju i oni strojevi i uređaji koji isijavaju previše topline ili su veliki izvor buke. Prvo pripremaju radnu površinu koja uključuje sljedeće aktivnosti: čišćenje, brušenje, premazivanje površine, te zatim slijedi postavljanje odabranog materijala. Odabir potrebnog materijala ovisi o vrsti potrebe za izolacijom prostorija, stroja, temperature i ostalim specifičnim

zahtjevima. Postavljanjem izolacije, izolateri moraju pažljivo postaviti izolaciju na prostor koji se izolira, ili strojeve i uređaje koji se izoliraju, koja uključuje izrezivanje, savijanje, pričvršćivanje i spajanje izolacijskih materijala kako bi se osigurala potpuna pokrivenost i pravilna montaža. Izolateri također moraju osigurati da su izolacijski materijali otporni na požar kako bi se smanjila opasnost od širenja vatre u strojarnici. Nakon postavljanja izolacije, dolazi do krajnje provjere gdje se provjerava da li su svi materijali ispravno postavljeni.

Stolari rade na izradi raznih predmeta od drveta koji su potrebni u brodskoj strojarnici. Izrađuju drvene klupe, ormare, namještaj, vrata. Njihov posao uključuje odabir vrste drveta koji potom pripremaju za obradu. Prvo ga režu na odgovarajuće dimenzije i oblikuju ga prema potrebi. Kod obrade koriste različite alate kao što su pile, brusilice i strugovi koji im pomažu pri izradi željenog oblika. Nakon toga se izrađeni oblici spajaju u gotov proizvod, gdje stolari moraju napraviti završnu obradu kako bi proizvod izgledao glatko i privlačno. Završna obrada uključuje brušenje, lakiranje, bojanje ili poliranje proizvoda koji se zatim montira kao gotov proizvod na mjestu njegove uporabe.

Zidari obavljaju građevinske poslove koji se odnose na betoniranje podova i drugih dijelova broda koji to zahtijevaju, te keramičarske radove.

#### 4. POPIS OPREME KROVA DVODNA U STROJARNICI

Strojarnica broda je prostor u kojem se nalazi glavni brodski pogonski sustav i ostali kritični strojevi. Strojarnica sadrži raznovrsnu opremu, uključujući glavni motor, generatore, pumpe, kompresore i druge pomoćne strojeve. Ona se smatra vitalnim dijelom broda, a pravilan rad sa strojevima i održavanje njezine opreme su ključni za siguran i učinkovit rad cijelog broda.

U ovome ćemo poglavlju navesti svu potrebnu opremu koja se ugrađuje i montira u krov dvodna strojarnice za ovaj slučaj. Oprema će biti prikazana u tablici:

*Tablica 4.1. Popis opreme krova dvodna u strojarnici*

Oznaka pozicije uređaja	Količina	Naziv uređaja	Kapacitet	Tip uređaja
382-002/01	1	Pumpa pranja tankova tereta br. 1	60 m <sup>3</sup> /h 12,5 bar	CGA 65 V48 AAN
382-002/02	1	Pumpa pranja tankova tereta br. 2	60 m <sup>3</sup> /h 12,5 bar	CGA 65 V48 AAN
601-001	1	Glavni motor	6G50ME- B9.3 SMCR: 7020 Kw / 85 min-1	Dvotaktni
601-019	1	Uređaj za čišćenje zračnog rashladnika glavnog motora		
631-014	1	Krmeni tank uljnih brtvenica statvene cijevi		
631-015	1	Prednje brtvenice statvene cijevi		
631-016	1	Pramčani tank uljnih brtvenica statvene cijevi		
631-022	1	Ležaj međuosovine		
701-001/01	1	HFO/MDO transfer pumpa br. 1	30 m <sup>3</sup> /h 3,5 bar	Vijčana pumpa
701-001/02	1	HFO/MDO transfer pumpa br. 2	30 m <sup>3</sup> /h 3,5 bar	Vijčana pumpa
701-002	1	MGO transfer pumpa	20 m <sup>3</sup> /h 3,0 bar	Vijčana pumpa
702-002	1	MDO/MGO dobavna separatora pumpa	1320 l/h 2,4 bar	Zubčasta, horizontalna
702-003	1	Pumpa taloga	5 m <sup>3</sup> /h 3,0 bar	Horizontalna
711-001	1	Transfer pumpa ulja		Vijčana, horizontalna pumpa
712-002/01	1	Dobavna pumpa separacije ulja glavnog motora br. 1	1410 l/h 2,0 bar	Vijčana, horizontalna

				pumpa
712-002/02	1	Dobavna pumpa separacije ulja glavnog motora br. 2	1410 l/h 2,0 bar	Vijčana, horizontalna pumpa
713-001/01	1	Cirkulacijska pumpa separacije ulja glavnog motora br. 1	230 m <sup>3</sup> /h 4,5 bar	Centrifugalna, vertikalna, uronjena pumpa
713-001/02	1	Cirkulacijska pumpa separacije ulja glavnog motora br. 2	230 m <sup>3</sup> /h 4,5 bar	Centrifugalna, vertikalna, uronjena pumpa
713-009	1	Drenažni tank za propuhivanje zrakom gl. motora	Oko 0,7 m <sup>3</sup>	
721-001/01	1	Pumpa rashladne vode glavnog motora br. 1	220 m <sup>3</sup> /h 2,5 bar	Centrifugalna, vertikalna pumpa
721-001/02	1	Pumpa rashladne vode glavnog motora br. 2	220 m <sup>3</sup> /h 2,5 bar	Centrifugalna, vertikalna pumpa
721-001/03	1	Pumpa rashladne vode glavnog motora br. 3	220 m <sup>3</sup> /h 2,5 bar	Centrifugalna, vertikalna pumpa
756-001/01	1	Napojna pumpa vode kotla loženog naftom br. 1	28 m <sup>3</sup> /h 13,0 bar	Centrifugalna pumpa
756-001/02	1	Napojna pumpa vode kotla loženog naftom br. 2	28 m <sup>3</sup> /h 13,0 bar	Centrifugalna pumpa
756-002/01	1	Napojna pumpa vode kompozitnog kotla loženog naftom br. 1	10 m <sup>3</sup> /h 12,0 bar	Centrifugalna pumpa
756-002/02	1	Napojna pumpa vode kompozitnog kotla loženog naftom br. 2	10 m <sup>3</sup> /h 12,0 bar	Centrifugalna pumpa
756-003	1	Transfer pumpa napojne vode	3 m <sup>3</sup> /h 5,0 bar	Centrifugalna pumpa
761-002	1	Pumpa morske vode generatora slatke vode	50,4 m <sup>3</sup> /h 4,2 bar	
803-001	1	Pumpa opće službe i kaljuže	140 m <sup>3</sup> /h 2,0 bar	Vertikalna centrifugalna pumpa električki pogonjena
803-002	1	Pumpa opće službe pjene/požara/kaljuže	250/140 m <sup>3</sup> /h 12/2,8 bar	Vertikalna centrifugalna pumpa električki pogonjena
803-003	1	Membranska kaljužna pumpa	5 m <sup>3</sup> /h 2,0 bar	Membranska pumpa
803-004	1	Kaljužni separator	5 m <sup>3</sup> /h	
813-001/01	1	Pumpa požara i pranja palube br. 1	180 m <sup>3</sup> /h 12,0 bar	Centrifugalna, vertikalna pumpa
813-001/02	1	Pumpa požara i pranja palube br. 2	180 m <sup>3</sup> /h 12,0 bar	Centrifugalna, vertikalna pumpa

## 5. MREŽNI DIJAGRAM

### 5.1. Uvod u mrežni dijagram

Mrežni dijagram prikazuje grafički prikaz svake aktivnosti, te njihov tok koji je povezan s ostalim aktivnostima. Kako projekt ima puno aktivnosti koje se trebaju izvršiti, zahtjeva složeniji proces upravljanja i njenu vezu. Mrežni dijagram pokazuje svaku aktivnost projekta, gdje menadžerima uveliko olakšava njihovo praćenje svake aktivnosti i procjenu završetka projekta kroz svaku fazu.

Upotreba mrežnog dijagrama pomaže u organizaciji, planiranju i kontroli projekta. U svakom trenutku se može pratiti određena projektna aktivnost koja sudjeluje u radu izvršetka projekta koja uveliko olakšava kontrolu i praćenje istog. Samim time se može provjeravati napredak u projektu.

Postoje dvije glavne vrste mrežnih dijagrama u kontroliranju projekta:

1. Metoda dijagrama sa strelicama (Arrow Diagram method, ADM)
2. Metoda dijagrama prednosti (Precedence Diagram Method, PDM)

Prva metoda dijagrama sa strelicama je vrsta mrežnog dijagrama koja upotrebljuje strelice za prikaz aktivnosti projekta, a one su spojene preko međusobnog povezanog čvora. Rep strelice prikazuje početak aktivnosti, dok glava strelice prikazuje završetak. Dužina strelice je obično u razmjeru trajanja aktivnosti. To znači ako je strelica duža, samim time je i aktivnost duža i obrnuto. Svaka strelica povezuje dvije aktivnosti, koje su poznate kao „čvorovi“.

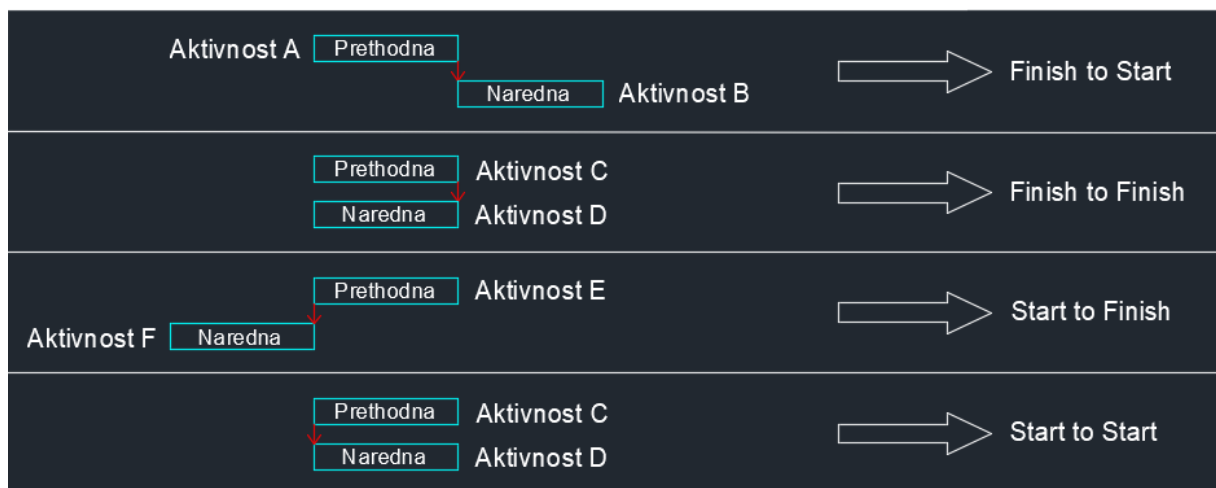
U ovoj metodi, mrežna strelica prikazuje samo odnos FS (Finish – to – Start) između dvije aktivnosti projekta, što daje u uvid da naredna aktivnost može tek započeti po završetku prethodne obavljene aktivnosti. Prednost metode ADM je u jednostavnom, te u priličnom brzom prikazu koji ne zahtjeva previše vremena u samoj izradi. Nedostatak ove metode je u tome što nema mogućnost da se u dijagram uvrsti ubrzanje i kašnjenje aktivnosti bez ubacivanja novih elemenata.

U ovom diplomskom radu koristit će se metoda dijagrama prednosti, gdje čvorovi predstavljaju međusobno povezane aktivnosti sa strelicama. Ova metoda uključuje četiri moguća odnosa:



1. Finish to Start – FS (kraj – početak) – sljedeća aktivnost (B) ne može krenuti sve dok se prethodna aktivnost (A) ne završi
2. Finish to Finish – FF (kraj – kraj) – dvije aktivnosti (C i D) se završe u isto vrijeme
3. Start to Finish – SF (početak – kraj) – završetak naredne aktivnosti (F) ovisi o početku prethodne aktivnosti E
4. Start to Start – SS (početak – početak) – dvije aktivnosti (G i H) mogu započeti u isto vrijeme

Na sljedećoj slici, biti će prikazan međusobni odnosi svih četiri navedenih metoda, redosljed će biti isti.



Slika 5.1. Međuodnosi aktivnosti

Metoda dijagrama prednosti, korisna je za praćenje vremena izvođenja potrebnih aktivnosti, koja omogućuje ubrzanja (Lead) i kašnjenja (Lag) svake aktivnosti. Također daje jasnu ideju u planu, rasporedu i obimu posla i mogućnost optimiziranja projekta.

## 5.2. Izrada mrežnog dijagrama

Nakon što je napravljen popis opreme krova dvodna u strojarnici, potrebno je napraviti popis aktivnosti i potrebne resurse te definirati vrijeme trajanja određene aktivnosti. Koristiti će se program MS Project u kojem će biti izrađen plan projekta za opremanje. Svaka aktivnost će biti uvrštena u zasebnu ćeliju i definirana s vremenom trajanja u danima.

U programu MS Project, aktivnosti se dijele na tri tipa:

1. Aktivnosti s fiksnim resursima
2. Aktivnosti s fiksnim radom (radnim danima ili satima)
3. Aktivnosti s fiksnim trajanjem

Za ovaj slučaj trenutno su odabrane aktivnosti s fiksnim trajanjem, jer će ovaj gantogram poslužiti kao inicijalni plan te će se na temelju njega kasnije dobiti detaljnija verzija plana i ostale varijacije koje će biti s fiksnim radnim satima.

Trajanje aktivnosti se može izračunati pomoću normativa brodogradilišta ili prema iskustvu brodograditelja. Druga navedena metoda će se koristiti za ovaj gantogram. Uobičajeno se koristi prva metoda, ali ona zahtjeva pristup normativu i izračun svake navedene aktivnosti. S obzirom da u ovom diplomskom radu nije zadan normativ, trajanje aktivnosti je određeno prema iskustvu. U daljnjim poglavljima će se napraviti varijacije te će se zadano trajanje aktivnosti računati kao aktivnosti s fiksnim radom.

Popis aktivnosti prvog slučaja za opremanje krova dvodna strojarnice će biti prikazan na sljedećoj slici, te će se na temelju njega napraviti više varijacija opremanja, kako bi se ubrzao isti proces.

		Task Name	Duration	Start	Cost	Work	Finish	Predecessors
1		OPREMANJE KROVA DVODNA STROJARNICE	235,6 days	Mon 12.12.22	105.563,20 €	3.164,8 hrs	Mon 6.11.23	
2		Montaža temelja	17 days	Mon 12.12.22	2.720,00 €	136 hrs	Tue 3.1.23	
37		Montaža strojeva i uređaja	13,6 days	Mon 26.12.22	2.611,20 €	108,8 hrs	Thu 12.1.23	2FS-7 days
72		Cjevarski radovi	85 days	Tue 3.1.23	29.920,00 €	680 hrs	Tue 2.5.23	37FS-7 days
76		Bravarski radovi	32 days	Tue 21.3.23	5.120,00 €	256 hrs	Thu 4.5.23	72FS-30 days
80		Električarski radovi	100 days	Tue 2.5.23	38.400,00 €	800 hrs	Tue 19.9.23	72
84		Limarski radovi	38 days	Tue 30.5.23	6.080,00 €	304 hrs	Fri 21.7.23	72FS+20 days
88		Izolaterski radovi	15 days	Wed 12.7.23	2.400,00 €	120 hrs	Wed 2.8.23	86
90		Ispitivanje	151 days	Fri 7.4.23	18.312,00 €	760 hrs	Mon 6.11.23	

Slika 5.2. Popis aktivnosti za prvi slučaj

Kod popisa aktivnosti, određeni su radni sati samog projekta koji iznose 3164,8 sati i vrijeme ukupnog opremanja od 235,6 dana. Na početku su definirani troškovi satnice za svakog radnika različite struke. U MS Projectu se mogu definirati i prekovremeni sati, ali u ovom slučaju je

uzeto u obzir samo standardni sati, koji ne uključuju prekovremene sate, što znači da radnik radi maksimalno 8 sati na dan. Radi lakše manipulacije u MS programu, uzete su satnice za pojedini tim. Na sljedećoj slici će biti prikazani troškovi satnice za pojedinačni tim radnika:

Resource Name	Type	Initials	Max. Units	Std. Rate
Bravari (2)	Work	B	100%	20,00 €/hr
Mehaničari (2)	Work	M	100%	24,00 €/hr
Cjevvari (4)	Work	C	100%	44,00 €/hr
Električari (4)	Work	E	100%	48,00 €/hr
Limari (2)	Work	L	100%	20,00 €/hr
Izolateri (2)	Work	I	100%	20,00 €/hr
Ispitivači/Mehaničari (1)	Work	VM	100%	12,00 €/hr
Ispitivači/cjevvari (3)	Work	VC	100%	33,00 €/hr
Kontrolori/Bravari (1)	Work	K/B	100%	10,00 €/hr
Ispitivači/Električari (2)	Work	VE	100%	24,00 €/hr
Kontrolori/Limari (1)	Work	K/L	100%	10,00 €/hr
Kontrolori/Izolateri (1)	Work	K/I	100%	10,00 €/hr

*Slika 5.3. Lista resursa za prvi slučaj*

Ukupni troškovi za opremanje strojarnice, na temelju radnih sati i definiranih troškova iznosi 105.563,20 eura.

U ovom slučaju za opremanje potrebno je više vrsti zanimanja odnosno radnika različite struke. Prilikom opremanja uzet će se u obzir da je jedno zanimanje, jedan tim ljudi. koristit će se metoda effort drivent gdje cijeli tim radi aktivnost. Ova metoda usmjerava sve resurse, odnosno radnike na jednu aktivnost s ciljem da bi bila što ranije završena. U svakom timu će biti po određeni tim radnika, te će također biti spomenuto da radni dan traje 8 sati. U nastavku će se definirati potreban broj radnika za prvi slučaj.

- Montaža temelja – bravarski tim od 2 radnika
- Montaža strojeva i uređaja – mehaničarski tim od 2 radnika
- Cjevarski radovi – cjevarski tim od 4 radnika
- Bravarski radovi – bravarski tim od 2 radnika
- Električarski radovi – električarski tim od 4 radnika
- Limarski radovi – limarski tim od 2 radnika
- Izolaterski radovi – izolaterski tim od 2 radnika

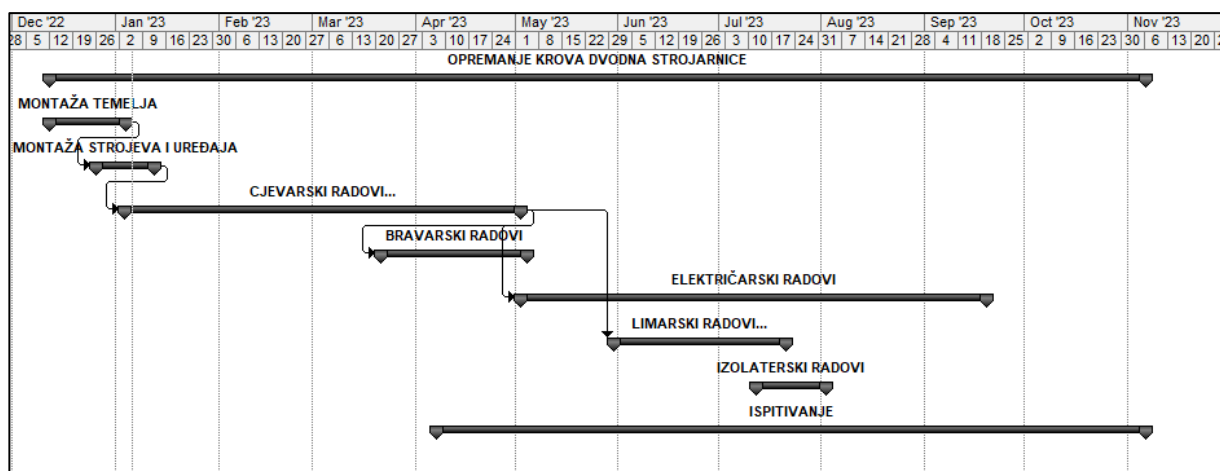
Ispitivanje se sastoji od više podaktivnosti koje uključuje više ispitivanja različitih radova kao što je:

- Ispitivanje rada strojeva i uređaja – 1 radnik
- Ispitivanje cjevovoda – 3 radnika
- Pregled bravarskih radova – 1 radnik
- Ispitivanje električarskih radova – 2 radnika
- Ispitivanje limarskih radova – 1 radnik
- Ispitivanje izolaterskih radova – 1 radnik

U ovom projektu (1.slučaj) opremanja sudjeluje ukupno 25 radnika različite struke te im je potrebno 235,6 dana da završe projekt. Kasnije će se vidjeti u izradi ostalih slučajeva, koliko će vremena biti potrebno da se završi isti, odnosno kad se povećaju resursi.

### 5.3. Gantogram za prvi slučaj

Program MS Project sam izrađuje potrebni gantogram na temelju upisanih aktivnosti koje su definirane sa željenim datumom početka. Gantogram služi za lakšu vizualizaciju tijeka projekta. Na sljedećoj slici će biti prikaz gantograma:



Slika 5.4. Gantogram za prvi slučaj

Iz prikazanog gantograma vidimo da se opremanje krova dvodna strojarnice započinje s montažom temelja za popisanu opremu iz prethodnog poglavlja. Nakon što tim bravara započne s montažom temelja, mehaničari počinju malo kasnije s montažom strojeva i uređaja. Iz ovog primjera vidimo kako se dvije aktivnosti paralelno izvode te se tim štedi vrijeme samog opremanja. Kada bravari postave temelje i završe sa svojim poslom, kreću cjevarski radovi, dok mehaničari polako završavaju svoju aktivnost. Cjevvari započinju s montažom prolaza, nosača i cijevi, te im se bravarski tim priključuje s montažom podnica, ljestvi i skala. Električarski radovi

započinju odmah čim cjevvari obave svoj dio zadatka, te je ova aktivnost međusobno ovisna s cjevarskim radovima. Električari kreću s pripremom za montažu kablskih prolaza i montažom kablskih staza, gdje u međuvremenu provlače kabele. Limarski radovi započinju malo kasnije nego električarski. Limari montiraju ventilacijske prolaze i kanale, i postavljaju zaštitu za strojeve i uređaje, te završavaju svoj posao dok električarski još traju. Također se paralelno odvijaju izolaterski radovi koji postavljaju izolaciju. S obzirom da ispitivanje nije ovisno s završetkom prethodnih aktivnosti, ono se odvija paralelno sa svim ostalim radnjama s kojim se ujedno i završava projekt.

#### **5.4. Definiranje kritičnog puta**

Kritični put je povezivanje aktivnosti od početnog do završnog događaja zadanog mrežnog dijagrama, pritom da je suma svih vremena aktivnosti najveća. Kritični put se izražava i mjeri s pomoću jedinice vremena, stoga aktivnost koja se nalazi na kritičnom putu se zove kritična aktivnost. U MS Projectu, kritični put se definira kao skup aktivnosti koje moraju biti izvršene u određenom vremenskom roku kako bi se projekt uspješno završio na vrijeme.

MS Project automatski identificira kritični put na temelju zadanih aktivnosti i njihovih trajanja, te ukupnog vremena potrebnog za završetak projekta. Mrežni dijagram pomaže za kontroliranje i praćenje projekta i definira se kao skup kružića koji se povezuje sa strelicama prema odabranom međuodnosu. Definiranje kritičnog puta je jedan od glavnih kriterija prilikom odabira optimalnog rješenja opremanja.

Gantogram i mrežni dijagram napravljeni su pomoću programa MS Project-a s kojim se lako izračunava kritična aktivnost, odnosno kritični put. Kritični put predstavlja aktivnosti u kojima nema vremenske rezerve, odnosno ne postoji vremena za kašnjenje aktivnosti. Ukoliko se na kritičnoj aktivnosti desi zastoj i ne izvrši se aktivnost u vremenu u kojoj je zamišljena, trajanje samog projekta će se automatski produžiti.

Za prvi slučaj definiran je kritični put, te postoji 5 kritičnih aktivnosti:

1. Montaža temelja
2. Montaža strojeva i uređaja
3. Cjevarski radovi
4. Električarski radovi
5. Ispitivanje električarskih radova

Na prilogu 1 će biti prikazan kritičan put za prvi slučaj, kako bi se jasno vidjela međusobna ovisnost zadanih aktivnosti koje su povezane. Iz priloga 1 se vidi kako su kritične aktivnosti pocrvenile, u odnosu na ostale koje su u plavoj boji i ne predstavljaju kritičnu aktivnost.

## 6. VARIJACIJE VIŠE PRISTUPA OPREMANJA KROVA DVODNA

Na temelju prvog slučaja, napraviti će se više varijanti opremanja krova dvodna strojarnice. Za drugi slučaj će se koristiti povećanje resursa odnosno veći broj radnika pri izvođenju same aktivnosti. Iz ovoga se može zaključiti da će se s povećanjem radnika, povećati i cijena samog opremanja. Treći slučaj će biti napravljen s povećanjem resursa, ali samo na određenoj aktivnosti, gdje će se kasnije promatrati omjer troškova i vrijeme potrebno za opremanje strojarnice. Za četvrti slučaj će se koristiti dva tima radnika, koji će biti raspodijeljeni na odabrane aktivnosti, odnosno aktivnosti će se preklapati.

Na sljedećoj tablici će biti prikazan popis slučajeva i broj radnika za svaki.

*Tablica 6.1. Popis svih slučajeva*

	Prvi slučaj - za 1 brigadu	Drugi slučaj - povećanje radnika na svim pozicijama u odnosu na slučaj 1 (%)	Treći slučaj - povećanje radnika u odnosu na slučaj 1 samo na određenoj aktivnosti (%)	Četvrti slučaj - povećanje radnika u odnosu na slučaj 1, uvođenje dvije brigade s preklapanjem (%)
Montaža temelja	2 radnika	50% (3 radnika)	0% (2 radnika)	100% (4 radnika)
Montaža strojeva i uređaja	2 radnika	50% (3 radnika)	0% (2 radnika)	100% (4 radnika)
Cjevarski radovi	4 radnika	75% (7 radnika)	50% (6 radnika)	100% (8 radnika)
Bravarski radovi	2 radnika	50% (3 radnika)	0% (2 radnika)	100% (4 radnika)
Električarski radovi	4 radnika	75% (7 radnika)	75% (7 radnika)	100% (8 radnika)
Limarski radovi	2 radnika	50% (3 radnika)	50% (3 radnika)	100% (4 radnika)
Izolaterski radovi	2 radnika	50% (3 radnika)	0% (2 radnika)	100% (4 radnika)
ISPITIVANJE				
Ispitivanje rada strojeva i uređaja	1 radnik	100% (2 radnika)	0% (1 radnik)	100% (2 radnika)
Ispitivanje cjevovoda	3 radnika	33% (4 radnika)	33% (4 radnika)	100% (6 radnika)
Pregled bravarskih radova	1 radnik	100% (2 radnika)	100% (2 radnika)	100% (2 radnika)
Ispitivanje električarskih radova	2 radnika	50% (3 radnika)	100% (4 radnika)	100% (4 radnika)
Ispitivanje limarskih radova	1 radnik	100% (2 radnika)	100% (2 radnika)	100% (2 radnika)
Ispitivanje izolaterskih radova	1 radnik	100% (2 radnika)	0% (1 radnik)	100% (2 radnika)

Izradom ovih novih varijanti, moći se na kraju rada zaključiti koji je najbolji pristup opremanju strojarnice na temelju dobivenih rezultata. Rezultati će se na kraju uspoređivati te će se izabrati optimalno rješenje. Cilj je zadovoljiti cijenu i skratiti potrebno vrijeme završetka projekta.

## 6.1. Drugi slučaj

U drugom slučaju broj radnika se povećavao na svim pozicijama kako je definirano u prethodnoj tablici, te će se sa sljedeće slike vidjeti koliko radnika sudjeluje u obavljanju aktivnosti te koliko iznosi njihova satnica. Kako se broj radnika povećao, tako su se povećale i satnice određenog tima po pojedinoj aktivnosti, tako je u prvom slučaju sudjelovalo 2 bravara te je njihova satnica iznosila 20 €/h, dok za drugi slučaj imamo 3 radnika te je njihova satnica 30 €/h.











		Resource Name	Type	Initials	Max. Units	Std. Rate
1		Bravari (3)	Work	B	150%	30,00 €/hr
2		Mehaničari (3)	Work	M	150%	36,00 €/hr
3		Cjevvari (7)	Work	C	175%	77,00 €/hr
4		Električari (7)	Work	E	175%	84,00 €/hr
5		Limari (3)	Work	L	150%	30,00 €/hr
6		Izolateri (3)	Work	I	150%	30,00 €/hr
7		Ispitivači/Mehaničari (2)	Work	IM	200%	24,00 €/hr
8		Ispitivači/cjevvari (4)	Work	IC	133%	44,00 €/hr
9		Kontrolori/Bravari (2)	Work	K/B	200%	20,00 €/hr
10		Ispitivači/Električari (3)	Work	IE	150%	36,00 €/hr
11		Kontrolori/Limari (2)	Work	K/L	200%	20,00 €/hr
12		Kontrolori/Izolateri (2)	Work	K/I	200%	20,00 €/hr

*Slika 6.1. Lista resursa za drugi slučaj*

U prvom slučaju pod ćelijom „Max. Units“ u stupcu su sve vrijednosti bile na 100%, dok se u ovom primjeru vidi njihovo povećanje. Za primjer, montažu temelja su radila 3 radnika, dok su u prvom slučaju radila 2 radnika. To znači da se broj ljudi u odnosu na prvi slučaj povećao za 50% te na temelju toga MS Project sam računa vrijeme trajanja aktivnosti, odnosno u ovom slučaju vrijeme aktivnosti se smanjuje zbog povećanja resursa. U prvom slučaju za montažu temelja gdje radi dvoje radnika potrebno je 17 dana da se postave temelji, dok se u drugom slučaju kada radi troje ljudi vrijeme smanjilo na 11,33 dana. Što znači da se vrijeme potrebno za montažu temelja skratilo za 33,35% u odnosu na prvi slučaj.



Broj radnih sati ostao je isti, te je on nepromjenjiv. Uvođenjem više radnika u aktivnosti povećavaju se i sami troškovi opremanja, ali se smanjuje vrijeme trajanja završetka aktivnosti. Kako su se resursi povećali na svakoj poziciji, tako se i vrijeme za svaku aktivnost smanjilo.

		Task Name	Duration	Start	Cost	Work	Finish	Predecessors
1		OPREMANJE KROVA DVODNA STROJARNICE	134,78 days	Mon 12.12.22	174.836,80 €	3.164,8 hrs	Fri 16.6.23	
2		Montaža temelja	11,33 days	Mon 12.12.22	4.080,00 €	136 hrs	Tue 27.12.22	
37		Montaža strojeva i uređaja	9,07 days	Fri 16.12.22	3.916,80 €	108,8 hrs	Thu 29.12.22	2FS-7 days
72		Cjevarski radovi	48,57 days	Tue 20.12.22	52.360,00 €	680 hrs	Fri 24.2.23	37FS-7 days
76		Bravarski radovi	21,33 days	Fri 13.1.23	7.680,00 €	256 hrs	Tue 14.2.23	72FS-30 days
80		Električarski radovi	57,14 days	Fri 24.2.23	67.200,00 €	800 hrs	Wed 17.5.23	72
84		Limarski radovi	28,67 days	Fri 24.3.23	9.120,00 €	304 hrs	Thu 4.5.23	72FS+20 days
88		Izolaterski radovi	10 days	Thu 27.4.23	3.600,00 €	120 hrs	Thu 11.5.23	86
90		Ispitivanje	101,14 days	Thu 26.1.23	26.880,00 €	760 hrs	Fri 16.6.23	

Slika 6.2. Popis aktivnosti za drugi slučaj

Iz priložene slike, vidi se ukupno vrijeme opremanja za drugi slučaj te ono iznosi 134,78 dana, dok za prvi slučaj opremanja je 235,6 dana. Na temelju izrade drugog slučaja, vidi se da je vrijeme trajanja opremanja smanjeno za 42,79% u odnosu na prvi slučaj, što je izrazito poboljšanje.


S obzirom da se povećao broj radnika s 25 na njih 41, cijena samog opremanja je porasla i ona iznosi 174.836,80 eura, te je to povećanje za 65,62% nego u prvom slučaju. Ovoliko povećanje cijene je malo preveliko te će se u daljnjem nastavku razmotriti da li je ovo najbolja metoda opremanja.

Povećanjem broja radnika, vrijeme se proporcionalno smanjivalo, te samim time ne dolazi do promjene u kritičnom putu, tako da je kritični put ostao nepromjenjiv što se može i vidjeti iz priloga 2. Kritični put se sastoji od istih aktivnosti kao i u prvom slučaju, a to su:

1. Montaža temelja
2. Montaža strojeva i uređaja
3. Cjevarski radovi
4. Električarski radovi
5. Ispitivanje električarskih radova

## 6.2. Treći slučaj











Ovaj slučaj je vrlo sličan kao i prethodni, odnosno kao drugi slučaj. U trećem slučaju su se povećavali resursi, ali ne konkretno na svakoj poziciji. U tablici 6.1. je prikazan postotak povećanja resursa, te na kojoj aktivnosti se on nalazi. Sa sljedeće slike može se vidjeti broj radnika po timu koji sudjeluje u izvršavanju aktivnosti, kao i njihove satnice. U ovom slučaju sudjeluje ukupno 36 radnika.

		Resource Name	Type	Initials	Max. Units	Std. Rate
1		Bravari (2)	Work	B	100%	20,00 €/hr
2		Mehaničari (2)	Work	M	100%	24,00 €/hr
3		Cjevvari (6)	Work	C	150%	66,00 €/hr
4		Električari (7)	Work	E	175%	84,00 €/hr
5		Limari (3)	Work	L	150%	30,00 €/hr
6		Izolateri (2)	Work	I	100%	20,00 €/hr
7		Ispitivači/Mehaničari (1)	Work	VM	100%	12,00 €/hr
8		Ispitivači/cjevvari (4)	Work	I	133%	44,00 €/hr
9		Kontrolori/Bravari (2)	Work	K	200%	20,00 €/hr
10		Ispitivači/Električari (4)	Work	I	200%	48,00 €/hr
11		Kontrolori/Limari (2)	Work	K/L	200%	20,00 €/hr
12		Kontrolori/Izolateri (1)	Work	K/I	100%	10,00 €/hr

Slika 6.3. Lista resursa za treći slučaj

Izrada ovoga slučaja će nam prikazati što se događa s trajanjem vremenske aktivnosti i njezinom cijenom kada se samo na određenoj aktivnosti poveća broj radnika. Pitanje je hoće li nam dati bolje ili lošije rezultate u odnosu za drugi slučaj. U ovom slučaju resursi su bili povećani samo na određenim aktivnostima kojima treba više vremena u izvođenju. Kao što su cjevarski radovi, električarski itd...

Na sljedećoj će slici biti prikazan popis aktivnosti i konačni rezultati trećeg slučaja.

		Task Name	Duration	Start	Cost	Work	Finish	Predecessors
1		OPREMANJE KROVA DVODNA STROJARNICE	147,41 days	Mon 12.12.22	164.339,20 €	3.164,8 hrs	Wed 5.7.23	
2		⊕ Montaža temelja	17 days	Mon 12.12.22	2.720,00 €	136 hrs	Tue 3.1.23	
37		⊕ Montaža strojeva i uređaja	13,6 days	Mon 26.12.22	2.611,20 €	108,8 hrs	Thu 12.1.23	2FS-7 days
72		⊕ Cjevarski radovi	56,67 days	Tue 3.1.23	44.880,00 €	680 hrs	Thu 23.3.23	37FS-7 days
76		⊕ Bravarski radovi	32 days	Thu 9.2.23	5.120,00 €	256 hrs	Mon 27.3.23	72FS-30 days
80		⊕ Električarski radovi	57,14 days	Thu 23.3.23	67.200,00 €	800 hrs	Mon 12.6.23	72
84		⊕ Limarski radovi	28,67 days	Thu 20.4.23	9.120,00 €	304 hrs	Tue 30.5.23	72FS+20 days
88		⊕ Izolaterski radovi	15 days	Wed 24.5.23	2.400,00 €	120 hrs	Wed 14.6.23	86
90		⊕ Ispitivanje	91,14 days	Tue 28.2.23	30.288,00 €	760 hrs	Wed 5.7.23	

Slika 6.4. Popis aktivnosti za treći slučaj

Vrijeme trajanja ukupne aktivnosti za treći slučaj je 147,41 dan, dok je za drugi slučaj 134,78 dan. U ovom slučaju vrijeme je skraćeno za 37,43% u odnosu na prvi slučaj, te je 10,93% više nego za drugi slučaj, što i ne predstavlja loš rezultat s obzirom da je 6 radnika manje nego u drugom slučaju.


U prvom slučaju početna cijena je bila 105.563,20 eura, dok je za ovaj ukupna cijena opremanja 164.339,20 eura. Vidi se povećanje cijene za 55,67% u odnosu na početnu, dok je za 6% manja u odnosu na drugi slučaj koji je iznosio 174.836,80 eura. Što se tiče cijenovne razlike i nema nekog pomaka prema boljoj varijanti, što u konačnici daje rezultat da se nije ništa znatno promijenilo povećavanjem resursa na određenoj aktivnosti.

Iz priloga 3 se može vidjeti kako se kritični put ni u ovom slučaju nije promijenio, te je ostao isti kao i u prethodnim slučajevima. To znači da nema dodatnih kritičnih aktivnosti, što ide u korist samom projektu.

### 6.3. Četvrti slučaj

Ovaj slučaj se razlikuje od prethodnih, te je on napravljen u drugačijoj varijanti. Koristilo se dva tima, umjesto jednog kao što je bilo u prethodnim varijacijama. Kao na primjer u prethodnim slučajevima je bio jedan tim bravara te su svi resursi bili angažirani na trenutnu aktivnost, tako zvana „Effort driven method“ gdje cijeli tim radi samo jednu aktivnost do njenog završetka, dok u ovom slučaju imamo dva tima bravara te se oni mogu usmjeriti na podjelu podaktivnosti.

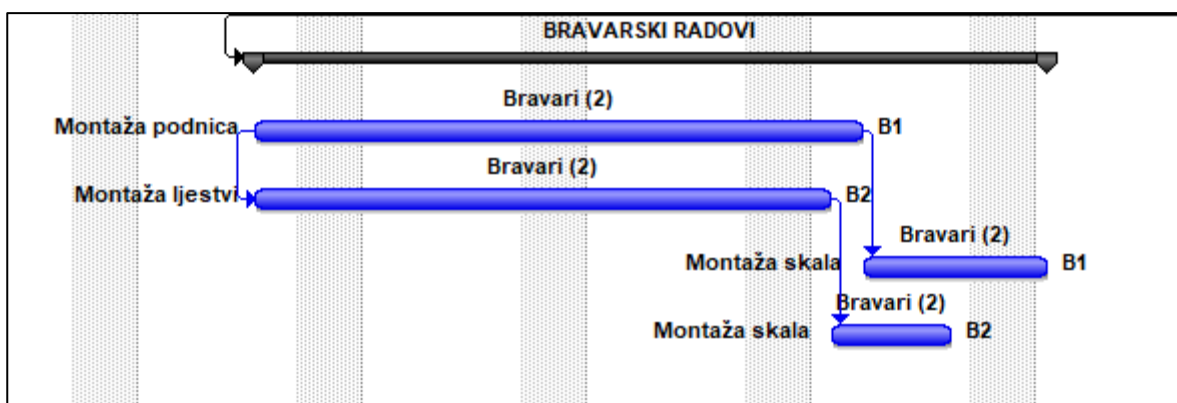
S obzirom da u ovom slučaju imamo više različitih timova, koristili su se njihovi inicijali za lakši pregled i kontrolu. Za primjer, bravari su podijeljeni u tim B1 i B2. Na sljedećoj slici će biti prikazana satnica za određene timove, te njihovi inicijali pod stupcem „Initials“.

		Resource Name	Type	Initials	Max. Units	Std. Rate
1		Bravari (2)	Work	B1	100%	20,00 €/hr
2		Bravari (2)	Work	B2	100%	20,00 €/hr
3		Mehaničari (2)	Work	M1	100%	24,00 €/hr
4		Mehaničari (2)	Work	M2	100%	24,00 €/hr
5		Cjevvari (4)	Work	C1	100%	44,00 €/hr
6		Cjevvari (4)	Work	C2	100%	44,00 €/hr
7		Električari (4)	Work	E1	100%	48,00 €/hr
8		Električari (4)	Work	E2	100%	48,00 €/hr
9		Limari (2)	Work	L1	100%	20,00 €/hr
10		Limari (2)	Work	L2	100%	20,00 €/hr
11		Izolateri (2)	Work	I1	100%	20,00 €/hr
12		Izolateri (2)	Work	I2	100%	20,00 €/hr
13		Ispitivači/Mehaničari (1)	Work	VM 1	100%	12,00 €/hr
14		Ispitivači/Mehaničari (1)	Work	VM 2	100%	12,00 €/hr
15		Ispitivači/cjevvari (3)	Work	VC 1	100%	33,00 €/hr
16		Ispitivači/cjevvari (3)	Work	VC 2	100%	33,00 €/hr
17		Kontrolori/Bravari (1)	Work	K/B 1	100%	10,00 €/hr
18		Kontrolori/Bravari (1)	Work	K/B 2	100%	10,00 €/hr
19		Ispitivači/Električari (2)	Work	VE 1	100%	24,00 €/hr
20		Ispitivači/Električari (2)	Work	VE 2	100%	24,00 €/hr
21		Kontrolori/Limari (1)	Work	K/L 1	100%	10,00 €/hr
22		Kontrolori/Limari (1)	Work	K/L 2	100%	10,00 €/hr
23		Kontrolori/Izolateri (1)	Work	K/I 1	100%	10,00 €/hr
24		Kontrolori/Izolateri (1)	Work	K/I 2	100%	10,00 €/hr

Slika 6.5. Lista resursa za četvrti slučaj

Raspodjela poslova znači da jedan tim radi „Montažu podnica“ dok drugi tim u isto vrijeme kreće raditi „Montažu ljestvi“. Nakon što tim B1 završi sa svojom aktivnošću, kreće u montažu skala, dok drugi tim B2 također kreće u montažu skala dok obavi svoju prethodnu aktivnost. Ovakvom raspodjelom poslova se znatno štedi vrijeme samog opremanja.

Radi lakšeg shvaćanja i pregleda predočit će se gantogram o obavljaju aktivnosti za ovaj primjer. S lijeve strane je napisana aktivnost koja se obavlja, dok sa desne strane imamo inicijale timova bravara B1 i B2.



Slika 6.6. Raspodjela poslova po timovima

Kod ovog slučaja imamo preklapanje poslova, što uveliko smanjuje vrijeme samog projekta. Ovo je idealan slučaj u kojem se pretpostavlja da samo brodogradilište ima dovoljan kapacitet ljudi za izvođenje aktivnosti. Na temelju toga je napravljena nova varijanta opremanja.

		Task Name	Duration	Start	Cost	Work	Finish	Predecessors
1		OPREMANJE KROVA DVODNA STROJARNICE	142,8 days	Mon 12.12.22	105.563,20 €	3.164,8 hrs	Wed 28.6.23	
2		Montaža temelja Brigada 1	8,5 days	Mon 12.12.22	1.360,00 €	68 hrs	Thu 22.12.22	
20		Montaža temelja Brigada 2	8,5 days	Mon 12.12.22	1.360,00 €	68 hrs	Thu 22.12.22	19FS-8,5 days
38		Montaža strojeva I uređaja Brigada 1	6,8 days	Tue 13.12.22	1.305,60 €	54,4 hrs	Thu 22.12.22	2FS-7 days
56		Montaža strojeva I uređaja Brigada 2	6,8 days	Tue 13.12.22	1.305,60 €	54,4 hrs	Thu 22.12.22	20FS-7 days
74		Cjevarski radovi	47,5 days	Tue 13.12.22	29.920,00 €	680 hrs	Thu 16.2.23	38FS-7 days
79		Bravarski radovi	16,5 days	Thu 5.1.23	5.120,00 €	256 hrs	Mon 30.1.23	74FS-30 days
84		Električarski radovi	60 days	Thu 16.2.23	38.400,00 €	800 hrs	Thu 11.5.23	74
89		Limarski radovi	21 days	Thu 16.3.23	6.080,00 €	304 hrs	Fri 14.4.23	74FS+20 days
94		Izolaterski radovi	7,5 days	Fri 14.4.23	2.400,00 €	120 hrs	Wed 26.4.23	91
97		Ispitivanje	111 days	Tue 24.1.23	18.312,00 €	760 hrs	Wed 28.6.23	

Slika 6.7. Popis aktivnosti za četvrti slučaj

Uvođenjem više timova, te njihova raspodjela poslova donijela je prilično dobre rezultate u samom projektu. Razlog tome je što dva tima ima mogućnost raditi dvije različite aktivnosti u isto vrijeme neometano.

Ukupni troškovi za opremanje strojarnice u ovom slučaju iznose 105.563,20 eura što daje isti rezultat kao i u prvobitnom slučaju. Dok se u drugom i trećem cijena znatno povećala, što ne ide u prilog za odabir optimalne varijante. Iz ovoga se može zaključiti da uvođenje više timova ne prouzrokuje dodatne troškove. Vrijeme opremanja iznosi 142,8 dana što je najmanje od svih ostalih, što je čak za 39,38% manje u odnosu na prvi slučaj.

Ovakvom raspodjelom poslova po timovima, kritični put se promijenio naspram ostalih slučajeva. U ostalim slučajevima sve kritične aktivnosti koje su bile nabrojane, su imale i sve podaktivnosti kritične, što se može vidjeti u prilogima 1,2 i 3. U ovom slučaju su neke aktivnosti ostale kritične, ali su se izbacile njihove podaktivnosti iz kritičnog puta te su one postale plave boje te ne predstavljaju kritičnu aktivnost što je vidljivo na prilogu 4. Najbolji primjer je kod cjevarskih radova, gdje se raspodjelom montaže cijevi podijelilo na dva tima, i tako tim 1 nije u kritičnom putu, te imaju vremensku rezervu za završetak montaže.

Kritični put za 4. slučaj sadrži sljedeće aktivnosti:

1. Montaža temelja brigada 1
2. Montaža strojeva i uređaja brigada 1
3. Cjevarski radovi
4. Električarski radovi
5. Ispitivanje električarskih radova

## 7. IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE


Nakon prethodnih poglavlja koja služe za uvod konačnih rezultata i odabir optimalnog rješenja napraviti će se detaljna analiza svih slučajeva. Glavni kriterij izrade novih slučajeva je skraćivanje vremena te pritom da cijena samih troškova ne naraste previše. Potrebno je obratiti pozornost na kritične putove u samom projektu, ali pošto se kritični putovi u svim slučajevima ne mijenjaju znatno, neće se previše pozornosti pridavati tome.

Vrijeme za opremanje strojarnice je ključni kriterij analize za odabir optimalnog slučaja. Što je kraće vrijeme opremanje to je i bolji rezultat samog slučaja. Opremanje je prethodno definirano s tri varijable koje su međusobno zavisne, a to su:

1. Radni sati
2. Vrijeme trajanja
3. Resursi

Pošto su radni sati ostali konstantni u svim slučajevima, a upravljanje resursima se mijenjalo, konačni rezultat je vrijeme trajanja opremanja strojarnice. Vrijeme potrebno za opremanje je prethodno definirano te se ono iskazuje u danima, dok se satima predstavlja radni sati. Na temelju toga će se uspoređivati krajnji rezultati slučajeva.

Resurse čine radnici različite struke (bravari, električari, mehaničari, limari...itd) koji su brojčano u svakom slučaju različiti. Na sljedećoj slici će biti prikazan popis svih resursa koji sudjeluju u opremanju i njihove definirane satnice po pojedincu.

		Resource Name	Type	Initials	Max. Units	Std. Rate
1		Bravari	Work	B	100%	10,00 €/hr
2		Mehaničari	Work	M	100%	12,00 €/hr
3		Cjevvari	Work	C	100%	11,00 €/hr
4		Električari	Work	E	100%	12,00 €/hr
5		Limari	Work	L	100%	10,00 €/hr
6		Izolateri	Work	I	100%	10,00 €/hr
7		Ispitivači/Mehaničari	Work	IM	100%	12,00 €/hr
8		Ispitivači/cjevvari	Work	IC	100%	11,00 €/hr
9		Kontrolori/Bravari	Work	K/B	100%	10,00 €/hr
10		Ispitivači/Električari	Work	IE	100%	12,00 €/hr
11		Kontrolori/Limari	Work	K/L	100%	10,00 €/hr
12		Kontrolori/Izolateri	Work	K/I	100%	10,00 €/hr

Slika 7.1. Lista resursa općenito

## 7.1. Uspoređivanje rezultata i odabir optimalne varijante

Za odabir optimalnog slučaja, napraviti će se jedna tablica, kako bi se rezultati mogli lakše usporediti. Izračun postotaka će biti baziran u odnosu na prvi slučaj.

Tablica 7.1. Usporedba rezultata

Slučajevi	Vrijeme trajanja opremanja (dani)	Postotak skraćivanja vremena (%)	Ukupan broj resursa	Postotak rasta (%)	Cijena samog opremanja (€)	Postotak rasta cijene (%)
Prvi slučaj	235,60	-	25	-	105 563,20 €	-
Drugi slučaj	134,78	42.79 %	41	64,00 %	174 836,80 €	65.62%
Treći slučaj	147,41	37.43 %	36	44,00 %	164 339,20 €	55.67%
Četvrti slučaj	142,80	39.38 %	50	100,00 %	105 563,20 €	-

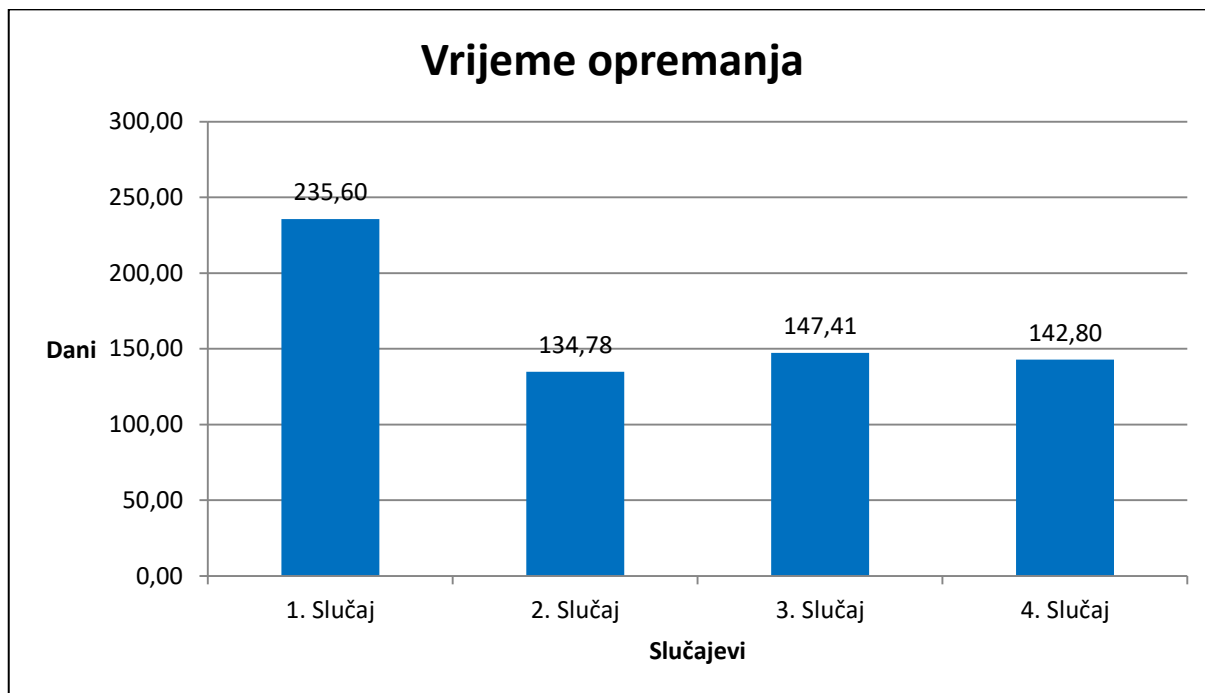
Iz tablice je vidljivo da su u svim slučajevima u odnosu na prvi, zadovoljeni vremenski kriteriji što je dobar rezultat. U drugom slučaju resursi su se povećavali na svakoj poziciji što je dovelo do smanjenja vremena opremanja, dok su u trećem slučaju resursi povećani samo na određenim pozicijama. Uspoređujući drugi i treći slučaj, ne vidi se previše razlike u njihovim rezultatima. Postotak skraćivanja vremena od 42.79% i 37.43% je vrlo dobar rezultat u odnosu na početni slučaj, međutim cijena oba slučaja je porasla za više od 50%. Kada se ne bi vodilo računa o cijeni troškova, drugi slučaj bi bio zasigurno najbolji odabir među svima napravljenim, no to nije realno stoga se mora pronaći još bolje rješenje.

Kod četvrtog slučaja je sudjelovao još jedan tim radnika, te samim time su se pojavile nove mogućnosti i donijele odlične rezultate. Aktivnosti su se mogle podijeliti i raditi paralelno s drugim timom. Kako svaki tim može raditi svoju aktivnost, nije došlo do međusobnog ometanja prilikom izvođenja radova. Uvođenjem dodatnog tima smanjilo se vrijeme opremanja za 39,38% i nisu se pojavili dodatni troškovi. Promatrajući sve napravljene varijante opremanja, četvrti slučaj se pokazao kao optimalan odabir. Nedostatak ove metode je ukoliko brodogradilište nema toliko raspoložениh ljudi potrebnih za opremanje strojnice.

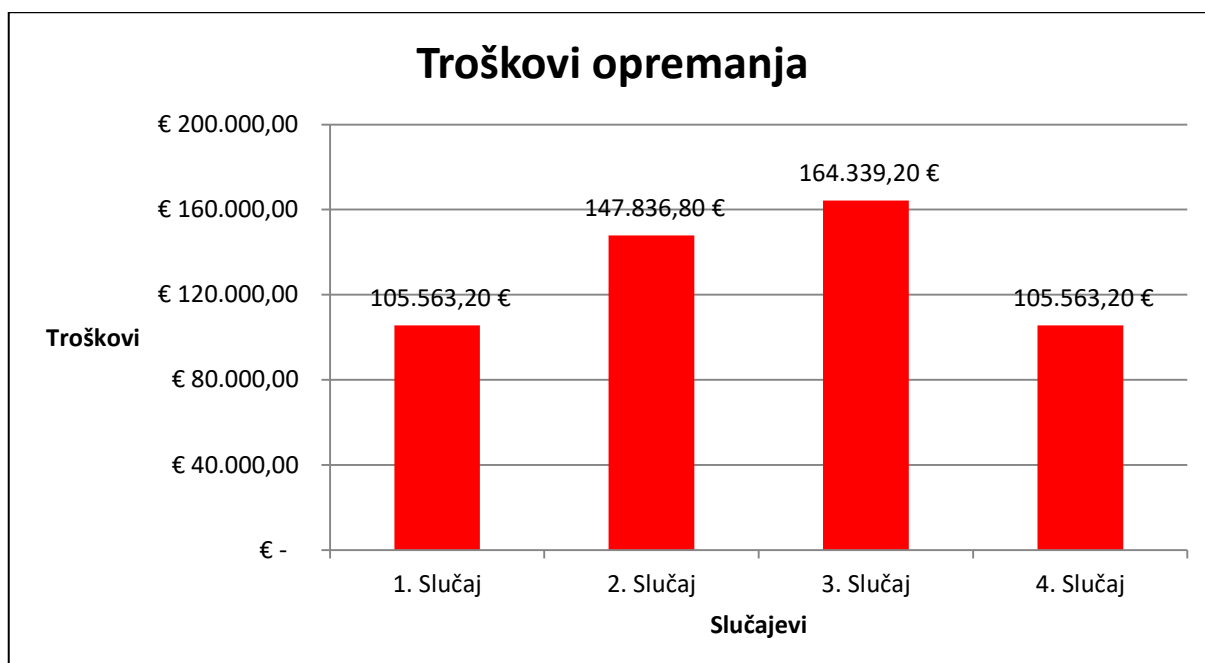


Također će se prikazati grafovi radi lakše vizualizacije rezultata. Prvi graf prikazuje sve slučajeve te njihovo vrijeme potrebno za opremanje, dok drugi graf predstavlja cijenu same izvedbe.

Graf 7.1. Prikaz vremena opremanja po slučajevima



Graf 7.2. Prikaz troškova opremanja po slučajevima



Gledajući grafove koji nam prikazuju vrijeme i troškove opremanja, može se vidjeti da četvrti slučaj ima najbolje rezultate od svih ostalih. Vrijeme opremanja iznosi 142,8 dana, dok je cijena troškova 105 563,20 €. Samim time četvrti slučaj je izabran kao optimalan slučaj za rješenje ovog problema.

## 8. ZAKLJUČAK

Sva prethodna poglavlja su poslužila približavanju zaključka ovoga rada, u kojem je obrađena teorija i praksa. Poglavlja su detaljno prikazala svrhu ovoga rada i ključne stvari za opremanje krova dvodna broda u strojarnici. Na početku je napravljen prvobitni gantogram i popis aktivnosti potrebne za opremanje same strojarnice uz pomoć vođenja komentora, te su definirani ulazni parametri. Gantogram je izrađen u softveru MS Project koji pruža detaljan plan aktivnosti opremanja i tehniku mrežnog dijagrama. Na temelju toga su samostalno izrađeni preostali slučajevi u cilju poboljšanja, odnosno skraćivanju vremena i cijene samog opremanja.

Izradom novih slučajeva uočen je odnos između kriterija vremena, resursa i radnih sati koje su definirane kao varijable. Radni sati su postavljeni kao fiksni, dok su resursi i vrijeme trajanja ostali promjenjivi. Mijenjanjem tih dviju varijabli (resursi i vrijeme trajanja) dolazi se do boljih rješenja i rezultata. Uvođenjem dodatnog tima u 4. slučaju smanjuje se vrijeme trajanja izvršenja aktivnosti dok se cijena ne mijenja i ostaje ista kao u prvobitnom slučaju. To je rezultiralo raspodjelom poslova po timu, gdje svaki tim izvršava svoju aktivnost.

Zaključak ovog rada je kako se uvođenjem više timova, te njihovom raspodjelom poslova može značajno uštedjeti na vremenu i cijeni. U ovom primjeru opremanje se obavlja prema zonama opremanja što je bitno da ne dolazi do međusobnog ometanja pri izvođenju radova, te zahvaljujući tome se može uvesti dodatan tim, ukoliko brodogradilište ima tu mogućnost.

## POPIS LITERATURE

- [1] Hadjina, M.: “Opremanje na brodu (zonsko opremanje)“, predavanje, Rijeka, 2018
- [2] Hadjina, M.: “Tehnološki proces gradnje trupa“, nastavni materijali, Tehnički fakultet, Rijeka, 2019
- [3] Matulja, T.: „Zonsko opremanje“ , predavanja iz kolegija „Opremanje i remont broda”
- [4] Matulja, T.: „Cjevarski radovi“ , predavanja iz kolegija „Opremanje i remont broda”
- [5] Malić, M.: “Bravarska i limarska radionica u procesu opremanja broda“, završni rad, Tehnički fakultet, Rijeka, 2016
- [6] Lisičić, P.: “Analiza opremanja sekcije trupa broda“, diplomski rad, Tehnički fakultet, Rijeka, 2022
- [7] Mladineo, M.: “Tehnike mrežnog planiranja u upravljanju projektima“, predavanje, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split, 2020
- [8] Interni podaci brodogradilišta 3. Maj, Rijeka

## SAŽETAK

Ovaj diplomski rad pokušava objasniti problematiku i složenost opremanja krova dvodna strojanice i proces opremanja. U radu je definirana dokumentacija za opremanje, te različite struke ljudi koje sudjeluju u izvođenju aktivnosti. Napravljen je prvobitni plan opremanja krova dvodna strojanice uz vođenje komentora u programu MS Project-u, te se na temelju toga radilo još dodatna 3 slučaja u nastojanju poboljšanja verzije i odabiru optimalnog slučaja. Za svaki pojedini slučaj navedene su aktivnosti i njihovi međusobni odnosi, kao i njihov redoslijed. Aktivnostima su pridruženi resursi i njihovo vrijeme trajanja te je definirana cijena rada za svaki slučaj. Kriteriji odabira optimalnog opremanja su vrijeme i cijena troškova koji su zadovoljeni u slučaju 4. Pomoću definiranog optimalnog slučaja donose se zaključci o unapređenju samog procesa i o mogućem nastavku istraživanja vezanog za tu temu.

Ključne riječi: dokumentacija, popis opreme, opremanje krova dvodna strojanice, MS Project, kritični put, raspodjela poslova, optimalni slučaj

## **ABSTRACT**

This master's thesis tries to explain the problems and complexity of equipping the double-bottom engine room roof and the process of equipping it. The paper defines the documentation for the equipment, and the different professions of the people who participate in the performance of the activities. An initial plan for equipping the roof of the double-bottom machine room was created with the guidance of the commenter in the MS Project program, and based on this, 3 additional cases were worked on in an effort to improve the version and select the optimal case. For each individual case, the activities and their mutual relations, as well as their order, are listed.

Activities are associated with resources and their duration, and the price of work is defined for each case. The criteria for choosing the optimal equipment are the time and the price of the costs, which are satisfied in case 4. Using the defined optimal case, conclusions are drawn about the improvement of the process itself and about the possible continuation of research related to that topic.

Keywords: documentation, list of equipment, equipping the roof of the double engine room, MS Project, critical path, distribution of work, optimal case

## **PRILOZI**

Prilog 1 – prvi slučaj

Prilog 2 – drugi slučaj

Prilog 3 – treći slučaj

Prilog 4 – četvrti slučaj