

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci - Kopravnica - državna granica

Čubaković, Josip

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:237:953564>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-23**

Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Josip Čubaković

**PRIKAZ I ANALIZA TEHNOLOGIJE IZVOĐENJA
RADOVA NA PROJEKTU REKONSTRUKCIJE
POSTOJEĆEG I IZGRADNJE DRUGOG
KOLOSIJEKA NA DIONICI KRIŽEVCI –
KOPRIVNICA – DRŽAVNA GRANICA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, RUJAN 2024



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Josip Čubaković

**PRIKAZ I ANALIZA TEHNOLOGIJE IZVOĐENJA
RADOVA NA PROJEKTU REKONSTRUKCIJE
POSTOJEĆEG I IZGRADNJE DRUGOG
KOLOSIJEKA NA DIONICI KRIŽEVCI –
KOPRIVNICA – DRŽAVNA GRANICA**

DIPLOMSKI RAD

Matej Mihić

Zagreb, rujan 2024



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Josip Čubaković

**DEPICTION AND ANALYSIS OF CONSTRUCTION
TECHNOLOGIES USED TO RECONSTRUCT THE
EXISTING AND CONSTRUCTION OF THE
SECOND RAILWAY TRACK, SECTION KRIŽEVCI –
KOPRIVNICA – DRŽAVNA GRANICA**

MASTER THESIS

Matej Mihić

Zagreb, rujan 2024



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA DIPLOMSKOG RADA

Student/ica :

Josip Čubaković

(Ime i prezime)

0082063050

(JMBAG)

zadovoljio/la je na pisanom dijelu diplomskog rada pod naslovom:

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci - Koprivnica - državna granica

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

Depiction and analysis of construction technologies used to reconstruct the existing and construction of the second railway track, section Križevci - Koprivnica - državna granica

(Naslov teme diplomskog rada na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o završnom ispitu i diplomskom radu Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta.

Pisani dio diplomskog rada izrađen je u sklopu znanstvenog projekta: (upisati ako je primjenjivo)

(Naziv projekta, šifra projekta, voditelj projekta)

Pisani dio diplomskog rada izrađen je u sklopu stručne prakse na Fakultetu: (upisati ako je primjenjivo)

(Ime poslodavca, datum početka i kraja stručne prakse)

Datum:

16.09.2024.

Mentor:

doc.dr.sc. Matej Mihić

Potpis mentora:

Komentor:



OBRAZAC 4

IZVJEŠĆE MENTORA O PROVEDENOJ PROVJERI IZVORNOSTI
PISANOG DIJELA DIPLOMSKOGA RADA



Ime i prezime studenta:

Josip Čubaković

JMBAG:

0082063050

Naslov teme diplomskog rada (HR):

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosjeka na dionici Križevci - Koprivnica

Ukupna podudarnost:

21

Izvori s interneta:

19

Publikacije:

0

Studentski radovi:

10

Ime i prezime mentora:

doc.dr.sc. Matej Mihić

Mišljenje mentora (rad (ne)zadovoljava uvjete izvornosti) s obrazloženjem:

Rad zadovoljava, podudarnosti su u manjim postotcima i referencirane su.

Datum:

16.09.2024.

Potpis mentora:



OBRAZAC 5

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja :

Josip Čubaković, 0082063050

(Ime i prezime, JMBAG)

student/ica Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta ovim putem izjavljujem da je moj pisani dio diplomskog rada pod naslovom:

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci - Koprivnica - državna granica

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio/la drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Datum:

18.9.2024.

Potpis:

Josip Čubaković



OBRAZAC 6

IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA DIPLOMSKOG RADA

Ja:

Josip Ćubaković, 25802205643

(Ime i prezime, OIB)

ovom izjavom potvrđujem da sam autor/ica predanog pisanog dijela diplomskog rada i da sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti odgovara sadržaju dovršenog i obranjenog pisanog dijela diplomskog rada pod naslovom:

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci - Koprivnica - državna granica

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

koji je izrađen na sveučilišnom diplomskom studiju Građevinarstvo Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta pod mentorstvom:

Matej Mihić

(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

20.09.2024.

(Datum obrane)

Suglasan/suglasna sam da pisani dio diplomskog rada u cijelosti bude javno dostupan, te da se trajno pohrani u digitalnom repozitoriju Građevinskog fakulteta, repozitoriju Sveučilišta u Zagrebu te nacionalnom repozitoriju.

Datum:

18.09.2024.

Potpis:

Josip Ćubaković

SAŽETAK

Tema ovog diplomskog rada je prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica. Projekt izvedbe željezničke trase i njenih popratnih objekata vrijedan je 320,9 milijuna eura. Cilj rada je pružiti sveobuhvatan pregled tehnologija korištenih u ovom projektu te analizirati njihov utjecaj na izvedbu radova. Također je analizirana i prikazana tehnologija izvođenja radova na pet ključnih objekata smještenih na željezničkoj trasi. U prvom dijelu rada predstavljeni su opći podaci o projektu, uključujući tehničke specifikacije i financijske aspekte. Zatim je detaljno analizirana tehnologija korištena u željezničkoj gradnji, s naglaskom na inovativne metode i mehanizaciju. Kroz analizu su identificirane prednosti i nedostaci korištenih tehnologija.

Ključne riječi: tehnologija građenja; željeznica; mostogradnja; analiza; građevinski strojevi;

SUMMARY

The topic of this graduate thesis is the presentation and analysis of the construction technology used in the project reconstruction of the existing and construction of the second track on the Križevci – Koprivnica – state border section. The project, which includes the construction of the railway line and its accompanying structures, is valued at 320.9 million euros. The aim of the thesis is to provide a comprehensive overview of the technologies used in this project and to analyze their impact on the execution of the works. The technology used in the construction of five key structures located on the railway line is also analyzed and presented. The first part of the thesis presents general information about the project, including technical specifications and financial aspects. Then, the technology used in railway construction is analyzed in detail, with an emphasis on innovative methods and mechanization. Through the analysis, the advantages and disadvantages of the used technologies were identified.

Key words: technology of railway construction; railways; bridge building; analysis; construction machinery;

SADRŽAJ

SAŽETAK	iv
SUMMARY	v
SADRŽAJ	vi
1 UVOD	1
2 OPIS PROJEKTA IZGRADNJE REKONSTRUKCIJE POSTOJEĆEG I IZGRADNJE DRUGOG KOLOSIJEKA NA DIONICI KRIŽEVCI-KOPRIVNICA-DRŽAVNA GRANICA	2
2.1 Lokacija i značaj projekta	2
2.2 Općenito o projektu	3
2.3 Sudionici u projektu	3
2.4 Cilj projekta	4
3 TEHNIČKI OPIS	6
3.1 Opis trase	6
3.1.1 Uzdužni profil trase	13
3.1.2 Normalni poprečni profil trase	13
3.1.3 Elastičnost kolosijeka	16
3.1.4 DTT	16
3.1.5 Skretnice	16
3.1.6 Donji ustroj u vodozaštitnom području	17
3.1.7 Odvodnja željezničke pruge	17
3.1.7.1 Zemljani jarak	17
3.1.7.2 Betonski jarak Tip I i Tip II	18
3.2 Objekti na trasi	19
3.2.1 Vijadukt „Carevdar“	19
3.2.1.1 Stupište	22
3.2.1.2 Upornjaci U0 i U24	22
3.2.1.3 Glavni rasponski sklop	23
3.2.1.4 Oprema vijadukta - Ležajevi	23
3.2.1.5 Oprema vijadukta – Prijelazne (dilatacijske) naprave vijadukta.	23
3.2.1.6 Oprema vijadukta – Pješačka ograda i zvučne barijere	24
3.2.1.7 Oprema vijadukta – Servisna staza	24
3.2.2 Nadvožnjak „Lepavina 1“	24
3.2.2.1 Opis nosivog sklopa	25
3.2.2.2 Oprema nadvožnjaka	26
3.2.2.3 Oprema željezničke pruge – pješački hodnik	26
3.2.2.4 Oprema željezničke pruge – elektroinstalacije željezničke pruge	26
3.2.2.5 Zastor	26

3.2.3	Nadvožnjak „Lepavina 2“	27
3.2.3.1	Opis nosivog sklopa	28
3.2.3.2	Oprema	33
3.2.3.3	Oprema željezničke pruge	33
3.2.3.4	Zastor	33
3.2.4	Galerija Velika Mučna	33
3.2.4.1	Opis nosivog sklopa	34
3.2.4.2	Oprema galerije Velika Mučna	35
3.2.5	Pločasti Propust u km 37+936,39	36
3.2.5.1	Opis nosivog sklopa	36
4	Tehnologija i logistika izvedbe radova	38
4.1	Tehnologija gradnje željeznica.....	38
4.1.1	Uvod i povijest gradnje željeznica	38
4.1.1.1	Gradnja željeznica prije mehanizacije	40
4.1.2	Općenito o željeznicama.....	43
4.1.2.1	Elektrifikacija pruga i njene prednosti.....	44
4.1.2.2	Dugi trak tračnica (DTT)	45
4.1.2.3	Zavarivanje tračnica.....	45
4.1.3	Donji ustroj	46
4.1.3.1	Donji ustroj – izrada nasipa	47
4.1.3.2	Donji ustroj – posteljica	49
4.1.3.3	Donji ustroj – deformacije posteljica.....	50
4.1.3.4	Donji ustroj – deformacije trupa pruge.....	52
4.1.3.5	Donji ustroj – sanacije zemljanog trupa pruge.....	54
4.1.3.6	Donji ustroj – potporni i uporni zidovi.....	54
4.1.3.7	Donji ustroj – odvodnja trupa pruge	56
4.1.4	Gornji ustroj.....	59
4.1.4.1	Gornji ustroj – željeznički zastor	60
4.1.4.2	Gornji ustroj – pragovi	60
4.1.4.3	Gornji ustroj – tračnice s kolosiječnim priborom	62
4.1.4.4	Specifičnosti trasiranja pruga za velike brzine.....	64
4.2	Tehnologija izvedbe mostova	65
4.2.1	Monolitni postupak gradnje	65
4.2.1.1	Izvedba na fiksnim skelama	65
4.2.1.2	Izvedba na pokretnim skelama.....	66
4.2.1.3	Izvedba na lansirnim skelama.....	66
4.2.2	Montažni postupak gradnje.....	66
4.2.3	Polumontažni postupak gradnje.....	67

5	Prikaz i analiza primijenjenih tehnologija izvođenja radova	68
5.1	Iskaz stavki po količinama radova.....	68
5.1.1	Željeznička pruga etapa A.....	68
5.1.2	Vijadukt Carevdar	69
5.1.3	Nadvožnjak Lepavina 1	72
5.1.4	Nadvožnjak Lepavina 2	74
5.1.5	Galerija Velika Mučna	75
5.1.6	Propust.....	77
5.2	Razrada tehnologije izvođenja radova po vrstama	79
5.2.1	Razrada tehnologije izvođenja radova na željezničkoj prugi etapa A	79
5.2.1.1	Pripremni radovi na željezničkoj prugi	79
5.2.1.2	Zemljani radovi na željezničkoj prugi.....	80
5.2.1.3	Geotehnički radovi na željezničkoj prugi.....	81
5.2.1.4	Radovi na gornjem ustroju na željezničkoj prugi.....	81
5.2.2	Razrada tehnologije izvođenja radova na vijaduktu Carevdar	82
5.2.2.1	Pripremni radovi na vijaduktu Carevdar.....	82
5.2.2.2	Geotehnički radovi radovi na vijaduktu Carevdar	82
5.2.2.3	Armirano betonski radovi na vijaduktu Carevdar.....	84
5.2.2.4	Tesarski radovi na vijaduktu Carevdar.....	84
5.2.3	Razrada tehnologije izvođenja radova na nadvožnjaku Lepavina 1.....	85
5.2.3.1	Geotehnički radovi na nadvožnjaku Lepavina 1	85
5.2.3.2	Zemljani radovi na nadvožnjaku Lepavina 1.....	86
5.2.3.3	Betonski i armirački radovi na nadvožnjaku Lepavina 1.....	86
5.2.3.4	Tesarski radovi na nadvožnjaku Lepavina 1	87
5.2.4	Razrada tehnologije izvođenja radova na nadvožnjaku Lepavina 2.....	87
5.2.4.1	Geotehnički radovi na nadvožnjaku Lepavina 2	87
5.2.4.2	Zemljani radovi na nadvožnjaku Lepavina 2.....	88
5.2.4.3	Betonski i armirački radovi na nadvožnjaku Lepavina 2.....	88
5.2.4.4	Tesarski radovi na nadvožnjaku Lepavina 2	89
5.2.5	Razrada tehnologije izvođenja radova na Galeriji velika Mučna.....	89
5.2.5.1	Pripremni radovi na galeriji Velika Mučna.....	89
5.2.5.2	Zemljani radovi radovi na galeriji Velika Mučna.....	90
5.2.5.3	Geotehnički radovi radovi na galeriji Velika Mučna	90
5.2.5.4	Armirano betonski radovi na galeriji Velika Mučna	91
5.2.5.5	Tesarski radovi na galeriji Velika Mučna	92
5.2.6	Razrada tehnologije izvođenja radova na propustu.....	92
5.2.6.1	Geotehnički radovi na propustu	92
5.2.6.2	Zemljani radovi na propustu.....	93

5.2.6.3	Betonski i armirački radovi na propustu.....	93
5.2.6.4	Tesarski radovi na propustu	93
5.3	Tehnološke karte	95
5.3.1	Željeznica	95
5.3.2	Vijadukt Carevdar	95
5.3.3	Nadvožnjak Lepavina 1	95
5.3.4	Nadvožnjak Lepavina 2	95
5.3.5	Galerija Velika Mučna	95
5.3.6	Propust.....	95
5.4	Odabir mehanizacije i proračun učinka	96
5.4.1	Pripremni i zemljani radovi.....	96
5.4.2	Betonski radovi	102
5.4.3	Armirački radovi.....	103
5.4.4	Tesarski radovi	104
5.4.5	Montažni radovi.....	104
5.4.6	Radovi na gornjem ustroju	105
5.5	Proračun učinka	107
5.5.1	Pripremni i zemljani radovi.....	107
5.5.2	Betonski radovi	114
5.5.3	Armirački radovi.....	114
5.5.4	Tesarski radovi	116
5.5.5	Montažni radovi.....	117
5.5.6	Radovi na gornjem ustroju	118
5.6	Usklađivanje radnih grupa	119
5.6.1	Željeznica	119
5.6.2	Vijadukt Carevdar	121
5.6.3	Nadvožnjak Lepavina 1	125
5.6.4	Nadvožnjak Lepavina 2	128
5.6.5	Galerija Velika Mučna	131
5.6.6	Propust.....	134
5.7	Proračun trajanja aktivnosti	137
5.7.1	Željeznica	137
5.7.2	Vijadukt Carevdar	137
5.7.3	Nadvožnjak Lepavina 1	139
5.7.4	Nadvožnjak Lepavina 2	141
5.7.5	Galerija Velika Mučna	143
5.7.6	Propust.....	144
5.8	Gantogram	146

5.9	Analiza primjenjenih tehnologija.....	147
6	ZAKLJUČAK	148
	POPIS LITERATURE	149
	POPIS SLIKA	151
	POPIS TABLICA.....	153
	PRILOZI.....	154

1 UVOD

Projekt rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica predstavlja jedan od najznačajnijih infrastrukturnih projekata u Republici Hrvatskoj. Ovaj projekt, koji je dio šireg plana modernizacije željezničke mreže, ima za cilj unaprijediti prometnu povezanost i povećati kapacitet željezničkog prometa na ovoj važnoj dionici.

Postojeća jednokolosiječna željeznička pruga M 201 državna granica (DG) – Botovo – Dugo Selo je željeznička pruga duga 79,6 km te spaja Zagreb s mađarskom željezničkom mrežom. Pripada ogranku RH2 paneuropskog željezničkog prometnog koridora (Budimpešta - Gyékényes) – DG Mađarska/Hrvatska – Koprivnica – Dugo selo – Zagreb Glavni Kolodvor (GK) – Karlovac – Rijeka.

Projekt uključuje rekonstrukciju postojećeg kolosijeka i izgradnju drugog kolosijeka. Ova pruga će postati sastavni dio budućeg transeuropskog konvencionalnog željezničkog prijevoza. Iz toga razloga je potrebno provesti opsežne radove s ciljem povećanja transportnih kapaciteta i skraćanja vremena putovanja.

Projekt obuhvaća prilagođavanje geometrije postojeće željezničke pruge za brzinu od 160 km/h, obnovu kolodvora, izgradnju drugog kolosijeka i pratećih objekata na dionici Dugo selo – Križevci – Koprivnica – Državna granica te modernizaciju sustava za upravljanje i signalizacije.

Tehnologija izvođenja radova na ovako kompleksnom projektu zahtijeva detaljno planiranje i koordinaciju svih sudionika. U ovom radu bit će prikazane i analizirane ključne tehnologije i metode koje se koriste u izvođenju radova, s posebnim naglaskom na inovativne pristupe i rješenja koja doprinose efikasnosti i kvaliteti izvedbe. Također će se prikazati i analizirati tehnologija izvođenja radova na pet objekata koji su smješteni na željezničkoj trasi.

Cilj ovog diplomskog rada je prikazati sveobuhvatan pregled tehnologija izvođenja radova na projektu rekonstrukcije i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica, te analizirati njihov utjecaj na projekt. Također će se prikazati i analizirati tehnologija izvođenja radova na pet objekata koji su smješteni na željezničkoj trasi.

2 OPIS PROJEKTA IZGRADNJE REKONSTRUKCIJE POSTOJEĆEG I IZGRADNJE DRUGOG KOLOSIJEKA NA DIONICI KRIŽEVCI-KOPRIVNICA-DRŽAVNA GRANICA

2.1 Lokacija i značaj projekta

Postojeća jednokolosiječna željeznička pruga M 201 državna granica (DG) – Botovo – Dugo Selo je željeznička pruga duga 79,6 km te spaja Zagreb s mađarskom željezničkom mrežom. Pripada ogranku RH2 paneuropskog željezničkog prometnog koridora (Budimpešta - Gyékényes) – DG Mađarska/Hrvatska – Koprivnica – Dugo selo – Zagreb Glavni Kolodvor (GK) – Karlovac – Rijeka. Prikaz paneuropskog koridora se može vidjeti na slici 1. [1]



Slika 1: Paneuropski koridor (Izvor: [1])

Ova pruga će postati sastavni dio budućeg transeuropskog konvencionalnog željezničkog prijevoza. Iz toga razloga je potrebno provesti opsežne radove s ciljem povećanja transportnih kapaciteta i skraćivanja vremena putovanja.

Projekt obuhvaća prilagođavanje geometrije postojeće željezničke pruge za brzinu od 160 km/h, obnovu kolodvora, izgradnju drugog kolosijeka na dionici Dugo selo – Križevci – Koprivnica – Državna granica te modernizaciju sustava za upravljanje i signalizaciju. Prema

konceptiji gradnje RH2 koridora sjeverno od Zagreba, predviđena je izgradnja u sljedeće dvije faze:

- I. faza – Dugo Selo – Križevci
- II. faza – Križevci – Koprivnica – državna granica

2.2 Općenito o projektu

Kako je Hrvatska ušla u Europsku uniju stvorile su se nove mogućnosti za rekonstrukciju željeznica kroz europske strukturne i investicijske fondove, pogotovo jer se oko 55 posto željezničkih pruga u Hrvatskoj odnosi na relacije koje su bitne za međunarodni prijevoz. Modernizacija pruga će Hrvatskoj željezničkoj mreži omogućiti konkurentnost koridora među regijama i unutar regije. Trenutačna ulaganja u prometnu infrastrukturu veća su od 20 milijardi kuna, od čega polovina tih investicija spada pod željezničku infrastrukturu, a cilj je do kraja desetljeća podići ulaganja u željeznicu na 3,5 milijardi eura. [6]

Projekt obnove i izgradnje drugog kolosijeka željezničke pruge na dionici Križevci- Koprivnica – državna granica je trenutačno najveći željeznički infrastrukturni projekt u Hrvatskoj. Projekt vrijedi oko 350 milijuna eura, čiji se troškovi financiraju iz instrumenata za povezivanje Europe Sektor promet (CEF – Connecting Europe Facility) s Europskom izvršnom agencijom za klimu, infrastrukturu i okoliš (CINEA – European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency). HŽ infrastruktura d.o.o. je 6. listopada. 2016. potpisala sporazum od dodjeli bespovratnih sredstava u vrijednosti od 283,9 milijuna eura, od čega se 241,3 milijuna eura, odnosno 85 posto sufinancira iz CEF-a, dok se ostatak sufinancira iz Državnog proračuna Republike Hrvatske odnosno 15 posto. Potpisani Sporazum od dodjeli bespovratnih sredstava obuhvaća:

- Upravljanje projektom, promidžbu i vidljivost
- Otkup zemljišta
- Radove
- Nadzor

2.3 Sudionici u projektu

HŽ infrastruktura je potpisala 12. ožujka 2020. godine ugovor za izvođenje radova s tvrtkom Cengiz Insaat Sanayi ve Ticaret A. S. u vrijednosti 320,9 milijuna eura. Cengiz Insaat Sanayi ve Ticaret A. S. ima bogato iskustvo u velikim infrastrukturnim projektima. Njihova odgovornost uključuje implementaciju građevinskih tehnologija, osiguranje kvalitete radova i poštivanje rokova. Kroz korištenje inovativnih metoda i mehanizacije, Cengiz Insaat doprinosi modernizaciji željezničke trase, što uključuje dogradnju drugog kolosijeka, rekonstrukciju postojećeg kolosijeka te izgradnju novih perona, nadstrešnica, pothodnika i parkirališta.

Ugovor za pružanje usluge nadzora HŽ infrastruktura potpisala je 23. ožujka 2020. sa zajednicom ponuditelja koju čine tvrtke Centar za organizaciju građenja d.o.o. i DB Engineering & Consulting GmbH u vrijednosti od 5,3 milijuna eura. Njihova uloga je praćenje napretka radova, osiguranje usklađenosti s tehničkim specifikacijama i standardima kvalitete. Kroz redovite inspekcije i izvještaje, ovi nadzornici osiguravaju da se radovi izvode prema planu te identificiraju i rješavaju potencijalne probleme na gradilištu. [7]

2.4 Cilj projekta

Cilj projekta je rekonstrukcija postojeće trase željezničke pruge i kolodvora te nadogradnja drugoga kolosijeka na pružnoj dionici Križevci (isključivo) – Koprivnica – Državna granica i modernizacija prometno – upravljačkog i signalno – sigurnosnog infrastrukturnog sustava.

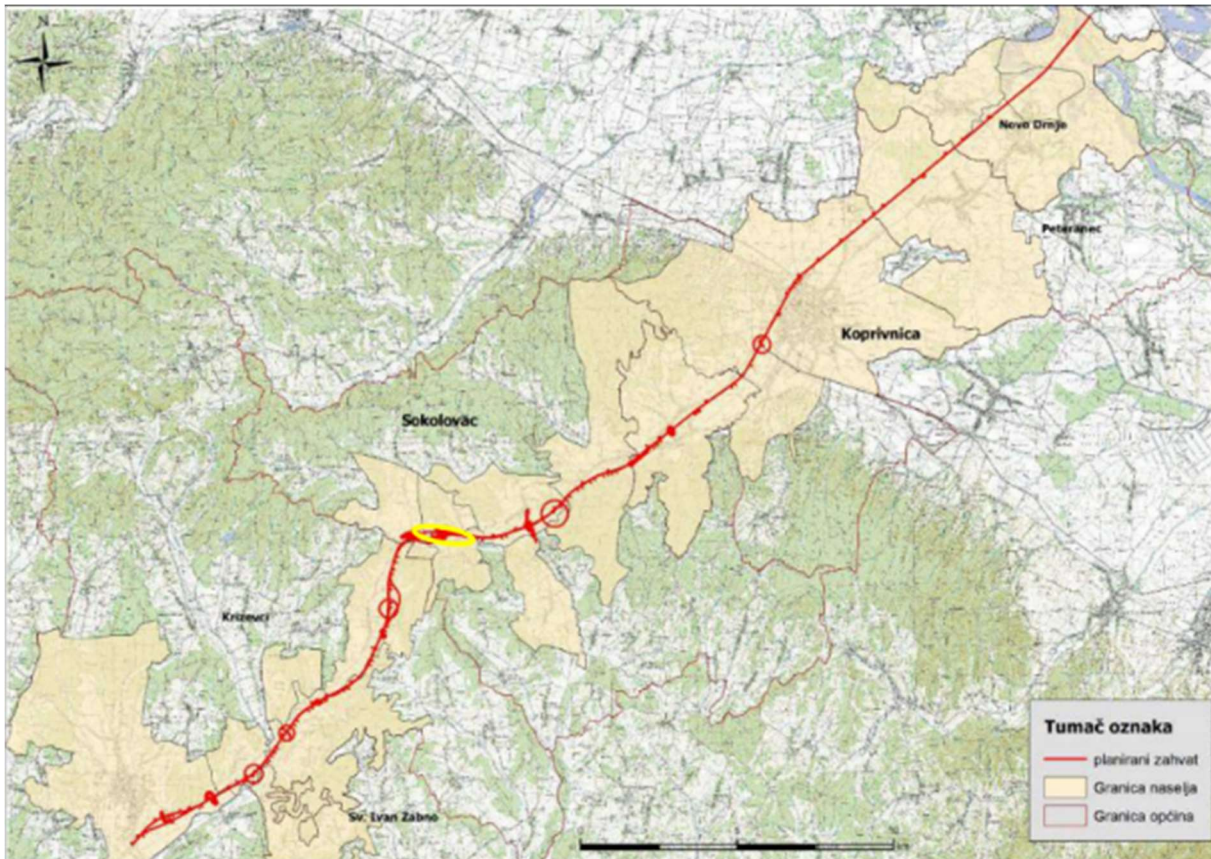
Predviđa se rekonstrukcija pojedinačnih vertikalnih lukova kako bi se povećala nazivna brzina na 160 km/h te izgradnja drugog kolosijeka usporedno s rekonstruiranom trasom. Uz rekonstrukciju pojedinačnih vodoravnih lukova za veću brzinu, planirana je velika rekonstrukcija trase u području oko kolodvora Lepavina.

U sklopu Projekta predviđeno je izvođenje radova koje uključuje rekonstrukciju dvaju kolodvora: Lepavina i Koprivnica, te izgradnju novog kolodvora Novo Drnje. Planira se rekonstrukcija četiriju stajališta: Majurec, Carevdar, Vojakovački Kloštar i Sokolovac, kao i izgradnja novog stajališta Peteranec te prenamjena postojećeg kolodvora Mučna Reka u stajalište. Projekt također obuhvaća izgradnju sedam mostova, jedne galerije i triju vijadukata, od čega je jedan prijelaz za divlje životinje. Predviđena je izgradnja osam cestovnih nadvožnjaka, triju cestovnih podvožnjaka i devet pothodnika. Uz trasu željezničke pruge gradit će se svodne i paralelne ceste. U sklopu projekta izvodit će se radovi na izgradnji i rekonstrukciji kontaktne mreže te ostalih elektroenergetskih postrojenja, uključujući elektrovučna postrojenja, postrojenja napajanja te vanjsku rasvjetu u stajalištima i kolodvorima. Nadalje, planirana je ugradnja novih elemenata i uređaja u signalno-sigurnosnom, prometno-upravljačkom i telekomunikacijskom podsustavu.

Cjelokupni radovi se sukladno zahtjevima iz projektnog zadatka organizacijski i provedbeno dijele na etape, kojima su obuhvaćene pojedinačne faze na pružnoj dionici Križevci (isključivo) – Koprivnica – Državna granica. Cjelokupna II. faza radova na pružnoj dionici Križevci – Koprivnica – državna granica organizacijski i provedbeno se dijeli na sljedeće poddionice, odnosno etape izgradnje: [1]

- Poddionica kolodvor Križevci (isključivo) – kolodvor Lepavina (uključivo) – Etapa A
- Poddionica kolodvor Lepavina (isključivo) – kolodvor Koprivnica (uključivo) – Etapa B
- Poddionica kolodvor Koprivnica (isključivo) – kolodvor Novo Drnje (uključivo) – Etapa C
- Poddionica kolodvor Novo Drnje (isključivo) – državna granica – Etapa D

U ovom diplomskom radu zbog velike opsežnosti samoga projekta fokusirati ćemo se samo na jednu poddionicu projekta. Analizirati ćemo korištenu tehnologiju za izgradnje poddionice kolodvor Križevci (isključivo) – kolodvor Lepavina (uključivo), odnosno etape A koja je u završnoj fazi građenja i na pet objekta koja će se izvoditi na toj etapi, a to su vijadukt Carevdar, nadvožnjaci Lepavina 1, Lepavina 2, galerija Velika Mučna i propust.



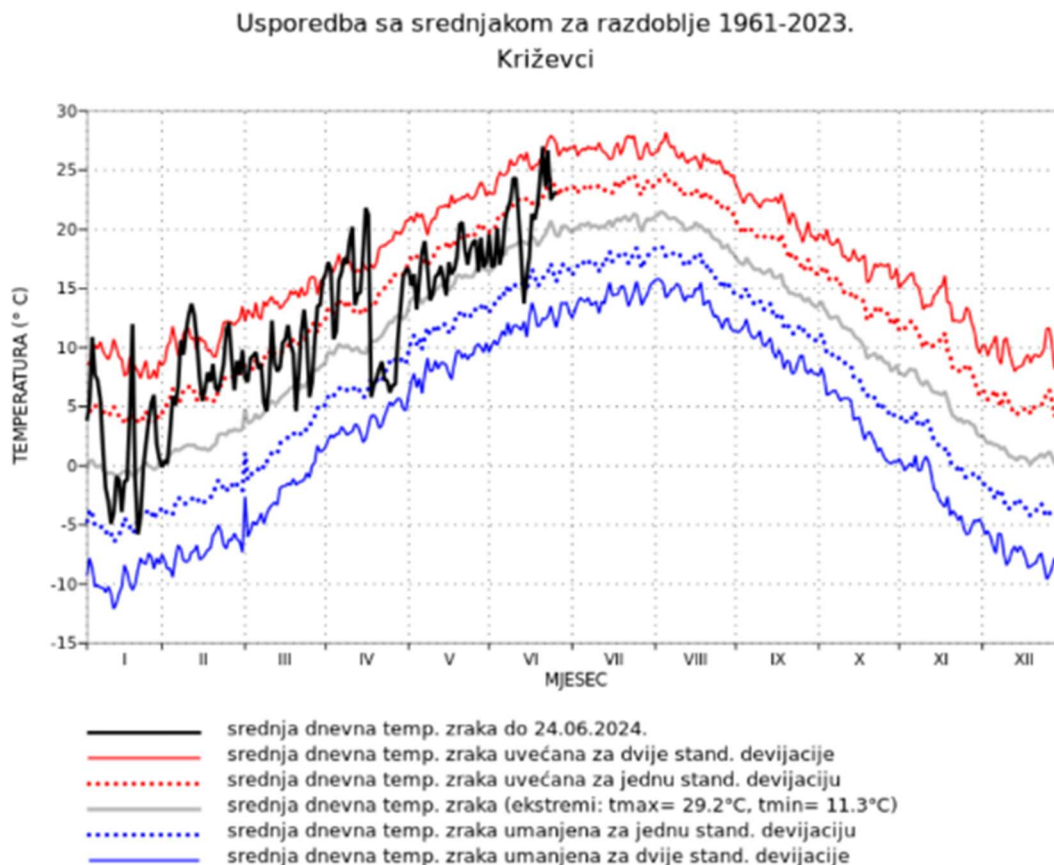
Slika 2: Prikaz željezničke trase (Izvor: [6])

3 TEHNIČKI OPIS

3.1 Opis trase

U ovom poglavlju će se analizirati planirana izgradnja i obnova željezničke pruge u Koprivničko-križevačkoj županiji na etapi A koja obuhvaća obnovu postojećeg i izgradnju drugog kolosijeka željezničke pruge uz postojeći na poddionici Križevci - Lepavina. Ukupna duljina trase je 15024 m. Početak zahvata (stacionaža 36+426,00) je na izlazu iz kolodvora Križevci, a završetak zahvata je na ulazu u kolodvor Lepavina (stacionaža 54+000.00). Etapa A je poddionica željezničke pruge Križevci-Koprivnica-Državna granica Mađarska/Hrvatska te će postati sastavni dio željezničke mreže koridora DG Mađarska/Hrvatska-Koprivnica-Dugo Selo-Zagreb GK-Karlovac-Rijeka-DG Hrvatska/Slovenija. Ovaj koridor željezničkog prijevoza će postati sastavni dio budućeg transeuropskog konvencionalnog željezničkog prijevoza. Iz tog razloga potrebno je provesti opsežne radove s ciljem povećanja transportnih kapaciteta, skratiti vrijeme putovanja i uskladiti stanje te karakteristike željezničke infrastrukture s uvjetima postojećih propisa. Projekt obuhvaća prilagođavanje geometrije postojeće željezničke pruge za brzinu od 160 km/h, izgradnju drugog kolosijeka te modernizaciju sustava za upravljanje i signalizaciju. [1]

Klima na kojoj se nalazi objekt je kontinentalna te omogućuje izvođenje radova tijekom većeg dijela godine. Tijekom ljetnih mjeseci temperatura se prosječno diže i do 29°C (Slika 3.) što može uzrokovati znatne probleme tijekom izvođenja određenih radova pa je potrebno voditi računa tijekom kojeg doba dana će se izvoditi radovi.



Slika 3: Klimatski uvjeti (Izvor: [6])

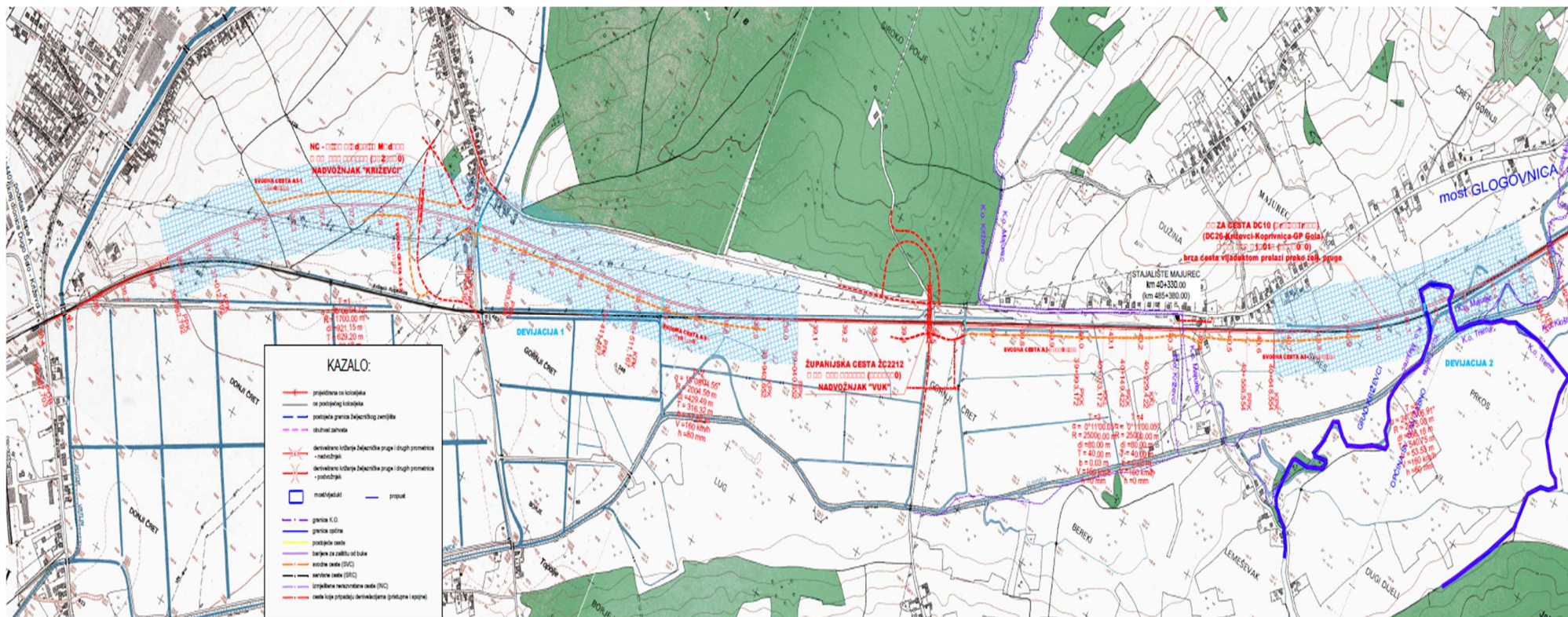
Poddionica A započinje na stacionaži 36+426,00 te završava na stacionaži 54+000,00 na trasi se nalaze tri objekta. Prvi objekt je vijadukt Carevdar koji započinje na stacionaži 47+491,54 te završava na stacionaži 48+124,21. Drugi objekt nadvožnjak Lepavina 1 nalazi se na stacionaži 50+662,53, a zadnji objekt nadvožnjak Lepavina 2 se nalazi na stacionaži 51+632,66. Horizontalne kružne krivine i njima pripadajuće prijelazne krivine projektirane su u obliku kubne parabole. Minimalni radijus horizontalne krivine je na poddionici Križevci-Lepavina (464m) dok se ostali radijusi protežu od 464 do 1050 m. [1]

Pozicija horizontalnih elemenata trase, pravaca, kružnih krivina te njima pripadajućih prijelaznih krivina i njihova orijentacija prikazani su u tablici 1. [1]

Tablica 1: Pozicije horizontalnih elemenata trase (Izvor: [1])

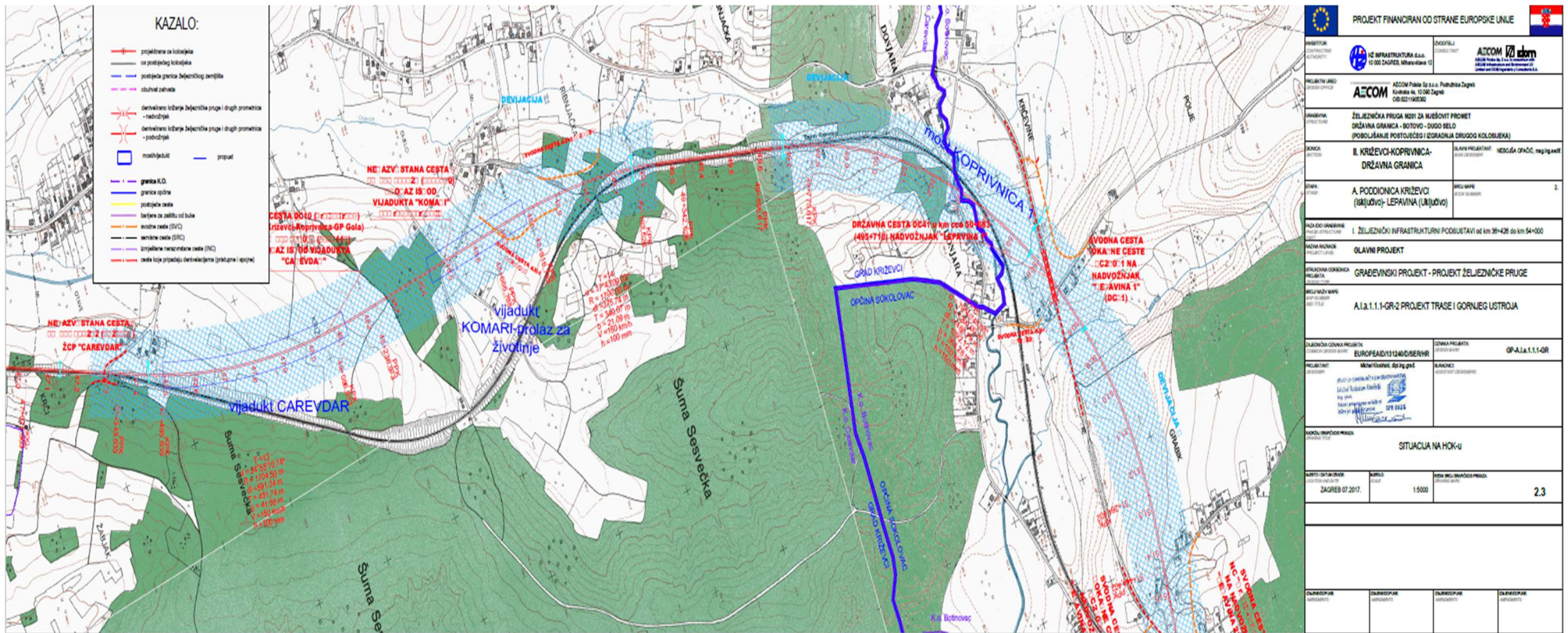
ETAPA	Od km	Do km	Duljina	Smjer	L1	Radijus	L2
A	481+474,26	481+634,98	160,725	P(pravac)			
	481+634,98	482+320,26	685,280	D(desno)	180	1010,00	155
	482+320,26	482+733,69	417,085	P			
	482+733,69	483+056,26	322,570	L (lijevo)	100	1550,00	100
	483+056,26	485+767,63	2711,379	P			
	485+767,63	486+437,19	669,560	L	145	1240,00	130
	486+437,19	488+225,77	1788,583	P			
	488+225,77	488+709,99	484,220	D	100	992,00	96
	488+709,99	489+321,92	611,929	P			
	489+321,92	489+522,07	200,150	D	75	491,00	72
	489+522,07	489+646,53	124,462	P			
	489+646,53	490+048,19	401,660	L	110	865,00	85
	489+048,19	490+533,63	485,440	P			
	490+533,63	490+792,59	258,590	L	85	615,00	85
	490+792,59	490+927,08	134,495	P			
	490+927,08	491+229,39	302,310	L	85	915,00	110
	491+229,39	491+750,00	520,610	P			
	491+750,00	492+293,23	543,23	P(pravac)			
	492+293,23	492+482,45	189,220	D(desno)	50	1050,00	50
	492+482,45	493+193,38	710,929	P			
	493+193,38	493+468,67	275,290	L (lijevo)	100	515,00	0
	493+468,67	493+691,85	223,180	L	65	464,00	
	493+691,85	493+883,08	191,230	L	0	452,00	140
	493+883,08	493+984,97	101,890	P			
	493+984,97	494+183,51	198,540	D	110	457,00	0
	494+183,51	494+338,29	154,780	D	0	501,00	0
	494+338,29	494+534,88	197,590	D	0	489,00	101
	494+534,88	495+115,47	580,591	P			
	495+115,47	495+408,54	293,070	D	110	499,00	0
	495+408,54	495+783,34	374,800	D	0	496,00	0
	495+783,34	495+966,91	183,570	D	0	501,00	110
	495+966,91	496+184,66	217,754	P			
496+184,66	496+837,25	652,590	L	70	705,00	86	
496+837,25	497+177,27	340,020	D	120	499,00	13	

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu izgradnje rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica



Slika 4: Prikaz situacije na trasi Križevci – Lepavina (Izvor: [1])

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica



Slika 7: Prikaz situacije na trasi Križevci – Lepavina (Izvor: [1])

3.1.1 Uzdužni profil trase

Na dionici ove trase uzdužni nagibi su povoljni te je najveći uzdužni nagib 8 mm/m. Na mjestima promjene uzdužnog nagiba, gdje je razlika između susjednih niveleta veća od 2 mm/m izvedeno je zaobljenje prijeloma nivelete kružnim lukovima radijusa 4000 do 30000 m. Maksimalni uzdužni nagib kolosijeka je 10,00 ‰ dok je minimalna udaljenost između promjena uzdužnog nagiba 250 m. Lomovi nivelete, u kojima je razlika nagiba veća od 2.5 ‰, zaobljeni su vertikalnim krivinama minimalnog radijusa $R = 12000$ m. [1]

3.1.2 Normalni poprečni profil trase

Normalni poprečni profil trase se sastoji od dvokolosiječne elektrificirane pruge predviđene za mješoviti promet čiji je minimalni razmak između kolosijeka 4.50 m, a širina kolosijeka je 1435 mm. Maksimalna projektirana brzina putničkih vlakova iznosi $V_p = 160$ km/h dok maksimalna projektirana brzina teretnih vlakova iznosi $V_t = 120$ km/h. Prijelazne krivine su oblika klotoide, a minimalni radijus horizontalne krivine $R_{min} = 1200$ m. Maksimalno dopušteno bočno ubrzanje $p_{max\ nor} = 0,65$ m/s², dok maksimalno vertikalno ubrzanje je $a_{max} = 0,22$ m/s². Najveća dopuštena masa željezničkih vozila je 25,0 t/o i 8,8 t/m. Duljina zaustavnog puta je 1500 m. [1]

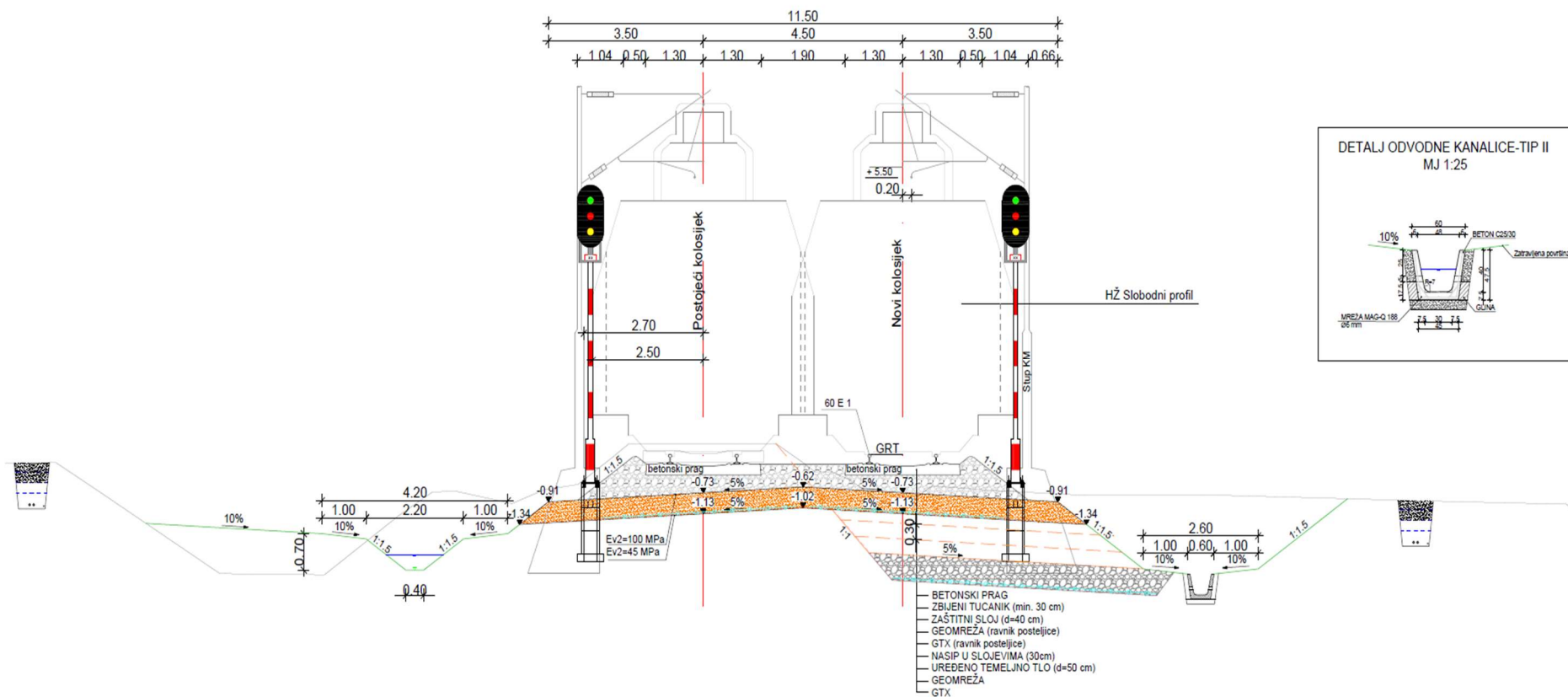
Konstrukcija kolnika se sastoji od:

- Tračnice tipa 60E1
- Betonskog praga
- Zbijenog tucanika (min. 30 cm)
- Zaštitnog sloja ($d = 40$ cm)
- Geomreže (ravnik posteljice)
- GTX (ravnik posteljice)
- Nasip u slojevima (30 cm)
- Uređeno temeljno tlo ($d = 50$ cm)
- Geomreža
- GTX

Gornji ustroj se sastoji od novih tračnica tipa 60E1 zavarenih u dugi tračnički trak postavljenih na betonske pragove širine 260 cm i mase približno 300 kg. Zastor je od tučenca odgovarajuće kakvoće najmanje debljine ispod praga na mjestu niže od tračnice od 30 cm na otvorenoj pruzi odnosno 35 cm na mostovima. Tučenac na kojemu se ugrađuju betonski pragovi mora biti eruptivnog porijekla veličine zrna u rasponu od $d = 31,5$ mm do $d = 63$ mm. Zaštitini sloj je sloj koji se ugrađuje na prethodno pripremljeni ravnik posteljice u nagibu od 5 %, ispod zastorne prizme, materijal je drobljena kamena mješavina uglatog oblika zrna, najmanje debljine 40 cm. [1] Posteljica prometnice je površina zemljanog trupa određene ravnosti i nagiba na koju se

polaze gornji ustroj. Pod posteljicu se podrazumijeva ravnik i sloj dubine 30 do 50 cm. Ravnik posteljice u dvostrešnom je nagibu od 5 % dok zahtijevani modul stišljivosti M_s ispitan kružnom pločom mora biti najmanje 40 MN/m^2 . Nasip se izvodi na uređenom temeljnom tlu od miješanih materijala pod kojim se smatraju miješani kameni i zemljani materijali, glinoviti šljunci, zaglinjene kamene drobine te trošne stijene manje osjetljive na prisutnost vode. Nasipavanje se izvodi u slojevima do 30 cm. Nagibi pokosa su u omjeru 1:1,5. Nasip u svim fazama gradnje mora imati nagib od 5 % radi adekvatne odvodnje. Temeljna podloga je uređeno i poravnato prirodno temeljno tlo sa zatrpanim postojećim kanalima. Uređenje temeljnog tla se sastoji od iskopa postojećeg tla u debljini od 0,50 m, uređenja temeljnog tla mehaničkim zbijanjem i zamjenom slabonosivog temeljnog tla zamjenskim materijalom uz polaganje geotekstila i geomreža. Ugradnjom geomreža će se povećati posmična čvrstoća tla. Polimerne geomreže se ne smiju polagati na smrznuto tlo niti za vrijeme oborina. Geotekstil se polaže na uređeni planum pruge te na uređeno temeljno tlo te se njegovim postavljanjem odvajaju slojevi materijala bitno različitih karakteristika pri čemu se osigurava minimalna vodopropusnost kao i mehanizam filtriranja. Onemogućava pojavu pornog tlaka, na površini sistema „temeljno tlo – geotekstil – nasip“ te se na taj način povećava razina nosivosti. [2]

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu izgradnje rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica



Slika 8: Normalni poprečni presjek (Izvor: [1])

3.1.3 Elastičnost kolosijeka

Odabirom određenih elemenata gornjeg ustroja dobivena je elastičnost od $C = 0,140 \text{ N/mm}^3$ na kolosijeku i na zaštitnom sloju od nevezanih materijala. Dok je na mostovima dobiven koeficijent elastičnosti od $0,077 \text{ N/mm}^3$. Prema dobivenoj elastičnosti kolosijeka ciklus između dvaju reguliranja kolosijeka iznosi $T = 3$ godine. Odabrani elementi za kolosijek na zaštitnom sloju od nevezanih materijala su: [1]

- Tračnica 60E1
- Podtračnički podložak elastičnosti $C_{st} = 60 \text{ kN/mm}$
- Betonski prag širine 260 cm
- Tučenac prema normi HRN EN 13450
- Zaštitini sloj modula elastičnosti $E_{v2} = 100 \text{ Mpa}$

Odabrani elementi za kolosijek na mostovima su:

- Tračnica 60E1
- Podtračnički podložak elastičnosti $C_{st} = 60 \text{ kN/mm}$
- Betonski prag širine 260 cm
- Tučenac prema normi HRN EN 13450
- Podzastorni podložak $C = 0,15 \text{ N/mm}^3$

3.1.4 DTT

Za svrhu oslobađanja unutarnjih naprezanja u dugom traku tračnice podrazumijeva se oslobađanje od tlačnih ili vlačnih sila u trenutku dostizanja odgovarajućeg stupnja temperature. Za tu svrhu je onda potrebno djelomično otpustiti elastični pričvrсни pribor, razrezati tračnicu, potpuno otpustiti pričvrсни pribor, dignuti tračnicu s ležišta i spustiti na valjčice. Nakon što su tračnice postigle potrebnu temperaturu vraćaju se u ležište pragova, djelomično se priteže pričvrсни pribor, zavaruju tračnice i potpuno pričvrščuje pričvrсни pribor. Temperatura kod koje se tračnice polažu natrag u ležišta može odsupati do $\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ od potrebne temperature $t_p = 22,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Nakon završnog zavarivanja tračnica u DTT potrebno je pratiti i voditi evidenciju o pomacima dugog traka. Za cijelo vrijeme izvođenja radova na polaganju tračnica, zavarivanju i završnom zavarivanju i formiranju DTT-a se moraju voditi detaljni podatci o kretanju temperature. [1]

3.1.5 Skretnice

U Etapi A predviđena je ugradnja tri skretnice u sklopu AV veze kolodvora Križevci. Tip skretnica je 60E1-500-1:12, s radijusom od 500 m, te tračnica tipa 60E1. Skretnice će biti postavljene na betonske skretničke pragove. Za uspravnu stabilnost skretničkog kolosijeka odabran je elastični

skretnički podtračnički podložak s elastičnošću $cst=70$ kN/mm. Važno je da skretnice tipa 60E1 određenog radijusa (500 m) na betonskim pragovima s elastičnim pričvrtnim priborom za ugradnju u tučencu budu isporučene s podložnim pločama na kojima su ugrađeni podtračnički podlošci s uspravnom elastičnošću $cst=70$ kN/mm. Uz skretnice treba isporučiti i određeni broj betonskih prijelaznih pragova ispred i iza skretnice s nagibom tračnice od 0-1:40. [1]

3.1.6 Donji ustroj u vodozaštitnom području

Pruga prolazi kroz vodozaštitno područje od km 36+500 do 36+700 te se na tom području predviđa zatvoreni sustav odvodnje. Predviđa se ugradnja geomembrane GBR-P ili GBR-C. Geomembrana će se postaviti na uređeni planum te ispod betonskog trapezoidnog odvodnog jarka. Zahtijevana svojstva geomembrana su: [2]

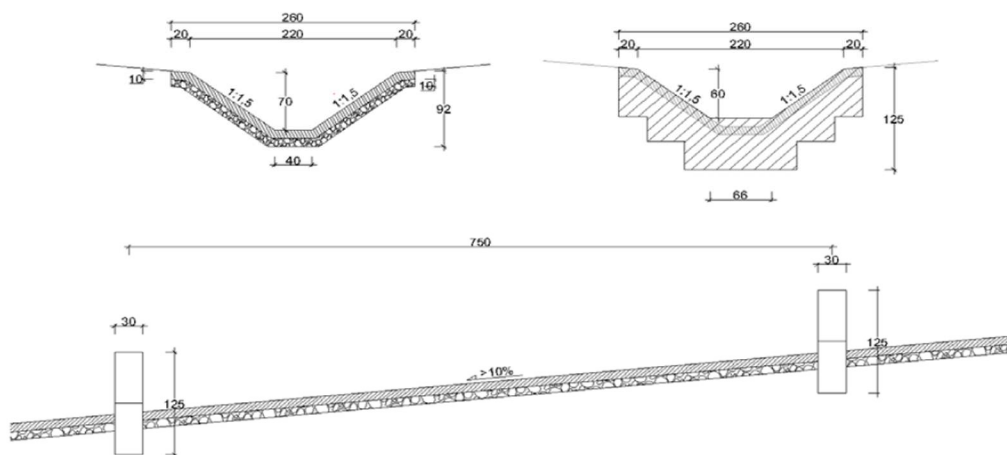
- Materijal: polipropilen (PP) ispunjen s min. 800 g/m² bentonita
- Masa po jedinici površine (ukupna): ≥ 5500 g/m²
- Čvrstoća na vlak - uzdužno MD: ≥ 20 kN/m'
- Čvrstoća na vlak – poprečno CMD: ≥ 5 %
- Sila proboja (CBR) – Fp: $\geq 2,50$ kN
- Vodopropusnost: $k \leq 2 \times 10^{-11}$ m/s

3.1.7 Odvodnja željezničke pruge

Planum pruge potrebno je urediti s dvostrešnim nagibom od 5% kako bi se procjedne vode odvodile prema pružnim jarcima uzduž pruge. Na stajalištima je nagib planuma također dvostrešan, ali s padom prema drenažnoj cijevi koja se nalazi između kolosijeka. Uzduž pruge, ovisno o morfologiji terena, predviđa se izgradnja pružnih kanala i propusta. Predviđa se izgradnja 18 propusta koji su spojeni pružnim kanalima te su zajedno s drenažom i separatorima, dio sustava odvodnje željezničke pruge. Većim dijelom trase predviđeni su zemljani kanali trapezoidnog oblika, dok su na nekim dijelovima korišteni betonski jarci tipa I i II. U vodozaštitnim područjima koriste se betonski jarci trapezoidnog oblika većih dimenzija. Betonski jarci koriste se na mjestima gdje je prostor ograničen, u usjecima radi smanjenja iskopa, te na mjestima s malim uzdužnim nagibom jarka kako bi se osigurala adekvatna odvodnja. [2]

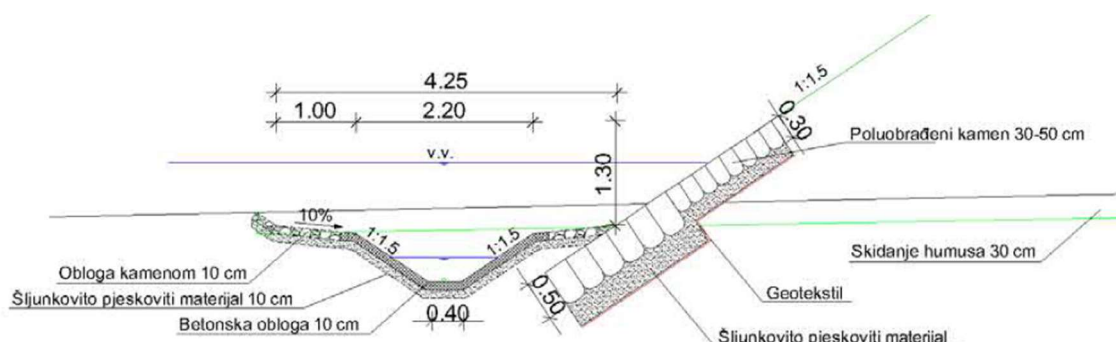
3.1.7.1 Zemljani jarak

Zemljani pružni jarci projektirani su uz trup pruge te su širine 40 cm te dubine 60 cm. Nagib bočnih strana je 1:1,5. Na mjestima gdje uzdužni nagib jarka prelazi 10% potrebno je jarak obložiti betonom klase C30/37 te na svakih 7,5 m igraditi betonske prepreke koje će smanjivati protok vode. Prikaz jaraka i betonskih prepreka se mogu vidjeti na slici 7. [2]



Slika 9: Zemljani jarci i betonske prepreke (Izvor: [2])

Na području od km 44+700 do km 44+900 postoji opasnost od visoke vode te je na tom mjestu predviđeno ojačanje lijevog jarka kao i zaštita nasipa poluobrađenim kamenom do visine cca 1,30 m. Način obloge jarka te zaštite nasipa prikazan je na slici 8. [2]

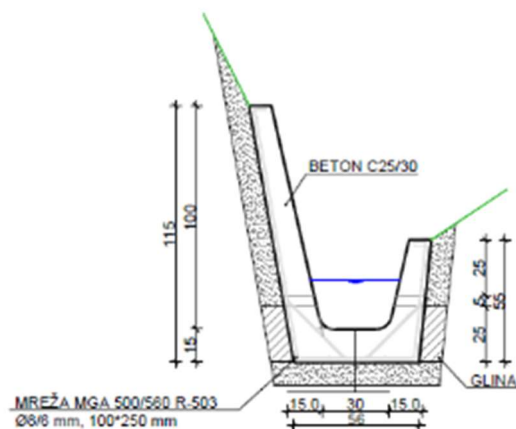


Slika 10: Ojačanja jarka i zaštita nasipa poluobrađenim kamenom (Izvor: [2])

3.1.7.2 Betonski jarak Tip I i Tip II

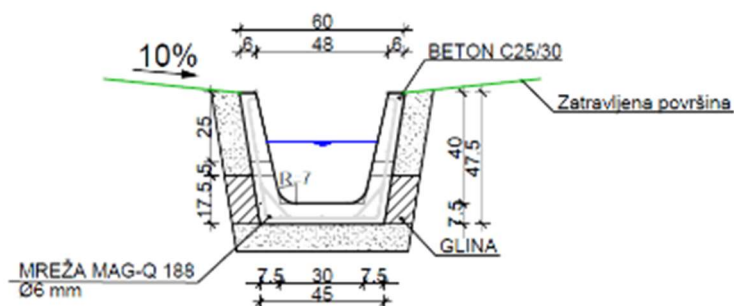
Betonski jarci HŽ Tip I i Tip II tipska su predgotovljena rješenja. Zbog prirodnih uvjeta i nedostataka tehničkih mogućnosti na nekim dionicama projektirani su bočni jarci nagiba manjeg od 0,3 %. Dimenzije i poprečne presjeke jarka prikazani su na slici 9 i slici 10. [2]

DETALJ ODVODNE KANALICE-TIP I MJ 1:25



Slika 11: Betonski jarak Tip I (Izvor: [2])

DETALJ ODVODNE KANALICE-TIP II MJ 1:25



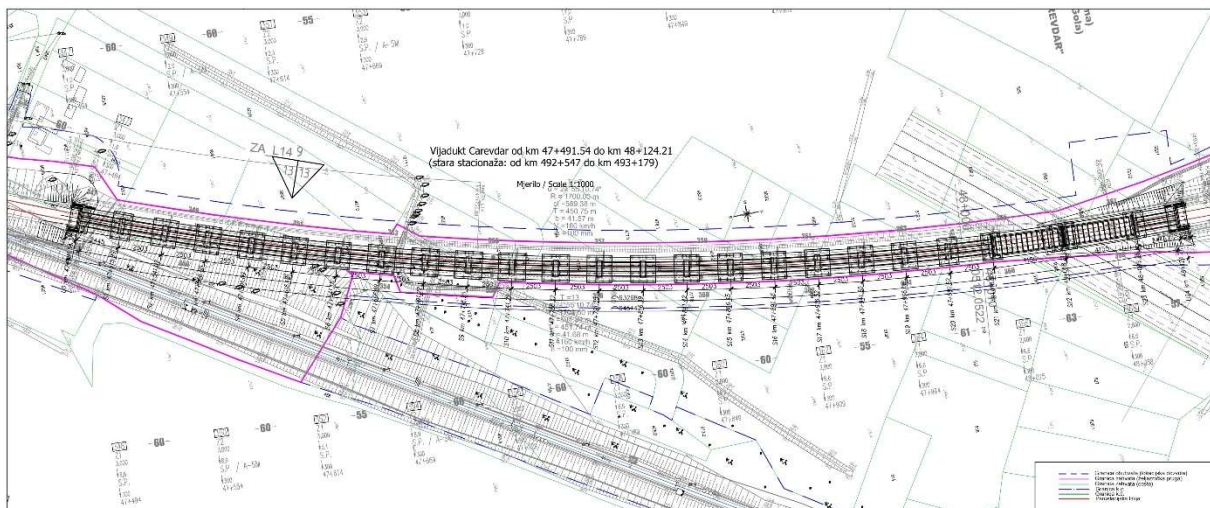
Slika 12: Betonski jarak Tip II (Izvor: [2])

3.2 Objekti na trasi

3.2.1 Vijadukt „Carevdar“

Željeznički vijadukt „Carevdar“ se nalazi ispod željezničke pruge M201 za mješoviti promet na dionici pruge Križevci-Koprivnica-Državna granica na etapi A. Vijadukt ne prekida postojeće prometne veze toga područja, a svi pristupi privatnim kućama i parcelama su neometani. Željeznička pruga je horizontalno u krivini $R = 1704,50$ m na mjestu vijadukta te završava

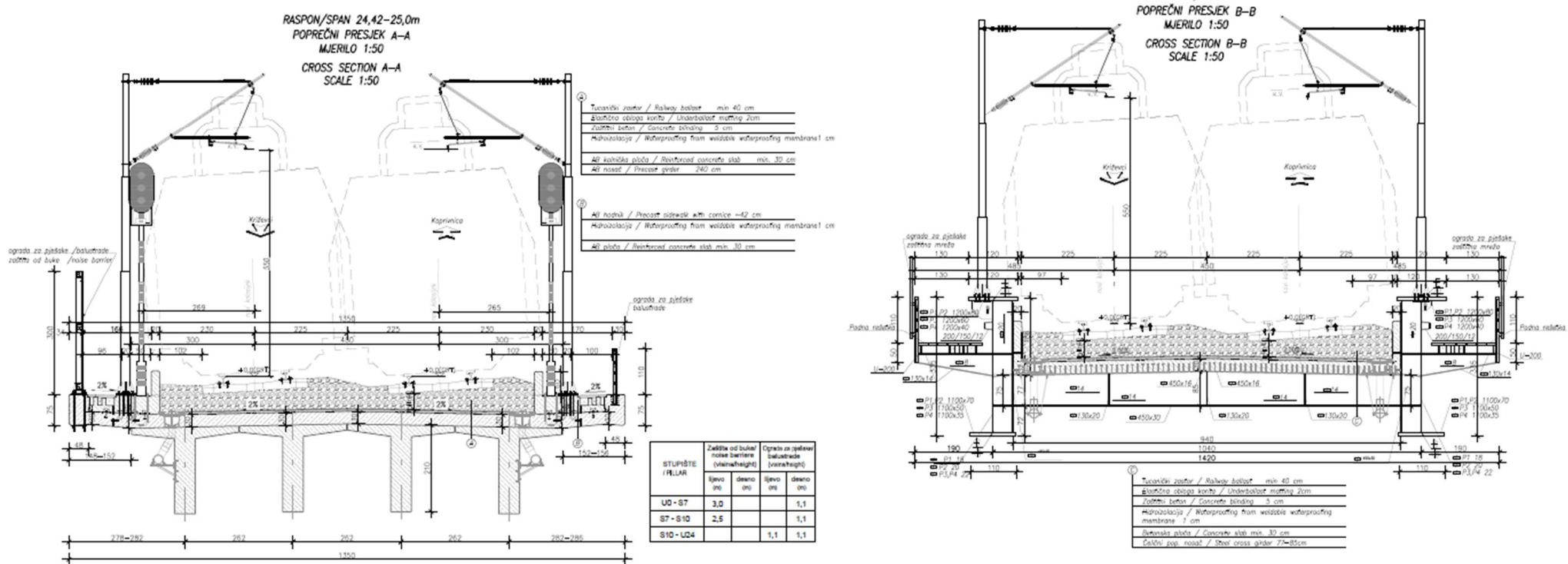
prijelaznom krivinom. Niveleta je u pravcu s uzdužnim nagibom od 10,0 mm/m. Osna udaljenost dva željeznička kolosijeka iznosi 4,5 m dok je širina korita od ruba do osi svakog kolosijeka 220 cm, a betonski pragovi su postavljeni na razmaku od 60 cm. Debljina tucanika od donjeg ruba praga do gornje plohe konstrukcije iznosi minimalno 40 cm. Sa svake strane nalazit će se servisne staze min. širine 120 cm dok će se s obje strane nalaziti kanalice za smještaj željezničkih kabela. [3]



Slika 13: Tlocrtni prikaz vijadukta Carevdar (Izvor: [3])

Vijadukt je konstrukcija koja se sastoji od 24 raspona: 24,42m + 20x25,0m + 2x41,5m + 24,42m. 22 raspona su spregnuti prednapeti montažni AB nosači, a dva raspona od 41,5 m su od spregnutih čeličnih montažnih nosača i AB ploče. Svi rasponi su koncipirani kao dilatarni cjelini sistema prostih greda međusobno povezanih dilatacijskim napravama. Svi stupovi su duboko temeljeni na pilotima. Upornjaci i stupovi su kruti armiranobetonski konstrukcijski elementi jer se žele smanjiti horizontalni pomaci. Vijadukt započinje na stacionaži km 47+485,14, a završava na km 48+130,61 te time ukupna duljina vijadukta iznosi 645,47 m. Os prvog upornjaka je na km 47+491,54, a os drugog je na km 48+124,21 te osni razmak upornjaka iznosi 632,67 m. Za vijadukt su predviđena 23 armiranobetonska stupa pravokutno sanučastog poprečnog presjeka koji na vrhu ima naglavnicu s ležajevima i postoljima za preše. Stupovi se međusobno razlikuju po veličini poprečnog presjeka i visini koja varira od 9,3 m do 15,30 m. Kvaliteta betona koja je predviđena za stupove je C30/37. [3]

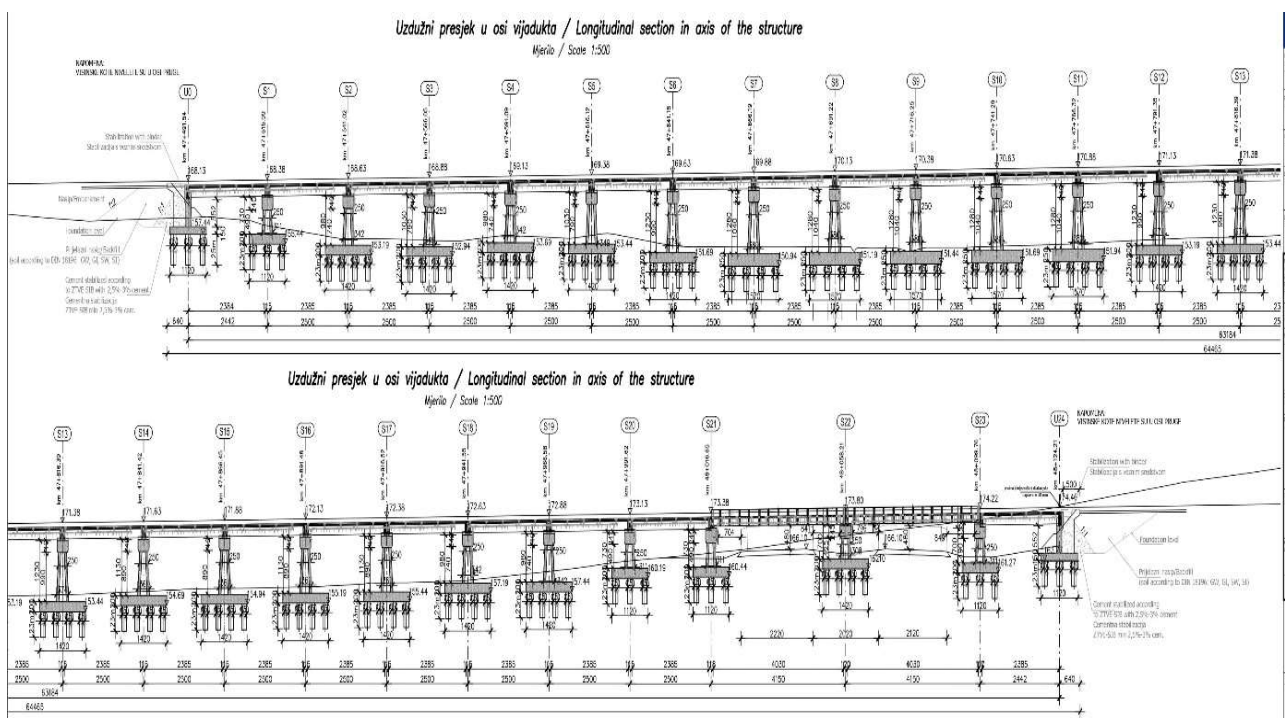
Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu izgradnje rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica



Slika 14: Normalni poprečni presjek vijadukta Carevdar (Izvor: [3])

3.2.1.1 Stupište

Na bočnim rubovima naglavnice nalazi se pravokutna AB protupotresna istaka dimenzija 50x340 cm visine 60 cm za osiguranje kontroliranog bočnog pomaka rasponskog sklopa pri potresu dok u uzdužnom smjeru ne sprječavaju pomake. Klasa betona C45/55. Naglavnica je poprečnog presjeka 3,4x2,4 m duljine 9,4 m, klase betona C30/37. Na stupovima S21 i S23 imamo stepenastu naglavnicu zbog različitih betonskih i čeličnih nosača, dok na stupu S22 naglavnica je duljine 12,5m. Stupovi su sandučastog presjeka s nagibom 16:1 i promjenjivom širinom poprečnog presjeka dok su dimenzije u vrhu stupa 250x850 cm s debljinom stijenke 70 cm i 100 cm. Stupovi su oslonjeni na AB ploču dimenzije 15,70x14,2m i debljine $d=200$ cm te stoje na 12 pilota $\varnothing 150$ cm duljine 23 m te su piloti u svim smjerovima razmaka 450 cm za stupove S1, S20, S21 i S23. Za stupove S2-S6, S12-S19 i S22 AB ploča stoji na 16 pilota $\varnothing 150$ cm duljine 23 m te je razmak pilota u uzdužnom smjeru vijadukta 400cm, a u poprečnom smjeru 450 cm. Stupovi od S7 do S11 su oslonjeni na AB ploču debljine $d=250$ cm i dimenzija 15,70x15,70 m koja stoji na 16 pilota $\varnothing 150$ cm duljine 23 m te je razmak pilota u svim smjerovima 450 cm. [3]



Slika 15: Uzdužni presjek vijadukta Carevdar (Izvor: [3])

3.2.1.2 Upornjaci U0 i U24

Upornjaci su kutijastog oblika s kruto vezanim paralelnim krilima oslonjeni na 12 pilota $\varnothing 150$ cm duljine 23 m te je razmak pilota 14,5 m. Dva AB zida se nalaze na svakom boku upornjaka koji imaju funkciju protupotresnih istaka dimenzija 130x140 cm preko kojih se prenose poprečne horizontalne seizmičke sile na upornjake. Ukupna visina upornjaka je 6,9 m

s debljinom zida 155 cm te krilnih zidova 50 cm. Ukupna širina upornjaka je 13,50 m, a duljina je 10,95 m. Upornjak se betonira betonom C30/37 i armira armaturom B500B. [3]

3.2.1.3 Glavni rasponski sklop

Glavni rasponski sklop se sastoji od roštiljne konstrukcije sistema prostih greda raspona 25 m i čelične roštiljne konstrukcije raspona 41 m koja je u poprečnom smjeru spregnuta AB koritom. Beton je klase C40/50, armatura B500B i prednapeti čelik Y1770S7. Širina svih tipova konstrukcije je jednaka i iznosi 13,5 m. Duljina predgotovljenih nosača iznosi 24,90 m, a visina 2,10m. Nosači su prednapeti sa po 4 kabela po 14 užadi promjera 1,50 cm². Poprečni nosači su visine 220 cm i širine 50 cm. Dno poprečnog nosača je 20 cm iznad donjeg pojasa uzdužnih nosača. Oni povezuju i ukružuju rasponske nosače roštiljnog dijela vijadukta. Poprečni nosači se betoniraju zajedno s kolničkom pločom. Nakon montaže nosača betonira se kolnička ploča debljine 30 cm s poprečnim nosačima koja se spreže s glavnim i poprečnim nosačima. Rasponski sklop je čelična konstrukcija koju čine dva glavna I-nosača (S355) međusobno spojena poprečnim I nosačima i čine jedinstvenu spregnutu cjelinu zajedno sa AB koritom koje je oslonjeno na poprečne nosače te zajedno povezano preko moždanika s poprečnim nosačima. [3]

Predviđena je izrada monolitnih AB ploča koje se oslanjaju na gornju pojasnicu poprečnih nosača i preko glavičastih moždanika povezuje se s poprečnim nosačima. Na bočnim rubovima nalaze se bočni zidići visine 95 cm koje tvore AB korito debljine 30 cm. Unutar AB korita se nalaze kompletni kameni zastor, betonski pragovi, tračnice itd. Gornja ploha betona treba biti ravna, glatka i poprečni nagib AB korita iznosi 2% prema sredini poprečnog presjeka vijadukta. Zahtjevana kvalitete betona je C40/50. [3]

3.2.1.4 Oprema vijadukta - Ležajevi

Kao najbolje rješenje za preuzimanje vertikalnih, a pogotovo horizontalnih sila koje se pojavljuju na željezničkim vijaduktima je predviđeno postavljanje sfernih ležajeva. Također su sferni ležajevi najprihvatljiviji po smislu trajnosti. Na rasponima od 25 metara predviđeni su sferni ležajevi nosivosti 3000 kN, a na rasponima 41 metar predviđeni su sferni ležajevi nosivosti 6000 kN. Uzdužno pomični ležajevi će imati mogućnost pomaka od ±50 mm. [3]

3.2.1.5 Oprema vijadukta – Prijelazne (dilatacijske) naprave vijadukta.

Iznad svakog stupišta raspona 25 metara i 41 metar naizmjenično su postavljene dilatacijske naprave ±40 mm. Iznad navedenih naprava nema prekida tračnica i kolničkog zastora (balast). Iznad upornjaka U24 se postavlja željeznička prijelazna naprava ±50 mm. [3]

3.2.1.6 Oprema vijadukta – Pješačka ograda i zvučne barijere

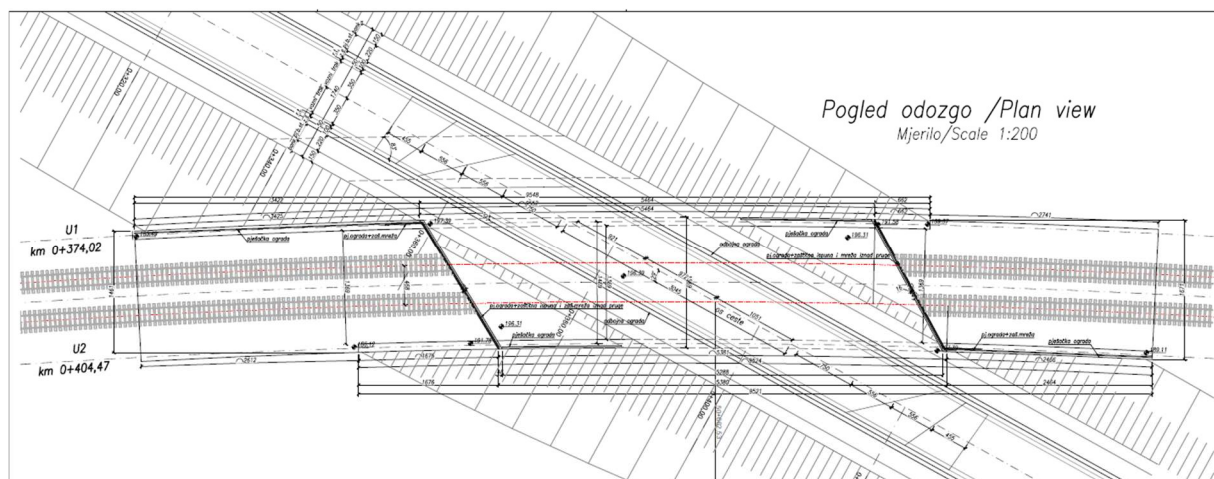
Na rubnim gredama ploče, postavljena je standardna čelična ograda visine 110 cm gdje nije zvučna barijera. S lijeve strane vijadukta je zvučna barijera 3 metra od početka vijadukta do S7 na km 47+666,19, a od S7 do S10 na km zvučna barijera je 2,5 metra visoka. Ograda i metalni dijelovi su zaštićeni AKZ zaštitom debljine 160 μm . [3]

3.2.1.7 Oprema vijadukta – Servisna staza

Između željezničke pruge i ograde, na obje strane vijadukta nalaze se AB servisne staze širine 160cm. Unutar nje nalaze se 3 poklopljena kanala za prolaz instalacija, a sve prema zahtjevima instalatera. Također u prostoru servisne staze bit će montirani stupovi kontaktne mreže. [3]

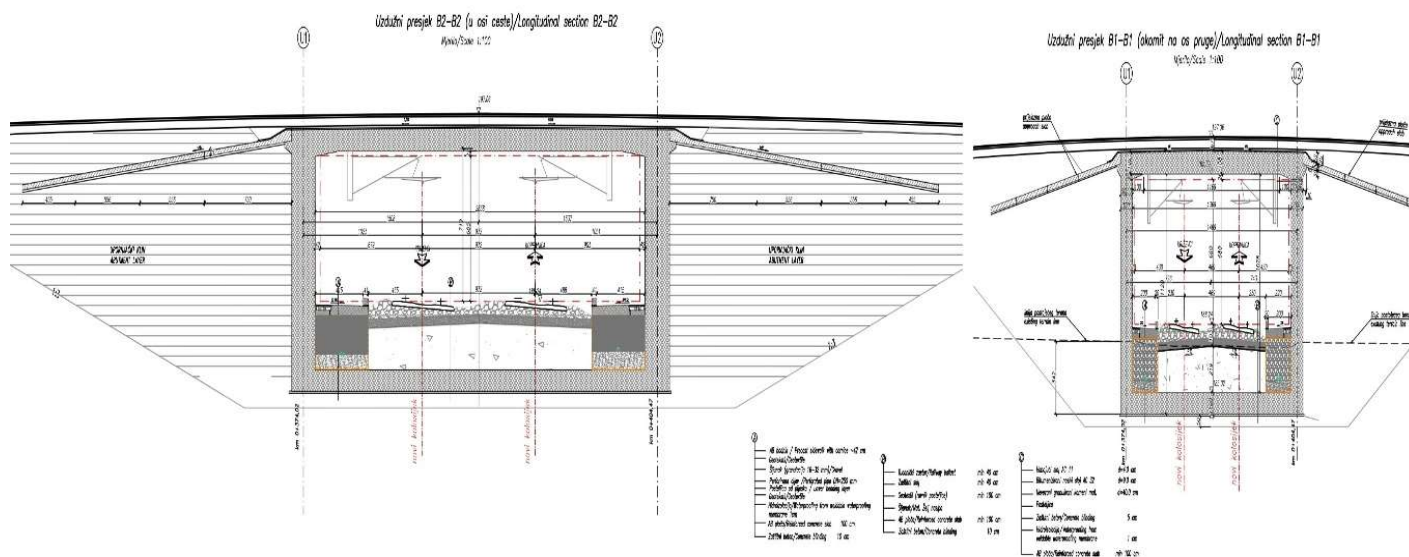
3.2.2 Nadvožnjak „Lepavina 1“

Željeznički nadvožnjak „Lepavina 1“ se nalazi na križanju državne ceste D41 sa željezničkom prugom M201. Nadvožnjak služi kao prolaz željezničke pruge M201 ispod ceste D41 na stacionaži 50+662,53. Osa udaljenost dva željeznička kolosijeka iznosi minimalno 4,5 m dok je širina korita od ruba do osi svakog kolosijeka 220 cm, a betonski pragovi su postavljeni na razmaku od 60 cm. Debljina tucanika od donjeg ruba praga do gornje plohe konstrukcije iznosi minimalno 40 cm. Sa svake strane nalazit će se servisne staze min. širine 120 cm dok će se s obje strane nalaziti kanalice za smještaj željezničkih kabela. [4]



Slika 16: Tlocrtni prikaz nadvožnjaka Lepavina 1 (Izvor: [4])

Uvjeti HŽ infrastrukture su odredili da donji rub rasponske konstrukcije mora biti 6,8 m iznad GRT-a. Početak nadvožnjaka je na km 0+373,00, a završetak na km 0+405,53. Te ukupna dužina nadvožnjaka je 32,53 m. Radi jako malog kuta križanja pruge i ceste (29°) odabrano je da cesta prelazi preko okvirne konstrukcije u nasipu s minimalnom debljinom tamponskog sloja od 40 cm ispod kolnika te će se tako riješiti sva vitoperenja i padovi ceste neovisno o konstrukciji



Slika 18: Uzdužni presjek nadvožnjaka Lepavina 1 (Izvor: [4])

3.2.2.2 Oprema nadvožnjaka

Na rubovima vijenaca je postavljena pješačka standardna čelična ograda visine 110 cm. Razmak vertikalnih prečki ispune je maksimalno 15 cm, a ograda je zaštićena AKZ zaštitom debljine 120 μ m. Također je predviđena zaštitna ograda dimenzija 1,93x2,0m na razmaku 0,07 metara koja je spojena na pješačku ogradu te je isto zaštićena AKZ zaštitom debljine 120 μ m. [4]

3.2.2.3 Oprema željezničke pruge – pješački hodnik

Na vanjskim rubovima okvira nadvožnjaka predviđen je montažni AB hodnik od betona C35/45. Služit će kao evakuacijski put i za servisiranje nadvožnjaka. Poprečni nagib hodnika je 2.0% prema nadvožnjaku. [4]

3.2.2.4 Oprema željezničke pruge – elektroinstalacije željezničke pruge

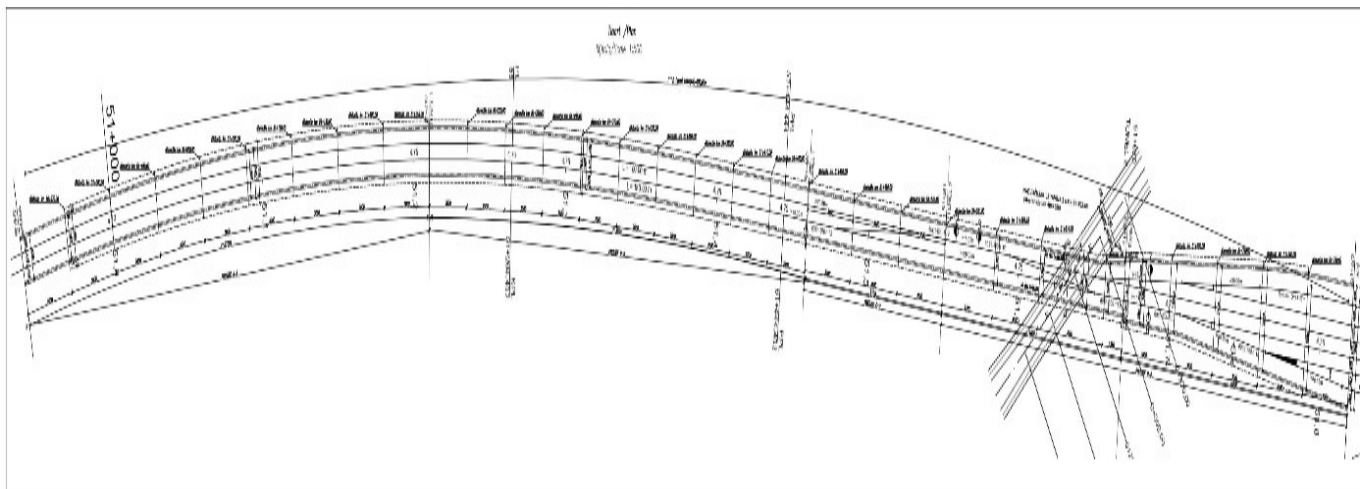
Na zidove i rasponsku ploču predviđena je montaža nosača za kontaktnu mrežu željezničke pruge. Ostale elektroinstalacije prolaze kroz pješački hodnik gdje je rezerviran prostor za instalacije. [4]

3.2.2.5 Zastor

Zastori na kolničkoj ploči su habajući sloj asfaltbetona AC-11 debljine 4 cm, AC-32 debljine d=9 cm i minimalno 40 cm kamenog materijala zbijenosti MS > 100 Mpa iznad hidroizolacije zaštićene s 5 cm betona klase C 16/20. [4]

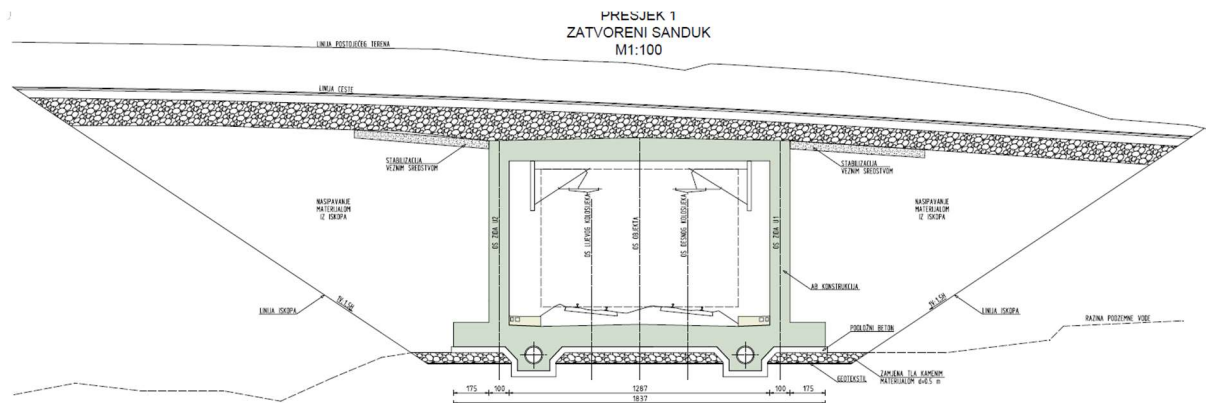
3.2.3 Nadvožnjak „Lepavina 2“

Željeznički nadvožnjak „Lepavina 2“ se nalazi na križanju državne ceste D41 sa željezničkom prugom M201. Nadvožnjak služi kao prolaz željezničke pruge M201 ispod ceste D41 na stacionaži 51+632,66. Objekt ima dvije funkcije, a to su da osigura denivelirano križanje državne ceste D41 sa željezničkom prugom M201 i da osigura zaštitu pruge u usjeku od visokih podzemnih voda. Osna udaljenost dva željeznička kolosijeka iznosi minimalno 4,5 m dok je širina korita od ruba do osi svakog kolosijeka 220 cm, a betonski pragovi su postavljeni na razmaku od 60 cm. Debljina tucanika od donjeg ruba praga do gornje plohe konstrukcije iznosi minimalno 40 cm. Sa svake strane nalazit će se servisne staze min. širine 120 cm dok će se s obje strane nalaziti kanalice za smještaj željezničkih kabela. [5]



Slika 19: Tlocrtni prikaz nadvožnjaka Lepavina 2 (Izvor: [5])

Uvjeti HŽ infrastrukture su odredili da donji rub rasponske konstrukcije mora biti 6,8 m iznad GRT-a. Početak nadvožnjaka je na km 0+266,32, a završetak na km 0+289,02. Te ukupna dužina nadvožnjaka je 22,67 m. Radi malog kuta križanja pruge i ceste (41°) odabrano je da cesta prelazi preko okvirne konstrukcije u nasipu s minimalnom debljinom tamponskog sloja od 40 cm ispod kolnika te će se tako riješiti sva vitoperenja i padovi ceste neovisno o konstrukciji nadvožnjaka i tako dobivamo jednostavne ravne plohe AB kolničke ploče za izvedbu. Korisna ploha nadvožnjaka se sastoji od 2×pješačko-biciklistička staza + 2×zaštitna širina + 2×rubni trak + vozni trak te iznosi 14,40 m ($2,20 + 1,0 + 0,5 + 3,50 + 0,5 + 1,0 + 2,20$). Širina kolnika iznosi 8,0 m ($0,5 + 3,50 + 3,50 + 0,5$). [5]

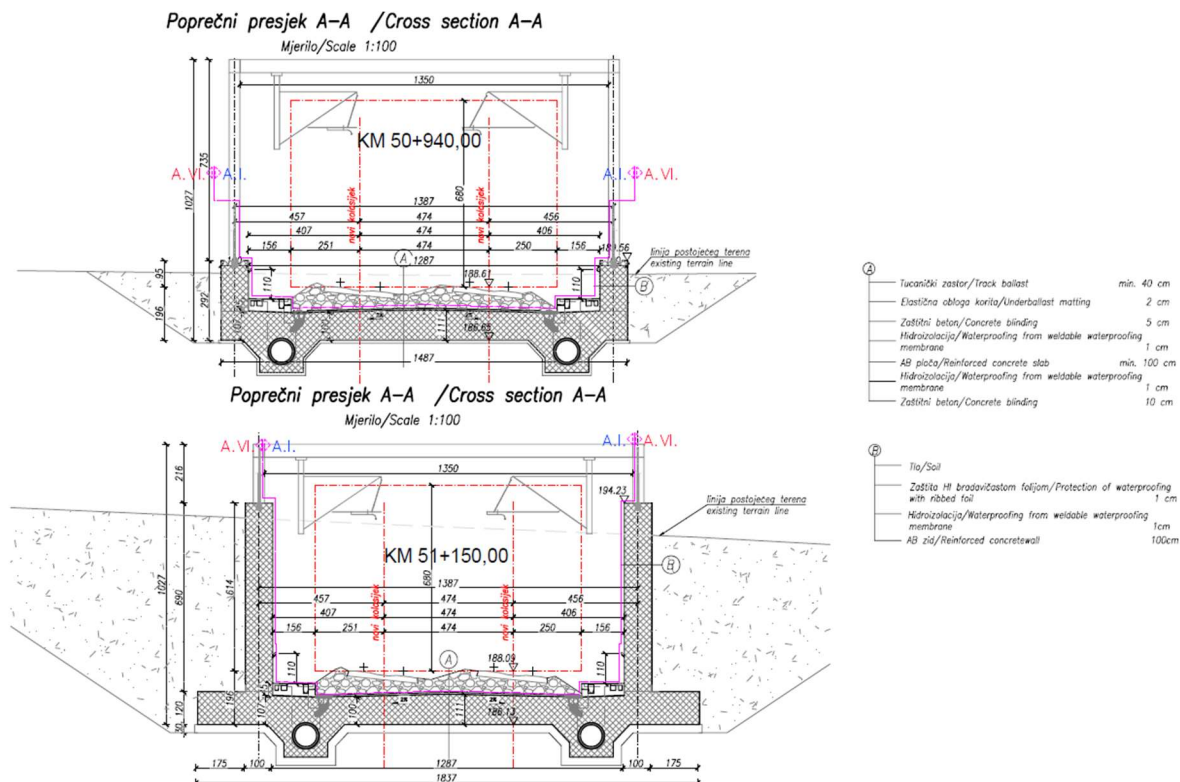


Slika 20: Uzdužni presjek nadvožnjaka Lepavina 2 (Izvor: [5])

3.2.3.1 Opis nosivog sklopa

Nadvožnjak Lepavina 2 je AB okvirna integralna konstrukcija, te su svi elementi nadvožnjaka monolitno povezani i čine jednu zajedničku cjelinu. Kvaliteta betona predviđena je C30/37, a armatura B500B. Početak AB korita počine na km 50+940,00, a završetak je na 51+820,00 te ukupna duljina objekta isnosi 880,00 m. Korito je jednostavna AB okvirna konstrukcija te služi za zaštitu usjeka od podzemne vode i prijelaz državne ceste. Konstrukcija se sastoji od temeljne ploče na koju su kruto povezani AB zidovi, a na djelu dionice zbog prijelaza ceste nalazi se gornja ploča pa konstrukcija ima oblik zatvorenog sanduka. Konstrukcija se sastoji od četiri karakteristična poprečna presjeka.

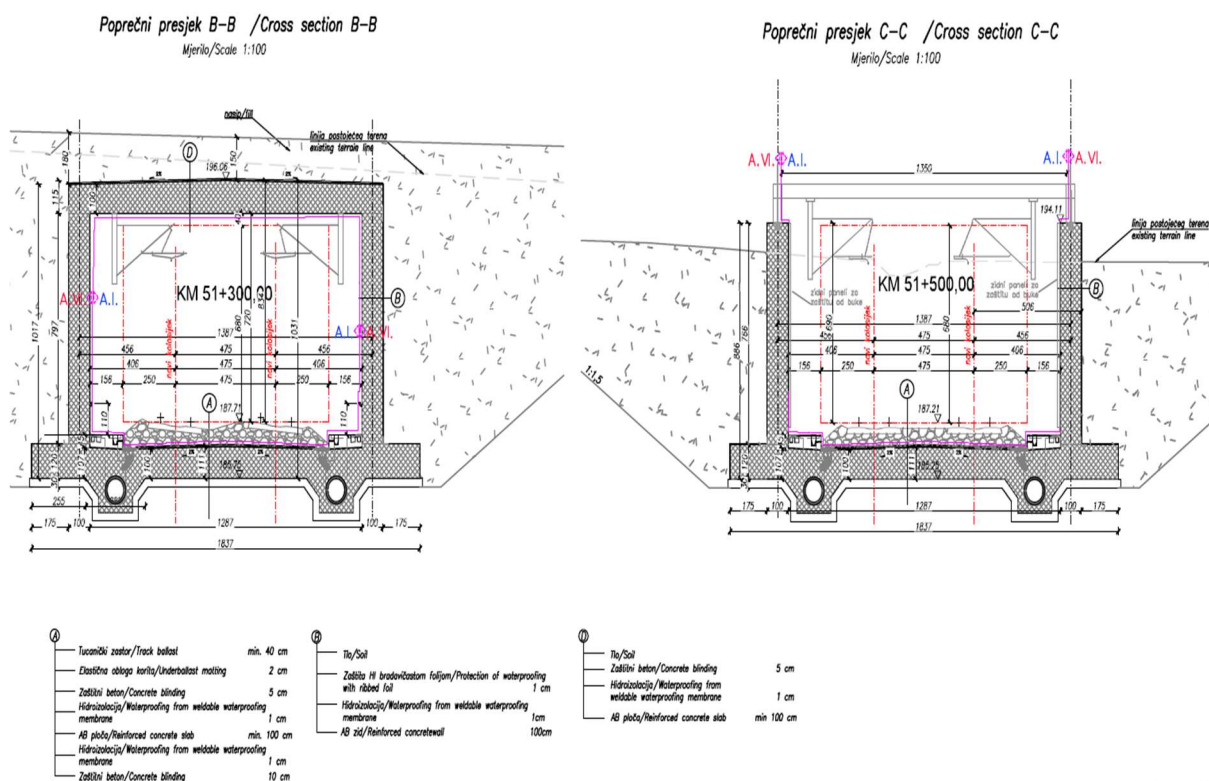
Kod presjeka A-A konstrukcija je oblika otvorenog sanduka i započinje na km 50+940, a završava na km 51+210 te je duljina 270 metara. Konstrukcija korita je otvoreni „U“ okvir. Visina zidova je prilagođena terenu, te imaju konstantni osni razmak od 13,87 m. [5]



Slika 21: Poprečni presjek A-A nadvožnjaka Lepavina 2 (Izvor: [5])

Kod presjeka B-B konstrukcija je oblika zatvorenog sanduka i započinje na km 51+210, a završava na km 51+460 ukupne je duljine 250 metara. Visina zidova je konstantna i iznosi 7,20 metara od GRT-a, odnosno 9,11 metara, te imaju konstantni osni razmak od 13,87 metara. Kod presjeka C-C konstrukcija je otvorenog oblika „ U okvir“ te započinje na km 51+460 do km 51+551, visina zidova iznosi 8,75 metara od GRT-a, odnosno 9,52 metara, te imaju konstantni osni razmak od 13,87 m. Ukupna duljina ove dionice iznosi 91 metar. Od km 51+551, pa do km 51+670 imamo ponovno presjek B-B gdje je visina zidova konstantna i iznosi 7,20 metara od GRT-a, odnosno 9,11 metar te imaju promjenjivi osni razmak od 13,87 metara do 15,48 metara. Duljina ove dionice iznosi 119 metara. [5]

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

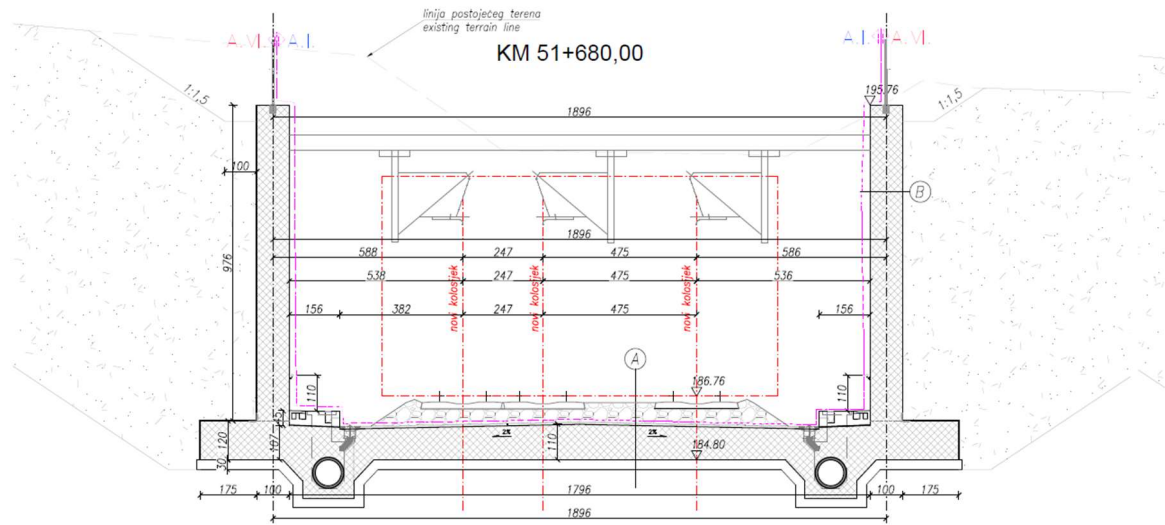


Slika 22: Poprečni presjek B-B nadvožnjaka Lepavina 2 (Izvor: [5])

Presjek D-D počinje od km 51+670 i završava na km 51+820, konstrukcija korita je oblika otvorenog sanduka te je visina zidova prilagođena terenu i imaju promjenjivi osni razmak od 18,20 metara do 36,60 metara. Ukupna duljina ove dionice je 150 m. [5]

Poprečni presjek D1-D1 /Cross section D1-D1

Mjerilo/Scale 1:100

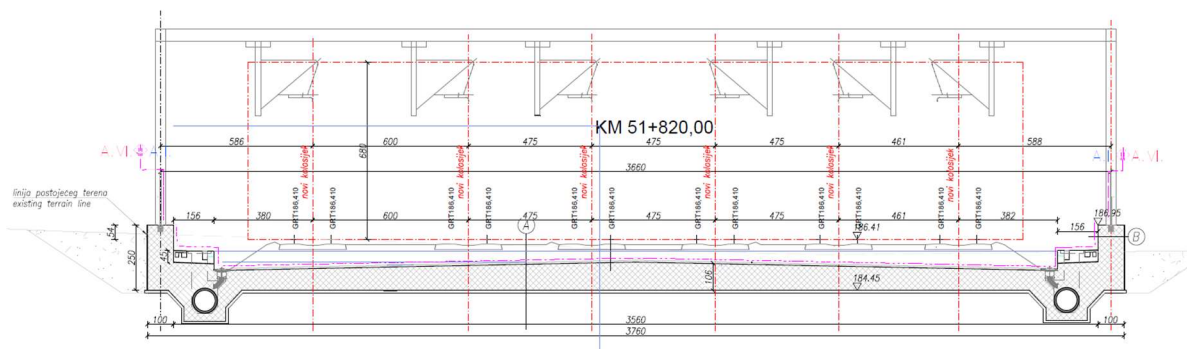


<p>Ⓐ</p> <ul style="list-style-type: none"> Tucanički zastor/Track ballast min. 40 cm Elastična obloga korita/Underballast matting 2 cm Zaštitni beton/Concrete blinding 5 cm Hidroizolacija/Waterproofing from weldable waterproofing membrane 1 cm AB ploča/Reinforced concrete slab min. 100 cm Hidroizolacija/Waterproofing from weldable waterproofing membrane 1 cm Zaštitni beton/Concrete blinding 10 cm 	<p>Ⓑ</p> <ul style="list-style-type: none"> Tlo/Soil Zaštita Hi bradavičastom folijom/Protection of waterproofing with ribbed foil 1 cm Hidroizolacija/Waterproofing from weldable waterproofing membrane 1cm AB zid/Reinforced concrete wall 100cm 	<p>Ⓓ</p> <ul style="list-style-type: none"> Tlo/Soil Zaštitni beton/Concrete blinding 5 cm Hidroizolacija/Waterproofing from weldable waterproofing membrane 1 cm AB ploča/Reinforced concrete slab min 100 cm
---	---	--

Slika 23: Poprečni presjek D1-D1 nadvožnjaka Lepavina 2 (Izvor: [5])

Poprečni presjek D-D /Cross section D-D

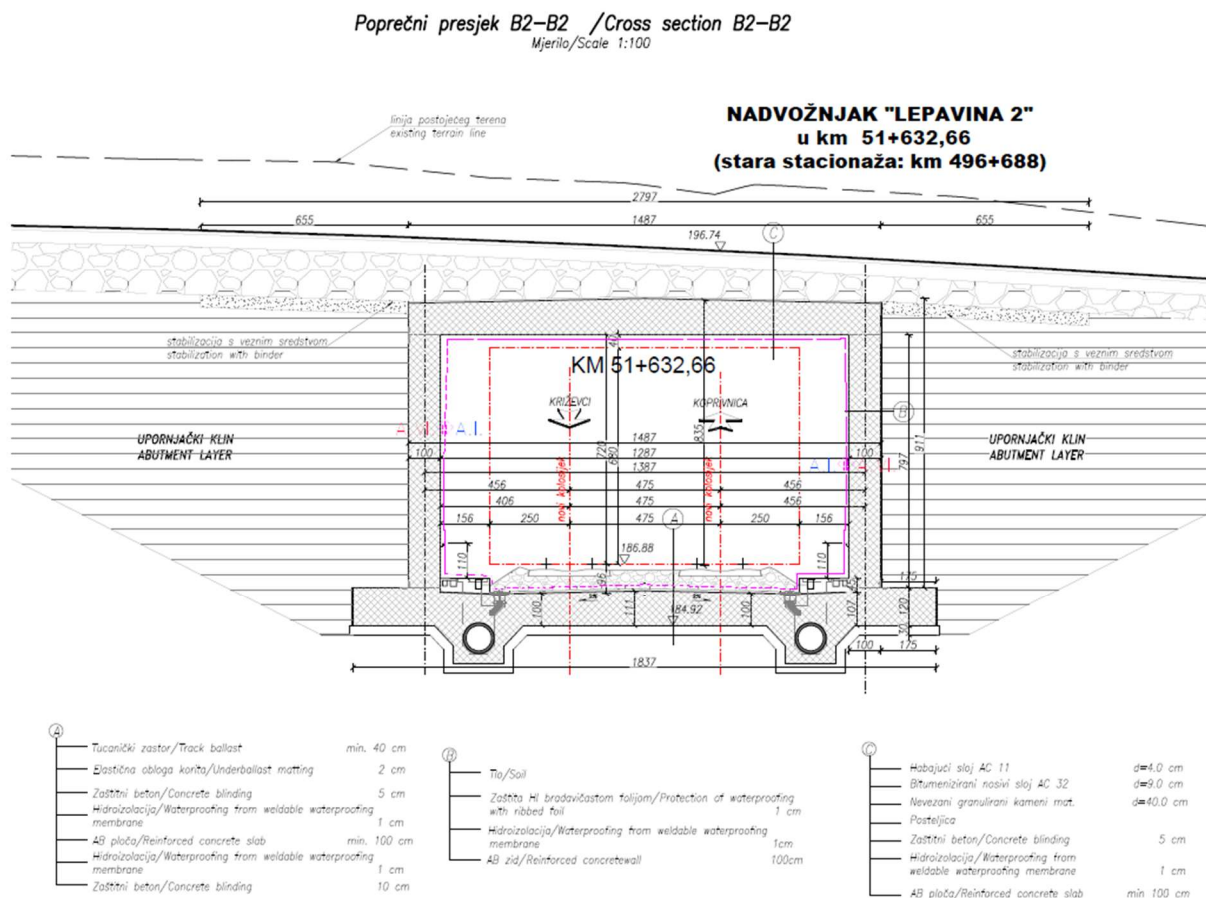
Mjerilo/Scale 1:100



Slika 24: Poprečni presjek D-D nadvožnjaka Lepavina 2 (Izvor: [5])

Širina revizijske staze s obje strane konstrukcije iznosi 1,56 metar. Predviđena nosiva konstrukcija se sastoji od monolitnih AB temelja, zidova i gornje ploče. Debljina temeljne ploče, zidova i gornje ploče. Debljina temeljne ploče, zidova i gornje ploče je 100 cm. Na konstrukciji su predviđena i bočna pera dužine 170 cm radi poboljšanja djelovanja uzgona.

Usjek na lokaciji prelaska ceste preko nadvožnjaka treba zasuti kamenim materijalom, prema pravilima izvođenja upornjačkog klina, kako bi se postiglo što manje slijeganje tla. Iznad klina se izvodi cementna stabilizacija u duljini 10 cm i debljine 40 cm. Tlo se mora nasipavati uz odgovarajuće nabijanje u visini 30-50 cm. Treba se postići zbijenost od $MS \geq 80-100$ Mpa. Glavna rasponska konstrukcija je monolitna AB ploča kruto povezana sa armiranobetonskim zidovima debljine 100 cm, ploča je na rubovima ojačana zadebljanjima (vutama) dimenzija 100×25 cm. Dimenzije armiranobetonske ploče su $54,64 \times 15,69$ m. AB krila nadvožnjaka nastavljaju se na AB zidove nadvožnjaka i čine jedinstvenu cjelinu. Zidovi su izvedeni u radijusu zakrivljenosti $R = 12000$ m kako bi se prilagodili radijusu željezničke pruge i kako bi se optimizirao raspon konstrukcije te smanjila duljina krilnih zidova. Konstrukcija je plitko temeljena na temeljnoj ploči dimenzija $121,30\text{m} \times 15,69\text{m}$ i debljine $d=100$ cm. AB zidovi su debljine $d=100$ cm i visine od temelja do kolničke ploče $10,30$ m, duljina im je kao kod temelja $95,21$ m, a visina od dna temelja do vrha kolničke ploče je $12,28$ m. Prijelazne ploče u trasi ceste su duljine $23,17$ m (prilagođene su visini nasipa) i debljine 25 cm, s uzdužnim padom od 10% prema trupu ceste. Izvode se u sloju mršavog betona na prethodno zbijenom nasipu. Nasip na lokaciji upornjaka se treba izvesti od kamenog materijala radi postizanja što manjeg slijeganja tla. Nasipavanje se vrši uz odgovarajuće nabijanje u visini sloja $30-50$ cm te se mora postići na vrhu nasipa (ispod prijelazne ploče) zbijenost $MS \geq 80 - 100$ Mpa. [5]



Slika 25: Poprečni presjek B2-B2 nadvožnjaka Lepavina 2 (Izvor: [5])

3.2.3.2 Oprema

Na rubovima vijenaca postavljena je standardna čelična ograda visine 110 cm. Razmak horizontalnih prečki ispune je maksimalno 25 cm. Predviđena je i zaštitna ograda dimenzija 1,93×2,0 m na razmaku 0,07 metara koja je na vijencima spojena na pješačku ogradu, a po zidovima na vlastite stupove. Ograde su zaštićene AKZ zaštitom 120 µm. [5]

3.2.3.3 Oprema željezničke pruge

Na vanjskim rubovima okvira nadvožnjaka predviđen je montažni AB hodnik od betona C35/45. Hodnik služi kao evakuacijski put i servisiranje nadvožnjaka. Poprečni nagib hodnika je 2,0% prema nadvožnjaka. Kontaktna mreža željezničke pruge nalazi se na standardnim nosačima na poziciji i visini kao i na ostalom dijelu željezničke pruge. Ostale elektroinstalacije prolaze kroz pješački hodnik gdje je rezerviran prostor za instalacije. [5]

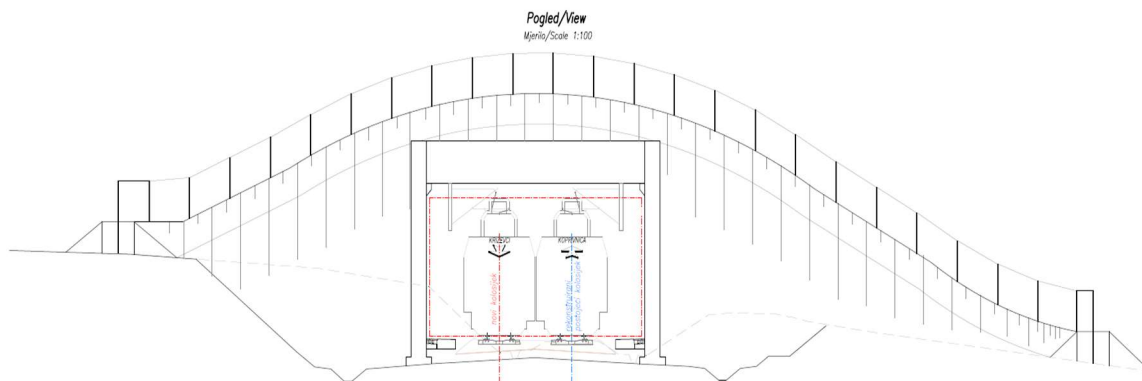
3.2.3.4 Zastor

Zastori na kolničkoj ploči su habajući sloj asfaltbetona AC-11 debljine 4 cm, AC-32 debljine d=9 cm i minimalno 40 cm kamenog materijala zbijenosti MS > 100 Mpa iznad hidroizolacije zaštićene s 5 cm betona klase C 16/20. [5]

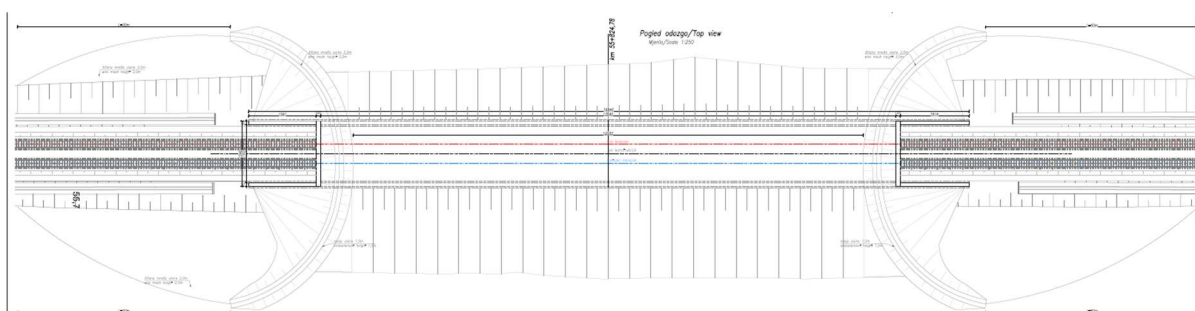
3.2.4 Galerija Velika Mučna

Prijelaz za životinje-galerija „Velika Mučna“ služi za nesmetano prelaženje životinja preko željezničke pruge M201. Objekt udovoljava zahtjevima glede normalnog željezničkog prometa te su dva željeznička kolosijeka na osnom razmaku minimalno 450 cm, ali zbog zadržavanja prometa za vrijeme gradnje novog objekta osni razmak je 600 cm. Širina korita od ruba do osi svakog objekta iznosi 230cm zbog prijelazne krivine i unificiranosti svih objekata. Betonski pragovi su postavljeni na razmaku od 60 cm, a debljina tucanika od donjeg ruba praga do gornje plohe konstrukcije iznosi minimalno 40 cm. Sa svake strane objekta nalaziti će se servisne staze minimalne širine od 120 cm.

Objekt je jednostavna okvirna konstrukcija. Sastoji se od armiranobetonske ploče, s jednim rasponom, koja je preko zida i naglavnice pilota monolitno spojena s pilotima preko kojih se sile prenose na tlo. Ukupna duljina objekta iznosi 169,46 metara.



Slika 26: Pogled na galeriju Velika Mučna (Izvor: [6])



Slika 27: Tlocrt galerije Velika Mučna (Izvor: [6])

3.2.4.1 Opis nosivog sklopa

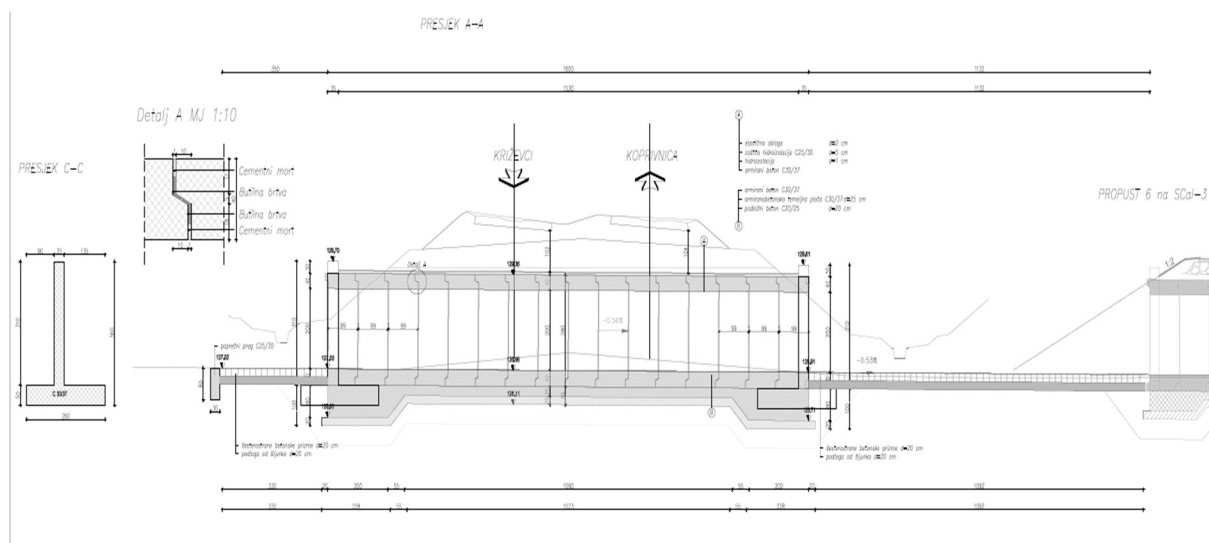
Rasponska konstrukcija se sastoji od AB montažnih ploča s jednim rasponom od 13,5 metara koja je oslonjena na dva zida te s njim monolitno povezana da čine okvirnu konstrukciju oslonjenu na pilote \varnothing 120 cm. Galerija se sastoji od 5 dilatacije duljine 35,04 + 3 × 32,98 + 35,39 metara. Ukupna duljina galerije je 169,46 metara, a raspon okvira je 14,45 metara. AB ploča je promjenjive debljine. Na sredini raspona je $d = 110$ cm te se kod spoja sa zidom postepeno smanjuje na $d = 95$ cm. Zidovi su debljine 95 cm sa konzolom dimenzija 30 × 60 cm za oslanjanje montažne ploče. Na početku i na kraju objekta formirana je greda za ojačanje ruba dimenzija 1,0 × 2,8 metara radi povećanog nasipa na početku i na kraju objekta. Zidovi se oslanjaju na AB pilote preko naglavne grede pilota dimenzija 1,60 × 1,40 metara. Visina zidova je od 0,65 metara do 9,5 metra. Na vrhu zidova se nalaze konzole dimenzija 30 × 60 (30 + 30) cm koje služe za oslanjanje montažnih ploča. Rubne dilatacije imaju po 12 pilota \varnothing 120 cm, a

3.2.5 Pločasti Propust u km 37+936,39

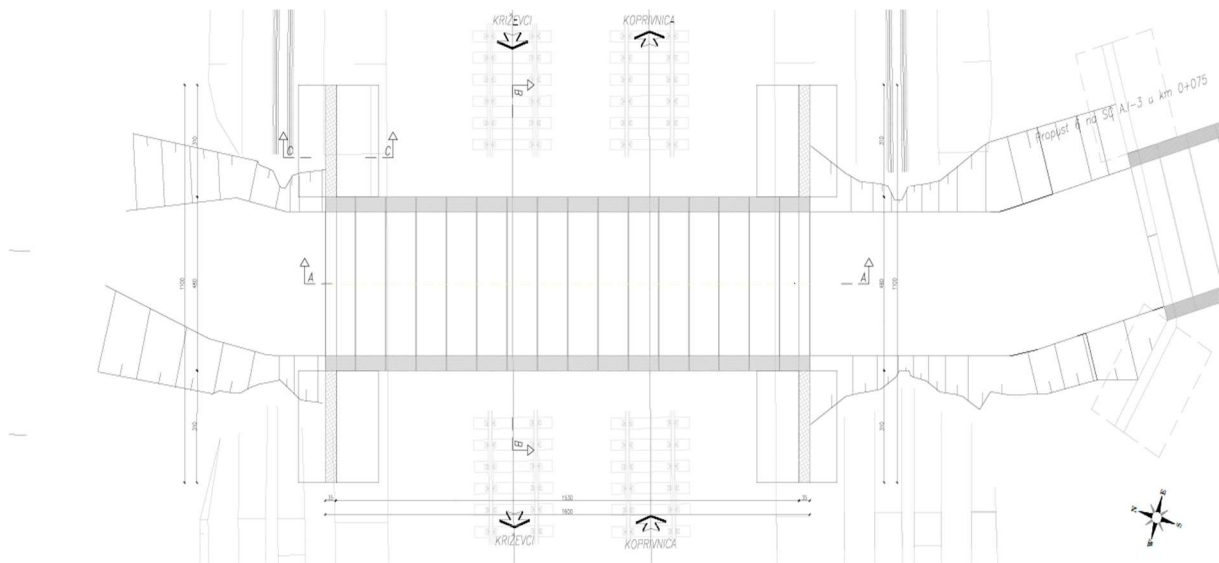
3.2.5.1 Opis nosivog sklopa

Za konstrukciju pločastih propusta su odabrani pravokutni AB montažni elementi, sa monolitno povezanim krilima koja se postavljaju okomito na os propusta. Rasponska konstrukcija montažnog elementa sastoji se od AB ploče koja je monolitno spojena sa zidovima preko kojih se sile prenose na tlo. Debljine stijenki AB montažnih elemenata su od 30 do 40 cm, ovisno o veličini propusta. Na rubovima svakog otvora montažnog elementa s unutarnje strane nalaze se zadebljanja (vute). Temeljna AB ploča na koju se postavljaju montažni elementi propusta je debljine 80 cm (na 2m od ruba konstrukcije) i 25 cm (na preostaloj površini). Temeljna ploča se oslanja na slojeve podložnog betona debljine $d=20$ cm. Krilni zidovi su postavljeni okomito na os propusta i imaju debljinu zida 0,35 m, a visinu temeljne stope 0,5 m. Prvi i posljednji predgotovljeni armirano betonski element povezani su armaturom sa krilnim zidovima u jednu cjelinu.

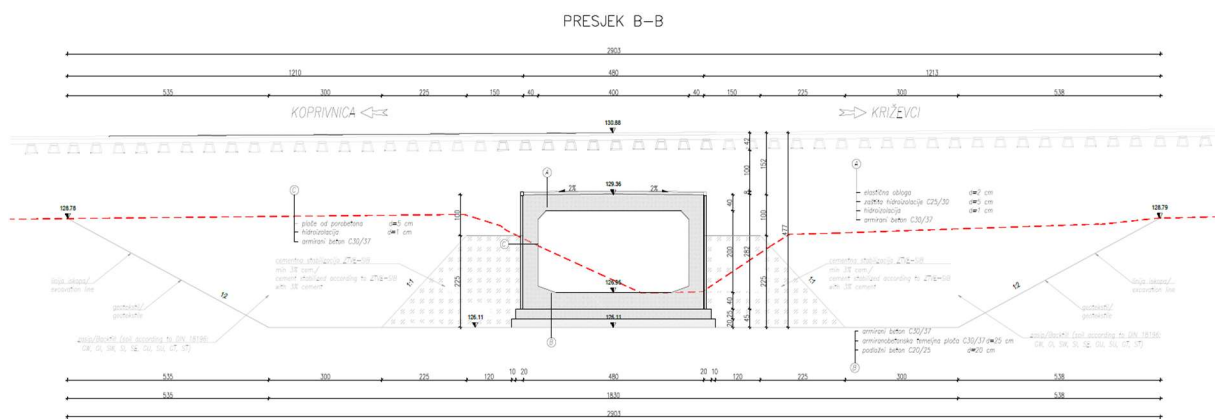
Propust se nalazi na novom dijelu trase, sjeverno od postojeće pruge. Stacionaža osi propusta je u km 37+936,39. Stacionaža iz idejnog projekta je 482+992. Svijetli otvor novog AB pločastog propusta je 4,0 x 2,0 m. Dužina propusta je 16,00 m. Uzdužni pad propusta je 0,56%. Debljina gornje AB ploče iznosi 40 cm. Debljina zidova i donje AB ploče propusta iznosi 40 cm. Najmanja debljina zastora između elastičnog elementa, postavljenog na gornji rub konstrukcije propusta, i betonskog praga je 1,02 m. Propust će se izvesti montažnim načinom građenja od predgotovljenih armirano betonskih elemenata duljine 0,99 m sa razmakom između elemenata od 1 cm. Krilni zidovi su postavljeni okomito na os propusta i imaju duljinu od 11,0 m, debljinu 0,35 m, a visinu 3,60 m. Prvi i posljednji predgotovljeni armirano betonski element povezani su armaturom sa krilnim zidovima u jednu cjelinu.



Slika 30: Uzdužni presjek propusta na km 37+936 (Izvor: [7])



Slika 31: Tlocrtni prikaz propusta na km 37+936 (Izvor: [7])



Slika 32: Poprečni presjek propusta na km 37+936 (Izvor: [7])

4 Tehnologija i logistika izvedbe radova

4.1 Tehnologija gradnje željeznica

4.1.1 Uvod i povijest gradnje željeznica

Prvi vagoni vođeni po tračnicama pojavili su se u 16. stoljeću i koristili su se za izvlačenje ugljena i rude iz rudnika u Njemačkoj i Engleskoj. U početku su tračnice bile drvene, a vagoni su vukli ljudi, a kasnije životinje. Prva javna željeznička pruga otvorena je 27. rujna 1825. godine u Engleskoj, između Stocktona i Darlingtona, dužine 40 km. Vagone je vukla parna lokomotiva koju je 1803. godine dizajnirao Richard Trevithick, a kasnije unaprijedio George Stephenson. Stephenson je uveo klipove, cilindre i kotače s utorima. Lokomotiva je mogla prevesti 50 tona tereta brzinom od 8 kilometara na sat. [8]



Slika 33: Rekreacija otvorenja pruge Stockton - Darlington (Izvor: [9])

Ubrzo nakon toga, željeznice su se pojavile i u drugim europskim zemljama. Francuska je dobila prvu željeznicu 1827. godine, dok su Austrija, Češka i SAD dobili svoje 1829. godine. Belgija i Njemačka su svoje prve željeznice izgradile 1835. godine, carska Rusija 1838. godine, Indija 1853. godine, a Australija 1854. godine. Prva pruga u Hrvatskoj izgrađena je 1860. godine na relaciji Kotoriba – Čakovec – Pragersko. Dana 1. listopada 1862. godine puštena je u promet pruga Zidani Most – Zagreb – Sisak u duljini od 75 km. [8]



Slika 34: Prva parna lokomotiva na pruzi Zidani Most – Zagreb - Sisak (Izvor: [11])

Za razvoj željeznica u svijetu značajne su gradnje transkontinentalnih željeznica. Prva je izgrađena 1869. godine u SAD-u trasa joj se protezala od zapadne pa do istočne obale SAD-a. Također još jedna bitna željeznica, koja je od značaja za povijest razvoja željeznica je Transsibirska željeznica koja se gradila od 1892. godine do 1905. godine, a njena ukupna dužina je 9 337 km. Glavni pravac Transsibirske linije se proteže od Moskve do Vladivostoka, prolazi kroz osam vremenskih zona i najdulja je željeznička pruga na svijetu. [8]



Slika 35: Trasa Transsibirske željeznice (Izvor: [11])

U svijetu danas postoji oko 1.500 000 km pruga. Oko 70 % ukupne mreže željezničkih pruga izgrađeno je u Europi i Sjevernoj Americi. U Europi ima oko 370.000 km pruga. Dok najgušću željezničku prugu s obzirom na teritorij ima Belgija. Najveću ukupnu duljinu tračnica imaju SAD i Rusija dok najviše elektrificiranih pruga ima Švicarska 98%. Najveći promet putnika ima Japan, a najveći promet robe imaju SAD i Rusija.

Danas su se željeznice značajno razvile, preko elektrifikacije uporabom modernijih elemenata za izgradnju donjeg i gornjeg ustroja, DTT-a, pa preko razvoja lokomotiva i načina njihova

pogona. Tako danas Francuska ima nekoliko super brzih vlakova s prosječnim brzinama iznad 150 km/h te s brzinom od 380 km/h na pruzi Pariz – Lyon. Jedna od najpoznatijih brzih željeznica u svijetu je Tokaido željeznica u Japanu s vlakovima koji voze brzinom većom od 250 km/h. Japanski magnetski levitirajući vlak postigao je tijekom pokusne vožnje brzinu od 603 km/h. [8]



Slika 36: Japanski magnetski levitirajući vlak (Izvor: [8])

4.1.1.1 Gradnja željeznica prije mehanizacije

Izgradnja željeznica u prošlosti koristila je kombinaciju ručnog rada i osnovnih strojeva. Prije 1900. godine, izgradnja željeznica se uglavnom oslanjala na ručni rad. Radnici su koristili osnovne alate poput lopata, krampova i tački. Zemljani radovi obavljani su ručno, pri čemu su radnici ručno iskopavali pruge i nasipali zemlju. Za podizanje teških materijala koristili su se tronožci ili jarboli poduprti jednom ili s više zateznih žica. To su bile jednostavne konstrukcije od drvenih stupova i užadi koje su pomagale pri podizanju i postavljanju građevinskog materijala. [12]

Parni ili ručno upravljani vitli korišteni su za podizanje i premještanje teških predmeta. Ovi vitli olakšavali su rukovanje velikim teretima potrebnim za izgradnju željeznica. Konji su igrali značajnu ulogu u transportu materijala. Vukli su kola natovarena građevinskim materijalom duž gradilišta. Kose ravnine korištene su za premještanje materijala uzbrdo i nizbrdo, koristeći gravitaciju i jednostavne sustave remenica.



Slika 37: Izgradnja željezničke pruge pomoću kočija i parnog bagera (Izvor: [12])

Od 1880. godine, uvedeni su parni bageri. Ovi rani mehanički kopači značajno su povećali učinkovitost zemljanih radova.



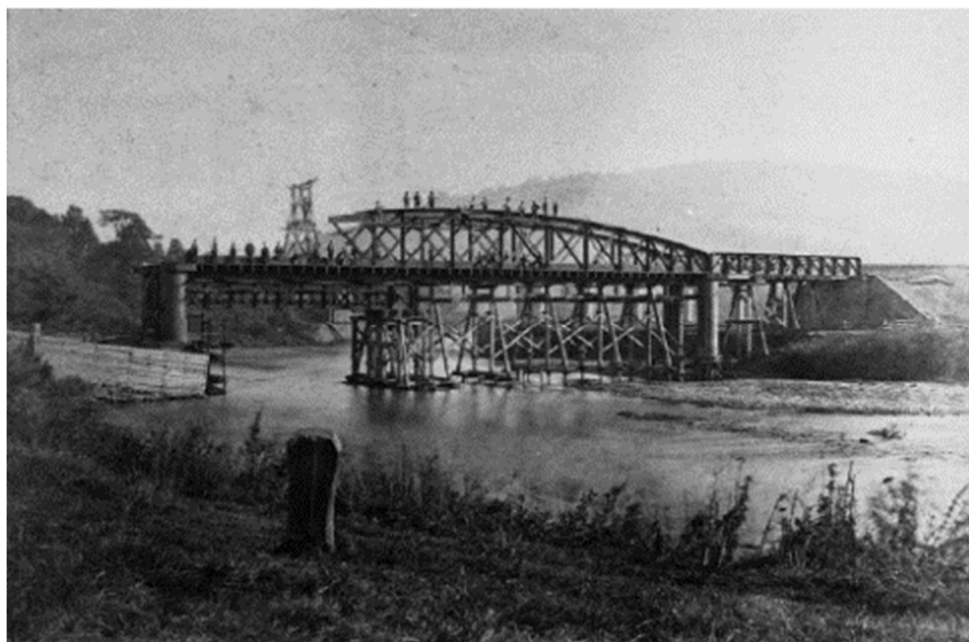
Slika 38: Parni bager (Izvor: [12])

Transport i postavljanje komponenti poput oplata za lukove i raspona izrađenih od drva ili metala se odvijao pomoću kola koje su vukli konji. Portalne dizalice, velike pokretne dizalice koje su se kretale po drvenim gredama, korištene su za postavljanje ovih komponenti. Ove dizalice bile su podržane drvenim stupovima prilikom rada preko rijeka.



Slika 39: Portalna dizalica (Izvor: [12])

Drveni i metalni rasponi za mostove i druge strukture sastavljani su na gradilištu. Drveni stupovi često su se zabijali u riječna korita kako bi podržali privremene konstrukcije. Drveni stupovi korišteni su za stvaranje temelja u močvarnim područjima ili preko rijeka. Ovi stupovi podržavali su privremene grede i skele potrebne za izgradnju. Sveukupno, izgradnja željeznica u prošlosti bila je proces koji je zahtijevao puno ručnog rada i osnovnih mehaničkih pomagala. Uvođenje parnih strojeva u kasnom 19. stoljeću označilo je značajan napredak, poboljšavajući učinkovitost i smanjujući oslanjanje na isključivo ručne metode. [12]



Slika 40: Gradnja mosta preko rijeke Wye (Izvor: [12])

4.1.2 Općenito o željeznicama

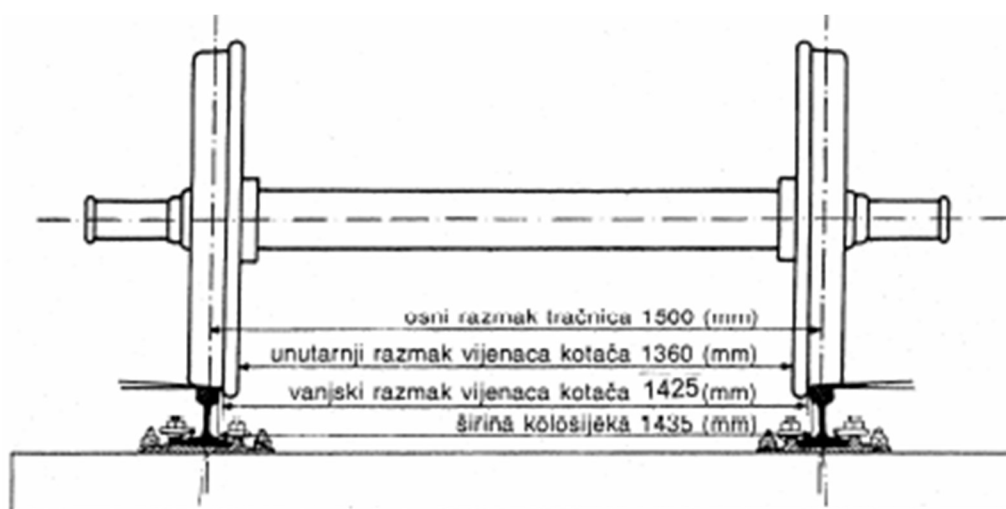
Željeznice su prometna sredstva kod kojih su kotači vozila prisilno vođeni po metalnim tračnicama. Prisilno vođenje vozila se postiže ispustom vijenca na obodu kotača koji sprječava skretanje vozila s točno određenog puta. Kod kretanja željezničkih vozila po tračnicama prisutni su vrlo mali otpori, oko 10 puta manji nego kod otpora pneumatika na kolniku.

Glavne prednosti željeznica u odnosu na druga prometna sredstva su ta da se na željeznicama vozi "na slijepo", odnosno vozi se po signalima te vlak ne vozi u vremenskim razmacima već u prostornim razmacima koji glasi da u jednom prostornom razmaku zaštićenom obostrano glavnim signalima, smije se u isto vrijeme nalaziti samo jedan vlak, a drugi vlak može u taj razmak ući tek nakon što je prethodni vlak taj razmak napustio. Preko dvokolosiječne pruge se može prevesti tereta kao i na 20 autocesta te željeznice posjeduju sposobnost prijevoza teških tereta. Željeznice su također upogledu sigurnosti na prvom mjestu naspram drugih prometnih sredstava, a u pogledu redovitosti i točnosti također zauzimaju vodeću poziciju. Također za željeznice su potrebni mali pogonski troškovi.

Željeznice prema svrsi dijelimo na željeznice javnog prometa i željeznice koje ne služe javnom prometu. U ovom radu ćemo se fokusirati na željeznice javnog prometa odnosno na normalne željeznice dalekog prometa koje se dijele na glavne pruge 1. i 2. reda. Prema širini kolosijeka željeznice dijelimo na:

- Normalna širina kolosijeka ($\text{š} = 1435 \text{ mm}$), oko 70% svjetskih željeznica,
- Širokotračne željeznice ($\text{š} > 1435 \text{ mm}$), oko 15% svjetskih željeznica,
- Uskotračne željeznice ($\text{š} < 1435 \text{ mm}$), oko 15% svjetskih željeznica.

Širina kolosijeka je udaljenost između unutrašnjih rubova tračnica mjenjenog 14 mm ispod vozne površine.



Slika 41: Širina željezničkog kolosijeka (Izvor: [13])

Pruge u sastavu HŽ-a razvrstane su kao magistralne (glavne i pomoćne) i ostale. Magistralne pruge imaju veće značenje prema opsegu prijevoza, povezivanja gospodarskih centara i služe u međunarodnom tranzitnom prometu.

Magistralne pruge normalnog kolosijeka dijelimo na:

- I. reda (> 25000 t/dan)
- II. reda (od 6000 do 25000 t/dan)

Glavne pruge od značaja za međunarodni promet su pruge koje se nalaze na međunarodnim željezničkim koridorima i njihovim ograncima (koridori RH1, RH2 i RH3). [13]

4.1.2.1 Elektrifikacija pruga i njene prednosti

U Njemačkoj 1879. godine Siemens je odijelio izvor energije od lokomotive tako da se na lokomotivi nalazio samo električni motor, a spoj lokomotive s izvorom energije (generator u električnoj centrali) izveden je pomoću voznog voda. Tada se koristila istosmjerna struja niskog napona (500 do 600 V). Danas se u Hrvatskoj je elektrificirano 980 km od 2722 km, 977 km pruge je elektrificirano na principu monofazne izmjenične struje industrijske frekvencije (25 kV i 50 Hz), dok je 3 km pruge elektrificirano sustavom istosmjerne struje od 3000 V.

Prednosti električnog pogona možemo podijeliti na energetske, pogonske, personalne prednosti i prednosti u oblikovanju pogona. Energetski gledano, korištenjem električnog pogona se može postići racionalnija potrošnja energije, može se koristiti energija iz različitih izvora poput hidro, termo i NE centrala. Također toplinski stupanj korisnog učinka iznosi $\eta = 0,25$ ukoliko se električna struja proizvodi iz termoelektrana ili je $\eta = 0,50$ ako je električna energija iz hidrocentrala. Kod pogonskih prednosti električne lokomotive mogu biti u pogonu 20 do 22 h/dan, također električne lokomotive omogućuje znatno veće brzine čime se povećava propusna i prijevozna sposobnost, nema potrebe okretati električnu lokomotivu na okretaljka. Električne lokomotive imaju smanjen broj osoblja te su povoljniji uvjeti rada na njima. Električne lokomotive imaju mogućnost svladavanja većih uspona, potreban im je manji broj mjesta u lokomotivskim remizama i moguće je višestruko zaposjedanje lokomotiva.

Uz prednosti imamo i nedostatke električnog pogona. Električni pogon ima veliku ovisnost o izvoru električne energije, pa je tako osjetljiv na kvarove u električnoj centrali, kontaktnoj mreži i napojnoj stanici. Također potrebno je oblikovati vozni red prema proizvodnji električne energije, pošto se električna energija ne može skladištiti. Kod električne energije su značajne početne investicije jer se treba izgraditi energetski sustav kojeg čine električne centrale, dalekovodi, napojne stanice, kontaktna mreža i nabava skupih lokomotiva. [13]

4.1.2.2 Dugi trak tračnica (DTT)

Jedno od najvrjednijih dostignuća razvoja željezničkog gornjeg ustroja je dugi trak tračnica odnosno kolosijek bez sastava. To je trak sastavljen od pojedinačnih tračnica spojenih zavarivanjem ili lijepljenjem. Dugi trak tračnica omogućuje prednosti poput: [13]

- Povećane udobnosti vožnje
- Smanjene troškove redovnog održavanja gornjeg ustroja
- Smanjene troškove vuče
- Produljenje vijeka trajanja tračnica
- Smanjenje troškova održavanja željezničkih vozila
- Smanjenje buke

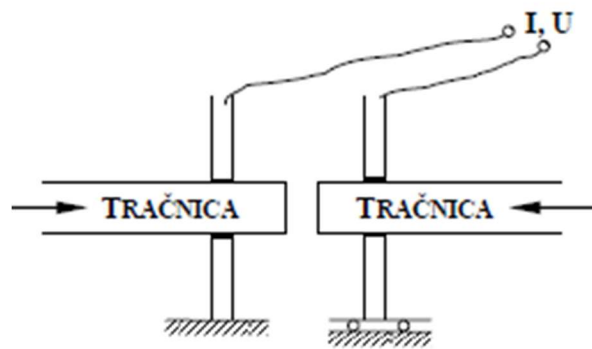
4.1.2.3 Zavarivanje tračnica

Zavarivanje tračnica je postupak spajanja tračnica ugrađenih u kolosijek ili spajanje prije same ugradbe u kolosijek, jednim od tehnoloških postupaka za zavarivanje. Primjena određenih postupaka zavarivanja najviše ovisi o tehničkim i tehnološkim mogućnostima pojedine željezničke uprave. Tehnološki postupci zavarivanja su:

- Elektrootporni postupak zavarivanja
- Aluminotermijski postupak zavarivanja
- Elektrolučni postupak zavarivanja
- Autogeno zavarivanje
- Plinsko zavarivanje

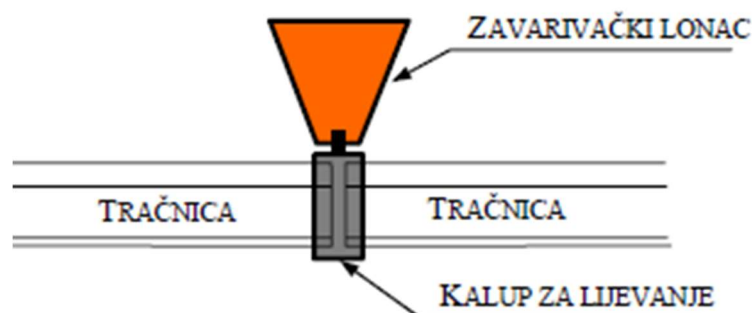
Elektrootpornim zavarivanjem se zavaruju nove tračnice raznih profila i kvalitete, ali i tračnice koje su već korištene i razne istrošenosti. Za uspješan proces bez zastoja potrebno je razvrstati tračnice po profilu i kvaliteti materijala, a tračnice koje su se koristile po istrošenosti. Kako bi prijašnje navedene radnje mogle obaviti, radionice u kojima se obavlja postupak elektrootpornog zavarivanja trebaju raspolagati dovoljnim prostorom za skladištenje i razvrstavanje tračnica. Varenje se obavlja na stabilnom postrojenju izmjeničnim stezanjem i otpuštanjem krajeva tračnica kroz koje se propušta električna struja jačine $I = 1000 \text{ A}$ i napona $U = 6 - 15 \text{ V}$. Nakon toga slijedi obrada vara i njegovo ispitivanje.

Elektrootporno zavarivanje je jedno od najkvalitetnijih postupaka zavarivanja jer se izvodi u stabilnim postrojenjima, rijetko na terenu. Dužine na koje se mogu tračnice zavariti su ograničene zbog problema sa transportom zavarenih tračnica te se mogu zavariti na 120 do 280 metara. [13]



Slika 42: Elektrootporni postupak zavarivanja (Izvor: [13])

Još jedan od postupaka koji se često koristi za zavarivanje tračnica i to neposredno u kolosijeku (na terenu) je aluminotermijski postupak zavarivanja (AT). Proces zavarivanja se vrši tako da se poravnaju krajevi tračnica i postave radionički izrađeni kalupi za lijevanje, krajevi tračnica se predgrijavaju te se postavlja zavarivački lonac ispunjen termitnom smjesom (željezni oksid i aluminij) koja se pali te nakon desetosekundne burne reakcije rastaljena smjesa se ispušta u kalup za lijevanje, na kraju slijedi otvaranje kalupa te čišćenje i obrada vara. [13]



Slika 43: Aluminotermijski postupak zavarivanja (Izvor: [13])

4.1.3 Donji ustroj

Željeznička pruga sastavljena je od donjeg i gornjeg ustroja te signalno – sigurnosnih uređaja. Od konstruktivnih elemenata pod donji ustroj spadaju: [8]

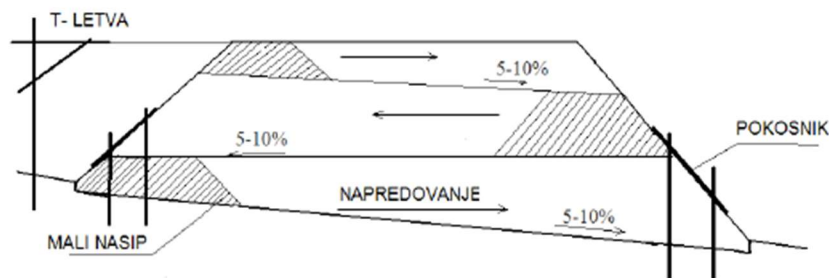
- Zemljani radovi (nasip, usjek, zasjek...)
- Radovi osiguranja (potporni i uporni zidovi...)
- Radovi zaštite (zaštita pokosa, odvodnja...)
- Objekti u trupu pruge (mostovi, tuneli, propusti...)

4.1.3.1 Donji ustroj – izrada nasipa

Kod izrade nasipa bitno je znati na kakvoj se vrsti tla nasip izrađuje. Najefikasnija metoda kod izrade nasipa na dobrom nosivom tlu je izrada nasipa u horizontalnim slojevima. Debljina pojedinog sloja u zbijenom stanju treba biti:

- Kod sitnozrnatih koherentnih materijala poput lesa, gline i prašine 20 – 40 cm
- Kod nevezanih materijala poput pijeska, šljunka i drobljenca 30 -70 (100) cm

Kod izrade nasipa bitno je stišljive i manje nosive materijale ugrađivati u niže slojeve nasipa kako bi se pod pritiskom gornjih slojeva i pri zbijanju postigla veća zbijenost te se zbijanje uvijek mora obavljati od rubova nasipa prema sredini kako bi se spriječilo istiskivanje materijala. Jako je bitno da se zbijanje ne vrši po kišnom vremenu naročito kada se radi o sitnozrnatih koherentnim materijalima. U nasip se ne smiju ugrađivati zaleđeni materijali i materijali u velikim grudama.



Slika 44: Izrada nasipa u horizontalnim slojevima (Izvor: [8])

Ukoliko se nasip gradi na stišljivom tlu nedovoljne nosivosti, postoji nekoliko konstruktivnih postupaka pomoću kojih će se osigurati stabilnost nasipa u toku izgradnje i povećati. Nasip se može osigurati tako da se napravi proširenje nasipa od istog materijala čime se smanjuje pritisak na stišljivo tlo u osnovi nasipa zbog povećanja površine slijeganja. Tako se povećava i stabilnost protiv sloma tla.

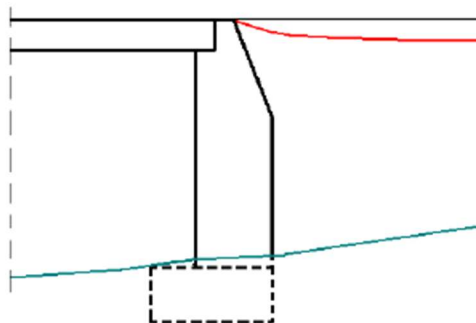


Slika 45: Izrada nasipa bočnim nasipima (Izvor: [8])

Povećanje nosivosti tla se može postići i ubrzanjem konsolidacije privremenim preopterećenjem tako da se na temeljno tlo nanosi dodatno opterećenje nasipavanjem materijala bez zbijanja koji se zadržava tako dugo dok se ne postignu predviđena slijeganja u tlu. Nakon toga se dodatno opterećenje uklanja i započinje zbijanje nasipa te izrada gornjeg ustroja. Također još jedan način za izradu nasipa na slabo nosivom tlu je ta da se napravi

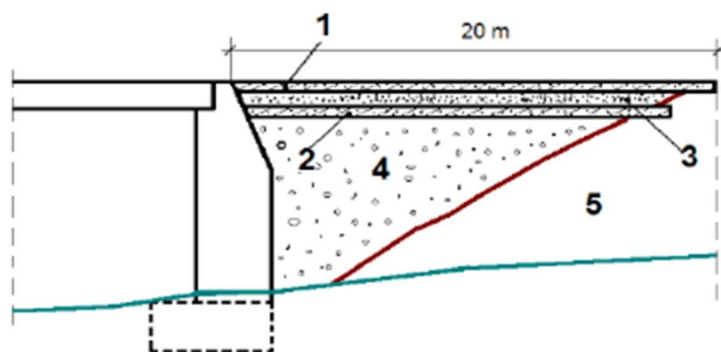
djelomična ili potpuna zamjena stišljivog temeljnog tla materijalom za izradu nasipa. Ovaj postupak se vrši ukoliko se ni dodavanjem bočnih nasipa niti privremenim preopterećenjem ne mogu postići zadovoljavajući rezultati i osigurati stabilnost nasipa, pristupa se djelomičnoj ili potpunoj zamjeni temeljnog tla materijalom za izradu nasipa najčešće sa nekim šljunkovitim ili pjeskovitim materijalom. [8]

Kada se prekida kontinuitet izgradnje trupa pruge zbog izgradnje nekog objekta (most, propust, zidovi) dolazi do stvaranja zone drukčije nosivosti. Nasip se tokom vremena sliježe zbog nedovoljne zbijenosti ili zbog slijeganja temeljnog tla, pa nastaje na prijelazu s nasipa na objekt vrsta stepenice ili skoka. [8]

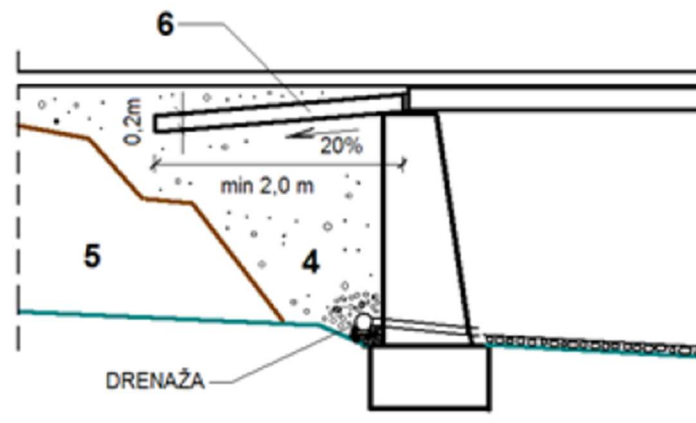


Slika 46: Slijeganje nasipa iza upornjaka mosta (Izvor: [8])

Ova pojava se može izbjeći tako da iza objekta radi ispuna kvalitetnim materijalom ili se izvodi prijelazna ploča, također je potrebno napraviti ispravan način odvodnje vode iz posteljice iza objekta. [8]



Slika 47: Korištenje dobrog materijala za ispunu (Izvor: [8])



Slika 48: Dodavanje prijelazne ploče i odvodnja vode iza upornjaka (Izvor: [8])

- 1 i 2 – cementom stabilizirani šljunak debljine $d = 20$ cm
- 3 – pjeskoviti šljunak (25 cm)
- 4 – nevezani pjeskovito – šljunkoviti materijal
- 5 – zemljani materijal
- 6 – armiranobetonska ploča

4.1.3.2 Donji ustroj – posteljica

Posteljica ili ravnik je dio donjeg ustroja te njena nosivost je odlučujući faktor o kojem ovisi kvaliteta i trajnost željezničke pruge. Nosivost posteljice se provjerava proctorovim pokusom u laboratoriju ili kružnom pločom na terenu.

Za provođenje proctorovog pokusa zemljani materijal se zbija u standardnom kalupu te se mjeri suha prostorna masa i vlažnost pri zbijanju. Postupak se ponavlja više puta uz promjenu vlažnosti, a rezultati zbijanja se ucrtavaju u proctorov dijagram. Nakon toga se dobiva niz krivulja iz kojih se može odrediti optimalna vlažnost za zbijanje i utvrditi najpovoljnija debljina sloja za zbijanje i time odabrati odgovarajući stroj za njegovo zbijanje. Kod pokusa sa kružnom pločom se određuje modul stišljivosti M_s (MN/m^2) te on mora minimalno iznositi $60 \text{ MN}/\text{m}^2$. Za sprječavanje prodiranja vode u trup pruge kako bi se zaštitio od djelovanja mraza, ispod posteljice se izvodi zaštitni sloj. Zaštitni sloj mora biti vodonepropustan kako bi oborinska voda otjecala po posteljici prema jarcima za odvodnju. Također mora biti dobre nosivosti i mora moći prigušiti vibracije kolosijeka te ne smije sadržavati organske sastojke ni materijale koji se mijenjaju pod atmosferskim utjecajima, odnosno mora biti postojan.

Zaštitni sloj se može izvesti od nevezanog kamenog materijala debljine $d = 50$ cm i $M_s = 60 \text{ MN}/\text{m}^2$ propisanog granulometrijskog sastava i određenih fizikalno – mehaničkih svojstava poput:

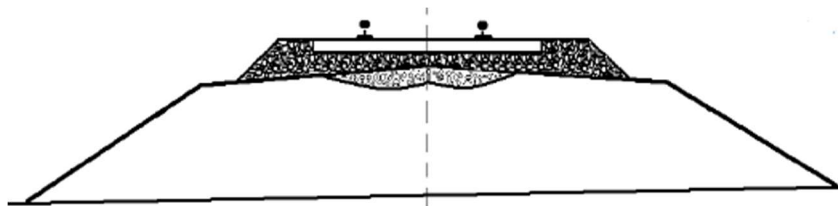
- Prirodnog pijeska,

- Šljunak
- Drobljeni kamen
- Mješavina spomenutih materijala

Zaštitni sloj također može biti napravljen cementnom stabilizacijom tako da se pomiješaju zrnati kameni materijal, cement ($80 - 100 \text{ kg/m}^3$) i voda u debljini od $15 - 20 \text{ cm}$. $M_s = 80 - 100 \text{ MN/m}^2$. Također stabilizacija se može postići vapnom koji je pogodan za glinovita tla. Dodaje se $5 - 8 \%$ vapna, a ukupna debljina sloja iznosi $15 - 25 (40) \text{ cm}$, a modul stišljivosti iznosi $M_s = 60 - 80 \text{ MN/m}^2$. [8]

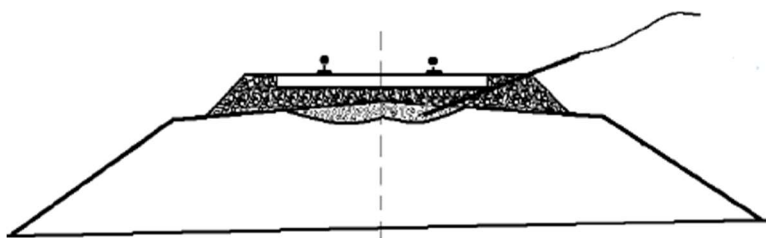
4.1.3.3 Donji ustroj – deformacije posteljica

Na željezničkom trupu nerijetko dolazi do deformacija te onda kao posljedica tih deformacija dolazi do slijeganja kolosijeka. Deformacije se javljaju zbog vlaženja koherentnog tla nasipa i usjeka uslijed čega se tučenac iz zastora utiskuje u posteljicu i donji ustroj. Ove deformacije se najčešće javljaju u proljetnim i jesenskim mjesecima kada ima najviše oborina. Ukoliko se deformirana posteljica ne uoči na vrijeme, utiskivanje zastora izazvati će slijeganje kolosijeka, a neravnine u kolosijeku će se dodatno povećati uslijed dinamičkih opterećenja.



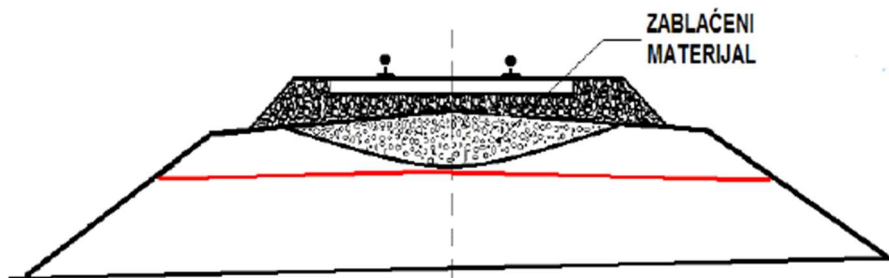
Slika 49: Deformirana posteljica (Izvor: [8])

Deformacije mogu biti različite, a definiramo ih po njihovom obliku. Tako imamo zastorni džep koji se sanira injektiranjem hidrauličkog ili ugljikovodičkog veznog sredstva tj. Cementnim mortom ili bitumenom.

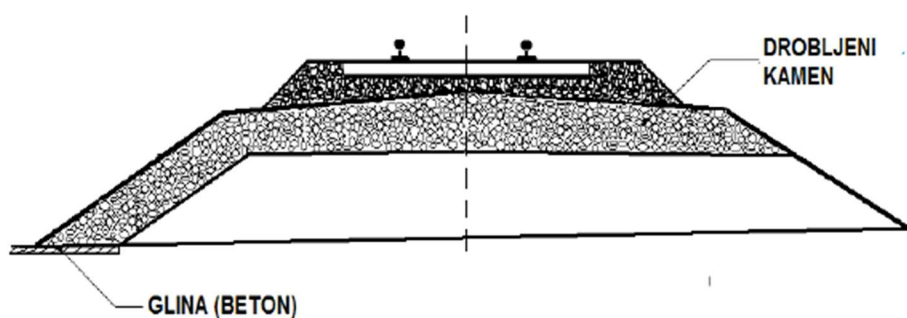


Slika 50: Sanacija zastornog džepa (Izvor: [8])

Zastorno korito je još jedna vrsta deformacije koja se sanira zamjenom materijala u završnom sloju donjeg ustroja u debljini $30 - 50 \text{ cm}$ te ugradnjom drenažnih rebara (prokapnica) od zrnatog kamenog materijala.

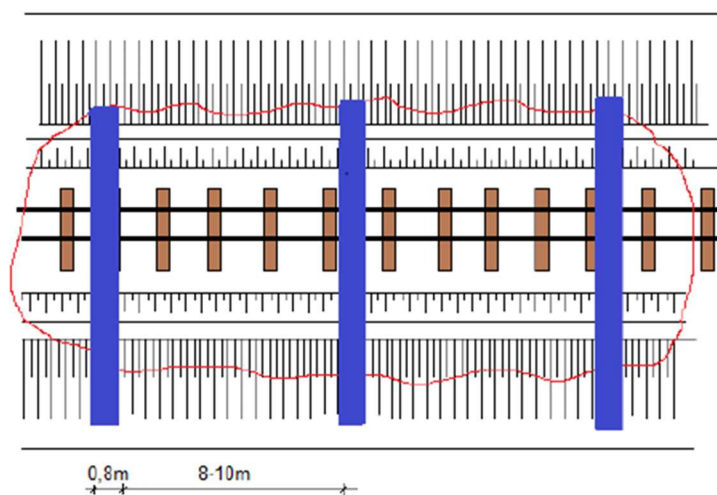


Slika 51: Zastorno korita (Izvor: [8])



Slika 52: Gotova prokapnica (Izvor: [8])

Prokapnice se izvode u širini od 0,8 metara, a postavljaju se na razmaku od 8 – 10 metara.

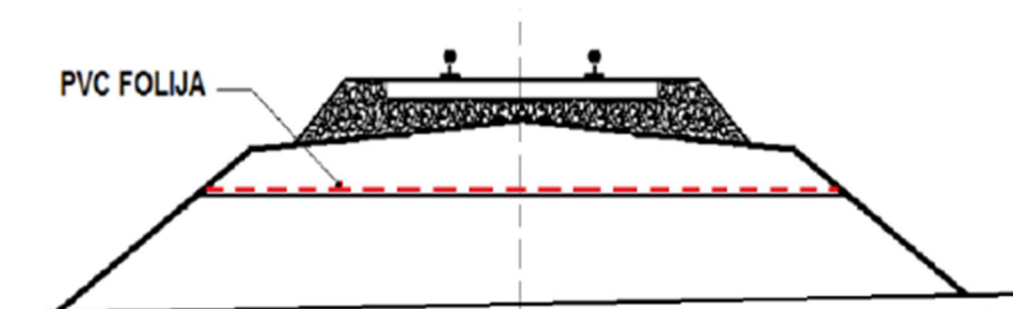


Slika 53: Tlocrtni raspored prokapnica (Izvor: [8])

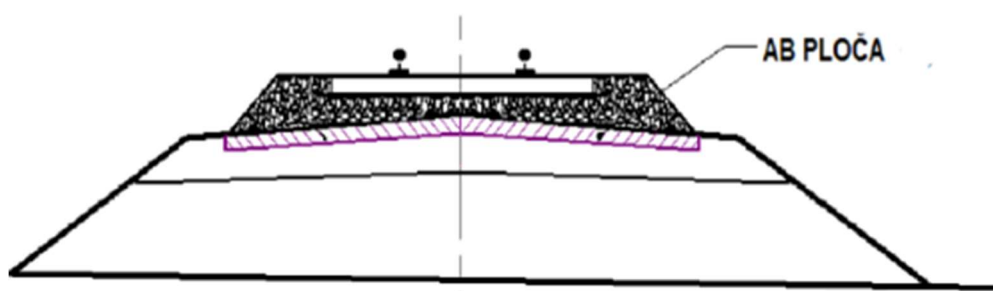


Slika 54: Posljedice deformirane posteljice na pruzi Lupoglav - Štalije (Izvor: [8])

Posteljica se može i preventivno zaštititi tako da se vrši polaganje tamponskog sloja ispod zastora u koji se preporuča ubaciti PVC folija koja štiti od djelovanja vode. Ukoliko se ustanovi da posteljica neće imati dovoljnu nosivost, preporuča se izvesti ojačanje polaganjem AB ploča. [8]



Slika 55: Preventivna zaštita posteljice PVC folijom (Izvor: [8])



Slika 56: Ojačanje posteljice pomoću AB ploče (Izvor: [8])

4.1.3.4 Donji ustroj – deformacije trupa pruge

Najčešći oblici deformacije zemljanog trupa pruge su:

- Klizanje ili otkidanje pokosa usjeka ili nasipa
- Degradacija nasipa

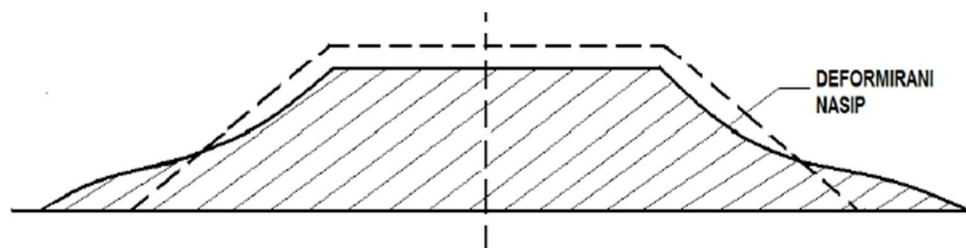
- Tonjenje nasipa

Klizanje ili otkidanje pokosa usjeka ili nasipa nastaje kao posljedica smanjenja kohezije radi različitih dinamičkih djelovanja poput potresa, djelovanja mraza, loše odvodnje i erozije, vlaženje tla uslijed smrzavanja.



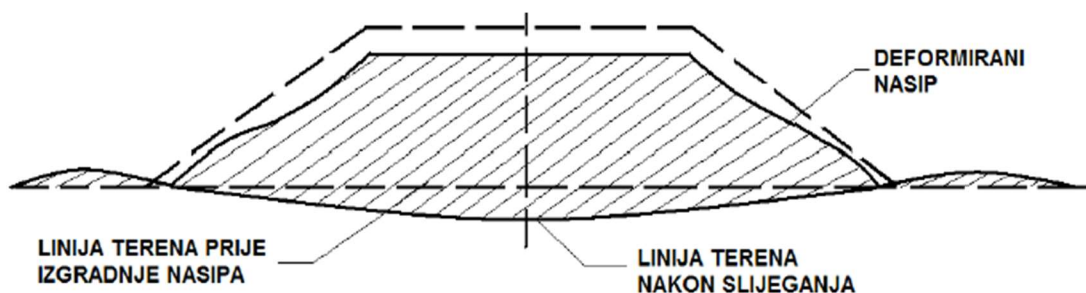
Slika 57: Klizanje pokosa nasipa (Izvor: [8])

Degradacija nasipa nastaje kao posljedica nekvalitetnih geotehničkih karakteristika sitnozrnatog koherentnog tla ili neodgovarajućeg ugrađivanja. Degradacija je rezultat miješanja materijala različitih geotehničkih karakteristika, jako vlažnih ili smrznutih materijala u obliku gruda, izgradnja nasipa sa čela bez zbijanja ili zbog neujednačene zbijenosti.



Slika 58: Deformirani nasip (Izvor: [8])

Kada nasip nema dovoljnu nosivost ili veliku stišljivost tla pod opterećenjem prometa dolazi do slijeganja terena te to zovemo tonjenje nasipa. [8]



Slika 59: Tonjenje nasipa (Izvor: [8])

4.1.3.5 Donji ustroj – sanacije zemljanog trupa pruge

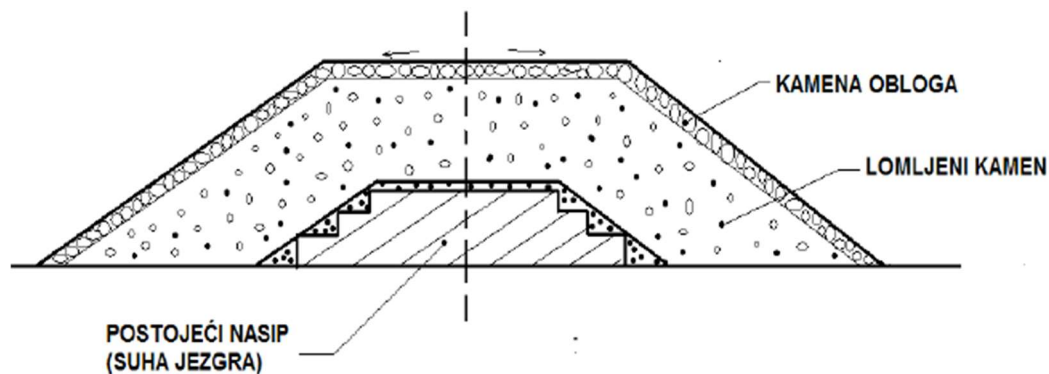
Ovisno o stupnju i vrsti deformacija, primjenjuju se i različiti oblici sanacije trupa. Različiti postupci biološke i mehaničke zaštite se koriste uslijed klizanja kosina, površinskih erozija i otkidanja materijala. U zemljanim materijalima se primjenjuje:

- Zasijavanje kosina travom
- Oblaganje kosina busenjem
- Sađenje drveća
- Pleter

Ukoliko se zemljani trup izveo od kamenog materijala zaštita pokosa se izvodi:

- Kamenom oblogom
- Žičanom mrežom
- Žičanom mrežom i prskanim betonom
- Obložnim zidovima

Degradirani nasip se može sanirati i drenažnim rebrima koja se postavljaju na međusobnim razmacima od 6 – 8 metara.



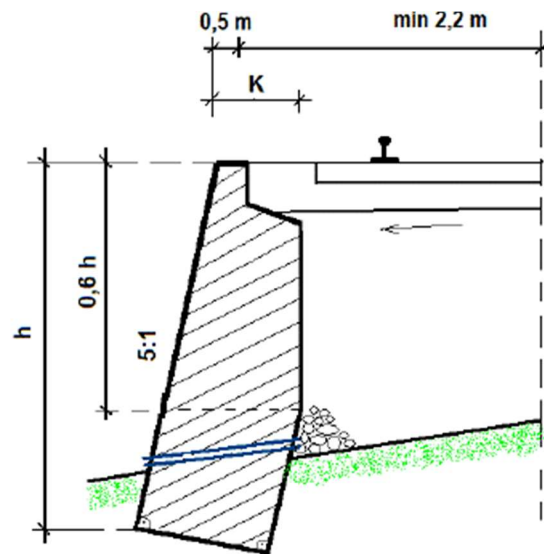
Slika 60: Drenažno rebro (Izvor: [8])

Tonjenje nasipa se može spriječiti tako da se s bokova nasipa izgrade bočni nasipi. Ukoliko i dođe do ove deformacije tada će se na tom potezu pruge zamijeniti temeljno tlo kvalitetnim šljunkovitim ili pjeskovitim materijalom. [8]

4.1.3.6 Donji ustroj – potporni i uporni zidovi

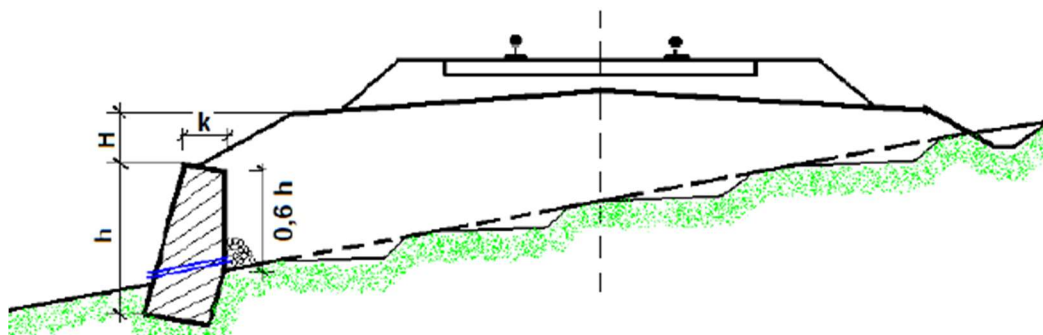
Potporni i uporni zidovi svojom težinom prihvaćaju pritisak zemljanih masa te održavaju trup nasipa ili kosinu usjeka u ravnoteži. Potporni zidovi se primjenjuju kada se nagib terena i pokos nasipa sijeku ili im je sjecište jako daleko, kada je potrebno smanjiti kubaturu nasipa i kada treba smanjiti kosinu nasipa zbog blizine objekta pored pruge.

Ukoliko je padina terena i pokos nasipa približno istog nasipa potporni zid se izvodi s krunom u visini nivelete.



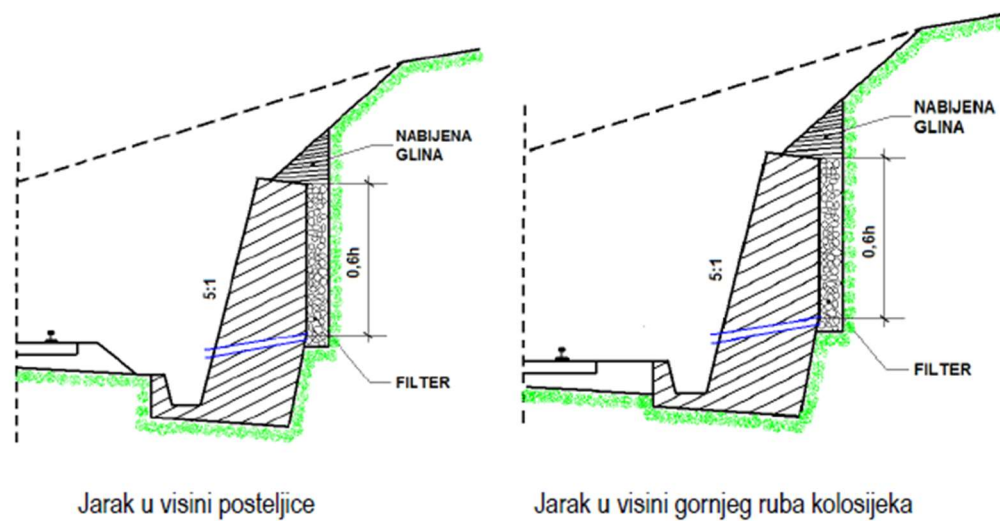
Slika 61: Krunski potporni zid (Izvor: [8])

Ako je nagib padine terena manji od nagiba nasipa potporni zid se postavlja s krunom ispod nivelete.



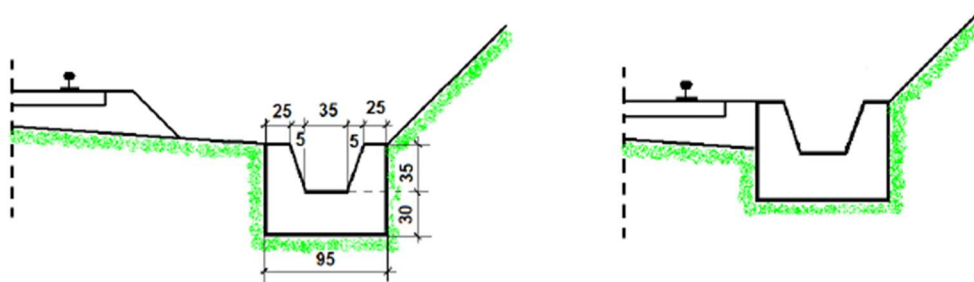
Slika 62: Potporni zid s krunom ispod nivelete (Izvor: [8])

Uporni zidovi se primjenjuju kada je potrebno smanjiti kubaturu iskopa i kod nestabilnog terena radi osiguranja pokosa usjeka.



Slika 63: Jarak u visini posteljice i u visini gornjeg ruba kolosijeka (Izvor: [8])

Ako je potrebno osigurati samo nožicu usjeka od urušavanja, a nije potrebno raditi uporni zid, mogu se izvesti ojačani jarci i to do visine posteljice ili do visine gornjeg ruba praga.



Slika 64: Ojačani jarci za odvodnju (Izvor: [8])

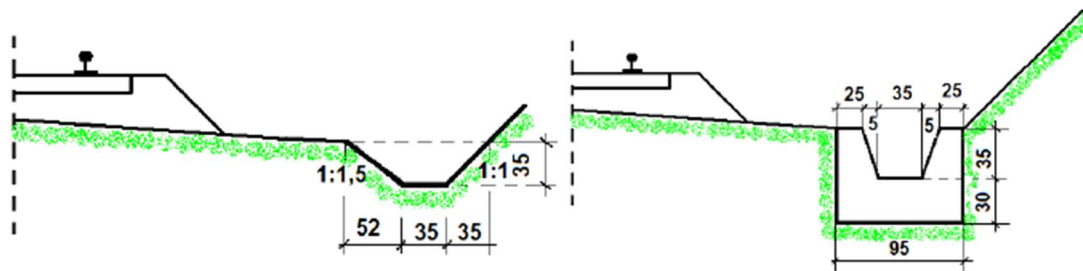
4.1.3.7 Donji ustroj – odvodnja trupa pruge

Sustavom odvodnje i dreniranja se najlakšim i najkraćim putem mora odvesti površinska i podzemna voda s bilo kojega mjesta trupa pruge do mjesta na kojem više ne predstavljaju opasnost za objekt u toku njegovog korištenja. Ovisno o vrsti vode koju treba odvesti razlikujemo površinsku i podzemnu odvodnju.

Površinska odvodnja prihvaća i odvodi atmosferske vode s trupa pruge otvorenim kanalima najčešće trapeznog oblika čije dimenzije ovise o količini vode koju će prihvaćati, vrsti materijala i uzdužnom nagibu i namjeni (odvodni ili zaštitni jarak).

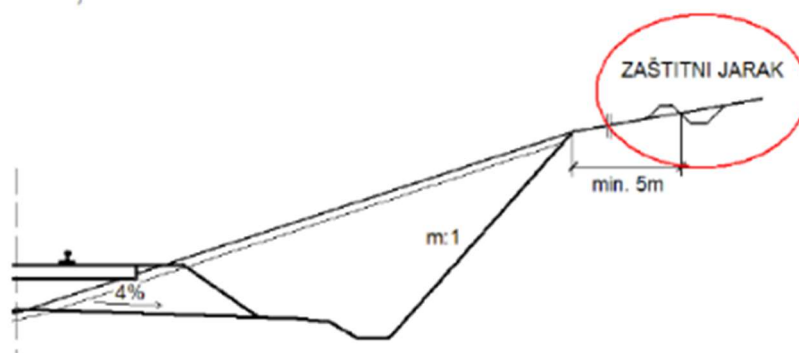
Odvodni kanali ili jarci izvode se uz posteljicu pruge u usjeku ili zasjeku te uz višu nožicu nasipa. U uzdužnom profilu prate niveletu pruge (GRP), a poželjno je da budu u pravcu ili krivini velikog

radijusa. Kanali se grade u nagibu od 2 – 25 ‰, a kod manjih nagiba između 2 – 10 ‰ kanali se betoniraju kako bi se spriječilo taloženje mulja.



Slika 65: Odvodni zemljani i betonski jarci (Izvor: [8])

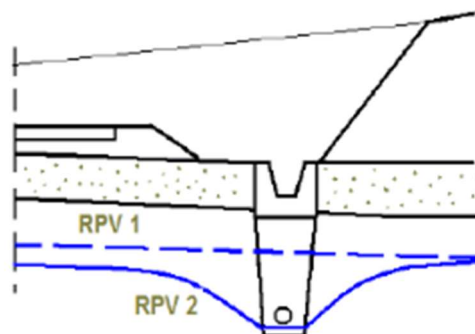
Zaštitni kanali ili jarci se izvode trapeznog oblika i minimalne širine dna od 0,3 metra kako bi zaštilili ispiranje pokosa usjeka.



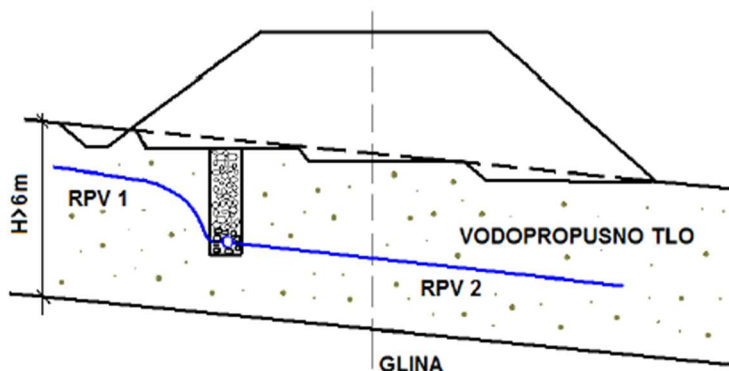
Slika 66: Odvodni i zaštitini jarak (Izvor: [8])

Uz površinsku odvodnju potrebno je, kako bi se poboljšala stabilnost objekta ili terena poremećene stabilnosti, izvesti i podzemna odvodnja radi spuštavanja razine podzemne vode ili prihvaćanja podzemne vode iz vodonosnih slojeva.

Spuštanje razine podzemne vode vrši se pomoću dubokih drenaža koje se postavljaju ispod odvodnih kanala ili u slobodnim površinama. Dubinu drenaže određuje razina podzemne vode.

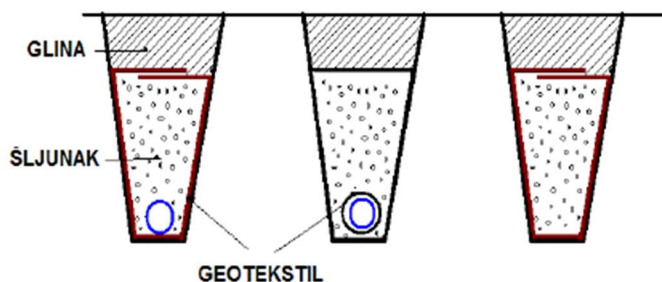


Slika 67: Duboka drenaža ispod odvodnog jarka (Izvor: [8])



Slika 68: Duboka drenaža u slobodnoj površini (Izvor: [8])

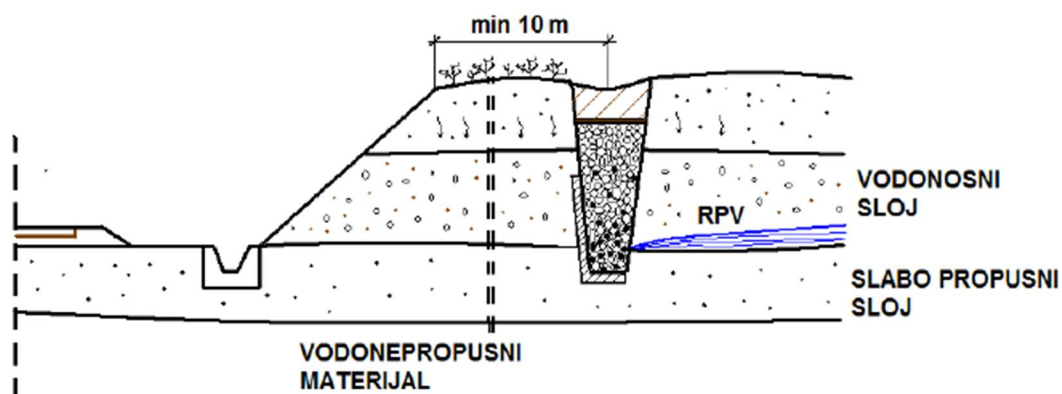
Kod izvedbe duboke drenaže dodaje se geotekstil za sprječavanje miješanja filterskog sloja šljunka i zemljanog materijala. Također geotekstilom se može omotati drenažna cijev kako u nju ne bi ulazile sitne čestice materijala koje bi mogle ju začepiti.



Slika 69: Načini izvedbe dubokih drenaža (Izvor: [8])

Ukoliko se izgradnjom usjeka presječe vodonosni sloj, pa postoji opasnost od stvaranja klizne plohe i klizanja pokosa usjeka potrebno je osmisliti drenažni sustav za prihvaćanje vode iz vodonosnog sloja. Potrebno je osigurati:

- Da dno drenaže bude niže od maksimalne dubine djelovanja mraza
- Da se dno ukopa oko 0,5 metara u vodonepropusni sloj
- Na bočnoj strani se koja je nasuprot one s koje pritječe voda treba izgraditi vodonepropusni sloj radi sprječavanja otjecanja vode kroz drenažnu ispunu.



Slika 70: Duboka drenaža u usjeku (Izvor: [8])

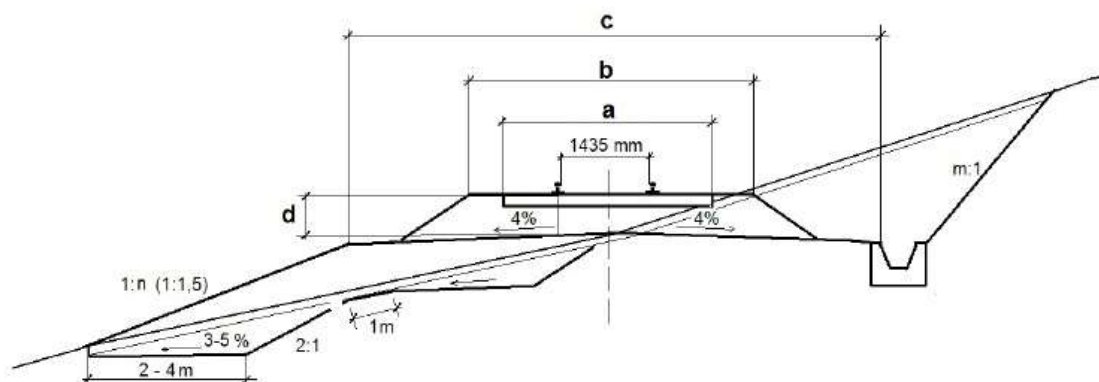
Na ovaj se način omogućuje da drenaža primi vodu sa strane, a da se time isušuje teren između drenaže i usjeka. Površina terena ispred drenaže se izravna, zasadi pogodnim raslinjem, a na njoj se napravi zaštitni kanal na udaljenosti od minimalno 10 metara od nožice usjeka. [8]

4.1.4 Gornji ustroj

Dok je donji ustroj željezničkih pruga praktički isti kao i kod donjeg ustroja cesta, gornji ustroj se zato u potpunosti razlikuje.

Gornji ustroj željezničkih pruga se sastoji od: [13]

- Kolosiječnog zastora
- Pragova
- Tračnica
- Kolosiječnog pribora



	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)
GL. PRUGA I REDA s drvenim pragovima	2,60	3,30	6,00	0,45
GL. PRUGA I REDA s betonskim pragovima	2,40	3,20	6,00	0,45
GL. PRUGA II REDA	2,50	3,20	5,40	0,40
SPOREDNA PRUGA	2,50	2,90	4,50	0,33

- a – duljina praga
- b – širina zastorne prizme
- c – širina posteljice
- d – visina zastora ispod tračnice

Slika 71: Normalni poprečni profil željezničke pruge (Izvor: [8])

4.1.4.1 Gornji ustroj – željeznički zastor

Kolosiječni zastor služi kako bi ravnomjerno prenosio opterećenje s tračnica i pragova na planum i donji ustroj. Također sprječava uzdužno i vertikalno pomicanje kolosijeka te osiguranje pravilnog položaja kolosijeka po smjeru i visini. Kolnički zastor osigurava i brzo otjecanje vode iz kolosijeka.

Za izradu zastora koristi se kamen tučenac (tucanik) koji se dobiva drobljenjem eruptivnih stijena. Isto tako se mogu koristiti sedimentne i metamorfne stijene ukoliko nedostaje eruptivnih. Kamen koji se koristi za ugradnju mora biti tvrd, žilav, otporan na djelovanje mraza i ne smije moći upijati vodu. Zrno tucanika mora biti oštih rubova te mora biti približno jednakih dimenzija u svim smjerovima od 3 do 6 cm.

Tucanik mora proći kroz sljedeća ispitivanja kako bi se utvrdila njegova kvaliteta:

- Petrografsko – mineraloška ispitivanja, gdje se utvrđuje vrsta kamena (mineraloški sastav), struktura i veličina zrna te raspucanost i poroznost.
- Tucanik mora biti i otporan na smrzavanje. Upijanje vode smije iznositi 0,1 do 0,7 % od težine suhog uzorka. Kada je upijanje veće od 0,5 % potrebno je ispitati otpornost kamena na smrzavanje. Ispitivanje vrši tako da se vodom natopljeni uzorak kamena podvrgava 10 ciklusa smrzavanja i odmrzavanja pri temperaturama od $-17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nakon završenog ispitivanja agregat se pregledava te se traže pukotine, mjeri se gubitak mase i promjena čvrstoće.
- Za ispitivanje otpornosti na udare i drobljenje, tucanik se ispituje u rotirajućem bubnju (Los Angeles). Prije početka ispitivanja mjeri se postotak sitne frakcije F_0 . Zatim se kamen ubaci u bubanj te nakon određenog broja okretaja se ponovno mjeri postotak sitne frakcije F_1 . Otpornost na udar i drobljenje se dobije iz izraza $D = F_0 - F_1$. Prema propisima veličina D smije iznositi od 0,5 do 1,3 %.
- Otpornost na pritisak se vrši na probnim kockama. Čvrstoća koja se mora dobiti kreće se u rasponu od $15\ 000\ \text{N/cm}^2$ (vapnenci) do $40\ 000\ \text{N/cm}^2$ (eruptivne stijene). [13]

4.1.4.2 Gornji ustroj – pragovi

Zadatak pragova je da što ravnomjernije prenesu opterećenje od tračnica na zastor odnosno na konstrukciju kod kolosijeka bez zastora. Kako bi se taj zadatak mogao ispuniti koriste se razne konstrukcije poput pojedinačnih oslonaca, poprečnih pragova, uzdužnih pragova te specijalnih armirano – betonskih konstrukcija. Najčešći oblik pragova koji se koristi danas na prugama su poprečni pragovi. Pragove još dijelimo po materijalu izrade na drvene, armirano – betonske, čelične i kombinirane.

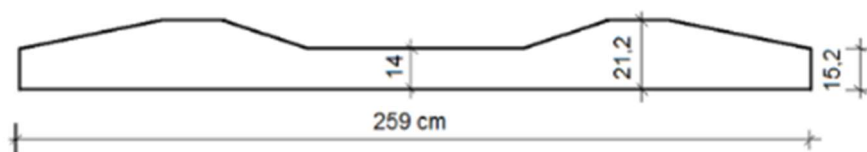
Najveći broj pragova je izrađen od drveta zbog svojih mnogih prednosti. Drveni pragovi se lako obrađuju, lakše se na njih pričvršćuju tračnice, lako se održavaju te elastično primaju i

amortiziraju ili prenose sile na zastornu podlogu. Drveni pragovi se najčešće izrađuju od tvrdog drveta poput bukve i hrasta. Kod nas se upotrebljavaju drveni pragovi sljedećih dimenzija.

Tablica 2: Dimenzije drvenih pragova (Izvor: [13])

Vrsta pruge	Dužina "L" [cm]	Visina "h" [cm]	Širina "b" [cm]	Širina gornje površine "a" [cm]
Glavne pruge I. reda	260	16	26	16
Glavne pruge II. reda	250	15	25	16
Glavne pruge III. reda	250	15	25	14
Sporedne pruge	230	14	22	14

Uvođenje DTT-a te napredak tehnologije betona i tehnike prednaprezanja doprinijele su razvoju betonskog praga. Danas mnoge željezničke uprave su se orijentirale na korištenje betonskih pragova radi nestašice i cijene drveta. Prema obliku betonske pragove dijelimo na jednodijelne poprečne, dvodijelne poprečne, uzdužne ploče s poprečnom vezom te velike prednapregnute montažne ploče. S obzirom na način armiranja razlikujemo pragove s klasičnom armaturom te s prednapregnutom armaturom. Betonske pragove karakterizira velika trajnost (oko 60 godina), velika čvrstoća, te zbog svoje velike težine ublažavaju uzdužno pomicanje tračnica uslijed temperaturnih promjena i sila od kočenja i ubrzavanja. Nedostatci su njihova neelastičnost u vertikalnom smislu, osjetljivost na udarce i potrebno mehanizirano polaganje i održavanje. [13]



Slika 72: Dimenzije betonskog praga (Izvor: [13])



Slika 73: Kolosijek s armirano – betonskim pragovima (Izvor: [8])

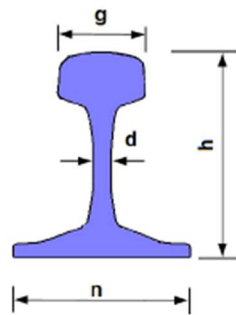
4.1.4.3 Gornji ustroj – tračnice s kolosiječnim priborom

Tračnice vode željeznička vozila te prenose opterećenje s kotača vozila na pragove. Proizvode se u željezarama iz valjanog čelika. U idućoj tablici ćemo vidjeti podjelu tračnica prema kvaliteti.

Tablica 3: Vrste tračnica prema zateznoj čvrstoći (Izvor: [13])

KVALITETA	Minimalna zatezna čvrstoća [N/mm ²]	OZNAKA
Uobičajena (700)	680	_____ ili bez oznake
Otporna na trošenje (900 A)	880	=====
Otporna na trošenje (900 B)	880	=====
Posebna kvaliteta (1000) SiMn (0,5 – 1,1 % Si)	980	=====
Posebna kvaliteta (1100) CrMn (0,8 – 1,3 % Cr)	1080	=====

Tipovi tračnica i oblici i dimenzije se mogu vidjeti u idućoj tablici.



h = visina tračnice
 g = širina glave tračnice
 n = širina nožice
 d = širina vrata

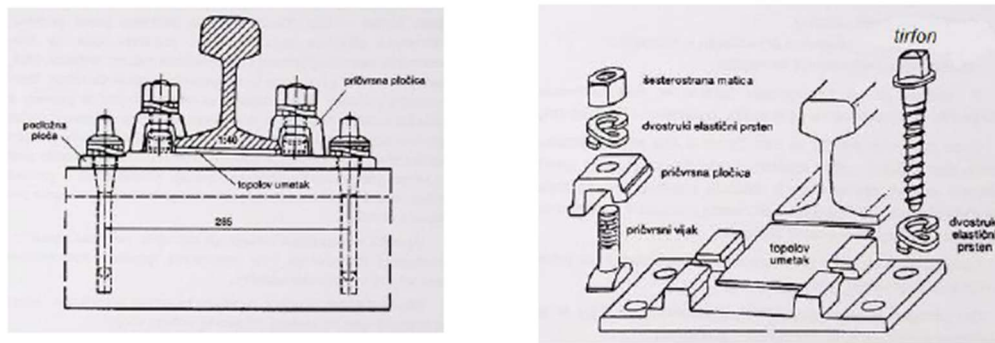
Slika 74: Poprečni presjek tračnice (Izvor: [8])

Tablica 4: Vrste tračnica prema dimenzijama (Izvor: [13])

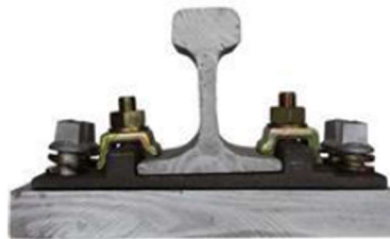
TIP TRAČNICE		h	g	n	d	G
Stare oznake	Oznake prema EN	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/m)
S49	49 E1	149	67	125	14	49,43
UIC 54E	54 E2	161	67	125	16	53,81
UIC 54	54 E1	159	70	140	16	54,43
UIC 60	60 E1	172	72	150	16,5	60,34

Na prugama HŽ-a standardni tipovi tračnica su S 49 (49 E1) i UIC 60 (60 E1). Tračnice se proizvode u duljinama između 22 i 25 metara.

Tračnice se na pragove pričvršćuju pomoću kolosiječnog pribora koji omogućuje uzdužno pomicanje uslijed temperaturnih promjena, ali održava konstantan razmak između tračnica tako da sprječava poprečne pomake. Postoji više načina pričvršćenja, u Hrvatskoj jedan od najčešćih načina je pričvrstnim priborom tipa K.



Pričvrсни pribor tipa K (njemački sistem) - 24 kg čelika po pragu



Slika 75: Pričvrсни pribor tipa K (Izvor: [8])

Pribor za pričvršćenje čine:

- Podložna pločica
- Tirfon
- Pričvrсни vijak i pričvrсна pločica
- Elastični prsten i topolov umetak

Podložna pločica smanjuje specifični pritisak i utiskivanje tračnice u prag. Omogućuje uzdužno pomicanje tračnice i daje nagib tračnici (25 : 1) prema osi kolosijeka radi boljeg nalijeganja kotača na tračnicu i centriranja vozila. Tirfon spaja podložnu pločicu s pragom, a pričvrсни vijci i pričvrсна pločica spajaju tračnicu s podložnom pločicom. Elastični prsten i topolov umetak omogućuju elastični prijenos sila.

4.1.4.4 Specifičnosti trasiranja pruga za velike brzine

Oblik trase pruga za velike brzine ovisi o odabranim tehničkim parametrima, a ponajviše o odabranom nagibu trase i polumjeru horizontalne krivine. Pruge za velike brzine se teško prilagođavaju reljefu terena jer im odgovaraju veliki polumjeri horizontalnih krivina i blagi nagibi. Donji ustroj pruga uglavnom čine inženjerski objekti poput vijadukata, mostova i tunela. Razlog velikom broju inženjerskih objekata je taj što su sva križanja sa drugim prometnicama denivelirana pomoću nadvožnjaka ili podvožnjaka. Iskustvo je pokazalo da 70 – 80 % ukupne duljine trase čine inženjerski objekti te da od ukupnih troškova izgradnje novih pruga za velike brzine 2/3 otpada na troškove izgradnje objekata. [13]

4.2 Tehnologija izvedbe mostova

Most je građevina koja prevodi prometnicu preko neke prepreke. Pojavom željeznica i brzog cestovnog prometa došlo je do razvitka mostova s velikih raspona i duljina. Most se isto kao i željeznica i kao cesta dijeli na gornji i donji ustroj. Donji ustroj su dijelovi mosta koji se nalaze ispod ležišta mosta glavne rasponske konstrukcije, a čine ga upornjaci i stupovi. Dok gornji ustroj čine sustav nosača, pomost, kolnička konstrukcija i oprema mosta. Usavršavanjem postupaka građenja tokom prošlih godina prošlog stoljeća omogućeni su ekonomski isplativiji i znatni pomaci u mogućnosti mostova da pređu što veće i značajnije prepreke. [14]

Gradnja mostova se dijeli na tri postupka, a to su:

- Monolitna
- Montažna
- Polumontažna

Izbor postupka koji će se koristiti za mostogradnju ovisi o mnogo faktora, poput:

- Osobina strukture
- Potencijalima okoliša
- Ekonomskoj opravdanosti i optimizaciji
- Zahtjevima zaštite okoliša
- Raspoloživoj opremi

4.2.1 Monolitni postupak gradnje

Monolitni postupak gradnje je građenje zidanjem, lijevanjem ili sastavljanjem svakog elementa, na skeli koja se odstranjuje ili pomiče tek kad konstrukcija ili njen dio može samostalno nositi na njegovom konačnom mjestu. Monolitni način gradnje je klasičan način građenja koji zahtjeva izgradnju skele što je nekada složeniji zadatak od samoga mosta. Na skeli se mogu graditi svi tipovi mosta. Ova vrsta gradnje se najčešće primjenjuje kod:

- Mostova malih raspona
- Mostova nisko nad dobro pristupačnim terenom

Ovaj tip gradnje se općenito nastoji izbjeći i pokušava se zamijeniti ekonomičnijim metodama. [14]

4.2.1.1 Izvedba na fiksnim skelama

Ovaj oblik građenja je najstariji, gdje se gradi na fiksnim o tlo oslonjenim skelama. Skele mogu biti drvene ili čelične te su sastavljene od mnogo manjih elemenata koji najčešće čine rešetkasti

prostorni sustav. Izvedba na fiksnim skelama se najčešće koristi kod gradnje mostova malih raspona, nad dobro pristupačnim terenom i malih visina nivelete u odnosu na teren. Glavna prednost ovakve izvedbe je ta što omogućuje izvedbu najrazličitijih tipova i oblika struktura armiranobetonskih mostova u oplati. Rad na skeli zahtjeva precizan raspored i dinamiku ugradnje pojedinih dijelova. Gradnja se mora odvijati po sektorima da se konstrukcija jednako opterećuje i progiba. Odvajanje skele se mora definirati unaprijed hoće li se odvojiti otpuštanjem skele ili izdizanjem konstrukcije.

Fiksne skele mogu imati više oslonaca te su one pogodne za gredne mostove i plitke svodove, kada građevina nije visoko uzdignuta iznad tla. Drveni stupovi skela se mogu osloniti, odnosno mogu biti zabijeni u tlo kao piloti, a na vrhu se povezati naglavnicom te ukrotiti horizontalnim spregovima. Drveni stupci isto kao i čelični mogu biti postavljeni na betonske pragove. Skele s malo oslonaca su uglavnom čelične s tipiziranim dijelovima. Koriste se kod mostova različitih raspona i visina iznad terena. [14]

4.2.1.2 Izvedba na pokretnim skelama

Pokretne skele su skele koje se mogu pomicati uzduž ili poprijeko na most, pomoću kotača na tlu, tračnica ili plovila. Skela se odvaja pomoću hidrauličnih preša prije nego se pomakne. Ovakve skele se najčešće primjenjuju za niže gredne mostove s više raspona uz ravno i dobro nosivo tlo. Skele koje se poprečno pomiču koriste se kod širih mostova. [14]

4.2.1.3 Izvedba na lansirnim skelama

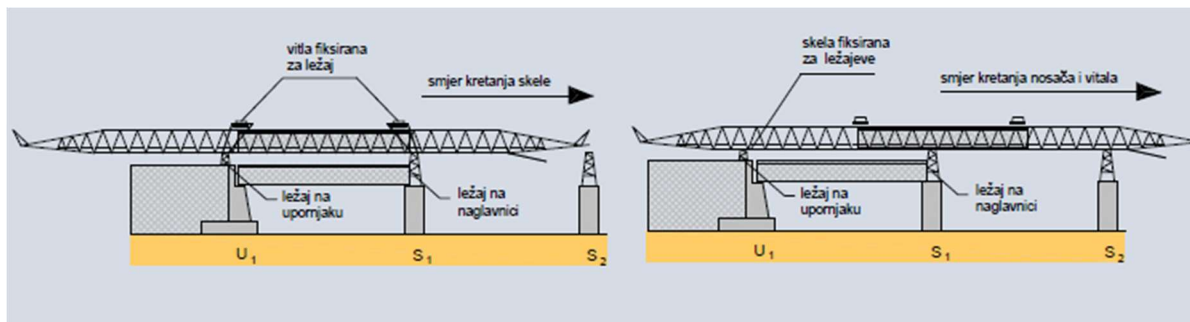
Lansirne skele su tip pokretnih skela koje se umjesto na tlo oslanjaju o stupove. Prednosti ovakvih skela su te što omogućuju odvijanje prometa ispod mosta te nisu ovisne o uvjetima na terenu. Premda se rijetko koriste za raspone iznad 50 metara jer su robusnih dimenzija. Skela se pokreće iz raspona u raspon izvlačenjem i uvlačenjem pojedinih dijelova ili pomicanjem čitave skele dužine veće od dva raspona. Nosivi sklop ovih skela može biti ispod ili iznad elemenata koji se betoniraju. Skela mora moći nositi vlastitu težinu i težinu svježeg betona sve dok on ne dosegne čvrstoću dostatnu za prednapinjanje. Ovakav način izvedbe pogodan je za dugačke mostove kontinuiranog sustava, raspona iznad 30 metara. [14]

4.2.2 Montažni postupak gradnje

Montažni postupak gradnje je način gradnje od predgotovljenih, montažnih elemenata. Ova vrsta gradnje je posebno razvijena kod čeličnih mostova. Prednosti ovakve gradnje su ti što se elementi ili čitavi nosači izrađuju u radionicama ili tvornicama gdje je se gotovo idealni uvjeti te se postiže visoka kvaliteta. Proizvodnja elemenata je neovisna o dinamici posla na gradilištu te je proizvodnja jeftinija od one na gradilištu. Iako je proizvodnja samih elemenata jeftinija troškovi transporta tih elemenata su značajni te se često znaju raditi radionice na gradilištu.

Također potrebna su pomagala za dizanje i ugradbu elemenata. Danas se sve više teži montažnoj gradnji jer značajno smanjuje ljudski rad na gradilištu i vrijeme građenja.

Ugrađivanje montažnih elemenata se vrši pomoću raznih dizalica i lansirnih rešetki. Lansirna rešetka funkcionira na način da se postavi na gornji dio konstrukcije te kada se kreće rešetka, ugradbeni element miruje i obrnuto. Kada se kreće rešetka vitla se nalaze u blizini pripadajućih ležajeva za koja su prihvaćena elastičnim užadima. Zatim motori vitla guraju rešetku preko kolica na ležajevima do sljedećeg ležaja. Kada taj postupak završi rešetka se fiksira na ležajevima te se onda element transportira do mjesta ugradnje. [14]

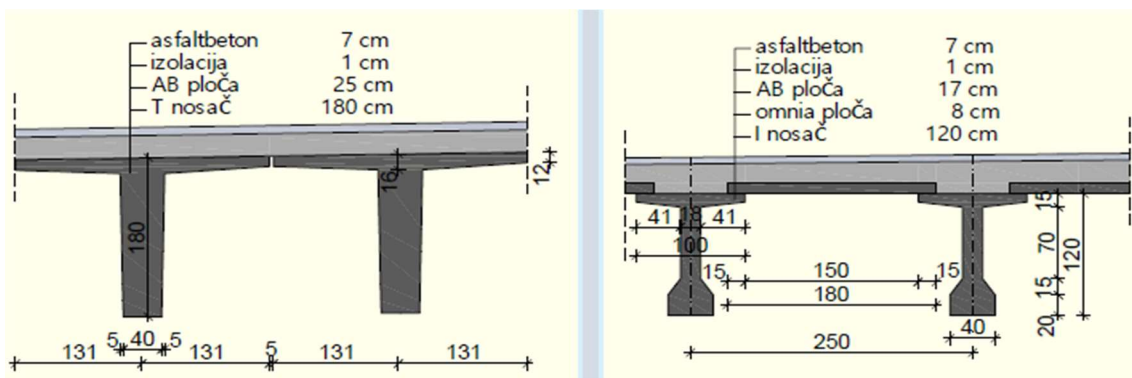


Slika 76: Ugrađivanje elemenata mosta pomoću lansirne skele (Izvor: [14])

4.2.3 Polumontažni postupak gradnje

Polumontažni postupak se primjenjuje iz razloga jer montažne strukture imaju velik broj spojeva u njima što dovodi do funkcionalnih i trajnosnih problema. Polumontažni postupak se najviše koristi za gredne mostove do 40 metara. Dio koji se montažno izvodi su nosači rasponskog sklopa, a monolitno se izvodi kolnička ploča nad njima i poprečni nosači. Ovaj postupak zadržava prednosti montažne gradnje u smislu jednostavnosti i brzine gradnje, dok ujedno ne gubi i prednosti monolitne gradnje poput monolitizacije cjeline mosta.

Gradnja mosta polumontažnim postupkom se izvodi tako da se gornje pojasnice nosača dodiruju, a nad njima se bez potrebne oplata betonira kolnička ploča, poprečni nosači se izvode nad osloncima. Ukoliko se nosači postavljaju razmaknuto, procijep među njima se prekriva montažnim (omnia) pločama koje služe kao izgubljena oplata.



Slika 77: Polumontažni postupak gradnje (Izvor: [14])

5 Prikaz i analiza primijenjenih tehnologija izvođenja radova

5.1 Iskaz stavki po količinama radova

5.1.1 Željeznička pruga etapa A

Pripremni i zemljani radovi:

Elementi kolničke konstrukcije	Jedinica mjere	Količina
Geodetski radovi. Obuhvaćaju sav rad na održavanju točaka operativnog poligona i repera, rad na iskolčenju trase pruge i svih njenih sastavnih dijelova.	km	17,57
Čišćenje i priprema terena. Uklanjanje svog raslinja, grmlja, šiblja i drveća.	m ²	235.581,00
Otkop humusa u sloju od 30 cm	m ³	312.340,50
Strojni otkop zemljanog materijala C kategorije do kote planuma.	m ³	722.122,00
Izrada nasipa	m ³	319.013,00
Izrada posteljice	m ²	182.982,00
Izrada zaštitnog sloja	m ³	90.901,00

Geotehnički zahvati:

Uređenje i poboljšanje temeljnog tla pruge	Jedinica mjere	Količina
--	----------------	----------

Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem. Prije polaganja geotekstila površinu tla treba izravnati te izvršiti zbijanje.	m ²	318.745,00
Polaganje geotekstila. Stavka obuhvaća dobavu, dopremu i polaganje geotekstila na temeljno tlo.	m ²	389.277,60
Polaganje geomreže. Nabava, utovar, doprema i polaganje polimerne mreže (geomreža).	m ²	449.854,00
Ugradnja geomembrane. Stavka obuhvaća dobavu, dopremu i postavljanje geomembrane na temeljno tlo.	m ²	9.250,00

Gornji ustroj:

Kolosijek	Jedinica mjere	Količina
Tračnice tipa 60E1. Tračnice dužine ≥ 100 m	m'	75.800,00
Uklanjanje tucanika s postojećeg kolosijeka	m ³	44.136,40
Betonski pragovi s montiranim pričvrsnim priborom za tip tračnice 60E1	kom	63.003,00
Tucanik za zastornu prizmu	m ³	90.948,00

5.1.2 Vijadukt Carevdar

Pripremni i zemljani radovi:

Vijadukt	Jedinica mjere	Količina
----------	----------------	----------

Geodetski radovi Obuhvaćaju sav rad na održavanju točaka operativnog poligona i repera, rad na iskolčenju trase pruge i svih njenih sastavnih dijelova.	km	1,33
Iskop građevnih jama u tlu C kategorije	m ³	59.390,00
Izrada temelja dimenzija 20x80 od betona klase C 25/30	m ³	3,00
Obloga pokosa s betonskim pločama d= 6 cm u sloju pijeska d= 15cm	m ²	46,00

Geotehnički radovi:

Cementna stabilizacija	m ³	2.217,00
Iskop za potrebu izvedbe zamjene temeljnog tla zamjenskim materijalom. Široki strojni iskop se izvodi do dubine od 1.00 m.	m ³	2.195,00
Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem. Prije polaganja geotekstila površinu tla treba izravnati te izvršiti zbijanje	m ²	2.195,00
Polaganje geotekstila	m ²	2.195,00
Polaganje geomreže	m ²	2.195,00
Ugradnja zamjenskog kamenog materijala u debljini D=0.30 m	m ³	658,50
Bušenje pilota nazivnog promjera 1500 mm, duljine 23.0 m	m	9.100,00

Bušenje pilota nazivnog promjera 1500 mm, duljine 25.0 m	m	675,00
Dobava, rezanje, savijanje, čišćenje i postavljanje armature B500B u pilote	kg	2.282.100,00
Betoniranje pilota betonom C 30/37.	m ³	17.270,00

Armirano betonski radovi:

Beton C30/37 temelja - Naglavna greda	m ³	11.258,00
Armatura temelja B 500B – Naglavna greda	kg	1.913.860,00
Beton C30/37 upornjaci i krila	m ³	346,00
Armatura upornjaci i krila	kg	65.740,00
Beton stupova C 30/37	m ³	4.773,00
Armatura stupova	kg	1.193.250,00
Izrada, doprema i montaža prednapetih armiranobetonskih montažnih nosača. Beton C40/50	m ³	3.297,00
Izrada, doprema i montaža prednapetih armiranobetonskih montažnih nosača. Betonski čelik	kg	593.460,00
Izrada monolitnog dijela rasponske ploče iznad montažnih ploča i zida	m ³	2.519,00
Armatura monolitnog dijela rasponska ploča Rebrasta armatura (B 500B	kg	604.560,00

Betoniranje poprečnih nosača nad upornjacima i stupištima C 30/37.	m ³	239,00
Armatura poprečnih nosača	kg	43.200,00

Tesarski radovi:

Oplata temelja- naglavna greda	m ²	3134,44
Oplata upornjaka i krila	m ²	249,18
Oplata stupova	m ²	4.901,49
Oplata rasponske ploče	m ²	3.483,78
Oplata poprečnih nosača nad upornjacima i stupištima C 30/37.	m ²	653,43

5.1.3 Nadvožnjak Lepavina 1

Geotehnički zahvati:

Iskop za potrebu izvedbe zamjene temeljnog tla zamjenskim materijalom. Široki strojni iskop se izvodi do dubine od 1.00 m.	m ³	1.740,00
Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem.	m ²	3.460,00
Polaganje geotekstila na temeljno tlo.	m ²	3.670,00
Polaganje geomreže na temeljno tlo.	m ²	3.670,00
Ugradnja zamjenskog kamenog materijala	m ³	1.740,00
Utovar i odvoz viška iskopanog materijala.	m ³	1.740,00

Zemljani radovi:

Iskop građevnih jama u tlu C kategorije	m ³	6.360,00
Zatrpavanje temelja materijalom iz iskopa	m ³	4.576,00
Izrada nasipa i čunjeva od kamenitih materijala	m ³	900,00
Izrada klinova uz objekte	m ³	5.544,00

Betonski i armiranobetonski radovi:

Beton C30/37 temelja – Temeljna ploča	m ³	1.913,00
Armatura temelja B500B – temeljna ploča	kg	161.500,00
Beton C30/37 upornjaci i krila	m ³	1.660,00
Armatura upornjaci i krila B500B	kg	73.950,00
Beton prijelaznih ploča upornjaka C25/30.	m ³	78,00
Armatura prijelaznih ploča upornjaka B500B	kg	7.800,00
Betoniranje kolničke ploče, na samome mjestu betonom C30/37	m ³	928,00
Armatura kolničke ploče od rebrastog čelika B500B	kg	258.440,00
Izrada armiranobetonskog pješačkog hodnika (beton klase C35/45)	m ³	264,00
Armatura pješačkog hodnika B500B	kg	13.200,00

Tesarski radovi:

Oplata upornjaci i krila	m ²	1.195,23
Oplata potpornih zidova	m ²	1.534,47
Oplata prijelaznih ploča upornjaka B500B	m ²	18,00
Oplata kolničke ploče	m ²	982,82
Oplat pješačkog hodnika	m ²	104,92

5.1.4 Nadvožnjak Lepavina 2

Geotehnički zahvati:

Iskop za potrebu izvedbe zamjene temeljnog tla zamjenskim materijalom. Široki strojni iskop se izvodi do dubine od 1.00 m.	m ³	43.100,00
Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem.	m ²	21.400,00
Polaganje geotekstila na temeljno tlo.	m ²	21.400,00
Ugradnja zamjenskog kamenog materijala	m ³	43.100,00
Utovar i odvoz viška iskopanog materijala.	m ³	43.100,00

Zemljani radovi:

Široki iskop. Stavka obuhvaća strojni i ručni iskop u materijalu "C"	m ³	328.434,00
Zatrpavanje temelja materijalom iz iskopa	m ³	166.355,00
Izrada nasipa i čunjeva od kamenitih materijala	m ³	1.600,00

Izrada klinova uz objekte	m ³	6.547,00
---------------------------	----------------	----------

Betonski i armiranobetonski radovi:

Beton C30/37 temelja – Temeljna ploča	m ³	22.879,00
Armatura temelja B500B – temeljna ploča	kg	3.431.850,00
Izrada armiranobetonskih potpornih zidova (beton klase C 30/37)	m ³	12.450,00
Armatura potpornih zidova B500B	kg	1.871.560,00
Betoniranje kolničke ploče, na samome mjestu betonom C30/37	m ³	5.897,00
Armatura kolničke ploče od rebrastog čelika B500B	kg	1.474.250,00
Izrada armiranobetonskog pješačkog hodnika (beton klase C35/45)	m ³	950,00
Armatura pješačkog hodnika B500B	kg	38.000,00

Tesarski radovi:

Oplata potpornih zidova	m ²	5.273,50
Oplata kolničke ploče	m ²	4.241,38
Oplata pješačkog hodnika	m ²	413,18

5.1.5 Galerija Velika Mučna

Pripremni i zemljani radovi:

Galerija Velika Mučna	Jedinica mjere	Količina
Geodetski radovi Obuhvaćaju sav rad na održavanju točaka operativnog poligona i repera, rad na iskolčenju trase pruge i svih njenih sastavnih dijelova.	km	0,38
Iskop građevnih jama u tlu C kategorije	m ³	13.100,00
Zatrpavanje temelja materijalom iz iskopa	m ³	6.638,00
Izrada zaštitnog nasipa od kamenitih materijala	m ³	1.200,00

Geotehnički radovi:

Iskop za potrebu izvedbe zamjene temeljnog tla zamjenskim materijalom. Široki strojni iskop se izvodi do dubine od 0.50 m.	m ³	65,00
Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem. Prije polaganja geotekstila površinu tla treba izravnati te izvršiti zbijanje	m ²	130,00
Polaganje geotekstila	m ²	130,00
Polaganje geomreže	m ²	130,00
Ugradnja zamjenskog kamenog materijala u debljini D=0.30 m	m ³	65,00
Bušenje pilota nazivnog promjera 1200 mm, duljine 20.0 m	m	2.530,00

Dobava, rezanje, savijanje, čišćenje i postavljanje armature B500B u pilote	kg	663.720,00
Betoniranje pilota betonom C 30/37.	m ³	2.860,00

Armirano betonski radovi:

Beton C30/37 temelja - Naglavna greda	m ³	760,00
Armatura temelja B 500B – Naglavna greda	kg	129.200,00
Beton C30/37 upornjaci i krila	m ³	2.397,00
Armatura upornjaci i krila	kg	407.320,00
Izrada monolitnog dijela rasponske ploče iznad montažnih ploča i zida	m ³	1.376,00
Armatura monolitnog dijela rasponska ploča Rebrasta armatura (B 500B)	kg	302.280,00

Tesarski radovi:

Oplata temelja – Naglavna greda	m ²	948,98
Oplata upornjaci i krila	m ²	4.615,16
Oplata monolitnog dijela rasponska ploča	m ²	2.131,12

5.1.6 Propust

Pripremni i zemljani radovi:

Propust	Jedinica mjere	Količina
---------	----------------	----------

Geodetski radovi Obuhvaćaju sav rad na održavanju točaka operativnog poligona i repera, rad na iskolčenju trase pruge i svih njenih sastavnih dijelova.	km	0,15
Iskop građevnih jama u tlu C kategorije	m ³	761,70
Zatrpavanje temelja i izrada nasipa materijalom iz iskopa	m ³	316,10

Geotehnički radovi:

Iskop za potrebu izvedbe zamjene temeljnog tla zamjenskim materijalom. Široki strojni iskop se izvodi do dubine od 0.50 m.	m ³	45,50
Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem. Prije polaganja geotekstila površinu tla treba izravnati te izvršiti zbijanje	m ²	101,00
Polaganje geotekstila	m ²	101,00
Polaganje geomreže	m ²	101,00
Ugradnja zamjenskog kamenog materijala u debljini D=0.30 m	m ³	45,50

Armirano betonski radovi:

Izrada betonske temeljne ploče propusta (beton klase C 30/37)	m ³	28,44
Armatura temelja B 500B –	kg	2520,72

Izrada pločastog montažnog propusta C 30/37.	m ³	59,88
Armatura propusta	kg	16.054,19
Izrada armiranobetonskih krilnih zidova i obloge cijevnih propusta (beton klase C 30/37)	m ³	30,98
Armatura krilnih zidova i armiranobetonske obloge propusta	kg	2089,12

Tesarski radovi:

Oplata temelja	m ²	14,48
Oplata propusta	m ²	217,60
Oplata krilnih zidova i armiranobetonske obloge propusta	m ²	39,6

5.2 Razrada tehnologije izvođenja radova po vrstama

5.2.1 Razrada tehnologije izvođenja radova na željezničkoj prugi etapa A

5.2.1.1 Pripremni radovi na željezničkoj prugi

- Geodetski radovi – iskolčenje

Ova početna stavka obuhvaća izradu elaborata iskolčenja i svih potrebnih nacрта iskolčenja te iskolčenje trase i objekta. Iskolčenje trase i objekata obuhvaća sva geodetska mjerenja, osiguranje glavnih točaka, postavljanje visinskih kolaca za pojedine faze radova sa označavanjem poprečnih profila, te održavanje istih prema potrebi za vrijeme izvođenja radova. Navedene radove će izvršiti geodet i jedan pomoćni radnik (RII).

- Čišćenje i priprema terena

Ova stavka obuhvaća uklanjanje šiblja, grmlja, drveća i svog nepotrebnog materijala koji bi ometao izvršenje radova i građenja. Čišćenje terena se obavlja strojno **dozerom** kojim upravlja strojar (SV). Nepotrební materijal se uklanja s površina predviđenih projektom ili mjesta koje

je odredio nadzorni inženjer. Drveća se sijeku **strojevima za sječu** koja se montiraju na **bagere**. Panjevi, bez obzira na promjer, se uklanjaju **dozerom** te utovaruju **utovarivačem**, kojim upravlja strojar (SVI) i odvoze **zglobnim damperom**, kojim upravlja strojar (SVI) na gradilišnu deponiju.

5.2.1.2 Zemljani radovi na željezničkoj prugi

- Otkop humusa u sloju od 30 cm

Ova stavka obuhvaća skidanje humusa u sloju debljine 30 cm sa svih potrebnih zelenih površina na predmetnoj trasi, deponiranje dijela skinutog humusa na privremenu gradilišnu deponiju, a koji će se kasnije koristiti za humusiranje površina predviđenih za ozelenjivanje, te utovar, odvoz, istovar i razastiranje viška skinutog humusa na legalnu deponiju. Površinski iskop se izvodi **dozerom** kojim upravlja strojar (SVI), a višak se utovaruje utovarivačem u **zglobni damper**, kojim upravlja strojar (SV) te odvozi na deponiju, dok se ostatak humusa koristi za izradu bankine i berme, pa se utovaruje **utovarivačem** kojim upravlja strojar (SVI) kojim upravlja strojar kategorije (SVI) i razvozi **zglobnim damperom** po gradilištu.

- Strojni otkop zemljanog materijala C kategorije do kote planuma.

Stavka obuhvaća strojni iskop u materijalu "C", koji će se izvoditi pomoću **bagera**, kojim upravlja strojar (SVI), na privremeno odlagalište, gdje će se vršiti utovar **bagerom**, kojim upravlja strojar (SV), a prijevoz i istovar iskopanog materijala na deponiju će se vršiti **zglobnim damperom**.

- Izrada nasipa

Izrada nasipa će se vršiti nasipavanjem miješanih materijala prema uvjetima iz tehničkih specifikacija 2.2.13. dopremljenim s deponije **kamionom kiperom**, kojim upravlja strojar (SV). Materijal se prvo razastire **dozerom** te se zbija **vibracijskim valjkom** u slojevima po punoj širini prometnice tako da se prvo zbija tlo od nižeg ruba prema višem, vodoravno u uzdužnom smjeru. Fino planiranje se vrši **grejderom**, kojim upravlja strojar (SVI), a **zbijanje vibracijskim valjkom**, kojim upravlja strojar (SVI).

- Izrada posteljice.

Planiranje posteljice se vrši **grejderom**, kojim upravlja strojar (SVI), na točnost ± 2 cm u poprečnom nagibu 5%. Dok se kameni materijal ugrađuje na način da se ne oštećuje površina podloge, odnosno posteljice, te u slojevima debljine do 20 cm sa mehaničkim zbijanjem svakog sloja **vibracijskim valjkom**, kojim upravlja strojar (SVI), radi postizanja zbijenosti $EV_{2min} = 45MN/m^2$. Potrebni materijal se dovozi **kamionima kiperima**, kojima upravljaju strojari (SVI) sa vanjske deponije.

- Izrada zaštitnog sloja.

Zaštitni sloj je sloj koji se razastire **grejderom**, kojim upravlja strojar (SVI) na prethodno pripremljeni ravnik posteljice u nagibu od 5 %, ispod zastorne prizme, materijal je drobljena

kamena mješavina uglatog oblika zrna (ne koristiti materijale zaobljenog zrna, npr. riječni šljunak), najmanje debljine 40 cm. Stavka obuhvaća nabavu, utovar **bagerom**, kojim upravlja strojar (SVI), dopremu **kamionom kiperom**, kojim upravlja strojar (SVI), istovar i ugradnju drobljenca. Zbijanje se vrši **vibracijskim valjkom**, kojim upravlja strojar (SVI), na projektiranu zbijenost od $E_{v2min}=100 \text{ MN/m}^2$.

5.2.1.3 Geotehnički radovi na željezničkoj prugi

- Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem

Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem. Prije polaganja geotekstila površinu tla treba izravnati **grejderom**, kojim upravlja strojar (SVI), te izvršiti zbijanje **vibracijskim valjkom**, kojim upravlja strojar (SVI).

- Postavljanje geotekstila

Polaganje geotekstila. Stavka obuhvaća dobavu, dopremu **kamionom sandučarem**, kojim upravlja strojar (SV), i polaganje geotekstila na temeljno tlo. Geotekstil se postavlja kako bi se osiguralo razdvajanje materijala različitih svojstava - granulacija čestica te filtriranje. Predviđa se upotreba netkanog geotekstila čvrstoće na vlak – uzdužno: $MD \geq 20 \text{ kN/m'}$ prema HRN EN ISO 10319:2008. Preklopi geotekstila moraju biti najmanje 50 cm.

- Polaganje geomreže

Polaganje geomreže. Nabava, utovar, doprema **kamionom sandučarem**, kojim upravlja strojar (SV), i polaganje polimerne mreže (geomreža). Predviđena je ugradnja geomreže sljedećih svojstva: vlačna čvrstoća uzdužna/poprečna sa iskazanim odstupanjima $\geq 40/40 \text{ kN/m}$. Postavljanje će vršiti

- Ugradnja geomembrane

Stavka obuhvaća dobavu, dopremu **kamionom sandučarem**, kojim upravlja strojar (SV) i postavljanje geomembrane na temeljno tlo. Zahtijevaju se sljedeća svojstva geomembrane (GBR-C): masa po jedinici površine (ukupna): $\geq 5500 \text{ g/m}^2$ prema HRN EN ISO 9864:2005 ili jednakovrijedno, masa pokrovnog sloja (netkani polipropilen) $\geq 300 \text{ g/m}^2$.

5.2.1.4 Radovi na gornjem ustroju na željezničkoj prugi

- Tračnice tipa 60E1

Tračnice tipa 60E1. Nabava, utovar, transport i istovar na gornju površinu zastorne prizme pomoću **teške motorne drezine**, kojim upravlja strojar (SVI), preko postojeće pruge, novih tračnica tipa 60E1. Tračnice dužine $\geq 100 \text{ m}$.

- Betonski pragovi

Nabava, utovar, doprema i istovar novih betonskih pragova s montiranim elastičnim pričvršnim priborom za tip tračnice 60E1 i odgovarajućim podtračničkim podloščima na privremenu deponiju. Betonski pragovi će se transportirati do mjesta ugradnje vagonima koje će vući **teška motorna drezina**, kojim upravlja strojar (SVI).

- Polaganje novog kolosijeka tipa 60E1 na novim betonskim pragovima.

Rad obuhvaća polaganje tračnica, pričvršćenje tračnica u pričvršna mjesta s kolosiječnim priborom, grubo reguliranje kolosijeka po smjeru i visini. Rad obuhvaća i utovar novih pragova sa privremene deponije, prijevoz i istovar na mjesto ugradnje pomoću **teške motorne drezine TCM 60 R**, kojom upravlja strojar (SVI), i **EMD sustava za polaganje kontinuiranih tračnica**, kojim upravlja strojar (SVI).

- Zavarivanje tračnica tip 60E1 u dugi trak kolosijeka.

Zavarivanje tračnica tip 60E1 u dugi trak kolosijeka će se vršiti **ručno**

- Tucanik za zastornu prizmu.

Nabava, utovar, doprema, istovar i ugradnja tucanika za zastornu prizmu propisane dimenzije. Dio tucanika koji se ugrađuje nakon polaganja kolosijeka i skretnica. **Željeznički transporter materijala**, kojim upravlja strojar (SVI), će vršiti transport tucanika i ugradnju. Zahtjev za otpornost na drobljenje je LARB 16 (≤ 16).

5.2.2 Razrada tehnologije izvođenja radova na vijaduktu Carevdar

5.2.2.1 Pripremni radovi na vijaduktu Carevdar

- Geodetski radovi

Ova početna stavka obuhvaća izradu elaborata iskolčenja i svih potrebnih nacрта iskolčenja te iskolčenje trase i objekta. Iskolčenje trase i objekata obuhvaća sva geodetska mjerenja, osiguranje glavnih točaka, postavljanje visinskih kolaca za pojedine faze radova sa označavanjem poprečnih profila, te održavanje istih prema potrebi za vrijeme izvođenja radova.

5.2.2.2 Geotehnički radovi na vijaduktu Carevdar

- Cementna stabilizacija

Cementna stabilizacija. Stavka obuhvaća nabavu, dopremu i izvedbu cementne stabilizacije na način da se izvede krana širine minimalno 1,50 m od objekta, s nagibom pokosa od 1V:1H ili blaže prema temeljnom tlu. Cementna stabilizacija se izvodi sa 2,5 do 3,0% cementa. Stupanj zbijenosti Dpr u odnosu na standardni Proctor (HRN EN 13286-2:2010 ili jednakovrijedne) mora biti najmanje 98%. Dostavu materijala i raspršivanje cementne smjese se vrši pomoću **kamiona raspršivača**, kojim upravlja strojar (SVI), a cement se miješa s tlom pomoću

rotofrezera, kojim upravlja strojar (SVI). Nakon miješanja zbijanje će se vršiti **vibracijskim valjkom**, kojim upravlja strojar (SVI).

- Iskop za potrebu izvedbe zamjene temeljnog tla zamjenskim materijalom

Strojni iskop materijala za potrebu izvedbe zamjene materijala, D=1.00 m. Stavka obuhvaća izvedbu iskopa u debljini od 1.00 m predviđene zamjene materijala. Zahtijeva se postizanje točnosti iskopa od +3,0 cm na 1,0 m duljine. Strojni površinski iskop humusa se izvodi **bagerom** kojim upravlja strojar (SVI). Iskopani materijal se utovaruje **bagerom** u **zglobni damper**, kojim upravlja strojar (SVI), te se odvozi na gradilišnu deponiju i kasnije se koristi za zatrpavanje zemlje oko temelja upornjaka i stupova.

- Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem

Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem. Prije polaganja geotekstila površinu tla treba izravnati **grejderom**, kojim upravlja strojar (SVI), te izvršiti zbijanje **vibracijskim valjkom**, kojim upravlja strojar (SVI).

- Postavljanje geotekstila

Polaganje geotekstila. Stavka obuhvaća dobavu, dopremu **kamionom sandučarem**, kojim upravlja strojar (SVI) i polaganje geotekstila na temeljno tlo. Geotekstil se postavlja kako bi se osiguralo razdvajanje materijala različitih svojstava - granulacija čestica te filtriranje. Predviđa se upotreba netkanog geotekstila čvrstoće na vlak – uzdužno: MD ≥ 20 kN/m' prema HRN EN ISO 10319:2008. Preklopi geotekstila moraju biti najmanje 50 cm.

- Polaganje geomreže

Polaganje geomreže. Nabava, utovar, doprema **kamionom sandučarem**, kojim upravlja strojar (SVI) i polaganje polimerne mreže (geomreža). Predviđena je ugradnja geomreže slijedećih svojstva: vlačna čvrstoća uzdužna/poprečna sa iskazanim odstupanjima $\geq 40/40$ kN/m.

- Ugradnja zamjenskog kamenog materijala

Ugradnja zamjenskog kamenog materijala u debljini D=0.30 m. Stavka obuhvaća dobavu, dopremu **kamionom kiperom**, kojim upravlja strojar (SVI) i razastiranje kamenog materijala **grejderom**, kojim upravlja strojar (SVI), u slojevima debljine 30,0 cm sa zbijanjem **vibracijskim valjkom**, kojim upravlja strojar (SVI).

- Bušenje pilota

Stavka obuhvaća bušenje pilota. Tehnologiju izvedbe bušenih pilota potrebno je odabrati ovisno o geotehničkom profilu na poziciji izvedbe. Bušenje za izvedbu pilota izvodi se pomoću zaštitnih kolona (ovisno o tehnologiji sa kojom raspolaže izvoditelj radova) do projektirane kote. Tijekom izvedbe je potrebno održavati stalnu razinu vode u koloni. Piloti će se bušiti pomoću **bušilice**, kojom upravlja strojar (SVI). Bušenje pilota nazivnog promjera 1500 mm, duljine 23,0 m i 25,0 m.

- Postavljanje armature u pilote

Dobava, rezanje, savijanje, čišćenje i postavljanje armature. Armatura će se dopreмати **kamionom sandučarem**, kojim upravlja strojar (SVI), a vertikalno će se prenositi do mjesta ugradnje **autodizalicom**, kojim upravlja strojar (SVI).

- Betoniranje pilota

Betoniranje pilota betonom C 30/37. Stavka obuhvaća dobavu, dopremu i ugradnju betona razreda tlačne čvrstoće C 30/37, klase izloženosti XA1 sa potrebnom njegovom. Betoniranje će se ugrađivati **automješalicom**, kojom upravlja strojar (SVI) i vibrirati **previbratorom**, kojim upravlja radnik (RII). **Automiješalica**, kojom upravlja strojar (SVI), dovozi beton na gradilište.

5.2.2.3 Armirano betonski radovi na vijaduktu Carevdar

Betonski radovi obuhvaćaju betoniranje (ugradnju, vibriranje i njegovanje) temelja i tijela stupova, naglavne grede, temelja, zidova, zidića, krila i upornjaka, kao i kolničke konstrukcije mosta. Beton se iz centralnog pogona dovozi na gradilište **automiješalicom** kojom upravlja strojar (SVI). Dolaskom na gradilište, beton se ugrađuje **pumpom za beton**, kojom upravlja strojar (SVI) i vibrira **pervibratorom**, kojim upravlja radnik (RII). U procesu ugradnje sudjeluju glavni i pomoćni betonirci (BV i BIII), te pomoćni radnici (RII). Njegovanje betona obavlja pomoćni radnik (RII).

Montažni radovi obuhvaćaju ugradnju predgotovljenih glavnih i poprečnih nosača na gotove naglavne grede stupova mosta. Ugrađuju se 3 nosača po širini kolničke konstrukcije, u ukupnoj količini iskazanoj u dokaznici mjera. Poprečni nosači se ugrađuju paralelno s glavnim nosačima. Nosači se dovoze na gradilište na **tegljačima** kojim upravljaju strojari (SVII), dok se istovar i ugradnja vrše istodobno **autodizalicom** kojom upravlja strojar (SVI), uz pomoć pomoćnih radnika (RII). Upornjaci i tijela stupova, zajedno s naglavnim gredama moraju biti u potpunosti izgrađeni i funkcionalni prije nego što se pristupi montaži nosača.

Armirački radovi obuhvaćaju ugradnju armature u temelje upornjaka, zida, zidića, krila, prijelazne ploče, temelje stupova i tijela stupove te naglavne grede i kolničku konstrukciju mosta, u količini iskazanoj u dokaznici mjera. Gotova armatura se na gradilište dovozi **kamionom sandučarom**, kojim upravlja strojar (SVI). Dolaskom na gradilište, armatura se istovaruje i istovremeno vertikalno transportira na mjesto ugradnje **autodizalicom** kojom upravlja strojar (SVI) uz pomoć pomoćnog radnika (RII). Ugradnja se obavlja ručno i u njoj sudjeluju armirači (AIV i AIII) na postavljanju armature, te pomoćni radnici na prijenosu armature (RII).

5.2.2.4 Tesarski radovi na vijaduktu Carevdar

Tesarski radovi obuhvaćaju montažu i demontažu oplata nakon betoniranja temelja i tijela stupova, naglavne grede, temelja, zidova, zidića, krila upornjaka te kolničke konstrukcije mosta. Izrađena oplata doprema se na gradilište **kamionom sandučarom** kojim upravlja strojar (SV). Dolaskom na gradilište, oplata se istovaruje i istovremeno vertikalno transportira

autodizalicom kojom upravlja strojar (SVI) uz pomoć pomoćnog radnika (RII) na mjesto ugradnje. Oplata temelja, zidova i zidića upornjaka te temelja i tijela stupova ugrađuje se ručno. Radovi na kolničkoj konstrukciji ne mogu započeti sve dok predgotovljeni nosači nisu ugrađeni. Po završetku betoniranja oplata se uklanja, čisti i utovaruje **autodizalicom** kojom upravlja strojar (SVI) na **kamion sandučar** kojim upravlja strojar (SV), te se transportira na iduću frontu rada, a po završetku svih radova demontaže, na vanjsku deponiju.

5.2.3 Razrada tehnologije izvođenja radova na nadvožnjaku Lepavina 1

5.2.3.1 Geotehnički radovi na nadvožnjaku Lepavina 1

Strojni iskop materijala za potrebu izvedbe zamjene materijala, D=1.00 m. Stavka obuhvaća izvedbu iskopa u debljini od 1.00 m predviđene zamjene materijala. Zahtijeva se postizanje točnosti iskopa od +3,0 cm na 1,0 m duljine. Strojni površinski iskop humusa se izvodi **bagerom** kojim upravlja strojar (SVI). Iskopani materijal se utovaruje **bagerom** u **zglobni damper**, kojim upravlja strojar (SVI), te se odvozi na gradilišnu deponiju i kasnije se koristi za zatrpavanje zemlje oko temelja upornjaka i stupova.

Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem. Prije polaganja geotekstila površinu tla treba izravnati te izvršiti zbijanje vibracijskim valjkom kojim upravlja strojar (SVI).

- Postavljanje geotekstila

Polaganje geotekstila. Stavka obuhvaća dobavu, dopremu **kamionom sandučarem**, kojim upravlja strojar (SVI), i polaganje geotekstila na temeljno tlo. Geotekstil se postavlja kako bi se osiguralo razdvajanje materijala različitih svojstava - granulacija čestica te filtriranje. Predviđa se upotreba netkanog geotekstila čvrstoće na vlak – uzdužno: MD \geq 20 kN/m' prema HRN EN ISO 10319:2008. Preklopi geotekstila moraju biti najmanje 50 cm.

- Polaganje geomreže

Polaganje geomreže. Nabava, utovar, doprema **kamionom sandučarem** i polaganje polimerne mreže (geomreža). Predviđena je ugradnja geomreže slijedećih svojstva: vlačna čvrstoća uzdužna/poprečna sa iskazanim odstupanjima \geq 40/40 kN/m.

- Ugradnja zamjenskog materijala

Ugradnja zamjenskog kamenog materijala u debljini D=0.30 m. Stavka obuhvaća dobavu kamenog materijala **kamionom kiperom** kojim upravlja strojar (SVI), dopremu i ugradnju kamenog materijala, u slojevima debljine 30,0 cm sa zbijanjem. Ugradnja će se vršiti **grejderom** kojim upravlja strojar (SVI), a zbijanje **vibracijskim valjkom** kojim upravlja strojar (SVI).

5.2.3.2 Zemljani radovi na nadvožnjaku Lepavina 1

Zemljani radovi obuhvaćaju strojni površinski iskop humusa, iskop za temelje i građevne jame, izradu klinova uz objekte, zatrpavanje i izradu nasipa od materijala iz iskopa, izradu obloge čunjeva i pokosa.

Strojni površinski iskop vrši se **dozerom** kojim upravlja strojar (SVI). Iskopani materijal se utovaruje **utovarivačem** kojim upravlja strojar (SVI) i **zglobnim damperom** odvozi na gradilišnu deponiju i kasnije se koristi za izradu nasipa. **Zglobnim damperom** upravlja strojar (SVI).

Iskop zemlje za temelje i građevne jame vrši se **bagerom** kojim upravlja strojar (SVI). Iskopani materijal se utovaruje **bagerom** i **zglobnim damperom** odvozi na gradilišnu deponiju i kasnije se koristi za izradu nasipa.

Izrada klinova uz objekte uključuje nasipavanje, razastiranje i zbijanje materijala do tražene zbijenosti. Materijal se iz pozajmišta dovozi **kamionom kiperom** kojim upravlja strojar (SV) uz pomoć pomoćnog radnika (RII) te se razastire **dozerom** kojim upravlja strojar (SVI). Ugrađeni materijal se dodatno sabija **vibracijskim valjkom** kojim upravlja strojar (SVI).

Zatrpavanje i izradu nasipa od materijala iz iskopa vrši se **dozerom**. Dozerom upravlja strojar (SVI).

Izrada obloge čunjeva i pokosa, dovoz materijala **kamionom kiperom** kojim upravlja strojar (SV) uz pomoć pomoćnog radnika (RII) te se materijal razastire **dozerom** kojim upravlja strojar (SVI).

Odvoz viška zemlje na vanjsku deponiju obavlja se tako što se zemljani materijal utovaruje **utovarivačem** kojim upravlja strojar (SVI) i odvozi **kamionom kiperom** kojim upravlja strojar (SV) na deponiju van gradilišta. Pri obavljanju rada im pomažu pomoćni radnici (RII).

5.2.3.3 Betonski i armirački radovi na nadvožnjaku Lepavina 1

Betonski radovi obuhvaćaju betoniranje (ugradnju, vibriranje i njegovanje) temelja, zidova i krila upornjaka, prijelaznih ploča, kolničke ploče te pješačkog hodnika.

Beton se iz centralnog pogona dovozi na gradilište **automiješalicom** kojom upravlja strojar (SVI). Dolaskom na gradilište, beton se ugrađuje **pumpom za beton** kojom upravlja strojar (SVI) i vibrira **pervibratorom** kojim upravlja radnik (RII). U procesu ugradnje sudjeluju glavni i pomoćni betonirci (BV i BIII), te pomoćni radnici (RII). Njegovanje betona obavlja pomoćni radnik (RII).

Armirački radovi obuhvaćaju ugradnju armature u podložni sloja betona, temelje, zidove i krila upornjaka, prijelazne ploča, kolničke ploče te pješački hodnika.

Gotova armatura se na gradilište dovozi **kamionom sandučarom** kojim upravlja strojar (SV). Dolaskom na gradilište, armatura se istovaruje i istovremeno vertikalno transportira na mjesto ugradnje **autodizalicom** kojom upravlja strojar (SVI) uz pomoć pomoćnog radnika (RII).

Ugradnja se obavlja ručno i u njoj sudjeluju armirači (AIV i AIII) na postavljanju armature, te pomoćni radnici na prijenosu armature (RII).

5.2.3.4 Tesarski radovi na nadvožnjaku Lepavina 1

Tesarski radovi obuhvaćaju montažu i demontažu oplata nakon betoniranja temelja, zidova i krila upornjaka, prijelaznih ploča, kolničke ploče te pješačkog hodnika.

Izrađena oplata doprema se na gradilište **kamionom sandučarom** kojim upravlja strojar (SV). Dolaskom na gradilište, oplata se istovaruje i istovremeno vertikalno transportira **autodizalicom** kojom upravlja strojar (SVI) uz pomoć pomoćnog radnika (RII) na mjesto ugradnje. Oplata temelja, zidova i zidića upornjaka te temelja i tijela stupova ugrađuje se **ručno**. Radovi na kolničkoj konstrukciji ne mogu započeti sve dok predgotovljeni nosači nisu ugrađeni.

Po završetku betoniranja oplata se uklanja, čisti i utovaruje **autodizalicom** kojom upravlja strojar (SVI) na **kamion sandučar** kojim upravlja strojar (SV), te se transportira na iduću frontu rada, a po završetku svih radova demontaže, na vanjsku deponiju.

5.2.4 Razrada tehnologije izvođenja radova na nadvožnjaku Lepavina 2

5.2.4.1 Geotehnički radovi na nadvožnjaku Lepavina 2

Strojni iskop materijala za potrebu izvedbe zamjene materijala, D=1.00 m. Stavka obuhvaća izvedbu iskopa u debljini od 1.00 m predviđene zamjene materijala. Zahtijeva se postizanje točnosti iskopa od +3,0 cm na 1,0 m duljine. Strojni površinski iskop humusa se izvodi **bagerom** kojim upravlja strojar (SVI). Iskopani materijal se utovaruje **bagerom** u **zglobni damper**, kojim upravlja strojar (SVI), te se odvozi na gradilišnu deponiju i kasnije se koristi za zatrpavanje zemlje oko temelja upornjaka i stupova.

Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem. Prije polaganja geotekstila površinu tla treba izravnati te izvršiti zbijanje **vibracijskim valjkom** kojim upravlja strojar (SVI).

- Postavljanje geotekstila

Polaganje geotekstila. Stavka obuhvaća dobavu, dopremu **kamionom sandučarem**, kojim upravlja strojar (SVI), i polaganje geotekstila na temeljno tlo. Geotekstil se postavlja kako bi se osiguralo razdvajanje materijala različitih svojstava - granulacija čestica te filtriranje. Predviđa se upotreba netkanog geotekstila čvrstoće na vlak – uzdužno: MD \geq 20 kN/m' prema HRN EN ISO 10319:2008. Preklopi geotekstila moraju biti najmanje 50 cm.

- Polaganje geomreže

Polaganje geomreže. Nabava, utovar, doprema **kamionom sandučarem** i polaganje polimerne mreže (geomreža). Predviđena je ugradnja geomreže slijedećih svojstva: vlačna čvrstoća uzdužna/poprečna sa iskazanim odstupanjima $\geq 40/40$ kN/m.

- Ugradnja zamjenskog materijala

Ugradnja zamjenskog kamenog materijala u debljini $D=0.30$ m. Stavka obuhvaća dobavu kamenog materijala **kamionom kiperom** kojim upravlja strojar (SVI), dopremu i ugradnju kamenog materijala, u slojevima debljine 30,0 cm sa zbijanjem. Ugradnja će se vršiti **grejderom** kojim upravlja strojar (SVI), a zbijanje **vibracijskim valjkom** kojim upravlja strojar (SVI).

5.2.4.2 Zemljani radovi na nadvožnjaku Lepavina 2

Zemljani radovi obuhvaćaju strojni površinski iskop humusa, iskop za temelje i građevne jame, izradu klinova uz objekte, zatrpavanje i izradu nasipa od materijala iz iskopa, izradu obloge čunjeva i pokosa.

Strojni površinski iskop vrši se **dozerom** kojim upravlja strojar (SVI). Iskopani materijal se utovaruje **utovarivačem** kojim upravlja strojar (SVI) i **zglobnim damperom** odvozi na gradilišnu deponiju i kasnije se koristi za izradu nasipa. **Zglobnim damperom** upravlja strojar (SVI).

Iskop zemlje za temelje i građevne jame vrši se **bagerom** kojim upravlja strojar (SVI). Iskopani materijal se utovaruje **bagerom** i **zglobnim damperom** odvozi na gradilišnu deponiju i kasnije se koristi za izradu nasipa.

Izrada klinova uz objekte uključuje nasipavanje, razastiranje i zbijanje materijala do tražene zbijenosti. Materijal se iz pozajmišta dovozi **kamionom kiperom** kojim upravlja strojar (SV) uz pomoć pomoćnog radnika (RII) te se razastire **dozerom** kojim upravlja strojar (SVI). Ugrađeni materijal se dodatno sabija **vibracijskim valjkom** kojim upravlja strojar (SIV).

Zatrpavanje i izradu nasipa od materijala iz iskopa vrši se **dozerom**. Dozerom upravlja strojar (SVI) uz pomoć pomoćnog radnika (RII).

Izrada obloge čunjeva i pokosa, dovoz materijala **kamionom kiperom** kojim upravlja strojar (SV) uz pomoć pomoćnog radnika (RII) te se materijal razastire **dozerom** kojim upravlja strojar (SVI).

Odvoz viška zemlje na vanjsku deponiju obavlja se tako što se zemljani materijal utovaruje **utovarivačem** kojim upravlja strojar (SVI) i odvozi **kamionom kiperom** kojim upravlja strojar (SV) na deponiju van gradilišta. Pri obavljanju rada im pomažu pomoćni radnici (RII).

5.2.4.3 Betonski i armirački radovi na nadvožnjaku Lepavina 2

Betonski radovi obuhvaćaju betoniranje (ugradnju, vibriranje i njegovanje) temelja, potpornih zidova, zidova i krila upornjaka, prijelaznih ploča, kolničke ploče te pješačkog hodnika.

Beton se iz centralnog pogona dovozi na gradilište **automiješalicom** kojom upravlja strojar (SVI). Dolaskom na gradilište, beton se ugrađuje **pumpom za beton** i vibrira **pervibratorom**. U procesu ugradnje sudjeluju glavni i pomoćni betonirci (BV i BIII), te pomoćni radnici (RII). Njegovanje betona obavlja pomoćni radnik (RII).

Armirački radovi obuhvaćaju ugradnju armature u podložni sloja betona, temelje, zidove i krila upornjaka, prijelazne ploča, kolničke ploče te pješački hodnika.

Gotova armatura se na gradilište dovozi **kamionom sandučarom** kojim upravlja strojar (SV). Dolaskom na gradilište, armatura se istovaruje i istovremeno vertikalno transportira na mjesto ugradnje **autodizalicom** kojom upravlja strojar (SVI) uz pomoć pomoćnog radnika (RII). Ugradnja se obavlja ručno i u njoj sudjeluju armirači (AIV i AIII) na postavljanju armature, te pomoćni radnici na prijenosu armature (RII).

5.2.4.4 Tesarski radovi na nadvožnjaku Lepavina 2

Tesarski radovi obuhvaćaju montažu i demontažu oplata nakon betoniranja temelja, zidova i krila upornjaka, prijelaznih ploča, kolničke ploče te pješačkog hodnika.

Izrađena oplata doprema se na gradilište **kamionom sandučarom** kojim upravlja strojar (SV). Dolaskom na gradilište, oplata se istovaruje i istovremeno vertikalno transportira **autodizalicom** kojom upravlja strojar (SVI) uz pomoć pomoćnog radnika (RII) na mjesto ugradnje. Oplata temelja, zidova i zidića upornjaka te temelja i tijela stupova ugrađuje se **ručno**. Radovi na kolničkoj konstrukciji ne mogu započeti sve dok predgotovljeni nosači nisu ugrađeni.

Po završetku betoniranja oplata se uklanja, čisti i utovaruje **autodizalicom** kojom upravlja strojar (SVI) na **kamion sandučar** kojim upravlja strojar (SV), te se transportira na iduću frontu rada, a po završetku svih radova demontaže, na vanjsku deponiju.

5.2.5 Razrada tehnologije izvođenja radova na Galeriji velika Mučna

5.2.5.1 Pripremni radovi na galeriji Velika Mučna

- Geodetski radovi

Ova početna stavka obuhvaća izradu elaborata iskolčenja i svih potrebnih nacrti iskolčenja te iskolčenje trase i objekta. Iskolčenje trase i objekata obuhvaća sva geodetska mjerenja, osiguranje glavnih točaka, postavljanje visinskih kolaca za pojedine faze radova sa označavanjem poprečnih profila, te održavanje istih prema potrebi za vrijeme izvođenja radova. Navedene radove će izvršiti geodet i jedan pomoćni radnik (RII).

5.2.5.2 Zemljani radovi radovi na galeriji Velika Mučna

Strojni površinski iskop vrši se **dozerom** kojim upravlja strojar (SV). Iskopani materijal se utovaruje **utovarivačem** i **kamionom kiperom** odvozi na gradilišnu deponiju i kasnije se koristi za izradu nasipa. **Utovarivačem** upravlja strojar (SVI) i pomaže mu pomoćni radnik (RII), dok **kamionom kiperom** upravlja strojar (SV).

Iskop zemlje za temelje i građevne jame vrši se **bagerom** kojim upravlja strojar (SVI). Iskopani materijal se utovaruje **bagerom** i **zglobnim damperom** odvozi na gradilišnu deponiju i kasnije se koristi za izradu nasipa.

5.2.5.3 Geotehnički radovi radovi na galeriji Velika Mučna

- Iskop za potrebu izvedbe zamjene temeljnog tla zamjenskim materijalom

Strojni iskop materijala za potrebu izvedbe zamjene materijala, D=1.00 m. Stavka obuhvaća izvedbu iskopa u debljini od 1.00 m predviđene zamjene materijala. Zahtijeva se postizanje točnosti iskopa od +3,0 cm na 1,0 m duljine. Strojni površinski iskop humusa se izvodi **bagerom** kojim upravlja strojar (SVI). Iskopani materijal se utovaruje **bagerom** u **zglobni damper**, kojim upravlja strojar (SVI), te se odvozi na gradilišnu deponiju i kasnije se koristi za zatrpavanje zemlje oko temelja upornjaka i stupova.

Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem. Prije polaganja geotekstila površinu tla treba izravnati te izvršiti zbijanje **vibracijskim valjkom** kojim upravlja strojar (SVI).

- Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem

Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem. Prije polaganja geotekstila površinu tla treba izravnati **grejderom**, kojim upravlja strojar (SVI) te izvršiti zbijanje **vibracijskim valjkom** kojim upravlja strojar (SVI).

- Postavljanje geotekstila

Polaganje geotekstila. Stavka obuhvaća dobavu, dopremu **kamionom sandučarem** kojim upravlja strojar (SV) i polaganje geotekstila na temeljno tlo. Geotekstil se postavlja kako bi se osiguralo razdvajanje materijala različitih svojstava - granulacija čestica te filtriranje. Predviđa se upotreba netkanog geotekstila čvrstoće na vlak – uzdužno: MD \geq 20 kN/m' prema HRN EN ISO 10319:2008. Preklopi geotekstila moraju biti najmanje 50 cm.

- Polaganje geomreže

Polaganje geomreže. Nabava, utovar, doprema **kamionom sandučarem**, kojim upravlja strojar (SV) i polaganje polimerne mreže (geomreža). Predviđena je ugradnja geomreže slijedećih svojstva: vlačna čvrstoća uzdužna/poprečna sa iskazanim odstupanjima \geq 40/40 kN/m.

- Ugradnja zamjenskog kamenog materijala

Ugradnja zamjenskog kamenog materijala u debljini $D=0.30$ m. Stavka obuhvaća dobavu, dopremu **kamionom kiperom** kojim upravlja strojar (SV) i razastiranje kamenog materijala **grejderom**, kojim upravlja strojar (SVI) u slojevima debljine 30,0 cm sa zbijanjem **vibracijskim valjkom** kojim upravlja strojar (SVI).

- Bušenje pilota

Stavka obuhvaća bušenje pilota. Tehnologiju izvedbe bušenih pilota potrebno je odabrati ovisno o geotehničkom profilu na poziciji izvedbe. Bušenje za izvedbu pilota izvodi se pomoću zaštitnih kolona (ovisno o tehnologiji sa kojom raspolaže izvoditelj radova) do projektirane kote. Tijekom izvedbe je potrebno održavati stalnu razinu vode u koloni. Piloti će se bušiti pomoću **bušilice** kojom upravlja strojar (SVI). Bušenje pilota nazivnog promjera 1200 mm, duljine 20.0 m.

- Postavljanje armature u pilote

Dobava, rezanje, savijanje, čišćenje i postavljanje armature. Armatura će se dopreмати **kamionom sandučarem**, kojim upravlja strojar (SV) a vertikalno će se prenositi do mjesta ugradnje **autodizalicom** kojim upravlja strojar (SVI).

- Betoniranje pilota

Betoniranje pilota betonom C 30/37. Stavka obuhvaća dobavu, dopremu i ugradnju betona razreda tlačne čvrstoće C 30/37, klase izloženosti XA1 sa potrebnom njegovom. Betoniranje će se ugrađivati **automješalicom**, kojom upravlja strojar (SVI) i vibrirati **previbratorom**, kojim upravlja radnik (RII). **Automiješalica**, kojom upravlja strojar (SVI), dovozi beton na gradilište.

5.2.5.4 Armirano betonski radovi na galeriji Velika Mučna

Betonski radovi obuhvaćaju betoniranje (ugradnju, vibriranje i njegovanje) temelja, naglavne grede, krila i upornjaka, kao i kolničke konstrukcije galerije. Beton se iz centralnog pogona dovozi na gradilište **automiješalicom** kojom upravlja strojar (SVI). Dolaskom na gradilište, beton se ugrađuje **pumpom za beton** kojom upravlja strojar (SVI) i vibrira **pervibratorom** kojim upravlja pomoćni radnik (RII). U procesu ugradnje sudjeluju glavni i pomoćni betonirci (BV i BIII), te pomoćni radnici (RII). Njegovanje betona obavlja pomoćni radnik (RII).

Armirački radovi obuhvaćaju ugradnju armature u temelje upornjaka, krila, prijelazne ploče, temelje stupova i tijela stupove te naglavne grede i kolničku konstrukciju galerije, u količini iskazanoj u dokaznici mjera. Gotova armatura se na gradilište dovozi **kamionom sandučarom** kojim upravlja strojar (SV). Dolaskom na gradilište, armatura se istovaruje i istovremeno vertikalno transportira na mjesto ugradnje **autodizalicom** kojom upravlja strojar (SVI) uz pomoć pomoćnog radnika (RII). Ugradnja se obavlja ručno i u njoj sudjeluju armirači (AIV i AIII) na postavljanju armature, te pomoćni radnici na prijenosu armature (RII).

5.2.5.5 Tesarski radovi na galeriji Velika Mučna

Tesarski radovi obuhvaćaju montažu i demontažu oplata nakon betoniranja temelja, naglavne grede, temelja, krila upornjaka te kolničke konstrukcije mosta. Izrađena oplata doprema se na gradilište **kamionom sandučarom** kojim upravlja strojar (SV). Dolaskom na gradilište, oplata se istovaruje i istovremeno vertikalno transportira **autodizalicom** kojom upravlja strojar (SVI) uz pomoć pomoćnog radnika (RII) na mjesto ugradnje. Oplata temelja, zidova i zidića upornjaka te temelja i tijela stupova ugrađuje se ručno. Radovi na kolničkoj konstrukciji ne mogu započeti sve dok predgotovljeni nosači nisu ugrađeni. Po završetku betoniranja oplata se uklanja, čisti i utovaruje **autodizalicom** kojom upravlja strojar (SVI) na **kamion sandučar** kojim upravlja strojar (SV), te se transportira na iduću frontu rada, a po završetku svih radova demontaže, na vanjsku deponiju.

5.2.6 Razrada tehnologije izvođenja radova na propustu

5.2.6.1 Geotehnički radovi na propustu

Strojni iskop materijala za potrebu izvedbe zamjene materijala, D=1.00 m. Stavka obuhvaća izvedbu iskopa u debljini od 1.00 m predviđene zamjene materijala. Zahtijeva se postizanje točnosti iskopa od +3,0 cm na 1,0 m duljine. Strojni površinski iskop humusa se izvodi **bagerom** kojim upravlja strojar (SVI). Iskopani materijal se utovaruje **bagerom** u **zglobni damper**, kojim upravlja strojar (SVI), te se odvozi na gradilišnu deponiju i kasnije se koristi za zatrpavanje zemlje oko temelja upornjaka i stupova.

Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem. Prije polaganja geotekstila površinu tla treba izravnati te izvršiti zbijanje **vibracijskim valjkom** kojim upravlja strojar (SVI).

- Postavljanje geotekstila

Polaganje geotekstila. Stavka obuhvaća dobavu, dopremu **kamionom sandučarem**, kojim upravlja strojar (SVI), i polaganje geotekstila na temeljno tlo. Geotekstil se postavlja kako bi se osiguralo razdvajanje materijala različitih svojstava - granulacija čestica te filtriranje. Predviđa se upotreba netkanog geotekstila čvrstoće na vlak – uzdužno: MD \geq 20 kN/m' prema HRN EN ISO 10319:2008. Preklopi geotekstila moraju biti najmanje 50 cm.

- Polaganje geomreže

Polaganje geomreže. Nabava, utovar, doprema **kamionom sandučarem** i polaganje polimerne mreže (geomreža). Predviđena je ugradnja geomreže slijedećih svojstva: vlačna čvrstoća uzdužna/poprečna sa iskazanim odstupanjima \geq 40/40 kN/m.

- Ugradnja zamjenskog materijala

Ugradnja zamjenskog kamenog materijala u debljini D=0.30 m. Stavka obuhvaća dobavu kamenog materijala **kamionom kiperom** kojim upravlja strojar (SVI), dopremu i ugradnju

kamenog materijala, u slojevima debljine 30,0 cm sa zbijanjem. Ugradnja će se vršiti **grejderom** kojim upravlja strojar (SVI), a zbijanje **vibracijskim valjkom**.

5.2.6.2 Zemljani radovi na propustu

Zemljani radovi obuhvaćaju strojni površinski iskop humusa, iskop za temelje i građevne jame, izradu klinova uz objekte, zatrpavanje i izradu nasipa od materijala iz iskopa, izradu obloge čunjeva i pokosa.

Strojni površinski iskop vrši se **dozerom** kojim upravlja strojar (SV). Iskopani materijal se utovaruje **utovarivačem** i **kamionom kiperom** odvozi na gradilišnu deponiju i kasnije se koristi za izradu nasipa. Utovarivačem upravlja strojar (SVI) i pomaže mu pomoćni radnik (RII), dok kamionom sandučarom upravlja strojar (SV).

Iskop zemlje za temelje i građevne jame vrši se **bagerom** kojim upravlja strojar (SVI). Iskopani materijal se utovaruje **bagerom** i **kamionom kiperom** odvozi na gradilišnu deponiju i kasnije se koristi za izradu nasipa. Utovarivačem upravlja strojar (SVI) i pomaže mu pomoćni radnik (RII), dok kamionom sandučarom upravlja strojar (SV).

Zatrpavanje i izradu nasipa od materijala iz iskopa vrši se **dozerom**. Dozerom upravlja strojar (SVI) uz pomoć pomoćnog radnika (RII).

5.2.6.3 Betonski i armirački radovi na propustu

Betonski radovi obuhvaćaju betoniranje (ugradnju, vibriranje i njegovanje) temelja, krilnih zidova i ab obloge.

Beton se iz centralnog pogona dovozi na gradilište **automiješalicom** kojom upravlja strojar (SVI). Dolaskom na gradilište, beton se ugrađuje **pumpom za beton** i vibrira **pervibratorom**. U procesu ugradnje sudjeluju glavni i pomoćni betonirci (BV i BIII), te pomoćni radnici (RII). Njegovanje betona obavlja pomoćni radnik (RII).

Armirački radovi obuhvaćaju ugradnju armature u podložni sloja betona, temelje, zidove i krila upornjaka, prijelazne ploča, kolničke ploče te pješački hodnika.

Gotova armatura se na gradilište dovozi **kamionom sandučarom** kojim upravlja strojar (SV). Dolaskom na gradilište, armatura se istovaruje i istovremeno vertikalno transportira na mjesto ugradnje **autodizalica** kojom upravlja strojar (SVI) uz pomoć pomoćnog radnika (RII). Ugradnja se obavlja ručno i u njoj sudjeluju armirači (AIV i AIII) na postavljanju armature, te pomoćni radnici na prijenosu armature (RII).

5.2.6.4 Tesarski radovi na propustu

Tesarski radovi obuhvaćaju montažu i demontažu oplata nakon betoniranja temelja, krilnih zidova i ab obloge.

Izrađena oplata doprema se na gradilište **kamionom sandučarom** kojim upravlja strojar (SV). Dolaskom na gradilište, oplata se istovaruje i istovremeno vertikalno transportira **autodizalicom** kojom upravlja strojar (SVI) uz pomoć pomoćnog radnika (RII) na mjesto ugradnje. Oplata temelja, zidova i zidića upornjaka te temelja i tijela stupova ugrađuje se **ručno**. Radovi na kolničkoj konstrukciji ne mogu započeti sve dok predgotovljeni nosači nisu ugrađeni.

Po završetku betoniranja oplata se uklanja, čisti i utovaruje **autodizalicom** kojom upravlja strojar (SVI) na **kamion sandučar** kojim upravlja strojar (SV), te se transportira na iduću frontu rada, a po završetku svih radova demontaže, na vanjsku deponiju.

5.3 Tehnološke karte

5.3.1 Željeznica

Prilog 1.

5.3.2 Vijadukt Carevdar

Prilog 2.

5.3.3 Nadvožnjak Lepavina 1

Prilog 3.

5.3.4 Nadvožnjak Lepavina 2

Prilog 4.

5.3.5 Galerija Velika Mučna

Prilog 5.

5.3.6 Propust

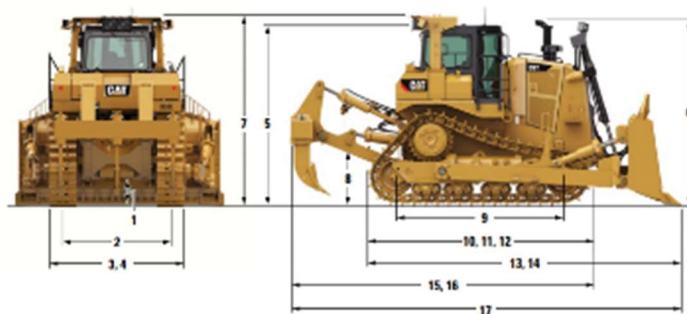
Prilog 6.

5.4 Odabir mehanizacije i proračun učinka

5.4.1 Pripremni i zemljani radovi

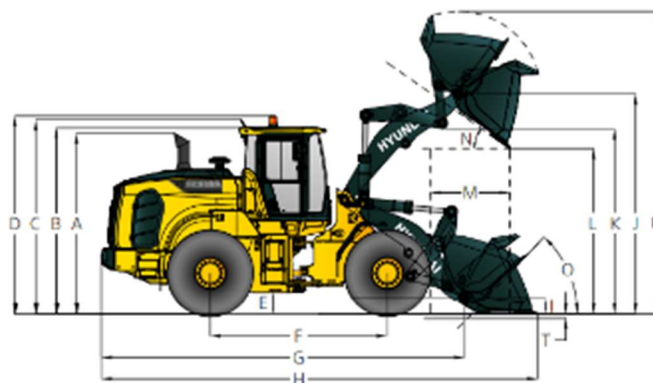
Uklanjanje humusa i čišćenje – Dozer Caterpillar D4

- odabrani volumen noža: $q = 3,81 \text{ m}^3$
- težina stroja: $m = 13272 \text{ kg}$
- širina standardne osnovne ploče: $a = 560 \text{ mm}$
- spremnik za gorivo: $q_s = 260 \text{ l}$
- snaga motora: $P = 97 \text{ kW}$



Utovar - Utovarivač Hyundai HL930A

- odabrana utovarna lopata: $q = 2,50 \text{ m}^3$
- težina stroja: $m = 11500 \text{ kg}$
- spremnik za gorivo: $q_s = 189,50 \text{ l}$
- snaga motora: $P = 99 \text{ kW}$



Transport zemljanog materijala izvan gradilišta – Kamion kiper Volvo FMX 440 8x4

- težina stroja: $m = 31000 \text{ kg}$
- nosivost: $n = 32 \text{ t}$
- zapremnina kiper; $q = 19,50 \text{ m}^3$
- spremnik za gorivo: $q_s = 315 \text{ l}$

- snaga motora: **P= 440 kW**

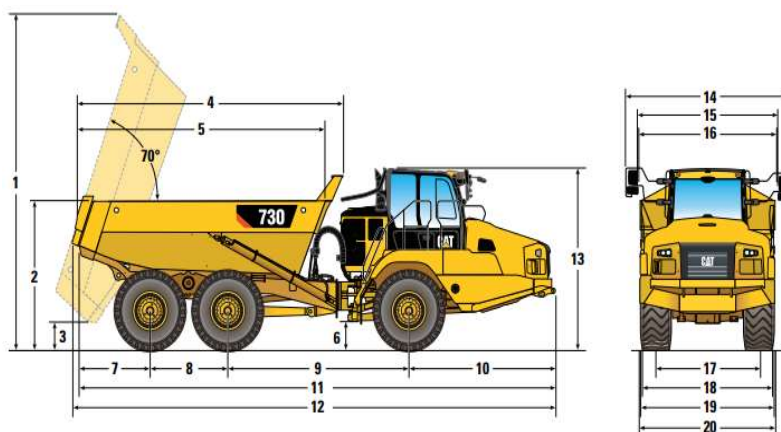


– Grejder Caterpillar 120

- težina stroja sa nožem: **m= 15 906 kg**
- ukupna visina: **h= 3 456 mm**
- ukupna duljina: **l= 9 838 mm**
- ukupna širina: **a= 2 495 mm**
- razmak od tla: **e= 410 mm**
- spremnik za gorivo: **q_s = 246 l**
- snaga motora: **P= 123 kW**
- maksimalna dubina prodiranja: **d= 775 mm**
- širina zahvata daske grejdera; **l_r = 3 700 mm**
- širina preklopa radnih površina; **l_p = 250 mm**
- širina zahvata daske grejdera; **l_r = 3 700 mm**
- širina preklopa radnih površina; **l_p = 250 mm**
- dobro korištenje radnog vremena; **k_{rv} = 0,84**
- koeficijent dotrajalosti stroja; **k_{ds} = 0,64**



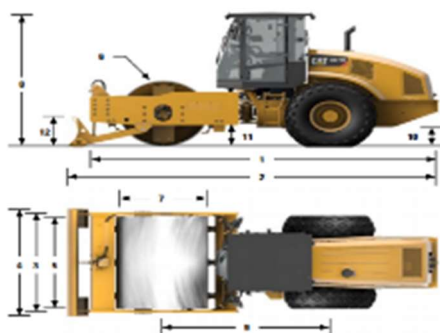
Zglobni damper Caterpillar 735



- zapremnina dampera; $q = 20,00 \text{ m}^3$
- nosivost stroja: $n = 32 \text{ t}$
- težina stroja: $m = 25\,200 \text{ kg}$
- visina sa podignutim spremnikom: $h_{\text{max}} = 6\,536 \text{ mm}$
- ukupna duljina: $l = 10\,445 \text{ mm}$
- ukupna širina: $a = 3\,676 \text{ mm}$
- maksimalna brzina: $v_{\text{max}} = 57 \text{ km/h}$
- spremnik za gorivo: $q_s = 412 \text{ l}$
- snaga motora: $P = 320 \text{ kW}$

Vibracijski valjak Caterpillar CS44B

- težina stroja: $m = 7210 \text{ kg}$
- ukupna visina: $h = 2850 \text{ mm}$
- ukupna duljina: $l = 5620 \text{ mm}$
- širina valjka: $a = 1676 \text{ mm}$
- frekvencija: $f = 31,9 \text{ Hz}$
- spremnik za gorivo: $q_s = 150 \text{ l}$
- snaga motora: $P = 75 \text{ kW}$



Bager Caterpillar 326

- odabrana lopata: $q= 1,19 \text{ m}^3$
- težina stroja: $m= 25\ 900 \text{ kg}$
- minimalna utovarna visina: $h_{\min}= 2\ 390 \text{ mm}$
- maksimalna utovarna visina: $h_{\max}= 6\ 620 \text{ mm}$
- duljina stroja s lopatom: $l= 10\ 060 \text{ mm}$
- širina stroja: $a= 3\ 190 \text{ mm}$
- dubina kopanja: $d= 1\ 060 \text{ mm}$
- minimalni polumjer okretanja: $R_{\min}= 3\ 000 \text{ mm}$
- snaga motora: $P= 150 \text{ kW}$
- dobro korištenje radnog vremena; $k_{rv} = 0,84$
- koeficijent dotrajalosti stroja (1 g.); $k_{ds} = 0,82$
- koeficijent utovara u vozilo; $k_{uv} = 1,00$
- koeficijent radnog kuta zaokreta bagera; $k_{kz} = 1,00$



Pokretna toranjska dizalica XJCM 2t

Nosivost: 2 t

Osovinska opterećenja: - prednja osovina: 10 t

- zadnja osovina: 8,5 t

Max visina dizanja: 25 m

Max radius: 27 m

Min radius: do 6 m

Ukupna snaga: 23,1 kW



Kamion sandučar Mercedes Benz Atego 1524

- volumen sanduka ; $q = 21,92 \text{ m}^3$
- nosivost stroja: $n = 16 \text{ t}$
- težina stroja: $m = 6000 \text{ kg}$
- ukupna širina: $a = 2300 \text{ mm}$
- maksimalna brzina: $v_{\text{max}} = 80 \text{ km/h}$
- snaga motora: $P = 220 \text{ kW}$



Izrada bušotina za pilote i za sidra - Bušilica KLEMM KR 708-3GW

- brzina prodiranja: $v_p = 120 \text{ cm/min}$
- težina stroja: $m = 13500 \text{ kg}$
- spremnik za gorivo: $q_s = 19,00 \text{ l}$
- snaga motora: $P = 129 \text{ kW}$



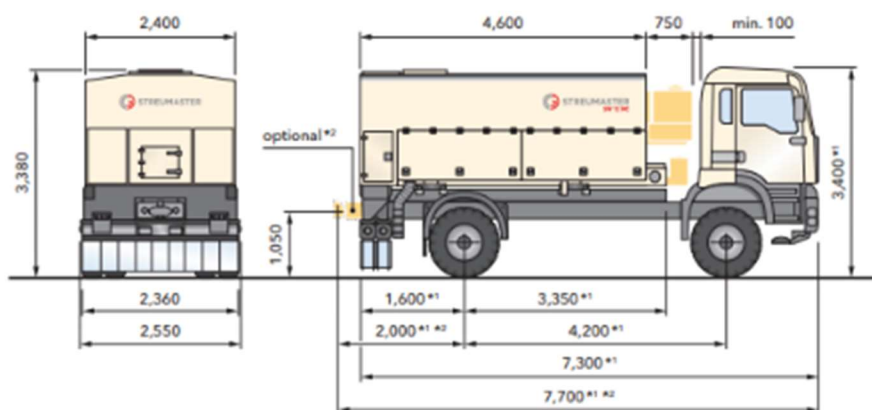
Cementna stabilizacija – Rotofrezer RM500B

- težina stroja: $m = 28400 \text{ kg}$
- ukupna visina: $h = 3500 \text{ mm}$
- ukupna duljina: $l = 10320 \text{ mm}$
- širina rotora: $a = 2438 \text{ mm}$
- spremnik za gorivo: $q_s = 1056 \text{ l}$
- snaga motora: $P = 407 \text{ kW}$



Raspršivač cementa - wirtgen SW16MC

- zapremnina stroja: $m = 12 \text{ m}^3$
- brzina kretanja punog vozila: $v_{pu} = 25 \text{ km/h}$
- brzina kretanja praznog vozila: $v_{pr} = 60 \text{ km/h}$
- snaga motora: $P = 400 \text{ hp}$
- $Ut = 4720 \text{ m}^2/\text{h}$



5.4.2 Betonski radovi

Dovoz gotovog betona - Automješalica MAN TGS 32.540 8x4

- zapremnina stroja: $m = 9 \text{ m}^3$
- brzina kretanja punog vozila: $v_{pu} = 60 \text{ km/h}$
- brzina kretanja praznog vozila: $v_{pr} = 35 \text{ km/h}$
- snaga motora: $P = 400 \text{ hp}$



Pumpa za beton Sermac SCL130A

Učinak 70 m^3 betona/h



Pervibrator AX40

- težina stroja: $m = 1,9 \text{ kg}$

- kapacitet: **Ut=17 m³/h**
- promjer glave: **R= 40 mm**
- duljina: **l= 345 mm**
- vibracija: **13 500**
- snaga motora: **P= 2,3 kW**



5.4.3 Armirački radovi

Dovoz gotove armature - Kamion sandučar Mercedes Benz Atego 1524

- volumen sanduka : **q = 21,92 m³**
- nosivost stroja: **n= 16 t**
- težina stroja: **m= 6000 kg**
- ukupna širina: **a= 2300 mm**
- maksimalna brzina: **vmax= 80 km/h**
- snaga motora: **P= 220 kW**



5.4.4 Tesarski radovi

Dovoz oplate - Kamion sandučar Mercedes Benz Atego 1524

- volumen sanduka ; $q = 21,92 \text{ m}^3$
- nosivost stroja: $n = 16 \text{ t}$
- težina stroja: $m = 6000 \text{ kg}$
- ukupna širina: $a = 2300 \text{ mm}$
- maksimalna brzina: $v_{\text{max}} = 80 \text{ km/h}$
- snaga motora: $P = 220 \text{ kW}$



Pokretna toranjska dizalica XJCM 2t

Nosivost: 2 t

Osovinska opterećenja: - prednja osovina: 10 t
- zadnja osovina: 8,5 t

Max visina dizanja: 25 m

5.4.5 Montažni radovi

– tegljač MAN TGX 18.500 i prikolica Faymonville 27675



- težina stroja: $m = 18\,000 \text{ kg}$

- nosivost prednje osovine: $n = 7,5 \text{ t}$
- ukupna visina: $h = 3\,950 \text{ mm}$
- ukupna duljina: $l = 5\,900 \text{ mm}$
- ukupna širina: $a = 2\,510 \text{ mm}$
- spremnik za gorivo: $q_s = 580 \text{ l}$
- snaga motora: $P = 373 \text{ kW}$



- težina stroja: $m = 85\,000 \text{ kg}$
- nosivost stroja: $n = 64,4 \text{ t}$
- visina stroja: $h = 2\,540 \text{ mm}$
- duljina stroja: $l = 15\,200 \text{ mm}$

autodizalica **Krupp 25 GMT-AT**



- težina stroja: $m = 22\,000 \text{ kg}$
- nosivost stroja: $n = 25 \text{ t}$
- maksimalna brzina: $v_{\max} = 78 \text{ km/h}$
- maksimalna visina dizanja: $h_{\max} = 23 \text{ m}$
- ukupna visina stroja: $h = 2\,500 \text{ mm}$
- ukupna duljina: $l = 9\,820 \text{ mm}$
- ukupna širina: $a = 2\,490 \text{ mm}$
- snaga motora: $P = 141 \text{ kW}$

5.4.6 Radovi na gornjem ustroju

EMD sustav za postavljanje tračnica

- težina stroja: $m = 3\,500 \text{ kg}$
- maksimalna brzina: $v_{\max} = 4.7 \text{ km/h}$
- brzina postavljanja tračnica: $U = 720 \text{ m/h}$

Teška motorna drezina TCM 60 R

- Maskimalna širina: 3,18 m
- Snaga stroja: 350 kW
- Brzina tokom rada: 0 – 18 km/h

Željeznički bager Liebherr A 900 C ZW Litronic

- odabrana lopata: $q= 1,19 \text{ m}^3$
- težina stroja: $m= 22 \text{ 000 kg}$
- minimalna utovarna visina: $h_{\min}= 2 \text{ 390 mm}$
- maksimalna utovarna visina: $h_{\max}= 6 \text{ 620 mm}$

- dubina kopanja: $d= 4 \text{ 000 mm}$
- minimalni polumjer okretanja: $R_{\min}= 2 \text{ 004 mm}$
- snaga motora: $P= 105 \text{ kW}$
- dobro korištenje radnog vremena; $k_{rv} = 0,84$
- koeficijent dotrajalosti stroja (1 g.); $k_{ds} = 0,82$
- koeficijent utovara u vozilo; $k_{uv} = 1,00$
- koeficijent radnog kuta zaokreta bagera; $k_{kz} = 1,00$

Željeznički transporter materijala MFS 100

- Težina stroja: 60 t
- Snaga stroja 160 kW
- Maksimalni kapacitet 68 m³
- $U_p = 800 \text{ m}^3/\text{h}$



kamion kiper MAN TGS 41.430



- težina stroja: $m = 32\ 000\ \text{kg}$
- nosivost: $n = 15\ \text{t}$
- zapremnina kiperu; $q = 24,26\ \text{m}^3$
- dimenzije stroja: $8,39 \times 2,4 \times 3,3\ \text{m}$
- dimenzije spremnika: $5,35 \times 2,25 \times 1,50\ \text{m}$
- spremnik za gorivo: $q_s = 300\ \text{l}$
- snaga motora: $P = 316\ \text{kW}$

5.5 Proračun učinka

5.5.1 Pripremni i zemljani radovi

Dozer Caterpillar D4

$q = 3,81$ - > odabrani volumen noža

$$U_t = n_c Q_c = 28,57 \cdot 2,71 = 77,42\ \text{m}^3/\text{h}$$

$$k_{pu} = k_n \quad k_g = 0,95 \cdot 0,75 = 0,71$$

$$Q_c = k_{pu} \quad q = 0,71 \cdot 3,81 = 2,71\ \text{m}^3$$

$k_n = 0,95$ – laki iskop

$$k_g = 1 - 0,005 \cdot l_g = 1 - 0,005 \cdot 50 = 0,75 \quad (\text{koeficijent gubitka gradiva ispred noža})$$

$$n_c = 1/t_c = 1/0,035 = 28,57$$

$$t_c = t_i + t_g + t_o + t_p + 2 \quad t_m = 0,035\ \text{h}$$

$$t_i = l_i / v_i = 0,05 / 3 = 0,017\ \text{h} \quad (\text{brzina iskopa } 3\ \text{km/h})$$

$t_m = 0\ \text{h}$ – obzirom na kretanje nema manevriranja

$$t_g = l_g / v_g = 0,05 / 6 = 0,008 \text{ h (brzina guranja 6 km/h)}$$

$$t_o = l_o / v_o = 0,05 / 8 = 0,006 \text{ h (brzina odlaganja 8 km/h)}$$

$$t_p = l_p / v_p = 0,05 / 12 = 0,004 \text{ h (brzina povratka 12 km/h)}$$

$$U_p = k_i U_t = 0,69 \cdot 77,42 = 53,42 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$k_i = k_o \cdot k_p = 0,63 \cdot 1,09 = 0,69$$

$$k_o = k_{og} \cdot k_{rv} \cdot k_{ds} = 0,83 \cdot 0,84 \cdot 0,91 = 0,63$$

$$k_{og} = 0,83 - \text{dobri uvjeti rada}$$

$$k_{rv} = 0,84 - \text{dobro korištenje radnog vremena}$$

$$k_{ds} = 0,91 - \text{koeficijent dotrajalosti stroja (očuvani stroj)}$$

$$k_p = k_{vm} \cdot k_{rp} \cdot k_{nt} = 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,15 = 1,09$$

$$k_{vm} = 0,95 - \text{mokra zemlja}$$

$$k_{rp} = 1,0 - \text{koeficijent radnog prostora za radove u slobodnom preglednom prostoru}$$

$$k_{nt} = 1 + (n_t^\circ \cdot 0,06) - \text{za pad} = 1 + (2,5^\circ \cdot 0,06) = 1,15$$

Zglobni damper Caterpillar 735

- *Prijevoz rastresitog tla na gradilišno odlagalište udaljeno 3 km*

- vozilo se kreće samo po gradilištu; $k_{pu} = 1,20$

- dobri uvjeti rada; $k_{og} = 0,83$

- $U_{o-bagera} = 149,29 \text{ m}^3/\text{h}$

- $Q_c - \text{dampera} = 18,57 \text{ m}^3/\text{h}$

$$U_p = k_i \cdot U_t = 0,523 \cdot 46,97 = 24,57 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$U_t = n_c \cdot Q_c = 1,957 \cdot 24,0 = 46,97 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_c = k_{pu} \cdot q = 1,2 \cdot 20,00 = 24,0 \text{ m}^3$$

$$n_c = 60 \text{ min} / t_c = 1,00 \text{ h} / 0,511 \text{ h} = 1,957 \text{ ciklus/h}$$

$$t_c = t_u + t_{vo} + t_{vp} + t_i + t_m = 0,124 + 0,2 + 0,12 + 0,017 + 0,05 = 0,511 \text{ h}$$

$$t_u = (Q_c - \text{dumpera} / U_{o-bagera}) = (18,57 / 149,29) = 0,124 \text{ h}$$

$$t_{vo} = l_{do} / v_{po} = 3 / 15 = 0,20 \text{ h}$$

$$t_{vp} = l_{dp} / v_{pp} = 3 / 25 = 0,12 \text{ h}$$

$$t_i = 0,017 \text{ h}$$

$$t_m = 0,05 \text{ h}$$

$$k_i = k_o = 0,314$$

$$k_o = k_{og} * k_{rv} * k_{ds} = 0,83 * 0,84 * 0,75 = 0,523$$

$$U_p = 24,57 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kamion kiper Volvo FMX 440 8x4

Provjera nosivosti – potrebno smanjiti obujam

Obujam sanduka $19,5 \text{ m}^3$

Nosivost specificirana od strane proizvođača 32 tone

Gustoća materijala koji se dovozi $1,70 \text{ t/m}^3$

$$1,70 \text{ t/m}^3 \cdot 19,5 \text{ m}^3 = 33,15 \text{ t} > 32 \text{ t}$$

Smanjeni volumen 18 m^3 ($1,70 \cdot 18 = 30,6 < 32$)

$$U_t = n_c * Q_c = 0,56 * 18 = 10,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$k_i = k_o = 0,634$$

$$k_o = k_{og} * k_{rv} * k_{ds} = 0,83 * 0,84 * 1,0 = 0,697$$

$k_{og} = 0,83$ - dobri uvjeti rada

$k_{rv} = 0,84$ - dobro korištenje radnog vremena

$k_{ds} = 1,0$ –koeficijent dotrajnosti stroja (vozilo prometuje po javnim prometnicama)

$$Q_c = k_{pu} * q = 1 * 18 = 18 \text{ m}^3$$

$k_{pu} = 1$ – vozilo se kreće po javnim prometnicama

$q = 18 \text{ m}^3$ (smanjeni volumen)

$$n_c = 60 \text{ min} / t_c = 1 \text{ h} / 1,785 \text{ h} = 0,56 \text{ ciklusa}$$

$$t_c = t_u + t_{vo} + t_{vp} + t_i + t_m$$

$$U_o = U_t * k_p = 204 * 0,804 = 164,016 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$t_u = (Q_c\text{-kamion}/U_o\text{-utovarivač}) = 18 / 87,84 = 0,21 \text{ h}$$

$l_{dp} = l_{do} = 20 \text{ km}$ (udaljenost pozajmišta)

$$t_{vo} = l_{do} / v_{po} = 20 \text{ km} / 20 \text{ km/h} = 1 \text{ h}$$

$$t_{vp} = l_{dp} / v_{pp} = 20 \text{ km} / 40 \text{ km/h} = 0,5 \text{ h}$$

$t_i = 0,017 \text{ h}$ (1 min) – vrijeme istovara

$t_m = 0,058 \text{ h}$ (3,5 min) - vrijeme manevriranja

$$t_c = 0,21 + 1 + 0,5 + 0,017 + 0,058 = 1,785 \text{ h}$$

$$U_p = k_i * U_t = 0,697 * 10,08 = 7,03 \text{ m}^3/\text{h}$$

Utovarivač Hyundai HL930A

$$Q_c = k_{pu} * q = 0,90 * 2,50 = 2,25 \text{ m}^3$$

$k_{pu} = 0,90$ – koeficijent punjenja za laki iskop

$$q = 2,50 \text{ m}^3$$

$$n_c = 3600 / t_c = 3600 / 45 = 80$$

$$t_c = 45 \text{ sec}$$

$$U_t = n_c * Q_c = 80 * 2,25 = 180,00 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$k_i = k_o * k_p = 0,607 * 0,804 = 0,488$$

$$k_p = k_{vm} * k_{rp} * k_{uv} = 0,95 * 0,95 * 0,91 = 0,804$$

$k_{vm} = 0,95$ – mokra zemlja

$k_{rp} = 0,95$ – koeficijent radnog prostora za radove u usjecima, zasjecima, kanalima

$k_{uv} = 0,91$ – koeficijent utovara u vozilo, pogodno vozilo

$$k_o = k_{og} * k_{rv} * k_{ds} = 0,83 * 0,84 * 0,87 = 0,607$$

$k_{og} = 0,83$ - dobri uvjeti rada

$k_{rv} = 0,84$ - dobro korištenje radnog vremena

$k_{ds} = 0,87$ - koeficijent dotrajalosti stroja

$$U_p = k_i * U_t = 0,488 * 180,00 = 87,84 \text{ m}^3/\text{h}$$

Grejder Caterpillar 120

- dobri uvjeti rada; $k_{og} = 0,83$

- meko tlo; $k_{vm} = 0,85$

- za rad na širokom prostoru; $k_{rp} = 1,00$

- završna obrada površina nasipavanja; $v = 2,5 \text{ km}/\text{h}$

- ukupna širina dionice rada; $l_u = 11500 \text{ mm}$

- širina zahvata daske grejdera; $l_r = 3700 \text{ mm}$

- širina preklopa radnih površina; $l_p = 250 \text{ mm}$

- broj prijelaza grejdera po širini njegovog radnog zahvata; $n = 1$

$$U_p = k_i * U_t = 0,38 * 2590,09 = 984,23 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$U_t = [v * (l_r - l_p) * 1000] / n = 2590,09 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$n = [l_u / (l_r - l_p)] * n = 3,33$$

$$k_i = k_o * k_p = 0,45 * 0,85 = 0,38$$

$$k_o = k_{og} * k_{rv} * k_{ds} = 0,83 * 0,84 * 0,64 = 0,45$$

$$k_p = k_{vm} * k_{rp} * k_{nt} = 0,85 * 1,00 = 0,85$$

$$U_p = 984,23 \text{ m}^3/\text{h}$$

Vibracijski valjak Caterpillar CS44B

Širina valjka 1676 mm, broj prijelaza 4, debljina sloja koji se zbija 30-60 cm

$$k_i = k_o * k_p = 0,634 * 1,0 = 0,634$$

$$k_o = k_{og} * k_{rv} * k_{ds} = 0,83 * 0,84 * 0,91 = 0,634$$

$k_{og} = 0,83$ - dobri uvjeti rada

$k_{rv} = 0,84$ - odlično korištenje radnog vremena

$k_{ds} = 0,91$ – očuvani stroj

$k_p = k_{rp} = 1,0$ – koeficijent radnog prostora za radove na preglednom prostoru

$$U_t = (v * l_v * h * 1000) / n = (2,5 * 0,30 * 1,476 * 1000) / 4 = 276,75 \text{ m}^3/\text{h}$$

$v = 2,5$ – vibracijski valjak

$h = 30 \text{ cm} = 0,30 \text{ m}$ – visina sloja zbijanja

$l_v = 1,676 - 0,2 = 1,476 \text{ m}$ – širina valjanja definirana širinom valjka

$$U_p = k_i * U_t = 0,634 * 276,75 \text{ m}^3/\text{h} = 175,46 \text{ m}^3/\text{h}$$

Bager Caterpillar 326

- koeficijent punjenja za laki iskop; $k_{pu} = 0,95$

- koeficijent rastresitosti količine radova u rastresitom stanju materijala; $k_r = 1,00$

- vrijeme ciklusa; $t_c = 24,00 \text{ s}$ (ovisno o obujmu bagerske lopate za laki iskop)

- dobri uvjeti rada bagera; $k_{og} = 0,83$

- mokra zemlja ; $k_{vm} = 0,95$

- koeficijent radnog prostora (usjeci, zasjeci, kanali); $k_{rp} = 0,95$

$$U_p = k_i * U_t = 0,515 * 169,65 = 87,37 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$U_t = n_c * Q_c = 150,00 * 1,131 = 169,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_c = k_{pu} * q * k_r = 0,95 * 1,19 * 1,00 = 1,131 \text{ m}^3$$

$$n_c = 3600,00 / t_c = 3600,00 / 24,00 \text{ s} = 150,00 \text{ ciklus/h}$$

$$k_i = k_o * k_p = 0,572 * 0,90 = 0,515$$

$$k_o = k_{og} * k_{rv} * k_{ds} = 0,83 * 0,84 * 0,82 = 0,572$$

$$k_p = k_{vm} * k_{rp} * k_{uv} * k_{kz} = 0,95 * 0,95 * 1,00 * 1,00 = 0,90$$

$$U_p = 85,35 \text{ m}^3/\text{h}$$

Bušilica KLEMM KR 708-3GW

$$U_p (\text{bušenja}) = k * U_t (\text{bušenja})$$

$$v_b = k * v_p$$

$$v_p = 120 \text{ cm}/\text{min}$$

$$k = k_o * k_{pb} = 0,607 * 0,462 = 0,280$$

$$k_o = k_{og} * k_{rv} * k_{ds} = 0,83 * 0,84 * 0,87 = 0,607$$

$$k_{pb} = k_1 * k_2 * k_3 * k_4 * k_5 = 0,90 * 0,75 * 0,95 * 0,90 * 0,80 = 0,462$$

$$v_b = k * 120 = 0,280 * 120 = 33,60 \text{ cm}/\text{min} = 20,16 \text{ m}/\text{h}$$

Kamion sandučar Mercedes Benz Atego 1524 dovoz geotekstila

Provjera nosivosti – nije potrebno smanjiti obujam

Obujam sanduka 21,92 m³

Nosivost specificirana od strane proizvođača 16 tone

Gustoća materijala koji se dovozi 0,5 t/m³

$$0,5 \text{ t}/\text{m}^3 * 21,92 \text{ m}^3 = 10,96 \text{ t} < 16 \text{ t}$$

$$Q_c = k_{pu} * q = 1 * 21,92 = 21,92 \text{ m}^3$$

$k_{pu} = 1$ – vozilo se kreće po javnim prometnicama

$$q = 21,92 \text{ m}^3 (\text{smanjeni volumen})$$

$$n_c = 60 \text{ min} / t_c = 1 \text{ h} / 1,77 \text{ h} = 0,56 \text{ ciklusa}$$

$$t_c = t_u + t_{vo} + t_{vp} + t_i + t_m$$

$$U_o = U_t * k_p = 204 * 0,804 = 164,016 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$t_u = (Q_c - \text{kamion} / U_o) = 21,92 / 52,23 = 0,42 \text{ h}$$

$l_{dp} = l_{do} = 20 \text{ km}$ (udaljenost pozajmišta)

$$t_{vo} = l_{do} / v_{po} = 20 \text{ km} / 20 \text{ km}/\text{h} = 1,00 \text{ h}$$

$$t_{vp} = l_{dp} / v_{pp} = 20 \text{ km} / 40 \text{ km}/\text{h} = 0,50 \text{ h}$$

$t_i = 0,17 \text{ h}$ (10 min) – vrijeme istovara

$t_m = 0,058$ h (3,5 min) - vrijeme manevriranja

$t_c = 0,42 + 1,00 + 0,50 + 0,17 + 0,058 = 1,77$ h

$U_t = n_c \cdot Q_c = 0,56 \cdot 21,92 = 12,38$ m³/h

$k_i = k_o = 0,634$

$k_o = k_{og} \cdot k_{rv} \cdot k_{ds} = 0,83 \cdot 0,84 \cdot 1,0 = 0,697$

$k_{og} = 0,83$ - dobri uvjeti rada

$k_{rv} = 0,84$ - dobro korištenje radnog vremena

$k_{ds} = 1,0$ –koeficijent dotrajalosti stroja (vozilo prometuje po javnim prometnicama)

$U_p = k_i \cdot U_t = 0,697 \cdot 12,38 = 8,63$ m³/h = 4,13 t/h

Rotofrezer RM500B

Širina rotora 2438 mm, broj prijelaza 2, debljina sloja koji se stabilizira 30-60 cm

$k_i = k_o \cdot k_p = 0,634 \cdot 1,0 = 0,634$

$k_o = k_{og} \cdot k_{rv} \cdot k_{ds} = 0,83 \cdot 0,84 \cdot 0,91 = 0,634$

$k_{og} = 0,83$ - dobri uvjeti rada

$k_{rv} = 0,84$ - odlično korištenje radnog vremena

$k_{ds} = 0,91$ – očuvani stroj

$k_p = k_{rp} = 1,0$ – koeficijent radnog prostora za radove na preglednom prostoru

$U_t = (v \cdot l_v \cdot h \cdot 1000)/n = (5 \cdot 0,30 \cdot 2,238 \cdot 1000) / 2 = 1678,5$ m³/h

$v = 5,0$ – vibracijski valjak

$h = 30$ cm = 0,30 m – visina sloja zbijanja

$l_v = 2,438 - 0,2 = 2,238$ m – širina valjanja definirana širinom valjka

$U_p = k_i \cdot U_t = 0,634 \cdot 1678,5$ m³/h = 1064,17 m³/h

Raspršivač cementa - wirtgen SW16MC

$k_i = k_o = k_{og} \cdot k_{rv} = 0,75 \cdot 0,80 = 0,60$

$k_{og} = 0,75$ - dobri uvjeti rada

$k_{rv} = 0,80$ - korištenje radnog vremena

$U_t = 4720$ m²/h

$U_p = k_i \cdot U_t = 0,60 \cdot 4720 = 2832$ m²/h

5.5.2 Betonski radovi

Dovoz gotovog betona - Automješalica MAN TGS 32.540 8x4

$$U_p = k_i \cdot U_t = 0,69 \cdot 9,375 = 6,47 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$U_t = n_c \cdot Q_c = 1,25 \cdot 7,5 = 9,375 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$n_c = 1/t_c = 1,25 \text{ ciklus/h}$$

$$t_{\text{ciklus}} = 14/60 + 5/50 + 20/60 + 5/50 + 2/60 = 0,8 \text{ h}$$

$$k_i = k_o = k_{og} \cdot k_{rv} = 0,75 \cdot 0,92 = 0,69$$

$$q_{pr} = q = 1,25 \cdot 6 = 7,5 \text{ m}^3$$

$$U_p = 6,47 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pumpa za beton Sermac SCL130A

$$k_i = k_o = k_{og} \cdot k_{rv} = 0,75 \cdot 0,80 = 0,60$$

$$k_{og} = 0,75 - \text{dobri uvjeti rada}$$

$$k_{rv} = 0,80 - \text{korištenje radnog vremena}$$

$$U_t = 70 \text{ m}^3 \text{ betona/h}$$

$$U_p = k_i \cdot U_t = 0,60 \cdot 70 = 42,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pervibrator AX40

dobri uvjeti rada; $k_{og} = 0,83$

$$U_p = k_i \cdot U_t = 0,63 \cdot 17,0 = 10,71 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$U_t = 17,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$k_i = k_o = 0,63$$

$$k_o = k_{og} \cdot k_{rv} \cdot k_{ds} = 0,83 \cdot 0,84 \cdot 0,91 = 0,63$$

$$U_p = 10,71 \text{ m}^3/\text{h}$$

5.5.3 Armirački radovi

Dovoz gotove armature - Kamion sandučar Mercedes Benz Atego 1524

Provjera nosivosti – potrebno smanjiti obujam

Obujam sanduka $21,92 \text{ m}^3$

Nosivost specificirana od strane proizvođača 16 tona

Gustoća materijala koji se dovozi $7,87 \text{ t/m}^3$

$$7,87 \text{ t/m}^3 \cdot 21,92 \text{ m}^3 = 172,51 \text{ t} > 16 \text{ t}$$

Smanjeni volumen 2 m^3 ($7,87 \cdot 2 = 15,74 < 16$)

$$Q_c = k_{pu} \cdot q = 1 \cdot 2 = 2 \text{ m}^3$$

$k_{pu} = 1$ – vozilo se kreće po javnim prometnicama

$q = 2 \text{ m}^3$ (smanjeni volumen)

$n_c = 60 \text{ min} / t_c = 1 \text{ h} / 1,355 \text{ h} = 0,738$ ciklusa

$t_c = t_u + t_{vo} + t_{vp} + t_i + t_m$

$U_o = U_t \times k_p = 204 \times 0,804 = 164,016 \text{ m}^3/\text{h}$

$t_u = (Q_c\text{-kamion}/U_o\text{-toranjska dizalica}) = 2 / 52,23 = 0,038 \text{ h}$

$l_{dp} = l_{do} = 0,3 \text{ km}$ (udaljenost skladišta)

$t_{vo} = l_{do} / v_{po} = 0,3 \text{ km} / 20 \text{ km/h} = 0,015 \text{ h}$

$t_{vp} = l_{dp} / v_{pp} = 0,3 \text{ km} / 40 \text{ km/h} = 0,0075 \text{ h}$

$t_i = 0,017 \text{ h}$ (1 min) – vrijeme istovara

$t_m = 0,058 \text{ h}$ (3,5 min) - vrijeme manevriranja

$t_c = 0,038 + 0,015 + 0,0075 + 0,017 + 0,058 = 1,355 \text{ h}$

$U_t = n_c \times Q_c = 0,738 \times 2 = 1,48 \text{ m}^3/\text{h}$

$k_i = k_o = 0,634$

$k_o = k_{og} \times k_{rv} \times k_{ds} = 0,83 \times 0,84 \times 1,0 = 0,697$

$k_{og} = 0,83$ - dobri uvjeti rada

$k_{rv} = 0,84$ - dobro korištenje radnog vremena

$k_{ds} = 1,0$ –koeficijent dotrajnosti stroja (vozilo prometuje po javnim prometnicama)

$U_p = k_i \times U_t = 0,697 \times 1,48 = 1,032 \text{ m}^3/\text{h} = 8,13 \text{ t/h}$

Pokretna toranjska dizalica XJCM 2t

$U_p = k_i \times U_t$

$k_i = k_{opci} = k_{organizacija} \times k_{radno\ vrijeme} = 0,84 \times 0,92 = 0,77$

$U_t = n_{ciklus} \times Q_{ciklus}$

$n_{ciklus} = 1 / t_{ciklus} = 1 / (4,19 / 60) = 14,32 \text{ ciklus/h}$

$t_{ciklus} = 0,65 + 0,45 + 0,7 + 0,14 + 0,23 + 0,5 + 0,45 + 0,7 + 0,14 + 0,23 = 4,19 \text{ min}$

$Q_{ciklus} = M_{nosivosti\ dizalice} / (l \times f_{sigurnost\ dizalice}) - P = (2 \times 20) / (20 \times 4) - 0,11 = 0,39 \text{ t}$

$U_t = 0,39 \times 14,32 = 5,58 \text{ t/h}$

$U_p = 0,77 \times 5,58 = 4,3 \text{ t/h}$

5.5.4 Tesarski radovi

Dovoz oplate - Kamion sandučar Mercedes Benz Atego 1524

Provjera nosivosti – potrebno smanjiti obujam

Obujam sanduka 21,92 m³

Nosivost specificirana od strane proizvođača 16 tone

Gustoća materijala koji se dovozi 0,8 t/m³

0,8 t/m³ · 21,92 m³ = 17,536 t > 16 t

Smanjeni volumen 19 m³ (0,8 · 19 = 15,2 < 16)

$Q_c = k_{pu} \cdot q = 1 \cdot 19 = 19 \text{ m}^3$

$k_{pu} = 1$ – vozilo se kreće po javnim prometnicama

$q = 19 \text{ m}^3$ (smanjeni volumen)

$n_c = 60 \text{ min} / t_c = 1 \text{ h} / 1,480 \text{ h} = 0,676$ ciklusa

$t_c = t_u + t_{vo} + t_{vp} + t_i + t_m$

$U_o = U_t \cdot k_p = 204 \cdot 0,804 = 164,016 \text{ m}^3/\text{h}$

$t_u = (Q_c - \text{kamion} / U_o - \text{viljuškar}) = 19 / 49,68 = 0,382 \text{ h}$

$l_{dp} = l_{do} = 0,3 \text{ km}$ (udaljenost vanjskog skladišta)

$t_{vo} = l_{do} / v_{po} = 0,3 \text{ km} / 20 \text{ km/h} = 0,015 \text{ h}$

$t_{vp} = l_{dp} / v_{pp} = 0,3 \text{ km} / 40 \text{ km/h} = 0,0075 \text{ h}$

$t_i = 0,017 \text{ h}$ (1 min) – vrijeme istovara

$t_m = 0,058 \text{ h}$ (3,5 min) - vrijeme manevriranja

$t_c = 0,382 + 0,015 + 0,0075 + 0,017 + 0,058 = 1,480 \text{ h}$

$U_t = n_c \cdot Q_c = 0,676 \cdot 19 = 12,84 \text{ m}^3/\text{h}$

$k_i = k_o = 0,634$

$k_o = k_{og} \cdot k_{rv} \cdot k_{ds} = 0,83 \cdot 0,84 \cdot 1,0 = 0,697$

$k_{og} = 0,83$ - dobri uvjeti rada

$k_{rv} = 0,84$ - dobro korištenje radnog vremena

$k_{ds} = 1,0$ – koeficijent dotrajalosti stroja (vozilo prometuje po javnim prometnicama)

$U_p = k_i \cdot U_t = 0,697 \cdot 12,84 = 8,95 \text{ m}^3/\text{h}$

Pokretna toranjska dizalica XJCM 2t

$U_p = k_i \cdot U_t$

$$k_i = k_{opći} = k_{organizacija} * k_{radno\ vrijeme} = 0,84 * 0,92 = 0,77$$

$$U_t = n_{ciklus} * Q_{ciklus}$$

$$n_{ciklus} = 1 / t_{ciklus} = 1 / (4,19 / 60) = 14,32 \text{ ciklus/h}$$

$$t_{ciklus} = 0,65 + 0,45 + 0,7 + 0,14 + 0,23 + 0,5 + 0,45 + 0,7 + 0,14 + 0,23 = 4,19 \text{ min}$$

$$Q_{ciklus} = M_{nosivosti\ dizalice} / (l * f_{sigurnost\ dizalice}) - P = (2 * 20) / (20 * 4) - 0,11 = 0,39 \text{ t}$$

$$U_t = 0,39 * 14,32 = 5,58 \text{ t/h}$$

$$U_p = 0,77 * 5,58 = 4,3 \text{ t/h} = 260,61 \text{ m}^3/\text{h}$$

5.5.5 Montažni radovi

Tegljač MAN TGX 18.500 i prikolica Faymonville 27675

Dovoz predgotovljenih AB nosača sa pogona udaljenog 30 km

$$U_{autodizalice} = 4,14 \text{ kom/h}$$

$$U_p = k_i * U_t = 0,69 * 0,46 = 0,32 \text{ kom/h}$$

$$U_t = n_c * Q_c = 0,46 * 1 = 0,46 \text{ kom/h}$$

$$Q_c = 1 \text{ kom}$$

$$n_c = 60 \text{ min} / t_c = 1,00 \text{ h} / 2,167 = 0,46 \text{ ciklusa}$$

$$t_c = t_u + t_{vo} + t_{vp} + t_i + t_m = 1,0 + 0,50 + 0,25 + 0,25 + 0,167 = 2,167 \text{ h}$$

$$t_u = 1/1 = 1 \text{ h}$$

$$t_{vo} = l_{do} / v_{po} = 10 / 20 = 0,50 \text{ h}$$

$$t_{vp} = l_{do} / v_{pp} = 10 / 40 = 0,25 \text{ h}$$

$$t_i = 0,25 \text{ h}$$

$$t_m = 0,167 \text{ h}$$

$$k_i = k_o = 0,69$$

$$k_o = k_{og} * k_{rv} = 0,83 * 0,84 = 0,69$$

$$U_p = 0,32 \text{ kom/h}$$

autodizalica Krupp 25 GMT-AT

- Tc(korigirano)= 10 min

$$U_p = k_i * U_t = 0,69 * 6 = 4,14 \text{ kom/h}$$

$$U_t = q/Tc = 1/10 * 60 = 6 \text{ kom/h}$$

$$k_i = k_o * k_p = 0,69 * 1 = 0,69$$

$$k_o = k_{og} * k_{rv} * k_{ds} = 0,83 * 0,86 * 0,96 = 0,69$$

$$U_p = 4,14 \text{ kom/h}$$

5.5.6 Radovi na gornjem ustroju

EMD sustav za postavljanje tračnica

$U_p = 1440$ m tračnica/h

Teška motorna drezina TCM 60 R

$U_p = 960$ kom pragova/h

Željeznički transporter materijala (tucanika) MFS 100 S

$U_p = 800$ m³/h

5.6 Usklađivanje radnih grupa

5.6.1 Željeznica

Redni broj	Naziv aktivnosti	Naziv radne operacije	Količina	Izvršitelj	Pojedinačni učinak stroja	Učinak grupe	Broj potrebnih strojeva
1.	Čišćenje terena	Uklanjanje grmlja i šiblja	235.581,00 m ³	Dozer	53,42	53,42	1
		Uklanjanje drveća		SVI			
		Uklanjanje panjeva		SVI			
		Utovar otpada		Utovarivač	87,84		1
		Odvoz otpada		Zglobni damper	24,57		3
				SV			
2.	Iskop humusa	Iskop humusa	312.340,00 m ³	Dozer	53,42	53,42	1
				SVI			
		Utovar humusa		Utovarivač	87,84		1
				SVI			
		Odvoz humusa na gradilišnu deponiju		Zglobni damper	24,57		3
				SV			
		Utovar viška humusa		Utovarivač	87,84		1
				SVI			
		Odvoz humusa na deponiju		Zglobni damper	24,57		3
				SV			
3.	Strojni otkop zemljanog materijala	Iskop i utovar	722.122,00 m ³	Bager	85,35	85,35	1
				SVI			
		Odvoz na deponiju		Zglobni damper	24,57		4
				SV			
		Planiranje tla		Grejder	984,23		1
				SVI			
Zbijanje tla	Valjak	175,46	1				
	SVI						

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

gornji	4.	Izrada nasipa	Dovoz materijala	319.013,00 m ³	Zglobni damper	24,57	4*24,57=98,28	4			
					SV						
					Razastiranje materijala	53,42		1			
					Dozer						
					Zbijanje materijala	175,46		1			
					Vibracijski valjak						
					Fino planiranje	984,23		1			
					SVI						
					Zbijanje tla	175,46		1			
									Vibracijski Valjak		
									SVI		
					5.	Izrada donjeg ustroja		Dovoz materijala	182.982,00 m ³	Kamion kiper	7,03
	SV										
	Planiranje posteljice	984,23	1								
				Grejder							
	Zbijanje posteljice	175,46	1								
				Vibracijski valjak							
	SVI										
	6.	Izvedba zaštitnog sloja od drobljenog kamena d=40 cm	Dovoz materijala	90.901,00 m ³	Kamion kiper	7,03	7,03*8=56,24	8			
					SVI						
			Planiranje		984,23	1					
								Grejder			
			Zbijanje		175,46	1					
								Vibracijski valjak			
SVI											
SV											
7.			Postavljanje tračnica		postavljanje tračnica	75.800,00 m ³		EMD sustav za postavljanje tračnica	1440	1440	1

					SVI			
8.	Ugradnja tračnica na betonske pragove	Postavljanje betonskih pragova uz ugradnju tračnica i planiranje tucanika	63.003,00 kom	TCM 60 R	960	960	1	
				SVI				
9.	Postavljanje tucanika	Dovoz materijala	90.948,00 m3	Željeznički transporter materijala	800	800	1	
		Ugradnja tucanika		SVI				

5.6.2 Vijadukt Carevdar

Redni broj	Naziv aktivnosti	Naziv radne operacije	Količina	Izvršitelj	Pojedinačni učinak stroja	Učinak grupe	Broj potrebnih strojeva
1.	Iskop tla	Iskop zemlje	59.390,00 m3	Dozer SV	53,42	53,42	1
		Utovar zemlje	59.390,00 m3	Utovarivač SVI	87,84		1
		Odvoz zemlje na gradilišnu deponiju	59.390,00 m3	Zglobni damper SV	24,57		3
2.	Iskop zemlje za zamjenu temeljnog tla	Iskop zemlje	2.195,00 m3	Bager SVI	85,35	85,35	1
		Utovar zemlje	2.195,00 m3	Bager SVI	85,35		1
		Odvoz zemlje na gradilišnu deponiju	2.195,00 m3	Zglobni damper SV	24,57		4
		Mehaničko zbijanje	2.195,00 m3	Vibracijski valjak SVI	175,46		1

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

3.	Cementna stabilizacija	Raspršiva nje cementa	2.195,00 m ²	Kamion raspršivač SV	2832,00	1064,17	1
		Frezanje	2.217,00 m ³	Rotofrezer SVI	1064,17		1
		Zbijanje	2.217,00 m ³	Vibracijski valjak SVI	175,46		6
4.	Ugradnja zamjenskog materijala	Dovoz materijala	658,00 m ³	Kamion kiper SV	7,03	7,03*8=56,24	8
		Planiranje	658,00 m ³	Grejder SVI	984,23		1
		Zbijanje	658,00 m ³	Vibracijski valjak SVI	175,46		1
5.	Bušenje pilota	Izrada bušotine za pilote	9.775,00 m	Bušilica SVI	20,16	20,16*2=40,32	2
6.	Dovoz i istovar armature	Dovoz armature	2.282,10 t	Kamion sandučar SV	8,13	14,23	2
		Istovar armature	2.282,10 t	Autodizalic a SVI	14,23		1
7.	Ugradnja armature pilota	-	2.282,10 t	AIV All	1,49	1,49*10=14,9	14,9
8.	Betoniranje pilota	Dovoz betona	17.270,00 m ³	Automješalica SV	6,47	6,47*5=32,35	5
		Ugradnja betona		Automješalica SV	6,47		5
				Pervibrator RII	10,71		5
9.	Dovoz i istovar oplata	Dovoz oplata	12.422,32 m ²	Kamion sandučar SV	8,95 / (0,033 + 0,035) = 131,62	131,62	1
		Istovar oplata	12.422,32 m ²	Autodizalic a SVI	11,36 / (0,033 + 0,035) = 166,91		1
10.	Dovoz i transport armature upornjaka i stupova	Dovoz gotove armature	3.162,85 t	Kamion sandučar SV	8,13	14,23*2=28,46	4
		Istovar i transport armature	3.162,85 t	Autodizalic a SVI	14,23		2

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

11.	Montaža oplata temelja, upornjaka i stupova	Postavljanje oplata	8.285,11 m ²	TV	4 / (0,033 + 0,035) = 58,82	58,82*5 = 294,1	5
				TIII	58,82		5
12.	Armiranje temelja, upornjaka i stupova	Ugradnja armature	3.162,85 t	AIV	1,49	1,49*20=29,8	20
				AIII	1,49		
13.	Betoniranje temelja upornjaka i stupova	Dovoz betona	11.258,00 m ³	Automiješalica	6,47	6,47*5=32,35	5
		Ugradnja betona	11.258,00 m ³	Pumpa za beton	42		1
				SV			
Vibriranje betona	11.258,00 m ³	Pervibrator	10,71		3		
		RII					
14.	Betoniranje upornjaka i stupova	Dovoz betona	5.119,00 m ³	Automiješalica	6,47	6,47*2=12,94	2
		Ugradnja betona	5.119,00 m ³	Pumpa za beton	42		1
				SV			
Vibriranje betona	5.119,00 m ³	Pervibrator	10,71		1		
		RII					
15.	Demontaža oplata	Demontaža i čišćenje oplata	12.422,32 m ²	TIII	98,09	86,47*5 = 432,35	5
				RII	86,47		5
16.	Dovoz i transport armature poprečnih nosača	Dovoz gotove armature	43,20 t	Kamion sandučar	8,13	14,23	2
		Istovar i transport armature	43,20 t	Autodizalic	14,23		1
				SVI			
17.	Montaža oplata poprečnih nosača	Postavljanje oplata	8.285,11 m ²	TV	4 / (0,033 + 0,035) = 58,82	58,82*5 = 294,1	5
				TIII			
		Postavljanje oplata	8.285,11 m ²	TV	4 / (0,033 + 0,035) = 58,82		5
				TIII	58,82		
18.	Armiranje poprečnih nosača	armiranje	43,20 t	AIV	1,49	1,49*10=14,9	10
				AIII	1,49		
19.	Betoniranje poprečnih nosača	Dovoz betona	239,00 m ³	Automiješalica	3,56	3,56*3 = 10,68	3
		Ugradnja betona	239,00 m ³	SV			1
				Pumpa za beton	42		

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

					SV				
			Vibriranje betona	239,00 m ³	Pervibrator	10,71		1	
					RII				
	20.	Demontaža oplata	Demontaža i čišćenje oplata	8.285,11 m ²	TIII	98,09	86,47*5 = 432,35	5	
					RII	86,47		5	
	21.	Ugradnja predgotovljenih glavnih i nosača	Dovoz nosača	84 kom	Tegljač	0,32	0,32*5 = 1,6	5	
			Istovar i ugradnja nosača	84 kom	SV				
					Autodizalic a	4,14		1	
					SVI				
					RII				
	22.	Dovoz i transport armature kolničke konstrukcije	Dovoz gotove armature	604,560 t	Kamion sandučar	8,13	14,23	2 (1,75)	
			Istovar i transport armature	604,560 t	SV				
					Autodizalic a	14,23	1		
					SVI				
	23.	Montaža oplata	Postavljanje oplata	3.483,78 m ²	TV	58,82	58,82*5 = 294,1	5	
					TIII	58,82		5	
	24.	Armiranje kolničke konstrukcije	Ugradnja armature	604,560 t	AIV	1,49	1,49*10=14,9	10	
					AIII	1,49			
	25.	Betoniranje kolničke konstrukcije	Dovoz betona	2.519,00 m ³	Automiješalica	6,47	6,47*5=32,35	5	
			Ugradnja betona	2.519,00 m ³	SV				
					Pumpa za beton	42		1	
					SV				
			Vibriranje betona	2.519,00 m ³	Pervibrator	10,71		1	
					RII				
	26.	Demontaža oplata	Demontaža i čišćenje oplata	3.483,78 m ²	TIII	98,09	86,47*5 = 432,35	5	
					RII	86,47		5	
	27.	Utovar i odvoz oplata	Utovar oplata	12.422,32 m ²	Autodizalic a	11,36 / (0,033 + 0,035) = 166,91	131,62	1	
			Odvoz oplata na deponiju					SVI	
						Kamion sandučar		8,95 / (0,033 + 0,035) = 131,62	1
						SV			

5.6.3 Nadvožnjak Lepavina 1

Redni broj	Naziv aktivnosti	Naziv radne operacije	Količina	Izvršitelj	Pojedinačni učinak stroja	Učinak grupe	Broj potrebnih strojeva
1.	Iskop tla	Iskop zemlje	6.360,00m ³	Dozer	53,42	53,42	1
				SV			
		Utovar zemlje	6.360,00m ³	Utovarivač	87,84		1
				SVI			
		Odvoz zemlje na gradilišnu deponiju	6.360,00m ³	Zglobni damper	24,57		3
				SV			
2.	Iskop zemlje za zamjenu temeljnog tla	Iskop zemlje	1.740,00 m ³	Bager	85,35	85,35	1
				SVI			
		Utovar zemlje	1.740,00 m ³	Bager	85,35		1
				SVI			
		Odvoz zemlje na gradilišnu deponiju	1.740,00 m ³	Zglobni damper	24,57		4
				SV			
		Mehaničko zbijanje	1.740,00 m ³	Vibracijski valjak	175,46		1
				SVI			
SVI							
3.	Ugradnja zamjenskog materijala	Dovoz materijala	1.740,00 m ³	Kamion kiper	7,03	7,03*8=56,24	8
				SV			
		Planiranje	1.740,00 m ³	Grejder	984,23		1
				SVI			
		Zbijanje	1.740,00 m ³	Vibracijski valjak	175,46		1
				SVI			
SVI							
4.	Izrada klinova uz objekte	Dovoz materijala	5.544,0 m ³	Kamion kiper	7,03	53,42	8
				SV			
		Razastiranje materijala		Dozer	53,42		1
				SVI			
		Zbijanje materijala		Vibracijski valjak	175,46		1
				SVI			
5.	Izrada nasipa, čunjeva	Dovoz materijala	900,00 m ³	Kamion kiper	7,03	53,42	8
				SV			
		Razastiranje materijala		Dozer	53,42		1
				SVI			

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

		Zbijanje materijala		Vibracijski valjak	175,46		1
				SVI			
6.	Dovoz i istovar armature temeljne ploče	Dovoz armature	161,50 t	Kamion sandučar	8,13	14,23	2
				SV			
		Istovar armature	161,50 t	Autodizalica	14,23		1
				SVI			
7.	Ugradnja armature temeljne ploče	-	161,50 t	AIV	1,49	1,49*10=14,9	14,9
				AII			
8.	Betoniranje temeljne ploče	Dovoz betona	1.913,00 m3	Automješalica	6,47	6,47*5=32,35	5
				SV			
		Ugradnja betona		Pumpa za beton	42,00		1
					SV		
				Pervibrator	10,71		
	RII						
9.	Dovoz i istovar oplata	Dovoz oplata	3.835,44 m2	Kamion sandučar	8,95 / (0,033 + 0,035) = 131,62	131,62	1
		Istovar oplata		Autodizalica	11,36 / (0,033 + 0,035) = 166,91		1
10.	Dovoz i transport armature upornjaka	Dovoz gotove armature	73.95 t	Kamion sandučar	8,13	14,23	2
				SV			
		Istovar i transport armature	73.95 t	Autodizalica	14,23		1
11.	Montaža oplata upornjaka	Postavljanje oplata	1.195,23 m2	TV	4 / (0,033 + 0,035) = 58,82	58,82*2 = 117,64	2
							TIII
12.	Armiranje upornjaka	Ugradnja armature	73.95 t	AIV	1,49	1,49*5=7,45	5
					AIII		
13.	Betoniranje upornjaka	Dovoz betona	1.660,00 m3	Automiješalica	6,47	6,47*5=32,35	5
				SV			
		Ugradnja betona		Pumpa za beton	42		1
		Vibriranje betona		Pervibrator	10,71		1
	RII						
		RII					
14.	Demontaža oplata	Demontaža i čišćenje oplata	1.195,23 m2	TIII	98,09	86,47*5 = 432,35	5
					RII		86,47

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

16.	Dovoz i transport armature prijelazne ploče	Dovoz gotove armature	7,8 t	Kamion sandučar	8,13	14,23	1
		Istovar i transport armature		SV	14,23		1
				Autodizalica			
17.	Montaža oplata prijelazne ploče	Postavljanje oplata	18 m ²	TV	4 / (0,033 + 0,035) = 58,82	58,82	1
				TIII			
		Postavljanje oplata	18 m ²	TV	4 / (0,033 + 0,035) = 58,82		1
				TIII			
18.	Armiranje prijelazne ploče	armiranje	7,8 t	AIV	1,49	1,49	1
				AIII	1,49		
19.	Betoniranje prijelazne ploče	Dovoz betona	78,00 m ³	Automiješalica	6,47	6,47	1
		Ugradnja betona		SV			
				Pumpa za beton	42		1
				SV			
Vibriranje betona	Pervibrator	10,71	1				
	RII						
20.	Demontaža oplata	Demontaža i čišćenje oplata	18 m ²	TIII	98,09	86,47	1
				RII	86,47		1
				SVI			
				RII			
21.	Dovoz i transport armature kolničke konstrukcije	Dovoz gotove armature	258,44 t	Kamion sandučar	8,13	14,23	2 (1,75)
		Istovar i transport armature		SV	14,23		1
				Autodizalica			
				SVI			
22.	Montaža oplata	Postavljanje oplata	982,82 m ²	TV	58,82	58,82	1
				TIII	58,82		1
23.	Armiranje kolničke konstrukcije	Ugradnja armature	258,44 t	AIV	1,49	1,49*10=14,9	10
				AIII	1,49		
24.	Betoniranje kolničke konstrukcije	Dovoz betona	928,00 m ³	Automiješalica	6,47	6,47*5=32,35	5
		Ugradnja betona		SV			
				Pumpa za beton	42		1
				SV			
Vibriranje betona	Pervibrator	10,71	1				
	RII						
25.	Demontaža oplata	Demontaža i čišćenje oplata	982,82 m ²	TIII	98,09	86,47*5 = 432,35	5
				RII	86,47		5
26.	Dovoz i transport armature	Dovoz gotove armature	13,20 t	Kamion sandučar	8,13	14,23	2 (1,75)
				SV			

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

	pješačkog hodnika	Istovar i transport armature		Autodizalica			
				SVI	14,23		1
27.	Montaža oplate	Postavljanje oplate	104,92 m ²	TV	58,82	58,82	1
				TIII	58,82		1
28.	Armiranje pješačkog hodnika	Ugradnja armature	13,20 t	AIV	1,49	1,49	1
				AIII	1,49		1
29.	Betoniranje pješačkog hodnika	Dovoz betona	264,00 m ³	Automiješalica	6,47	6,47*5=32,35	5
				SV			
		Ugradnja betona		Pumpa za beton	42		1
				SV			
Vibriranje betona	Pervibrator	10,71	1				
	RII						
30.	Demontaža oplate	Demontaža i čišćenje oplate	104,92 m ²	TIII	98,09	86,47	1
				RII	86,47		1
31.	Utovar i odvoz oplate	Utovar oplate	3.835,44 m ²	Autodizalica	11,36 / (0,033 + 0,035) = 166,91	131,62	1
				SVI			
		Odvoz oplate na deponiju		Kamion sandučar	8,95 / (0,033 + 0,035) = 131,62		1
				SV			

5.6.4 Nadvožnjak Lepavina 2

Redni broj	Naziv aktivnosti	Naziv radne operacije	Količina	Izvršitelj	Pojedinačni učinak stroja	Učinak grupe	Broj potrebnih strojeva
1.	Iskop tla	Iskop zemlje	328.434,00 m ³	Dozer	53,42	53,42*4 = 213,68	4
				SV			
		Utovar zemlje		Utovarivač	87,84		3
				SVI			
		Odvoz zemlje na gradilišnu deponiju		Zglobni damper	24,57		9
SV							
2.	Iskop zemlje za zamjenu temeljnog tla	Iskop zemlje	43.100,00 m ³	Bager	85,35	85,35*4=340,96	4
				SVI			
		Utovar zemlje		Bager	85,35		4
				SVI			
		Odvoz zemlje na gradilišnu deponiju		Zglobni damper	24,57		14
SV							

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

		Mehaničko zbijanje		Vibracijski valjak	175,46		1
				SVI			
3.	Ugradnja zamjenskog materijala	Dovoz materijala	43.100,00 m ³	Kamion kiper	7,03	7,03*8= 56,24	8
				SV			
		Planiranje		Grejder	984,23		1
				SVI			
Zbijanje	Vibracijski valjak	175,46	1				
	SVI						
4.	Izrada klinova uz objekte	Dovoz materijala	6.547,00 m ³	Kamion kiper	7,03	53,42*2 = 106,84	16
				SV			
		Razastiranje materijala		Dozer	53,42		2
				SVI			
		Zbijanje materijala		Vibracijski valjak	175,46		1
	SVI						
5.	Izrada nasipa, čunjeva	Dovoz materijala	1.600,00 m ³	Kamion kiper	6,52	53,42	8
				SV			
		Razastiranje materijala		Dozer	53,42		1
				SVI			
		Zbijanje materijala		Vibracijski valjak	175,46		1
	SVI						
6.	Dovoz i istovar armature temeljne ploče	Dovoz armature	3.431,85 t	Kamion sandučar	8,13	14,23*2 = 28,46	4
				SV			
		Istovar armature		Autodizalica	14,23		2
				SVI			
7.	Ugradnja armature temeljne ploče	-	3.431,85 t	AIV	1,49	1,49*20=29,8	29,8
				AII			
8.	Betoniranje temeljne ploče	Dovoz betona	22.879,00 m ³	Automješalica	6,47	6,47*10=64,7	10
				SV			
		Ugradnja betona		Pumpa za beton	42,00		2
				Pervibrator	10,71		6
	RII						
9.	Dovoz i istovar oplata	Dovoz oplata	9.928,06 m ²	Kamion sandučar	8,95 / (0,033 + 0,035) = 131,62	131,62	1
				SV			
				Autodizalica			1

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

		Istovar oplata		SVI	11,36 / (0,033 + 0,035) = 166,91		
10.	Dovoz i transport armature potpornih zidova	Dovoz gotove armature	1.871,56 t	Kamion sandučar	8,13	14,23*2=28,26	4
		Istovar i transport armature		SV			
				Autodizalica	14,23		2
				SVI			
11.	Montaža oplata potpornih zidova	Postavljanje oplata	9.928,06 m ²	TV	4 / (0,033 + 0,035) = 58,82	58,82*2 = 117,64	2
				TIII			58,82
12.	Armiranje potpornih zidova	Ugradnja armature	1.871,56 t	AIV	1,49	1,49*20=29,8	20
				AIII	1,49		
13.	Betoniranje potpornih zidova	Dovoz betona	12.450,00 m ³	Automiješalica	6,47	6,47*5=32,35	5
		Ugradnja betona		SV			
		Vibriranje betona		Pumpa za beton	42		1
				SV			
				Pervibrator	10,71		3
				RII			
RII							
14.	Demontaža oplata	Demontaža i čišćenje oplata	5.273,50 m ²	TIII	98,09	86,47*5 = 432,35	5
				RII	86,47		5
				RII	86,47		5
15.	Dovoz i transport armature kolničke konstrukcije	Dovoz gotove armature	1.474,25 t	Kamion sandučar	8,13	14,23	2 (1,75)
		Istovar i transport armature		SV			
				Autodizalica	14,23		1
	SVI						
16.	Montaža oplata	Postavljanje oplata	4.241,38 m ²	TV	58,82	58,82*2 = 117,64	2
				TIII	58,82		2
17.	Armiranje kolničke konstrukcije	Ugradnja armature	1.474,25 t	AIV	1,49	1,49*20=29,8	20
				AIII	1,49		
18.	Betoniranje kolničke konstrukcije	Dovoz betona	5.897,00 m ³	Automiješalica	6,47	6,47*5=32,35	5
		Ugradnja betona		SV			
		Vibriranje betona		Pumpa za beton	42		1
				SV			
				Pervibrator	10,71		3
				RII			
RII							
19.	Demontaža oplata	Demontaža i čišćenje oplata	4.241,38 m ²	TIII	98,09	86,47*5 = 432,35	5
				RII	86,47		5

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

20.	Dovoz i transport armature pješačkog hodnika	Dovoz gotove armature	13,20 t	Kamion sandučar	8,13	14,23	2 (1,75)
		Istovar i transport armature		SV			
				Autodizalica	14,23		1
				SVI			
21.	Montaža oplata	Postavljanje oplata	104,92 m ²	TV	58,82	58,82	1
				TIII	58,82		1
22.	Armiranje pješačkog hodnika	Ugradnja armature	13,20 t	AIV	1,49	1,49*20 =29,8	20
				AIII	1,49		
23.	Betoniranje pješačkog hodnika	Dovoz betona	950,00 m ³	Automiješalica	6,47	6,47*3=19,41	5
		Ugradnja betona		SV			
				Pumpa za beton	42		1
				SV			
Vibriranje betona	Pervibrator	10,71	1				
RII							
24.	Demontaža oplata	Demontaža i čišćenje oplata	104,92 m ²	TIII	98,09	86,47	1
				RII	86,47		1
25.	Utovar i odvoz oplata	Utovar oplata	9.928,06m ²	Autodizalica	11,36 / (0,033 + 0,035) = 166,91	131,62	1
				SVI			
		Odvoz oplata na deponiju		Kamion sandučar	8,95 / /0,033 + 0,035) = 131,62		1
				SV			

5.6.5 Galerija Velika Mučna

Redni broj	Naziv aktivnosti	Naziv radne operacije	Količina	Izvršitelj	Pojedinačni učinak stroja	Učinak grupe	Broj potrebnih strojeva
1.	Iskop tla	Iskop zemlje	13.100,00 m ³	Dozer	53,42	53,42	1
				SV			
		Utovar zemlje		Utovarivač	87,84		1
				SVI			
		Odvoz zemlje na gradilišnu deponiju		Zglobni damper	24,57		3
SV							
2.	Iskop zemlje za zamjenu temeljnog tla	Iskop zemlje	65,00 m ³	Bager	85,35	85,35	1
				SVI			
		Utovar zemlje		Bager	85,35		1
				SVI			

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

		Odvoz zemlje na gradilišnu deponiju		Kamion kiper	7,03		12
				SV			
		Mehaničko zbijanje		Vibracijski valjak	175,46		1
				SVI			
				SVI			
4.	Ugradnja zamjenskog materijala	Dovoz materijala	65,00 m ³	Kamion kiper	7,03	7,03*2=14,06	2
				SV			
		Planiranje		Grejder	984,23		1
				SVI			
		Zbijanje		Vibracijski valjak	175,46		1
				SVI			
5.	Bušenje pilota	Izrada bušotine za pilote	2.530,00 m	Bušilica	20,16	20,16	1
				SVI			
6.	Dovoz i istovar armature	Dovoz armature	663,72 t	Kamion sandučar	8,13	14,23*2=28,46	4
				SV			
		Istovar armature		Autodizalica	14,23		2
				SVI			
7.	Ugradnja armature pilota	-	663,72 t	AIV	1,49	1,49*20=29,8	29,8
				All			
8.	Betoniranje pilota	Dovoz betona	2.860,00 m ³	Automješalica	6,47	6,47*5=32,35	5
				SV			
		Ugradnja betona		Automješalica	6,47		5
					SV		
				Pervibrator	10,71		5
					RII		
9.	Dovoz i istovar oplata	Dovoz oplata	7.695,26 m ²	Kamion sandučar	8,95 / (0,033 + 0,035) = 131,62	131,62	1
				SV			
		Istovar oplata		Autodizalica	11,36 / (0,033 + 0,035) = 166,91		1
					SVI		
10.	Dovoz i transport armature temelja, upornjaka	Dovoz gotove armature	536,52 t	Kamion sandučar	8,13	14,23	2
				SV			
		Istovar i transport armature		Autodizalica	14,23		1
					SVI		

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

11.	Montaža oplata temelja, upornjaka	Postavljanje oplata	5.564,14 m ²	TV	4 / (0,033 + 0,035) = 58,82	58,82*5 = 294,1	5
				TIII	58,82		5
12.	Armiranje temelja, upornjaka	Ugradnja armature	536,52 t	AIV	1,49	1,49*20=29,8	20
				AIII	1,49		
13.	Betoniranje temelja	Dovoz betona	760,00 m ³	Automiješalica	6,47	6,47*3=19,41	5
		Ugradnja betona		SV			
				Vibriranje betona	Pumpa za beton		10,71
		SV			10,71		
		Pervibrator		RII			10,71
					RII		
14.	Betoniranje upornjaka	Dovoz betona	2.397,00 m ³	Automiješalica		6,47	6,47*5=32,35
		Ugradnja betona		SV	42		
				Vibriranje betona		Pumpa za beton	
		SV			10,71	3	
		Pervibrator		RII			
					RII	10,71	
15.	Demontaža oplata	Demontaža i čišćenje oplata	5.564,14 m ²	TIII			98,09
				RII	86,47	5	
16.	Dovoz i transport armature kolničke konstrukcije	Dovoz gotove armature	604,560 t	Kamion sandučar	8,13	14,23	2 (1,75)
		Istovar i transport armature	604,560 t	SV	14,23		
				Autodizalica			14,23
17.	Montaža oplata	Postavljanje oplata	2.131,12 m ²	TV	58,82	58,82*5 = 294,1	5
				TIII	58,82		5
18.	Armiranje kolničke konstrukcije	Ugradnja armature	302,28 t	AIV	1,49	1,49*20=29,8	20
				AIII	1,49		
19.	Betoniranje kolničke konstrukcije	Dovoz betona	1.376,00 m ³	Automiješalica	6,47	6,47*5 = 32,35	5
		Ugradnja betona		SV			
				Ugradnja betona	Pumpa za beton		10,71
		SV			10,71		

		Vibriranje betona		Pervibrator	10,71		3
				RII			
20.	Demontaža oplata	Demontaža i čišćenje oplata	2.131,12 m ²	TIII	98,09	86,47*5 = 432,35	5
				RII	86,47		5
21.	Utovar i odvoz oplata	Utovar oplata	7.695,26 m ²	Autodizalica	11,36 / (0,033 + 0,035) = 166,91	131,62	1
				SVI			
		Odvoz oplata na deponiju		Kamion sandučar	8,95 / (0,033 + 0,035) = 131,62		1
				SV			

5.6.6 Propust

Redni broj	Naziv aktivnosti	Naziv radne operacije	Količina	Izvršitelj	Pojedinačni učinak stroja	Učinak grupe	Broj potrebnih strojeva
1.	Iskop tla	Iskop zemlje	761,70 m ³	Dozer	53,42	53,42	1
				SV			
		Utovar zemlje		Utovarivač	87,84		1
				SVI			
		Odvoz zemlje na gradilišnu deponiju		Kamion kiper	7,03		8 (8,19)
	SV						
2.	Iskop zemlje za zamjenu temeljnog tla	Iskop zemlje	45,50 m ³	Bager	85,35	85,35	1
				SVI			
		Utovar zemlje		Bager	85,35		1
				SVI			
		Odvoz zemlje na gradilišnu deponiju		Kamion kiper	7,03		7
				SV			
		Mehaničko zbijanje		Vibracijski valjak	175,46		1
SVI							
SVI							
4.	Ugradnja zamjenskog materijala	Dovoz materijala	45,50 m ³	Kamion kiper	7,03	7,03*2 = 14,06	2
				SV			
		Planiranje		Grejder	984,23		1
				SVI			
		Zbijanje		Vibracijski valjak	175,46		1
	SVI						
5.	Izrada nasipa, čunjeva	Dovoz materijala	316,10 m ³	Kamion kiper	6,52	53,42	8
				SV			

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

		Razastiranje materijala		Dozer	53,42		1	
		Zbijanje materijala		SVI				
				Vibracijski valjak	175,46		1	
				SVI				
5.	Dovoz i istovar oplata	Dovoz oplata	271,68 m ²	Kamion sandučar	8,95 / (0,033 + 0,035) = 131,62	131,62	1	
		Istovar oplata		SV				
				Autodizalica	11,36 / (0,033 + 0,035) = 166,91			1
				SVI				
6.	Dovoz i transport armature temelja	Dovoz gotove armature	2,52 t	Kamion sandučar	8,13	14,23	2	
				SV				
		Istovar i transport armature		Autodizalica	14,23		1	
				SVI				
7.	Montaža oplata temelja	Postavljanje oplata	14,48 m ²	TV	4 / (0,033 + 0,035) = 58,82	58,82	1	
				TIII	58,82		1	
8.	Armiranje temelja	Ugradnja armature	2,52 t	AIV	1,49	1,49	1	
				AIII	1,49			
9.	Betoniranje temelja	Dovoz betona	28,44 m ³	Automiješalica	6,47	6,47	1	
		SV						
		Ugradnja betona		Pumpa za beton	42		1	
		SV						
		Vibriranje betona		Pervibrator	10,71		1	
				RII				
RII								
10.	Demontaža oplata	Demontaža i čišćenje oplata	14,48 m ²	TIII	98,09	86,47	1	
				RII	86,47		1	
11.	Dovoz i transport armature propusta	Dovoz gotove armature	16,05 t	Kamion sandučar	8,13	14,23	2 (1,75)	
		SV						
		Istovar i transport armature		Autodizalica	14,23		1	
				SVI				
12.	Montaža oplata	Postavljanje oplata	217,60 m ²	TV	58,82	58,82	1	
				TIII	58,82		1	
13.	Armiranje propusta	Ugradnja armature	16,05 t	AIV	1,49	1,49*5 = 7,45	5	
				AIII	1,49			
14.			59,88 m ³	Automiješalica	6,47		3	

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

	Betoniranje propusta	Dovoz betona		SV	42	6,47*3 = 19,41	1	
		Ugradnja betona		Pumpa za beton				
		Vibriranje betona		SV				
15.	Demontaža oplata	Demontaža i čišćenje oplata	217,60 m ²	Pervibrator	10,71	86,47	1	
				RII			1	
16.	Dovoz i transport armature krilnih zidova	Dovoz gotove armature	2,09 t	Kamion sandučar	8,13	14,23	2 (1,75)	
		Istovar i transport armature		SV				
							Autodizalica	14,23
17.	Montaža oplata	Postavljanje oplata	39,6 m ²	SVI	58,82	58,82	1	
				TV			1	
18.	Armiranje krilnih zidova	Ugradnja armature	2,09 t	TIII	58,82	1,49	1	
				AIV			1,49	
19.	Betoniranje krilnih zidova	Dovoz betona	30,98 m ³	Automiješalica	6,47	6,47	1	
		Ugradnja betona		SV				
				Pumpa za beton			42	1
		Vibriranje betona		SV				10,71
20.	Demontaža oplata	Demontaža i čišćenje oplata	39,6 m ²	Pervibrator	86,47	86,47	1	
				RII			1	
21.	Utovar i odvoz oplata	Utovar oplata	271,68 m ²	Autodizalica	11,36 / (0,033 + 0,035) = 166,91	131,62	1	
				SVI				
		Odvoz oplata na deponiju		Kamion sandučar			8,95 / (0,033 + 0,035) = 131,62	1
				SV				

5.7 Proračun trajanja aktivnosti

5.7.1 Željeznica

Redni broj	Naziv aktivnosti	Količina	Učinak grupe	Nv, RG	nRG	Trajanje 1 radnog dana [h]	Trajanje aktivnosti [dan]
1.	Čišćenje terena	235.581,00 m ³	53,42	0,0187	15	8	37
2.	Iskop humusa	312.340,00 m ³	53,42	0,0187	15	8	49
3.	Strojni otkop zemljanog materijala	722.122,00 m ³	85,35	0,0117	15	8	71
4.	Izrada nasipa	319.013,00 m ³	4*24,57=98,28	0,0102	10	8	41
5.	Izrada donjeg ustroja	182.982,00 m ³	4*24,57=98,28	0,0102	5	8	47
6.	Izrada zaštitinog sloja od drobljenog kamena d = 20 cm	90.901,00 m ³	7,03*8=56,24	0,0178	5	8	41
7.	Postavljanje tračnica	75.800,00 m'	1440	0,00069	1	8	7
8.	Ugradnja tračnica na betonske pragove	63.003,00 kom	960	0,00104	1	8	9
9.	Postavljanje tucanika	90.948,00 m ³	800	0,00125	1	8	15

5.7.2 Vijadukt Carevdar

Redni broj	Naziv aktivnosti	Količina	Učinak grupe	Nv, RG	nRG	Trajanje 1 radnog dana [h]	Trajanje aktivnosti [dan]
1.	Iskop tla	59.390,00 m ³	53,42	0.0187	5	8	28

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

2.	Iskop zemlje za zamjenu temeljnog tla	2.195,00 m ³	85,35	0.0117	1	8	4
3.	Cementna stabilizacija	2.195,00 m ³	1064,27	0,00094	1	8	1
4.	Ugradnja zamjenskog materijala	658,00 m ³	56,24	0,0178	1	8	2
5.	Bušenje pilota	9.775,00 m	20,16*2=40,32	0,025	4	8	8
6.	Dovoz i istovar armature	2.282,10 t	14,23	0,070	4	8	5
7.	Ugradnja armature	2.282,10 t	1,49*10=14,9	0,067	2	8	10
8.	Betoniranje pilota	17.270,00 m ³	6,47*5=32,35	0,028	5	8	12
9.	Dovoz i istovar oplata	12.422,32 m ²	131,62	0.0076	2	8	6
10.	Dovoz i transport armature temelja, upornjaka i stupova	3.162,85 t	14,23*2= 28,46	0.035	2	8	7
11.	Montaža oplata upornjaka	1.195,23 m ²	58,82*2 = 117,64	0.0085	1	8	2
12.	Armiranje upornjaka	73.95 t	1,49*5=7,45	0.134	1	8	2
13.	Betoniranje upornjaka	1.660,00 m ³	6,47*5=32,35	0.028	1	8	6
14.	Betoniranje upornjaka i stupova	5.119,00 m ³	6,47*2=12,94	0.077	5	8	10
15.	Demontaža oplata	12.422,32 m ²	86,47*5 = 432,35	0.0023	1	8	4
16.	Dovoz i transport armature poprečnih nosača	43,20 t	14,23	0.0187	1	8	2
17.	Montaža oplata poprečnih nosača	653,43 m ²	58,82*5 = 294,1	0,0034	1	8	3
18.	Armiranje poprečnih nosača	43,20 t	1,49*10=14,9	0,067	1	8	1

19.	Betoniranje poprečnih nosača	239,00 m ³	$3,56 \cdot 3 = 10,68$	0,094	1	8	3
20.	Demontaža oplata	12.422,32 m ²	$86,47 \cdot 5 = 432,35$	0,0023	1	8	4
21.	Ugradnja predgotovljenih glavnih i poprečnih nosača	84 kom	$0,32 \cdot 5 = 1,6$	0.63	1	8	7
22.	Dovoz i transport armature kolničke konstrukcije	604,560 t	14,23	0.0703	1	8	5
23.	Montaža oplata	3.483,78 m ²	$58,82 \cdot 5 = 294,1$	0.0034	1	8	2
24.	Armiranje kolničke konstrukcije	604,560 t	$1,49 \cdot 10 = 14,9$	0.0671	1	8	5
25.	Betoniranje kolničke konstrukcije	2.519,00 m ³	$6,47 \cdot 5 = 32,35$	0.028	2	8	5
26.	Demontaža oplata	3.483,78	$86,47 \cdot 5 = 432,35$	0.0023	1	8	1
27.	Utovar i odvoz oplata	12.422,32m ²	131,62	0.0076	2	8	6

5.7.3 Nadvožnjak Lepavina 1

Redni broj	Naziv aktivnosti	Količina	Učink grupne	Nv, RG	nRG	Trajanje 1 radnog dana [h]	Trajanje aktivnosti [dan]
1.	Iskop tla	6.360,00m ³	53,42	0.0187	1	8	15
2.	Iskop zemlje za zamjenu temeljnog tla	43.100,00 m ³	$85,35 \cdot 4 = 340,96$	0,0029	1	8	16
3.	Ugradnja zamjenskog materijala	1.740,00 m ³	$7,03 \cdot 8 = 56,24$	0,0178	1	8	4

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

4.	Izrada klinova uz objekte	5.544,0 m ³	53,42	0,0187	2	8	7
5.	Izrada nasipa, čunjeva	900,00 m ³	53,42	0,0187	1	8	3
6.	Dovoz i istovar armature temeljne ploče	161,50 t	14,23	0,070	1	8	2
7.	Ugradnja armature temeljne ploče	161,50 t	1,49*10=14,9	0,067	1	8	2
8.	Betoniranje temeljne ploče	1.913,00 m ³	6,47*5=32,35	0,028	1	8	7
9.	Dovoz i istovar oplata	3.835,44 m ²	131,62	0.0076	1	8	4
10.	Dovoz i transport armature, upornjaka	73.95 t	14,23	0.070	1	8	1
11.	Montaža oplata upornjaka	1.195,23 m ²	58,82*2 = 117,64	0.0085	1	8	2
12.	Armiranje upornjaka	73.95 t	1,49*5=7,45	0.134	1	8	2
13.	Betoniranje upornjaka	1.660,00 m ³	6,47*5=32,35	0.028	1	8	6
14.	Demontaža oplata	1.195,23 m ²	86,47*5 = 432,35	0.0023	1	8	1
15.	Dovoz i transport armature prijelazne ploče	7,8 t	14,23	0.0187	1	8	1
16.	Montaža oplata prijelazne ploče	18 m ²	58,82	0,017	1	8	1
17.	Armiranje prijelazne ploče	7,8 t	1,49	0,67	1	8	1
18.	Betoniranje prijelazne ploče	78,00 m ³	6,47	0,15	1	12	1
19.	Demontaža oplata	18 m ²	86,47	0,012	1	8	1
20.	Dovoz i transport armature kolničke konstrukcije	258,44 t	14,23	0.0703	1	8	3
21.	Montaža oplata	982,82 m ²	58,82	0.017	1	8	3

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

22.	Armiranje kolničke konstrukcije	258,44 t	$1,49 \cdot 10 = 14,9$	0.0671	1	8	3
23.	Betoniranje kolničke konstrukcije	928,00 m ³	$3,56 \cdot 5 = 17,8$	0,028	1	8	4
24.	Demontaža oplata	982,82 m ²	$86,47 \cdot 5 = 432,35$	0.0023	1	8	1
25.	Dovoz i transport armature pješačkog hodnika	13,20 t	14,23	0,07	1	8	1
26.	Montaža oplata	104,92 m ²	58,82	0,017	1	8	1
27.	Armiranje pješačkog hodnika	13,20 t	1,49	0,67	1	8	2
28.	Betoniranje pješačkog hodnika	264,00 m ³	$6,47 \cdot 5 = 32,35$	0,028	1	8	1
29.	Demontaža oplata	104,92 m ²	86,47	0,012	1	8	1
30.	Utovar i odvoz oplata	12.422,32 m ²	131,62	0.0076	2	8	6

5.7.4 Nadvožnjak Lepavina 2

Redni broj	Naziv aktivnosti	Količina	Učinak grupe	Nv, RG	nRG	Trajanje 1 radnog dana [h]	Trajanje aktivnosti [dan]
1.	Iskop tla	328.434,00 m ³	$53,42 \cdot 4 = 213,68$	0.0047	5	10	31
2.	Iskop zemlje za zamjenu temeljnog tla	43.100,00 m ³	$85,35 \cdot 4 = 340,96$	0,0029	1	8	16
3.	Ugradnja zamjenskog materijala	43.100,00 m ³	$7,03 \cdot 8 = 56,24$	0,0178	4	8	24
4.	Izrada klinova uz objekte	6.547,00 m ³	$53,42 \cdot 2 = 106,84$	0,0094	1	8	7
5.	Izrada nasipa, čunjeva	1.600,00 m ³	53,42	0,0187	1	8	4

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

6.	Dovoz i istovar armature temeljne ploče	3.431,85 t	$14,23 * 2 = 28,46$	0,070	1	8	15
7.	Ugradnja armature temeljne ploče	3.431,85 t	$1,49 * 10 = 14,9$	0,067	2	8	15
8.	Betoniranje temeljne ploče	22.879,00 m ³	$6,47 * 10 = 64,7$	0,015	1	10	34
9.	Dovoz i istovar oplata	9.928,06 m ²	131,62	0.0076	1	8	10
10.	Dovoz i transport armature potpornih zidova	1.871,56 t	14,23	0.070	2	8	8
11.	Montaža oplata potpornih zidova	9.928,06 m ²	$58,82 * 2 = 117,64$	0.0085	2	8	6
12.	Armiranje potpornih zidova	1.871,56 t	$1,49 * 20 = 29,8$	0.034	1	8	8
13.	Betoniranje potpornih zidova	12.450,00 m ³	$6,47 * 5 = 32,35$	0.028	1	8	35
14.	Demontaža oplata	5.273,50 m ²	$86,47 * 5 = 432,35$	0.0023	2	8	8
15.	Dovoz i transport armature kolničke ploče	1.474,25 t	14,23	0.0187	1	8	4
16.	Montaža oplata kolničke ploče	4.241,38 m ²	$58,82 * 2 = 117,64$	0,0085	1	8	5
17.	Armiranje kolničke ploče	1.474,25 t	$1,49 * 20 = 29,8$	0,034	1	8	7
18.	Betoniranje kolničke ploče	5.897,00 m ³	$6,47 * 5 = 32,35$	0,028	1	8	21
19.	Demontaža oplata	4.241,38 m ²	$86,47 * 5 = 432,5$	0,0023	1	8	2
20.	Dovoz i transport armature pješačkog hodnika	13,20 t	14,23	0.0703	1	8	1
21.	Montaža oplata	104,92 m ²	58,82	0.017	1	8	1

22.	Armiranje pješačkog hodnika	13,20 t	$1,49 \cdot 10 = 14,9$	0.0671	1	8	1
23.	Betoniranje pješačkog hodnika	950,00 m ³	$6,47 \cdot 3 = 19,41$	0.052	1	8	7
24.	Demontaža oplata	104,92 m ²	$86,47 \cdot 5 = 432,35$	0.0023	1	8	1
25.	Utovar i odvoz oplata	9.928,06 m ²	131,62	0.0076	2	8	10

5.7.5 Galerija Velika Mučna

Redni broj	Naziv aktivnosti	Količina	Učinak grupe	Nv, RG	nRG	Trajanje 1 radnog dana [h]	Trajanje aktivnosti [dan]
1.	Iskop tla	13.100,0 m ³	53,42	0.019	2	10	13
2.	Iskop zemlje za zamjenu temeljnog tla	65,00 m ³	85,35	0.0117	1	8	1
3.	Ugradnja zamjenskog materijala	65,00 m ³	$7,03 \cdot 2 = 14,06$	0,071	1	8	1
4.	Bušenje pilota	2.530,00 m	20,16	0,05	2	8	7
5.	Dovoz i istovar armature	663,72 t	$14,23 \cdot 2 = 28,46$	0,035	1	8	3
6.	Ugradnja armature pilota	663,72 t	$1,49 \cdot 10 = 14,9$	0,067	1	8	6
7.	Betoniranje pilota	2.860,00 m ³	$6,47 \cdot 5 = 32,35$	0,028	1	8	11
8.	Dovoz i istovar oplata	7.695,26 m ²	131,62	0.0076	1	8	8

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

9.	Dovoz i transport armature temelja, upornjaka	536,52 t	14,23	0.070	1	8	5
10.	Montaža oplata temelja, upornjaka	5.564,14 m ²	58,82*5 = 294,1	0.0034	1	8	3
11.	Armiranje temelja, upornjaka	536,52 t	1,49*20= 29,8	0.034	1	8	3
12.	Betoniranje temelja	760,00 m ³	6,47*3=1 9,41	0.052	1	8	5
13.	Betoniranje upornjaka	2.397,00 m ³	6,47*5=3 2,35	0.028	1	8	9
14.	Demontaža oplata	5.564,14 m ²	86,47*5 = 432,35	0.0023	1	8	2
15.	Dovoz i transport armature kolničke ploče	604,560 t	14,23	0.07	1	8	6
16.	Montaža oplata kolničke ploče	2.131,12 m ²	58,82*5 = 294,1	0,0034	1	8	1
17.	Armiranje kolničke ploče	302,28 t	1,49*20= 29,8	0,034	1	8	2
18.	Betoniranje kolničke ploče	1.376,00 m ³	6,47*5 = 32,35	0,028	1	8	5
19.	Demontaža oplata	2.131,12 m ²	86,47*5 = 432,5	0,0023	1	8	1
20.	Utovar i odvoz oplata	7.695,26 m ²	131,62	0.0076	1	8	8

5.7.6 Propust

Redni broj	Naziv aktivnosti	Količina	Učinak grupe	Nv, RG	nRG	Trajanje 1 radnog dana [h]	Trajanje aktivnosti [dan]
1.	Iskop tla	761,70 m ³	53,42	0.019	1	8	2

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica

2.	Iskop zemlje za zamjenu temeljnog tla	45,50 m ³	85,35	0.0117	1	8	1
3.	Ugradnja zamjenskog materijala	45,50 m ³	7,03*2=14,06	0,071	1	8	1
4.	Izrada nasipa, čunjeva	316,10 m ³	53,42	0,0187	1	8	1
5.	Dovoz i istovar oplata	271,68 m ²	131,62	0.0076	1	8	1
6.	Dovoz i istovar armature	2,52 t	14,23	0,035	1	8	1
7.	Ugradnja armature temelja	2,52 t t	1,49	0,067	1	8	1
8.	Montaža oplata temelja	14,48 m ²	58,82	0,017	1	8	1
9.	Betoniranje temelja	28,44 m ³	6,47	0,014	1	8	1
10.	Demontaža oplata	14,48 m ²	86,47	0,012	1	8	1
11.	Dovoz i transport armature propusta	16,05 t	14,23	0,07	1	8	1
12.	Montaža oplata	217,60 m ²	58,82	0.017	1	8	1
13.	Armiranje propusta	16,05 t	1,49	0.67	1	8	2
14.	Betoniranje propusta	59,88 m ³	6,47*3 = 19,41	0.052	1	8	1
15.	Demontaža oplata	217,60 m ²	86,47	0.012	1	8	1
16.	Dovoz i transport armature krilnih zidova	2.09 t	14,23	0.07	1	8	1
17.	Montaža oplata	39,6 m ²	58,82	0,017	1	8	1
18.	Armiranje krilnih zidova	2,09 t	1,49	0,67	1	8	1

19.	Betoniranje krilnih zidova	30,98 m3	6,47	0,14	1	8	1
20.	Demontaža oplata	39,6 m2	86,47	0,012	1	8	1
21.	Utovar i odvoz oplata	271,68 m2	131,62	0.0076	1	8	1

5.8 Gantogram

Prilog 7.

5.9 Analiza primjenjenih tehnologija

Tehnologija koja je korištena na izvedbi željezničke trase obuhvaća dozer i bager kao glavne strojeve koji se koriste za iskop tla i čišćenje terena. Grejder i vibracijski valjak su se koristili za planiranje materijala kojeg su dovozili kamioni kiperi sa vanjskog gradilišta ili damperi koji su služili za prijevoz materijala unutar gradilišta, nakon palaniranja materijala koristili su se vibracijski valjci za mehaničko zbijanje. Također su se morala poboljšati mehanička svojstva tla, kod gradnje objekata na trasi, radi njezine niske nosivosti. Poboljšanje mehaničkih svojstava tla se vršio zamjenom temeljnog tla sa zamjenskim materijalom i cementnom stabilizacijom kod vijadukta Carevdar. Cementna stabilizacija se vršila tako da se kamionom raspšivačem nanosila cementna masa po tlu koja se onda ugrađivala u tlo pomoću rotofrezera. Iskop terena se vršio na dva načina. Jedan način je da se iskop vršio dozerom te se materijal gurao na hrpu te bi onda utovarivač utovario iskopani materijal u dozere i odlagao na privremenu gradilišnu deponiju. Drugi način iskopa se vršio bagerom gdje bi se iskopani materijal odmah utovarao u dozer ili kamion kiper. Za izvođenje donjeg ustroja pruge sav dodatni materijal bi se dovezio sa vanjske deponije kamionima kiperima, gdje bi se razastiranje materijala vršilo grejderom i mehanički zbijalo vibracijskim valjcima.

Gornji ustroj se izvodio specijaliziranim željezničkim strojevima poput teških motornih drezina koje imaju sposobnost za istovremeno polaganje betonskih pragova i spajanje već polegnutih tračnica čije polaganje se vršilo pomoću EMD sustava za postavljanje tračnica. Završno polaganje tucanika se izvodilo pomoću željezničkog transportera materijala koji ravnomjerno raspoređuje tucanik preko već ugrađenih tračnica. Mana ovako specijaliziranih strojeva je ta što se mora unajmiti od dobavljača koji ju može iznajmiti na određeni vremenski rok koji je često vrlo uzak jer su ti strojevi rijetki i u velikoj potražnji. Te ukoliko gradilište nije pripremljeno za korištenje tih strojeva radovi se moraju odgađati što dovodi do zastoja. Također ovi strojevi zahtijevaju radnike koji su obučeni za njihovo upravljanje što još dodatno smanjuje njihovu fleksibilnost. Alternativa ovim strojevima bi bila ta da se polaganje tračnica i pragova vrši željezničkim bagerima i dizalicama te da se ručno ugrađuju no to bi zahtijevalo previše vremena na ovako kompleksnom projektu.

Betonski radovi su se izvodili pomoću pumpe za beton i previbratora. Obrađeni objekti u sklopu ovog rada su se izvodili monolitno osim vijadukta Carevdar čiji su se nosači rasponske konstrukcije izvodili montažno što znatno ubrzava proces i kvalitetu izvedbe samih nosača. Montažna gradnja također povećava kompleksnost same montaže elemenata i način dopremanja montažnih elemenata do mjesta ugradnje. Odabran je monolitni način gradnje radi njegove fleksibilnosti jer opisani objekti u ovom radu su jedinstveni.

6 ZAKLJUČAK

Projekt rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica predstavlja značajan korak u modernizaciji hrvatske željezničke infrastrukture. Kroz analizu tehnologije izvođenja radova, uočeno je da se primjenjuju specijalizirani strojevi i metode koje omogućuju izgradnju suvremenih željeznica na kojima vlakovi mogu postići brzinu od 160 km/h, što će značajno poboljšati učinkovitost i sigurnost željezničkog prometa na ovoj dionici.

Rekonstrukcija i dogradnja kolosijeka uključuje niz infrastrukturnih zahvata, poput izgradnje novih kolodvora, nadvožnjaka, podvožnjaka i mostova, te modernizaciju signalno-sigurnosnih sustava. Ovi radovi ne samo da unapređuju tehničke karakteristike pruge, već i doprinose boljoj povezanosti i pristupačnosti za putnike. Financiranje projekta iz Instrumenta za povezivanje Europe (CEF) dodatno naglašava njegovu važnost u kontekstu europske prometne mreže. Očekuje se da će završetak radova do 2025. godine donijeti dugoročne koristi za regionalni i međunarodni promet, te pridonijeti gospodarskom razvoju i ekološkoj održivosti. Povećanje kapaciteta pruge omogućit će bolju integraciju Hrvatske u europski prometni sustav, što će imati pozitivan utjecaj na gospodarstvo i mobilnost stanovništva.

U konačnici, ovaj projekt služi kao primjer uspješne implementacije složenih infrastrukturnih projekata, te može poslužiti kao model za buduće projekte modernizacije željezničke mreže u Hrvatskoj i šire. Kroz primjenu naprednih tehnologija i inovativnih rješenja, projekt Križevci – Koprivnica – državna granica postavlja nove standarde u izgradnji i rekonstrukciji željezničke infrastrukture, čime se osigurava dugoročna održivost i konkurentnost hrvatskog željezničkog sustava.

POPIS LITERATURE

Popis literature treba biti izrađen u skladu s odabranim stilom navođenja prema [1].

- [1] AECOM Polska SP. z o.o. Željeznička pruga M201 za mješoviti promet: Državna granica-Botovo-Dugo Selo, Etapa A. Poddionica Križevci – Lepavina, projekt trase i gornjeg ustroja-glavni građevinski projekt, Zagreb: AECOM Polska SP. z o.o.: 2018.
- [2] AECOM Polska SP. z o.o. Željeznička pruga M201 za mješoviti promet: Državna granica - Botovo - Dugo Selo, Etapa A. Poddionica Križevci – Lepavina, projekt donjeg ustroja i pružnih jaraka - glavni građevinski projekt, Zagreb: AECOM Polska SP. z o.o.: 2018.
- [3] AECOM Polska SP. z o.o. Željeznička pruga M201 za mješoviti promet: Državna granica - Botovo - Dugo Selo, Etapa A. Poddionica Križevci – Lepavina, projekt vijadukt Carevdar-glavni građevinski projekt, Zagreb: AECOM Polska SP. z o.o.: 2017.
- [4] AECOM Polska SP. z o.o. Željeznička pruga M201 za mješoviti promet: Državna granica - Botovo - Dugo Selo, Etapa A. Poddionica Križevci – Lepavina, projekt nadvožnjaka Lepavina 1- glavni građevinski projekt, Zagreb: AECOM Polska SP. z o.o.: 2017.
- [5] AECOM Polska SP. z o.o. Željeznička pruga M201 za mješoviti promet: Državna granica - Botovo - Dugo Selo, Etapa A. Poddionica Križevci – Lepavina, projekt nadvožnjaka Lepavina 2- glavni građevinski projekt, Zagreb: AECOM Polska SP. z o.o.: 2018.
- [6] AECOM Polska SP. z o.o. Željeznička pruga M201 za mješoviti promet: Državna granica - Botovo - Dugo Selo, Etapa A. Poddionica Križevci – Lepavina, projekt galerija Velika Mučna glavni građevinski projekt, Zagreb: AECOM Polska SP. z o.o.: 2018.
- [7] AECOM Polska SP. z o.o. Željeznička pruga M201 za mješoviti promet: Državna granica - Botovo - Dugo Selo, Etapa A. Poddionica Križevci – Lepavina, projekt željezničkih propusta, zaštitinih jaraka i regulacije vodotoka otvorene pruge - glavni građevinski projekt, Zagreb: AECOM Polska SP. z o.o.: 2018.
- [8] Bogdan, A. (2022.), Modernizacija pruge – konkurentnost koridora među regijama, Građevinar, 74(6): 525 – 528.
- [9] HŽ infrastruktura, Rekonstrukcija postojećeg i izgradnja drugog kolosijeka na dionici Križevci – Koprivnica – državna granica, <https://www.hzinfra.hr/rekonstrukcija-postojeceg-i-izgradnja-drugog-kolosijeka-na-dionici-krizevci-koprivnica-drzavna-granica/>
- [10] Cindori-Kovačević, M., (2018.), Željeznice – donji i gornji ustroj, Vlastita naklada, Zagreb
- [11] BBC, Stockton and Darlington Railway: Whats so special about a 200 – year – old railway, <https://www.bbc.com/news/uk-england-tees-56168296>
- [12] Hrvatska tehnička enciklopedija, Željeznica, <https://tehnika.lzmk.hr/zeljeznica/>

- [13] Putoholičari, Vodič za putovanje Transsibirskom željeznicom, <https://www.putoholicari.rtl.hr/vodic-za-putovanje-transsibirskom-zeljeznicom-67603/>
- [14] Hayward, A. C. G., (2014), The construction of railway bridges then and now, The international journal for the history of engineering & technology, 84(1), 59 - 87.
- [15] Lakušić, S., (2005.), Željeznice, Sveučilište u Zagrebu – Građevinski fakultet, Zagreb
- [16] prof. dr. sc. Jure Radić: Mostovi 1, Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska Sveučilišna naklada, 2009

POPIS SLIKA

Slika 1: Paneuropski koridor (Izvor: [1])	2
Slika 2: Prikaz željezničke trase (Izvor: [6]).....	5
Slika 3: Klimatski uvjeti (Izvor: [6])	7
Slika 4: Prikaz situacije na trasi Križevci – Lepavina (Izvor: [1]).....	9
Slika 5: Prikaz situacije na trasi Križevci – Lepavina (Izvor: [1]).....	10
Slika 6: Prikaz situacije na trasi Križevci – Lepavina (Izvor: [1]).....	11
Slika 7: Prikaz situacije na trasi Križevci – Lepavina (Izvor: [1]).....	12
Slika 8: Normalni poprečni presjek (Izvor: [1]).....	15
Slika 9: Zemljani jarci i betonske prepreke (Izvor: [2])	18
Slika 10: Ojačanja jarka i zaštita nasipa poluobrađenim kamenom (Izvor: [2]).....	18
Slika 11: Betonski jarak Tip I (Izvor: [2])	19
Slika 12: Betonski jarak Tip II (Izvor: [2])	19
Slika 13: Tlocrtni prikaz vijadukta Carevdar (Izvor: [3]).....	20
Slika 14: Normalni poprečni presjek vijadukta Carevdar (Izvor: [3])	21
Slika 15: Uzdužni presjek vijadukta Carevdar (Izvor: [3])	22
Slika 16: Tlocrtni prikaz nadvožnjaka Lepavina 1 (Izvor: [4])	24
Slika 17: Poprečni presjek nadvožnjaka Lepavina 1 (Izvor: [4])	25
Slika 18: Uzdužni presjek nadvožnjaka Lepavina 1 (Izvor: [4]).....	26
Slika 19: Tlocrtni prikaz nadvožnjaka Lepavina 2 (Izvor: [5])	27
Slika 20: Uzdužni presjek nadvožnjaka Lepavina 2 (Izvor: [5]).....	28
Slika 21: Poprečni presjek A-A nadvožnjaka Lepavina 2 (Izvor: [5]).....	29
Slika 22: Poprečni presjek B-B nadvožnjaka Lepavina 2 (Izvor: [5])	30
Slika 23: Poprečni presjek D1-D1 nadvožnjaka Lepavina 2 (Izvor: [5])	31
Slika 24: Poprečni presjek D-D nadvožnjaka Lepavina 2 (Izvor: [5])	31
Slika 25: Poprečni presjek B2-B2 nadvožnjaka Lepavina 2 (Izvor: [5]).....	32
Slika 26: Pogled na galeriju Velika Mučna (Izvor: [6]).....	34
Slika 27: Tlocrt galerije Velika Mučna (Izvor: [6]).....	34
Slika 28: Poprečni presjek galerije Velika Mučna (Izvor: [6])	35
Slika 29: Uzdužni presjek galerije Velika Mučna (Izvor: [6]).....	35
Slika 30: Uzdužni presjek propusta na km 37+936 (Izvor: [7]).....	36
Slika 31: Tlocrtni prikaz propusta na km 37+936 (Izvor: [7])	37
Slika 32: Poprečni presjek propusta na km 37+936 (Izvor: [7])	37
Slika 33: Rekreacija otvorenja pruge Stockton - Darlington (Izvor: [9]).....	38
Slika 34: Prva parna lokomotiva na pruzi Zidani Most – Zagreb - Sisak (Izvor: [11])	39
Slika 35: Trasa Transsibirske željeznice (Izvor: [11])	39
Slika 36: Japanski magnetski levitirajući vlak (Izvor: [8])	40
Slika 37: Izgradnja željezničke pruge pomoću kočija i parnog bagera (Izvor: [12]).....	41

Slika 38: Parni bager (Izvor: [12])	41
Slika 39: Portalna dizalica (Izvor: [12])	42
Slika 40: Gradnja mosta preko rijeke Wye (Izvor: [12]).....	42
Slika 41: Širina željezničkog kolosijeka (Izvor: [13]).....	43
Slika 42: Elektrootporni postupak zavarivanja (Izvor: [13])	46
Slika 43: Aluminotermijski postupak zavarivanja (Izvor: [13])	46
Slika 44: Izrada nasipa u horizontalnim slojevima (Izvor: [8]).....	47
Slika 45: Izrada nasipa bočnim nasipima (Izvor: [8]).....	47
Slika 46: Slijeganje nasipa iza upornjaka mosta (Izvor: [8])	48
Slika 47: Korištenje dobrog materijala za ispunu (Izvor: [8]).....	48
Slika 48: Dodavanje prijelazne ploče i odvodnja vode iza upornjaka (Izvor: [8]).....	49
Slika 49: Deformirana posteljica (Izvor: [8])	50
Slika 50: Sanacija zastornog džepa (Izvor: [8])	50
Slika 51: Zastorno korita (Izvor: [8])	51
Slika 52: Gotova prokapnica (Izvor: [8])	51
Slika 53: Tlocrtni raspored prokapnica (Izvor: [8])	51
Slika 54: Posljedice deformirane posteljice na pruži Lupoglav - Štalije (Izvor: [8])	52
Slika 55: Preventivna zaštita posteljice PVC folijom (Izvor: [8])	52
Slika 56: Ojačanje posteljice pomoću AB ploče (Izvor: [8]).....	52
Slika 57: Klizanje pokosa nasipa (Izvor: [8])	53
Slika 58: Deformirani nasip (Izvor: [8]).....	53
Slika 59: Tonjenje nasipa (Izvor: [8])	53
Slika 60: Drenažno rebro (Izvor: [8])	54
Slika 61: Krunski potporni zid (Izvor: [8])	55
Slika 62: Potporni zid s krunom ispod nivelete (Izvor: [8])	55
Slika 63: Jarak u visini posteljice i u visini gornjeg ruba kolosijeka (Izvor: [8])	56
Slika 64: Ojačani jarci za odvodnju (Izvor: [8])	56
Slika 65: Odvodni zemljani i betonski jarci (Izvor: [8])	57
Slika 66: Odvodni i zaštitni jarak (Izvor: [8]).....	57
Slika 67: Duboka drenaža ispod odvodnog jarka (Izvor: [8]).....	57
Slika 68: Duboka drenaža u slobodnoj površini (Izvor: [8]).....	58
Slika 69: Načini izvedbe dubokih drenaža (Izvor: [8])	58
Slika 70: Duboka drenaža u usjeku (Izvor: [8])	59
Slika 71: Normalni poprečni profil željezničke pruge (Izvor: [8])	59
Slika 72: Dimenzije betonskog praga (Izvor: [13]).....	61
Slika 73: Kolosijek s armirano – betonskim pragovima (Izvor: [8])	62
Slika 74: Poprečni presjek tračnice (Izvor: [8]).....	63
Slika 75: Pričvrtni pribor tipa K (Izvor: [8]).....	64
Slika 76: Ugrađivanje elemenata mosta pomoću lansirne skele (Izvor: [14]).....	67
Slika 77: Polumontažni postupak gradnje (Izvor: [14])	67

POPIS TABLICA

Tablica 1: Pozicije horizontalnih elemenata trase (Izvor: [1]).....	8
Tablica 2: Dimenzije drvenih pragova (Izvor: [13]).....	61
Tablica 3: Vrste tračnica prema zateznoj čvrstoći (Izvor: [13])	62
Tablica 4: Vrste tračnica prema dimenzijama (Izvor: [13])	63

PRILOZI

Prilog 1. Tehnološka karta željezničke pruge

Prilog 2. Tehnološka karta vijadukta Carevdar

Prilog 3. Tehnološka karta nadvožnjaka Lepavina 1

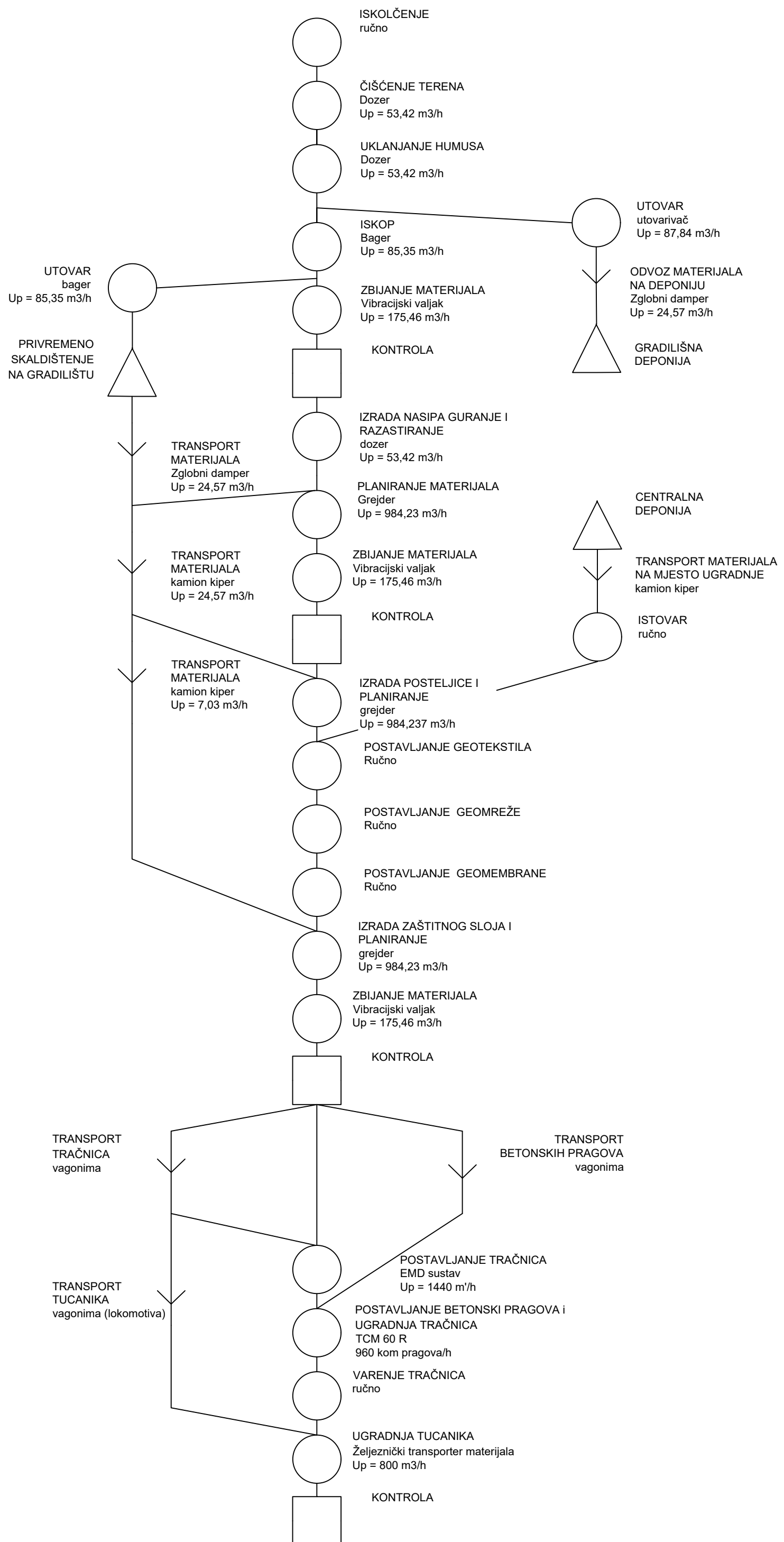
Prilog 4. Tehnološka karta nadvožnjaka Lepavina 2

Prilog 5. Tehnološka karta galerija Velika Mučna

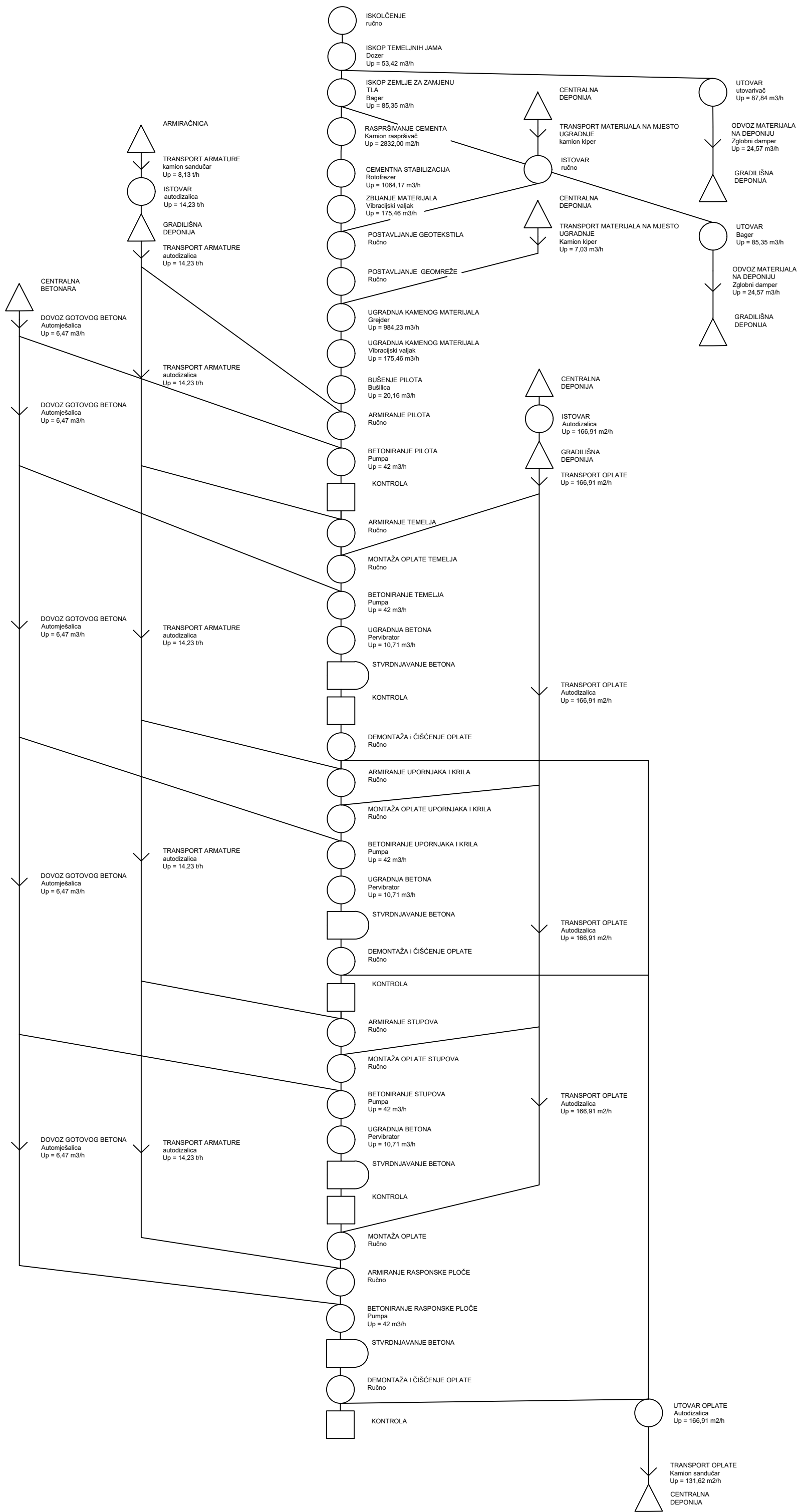
Prilog 6. Tehnološka karta propusta

Prilog 7. Gantogram

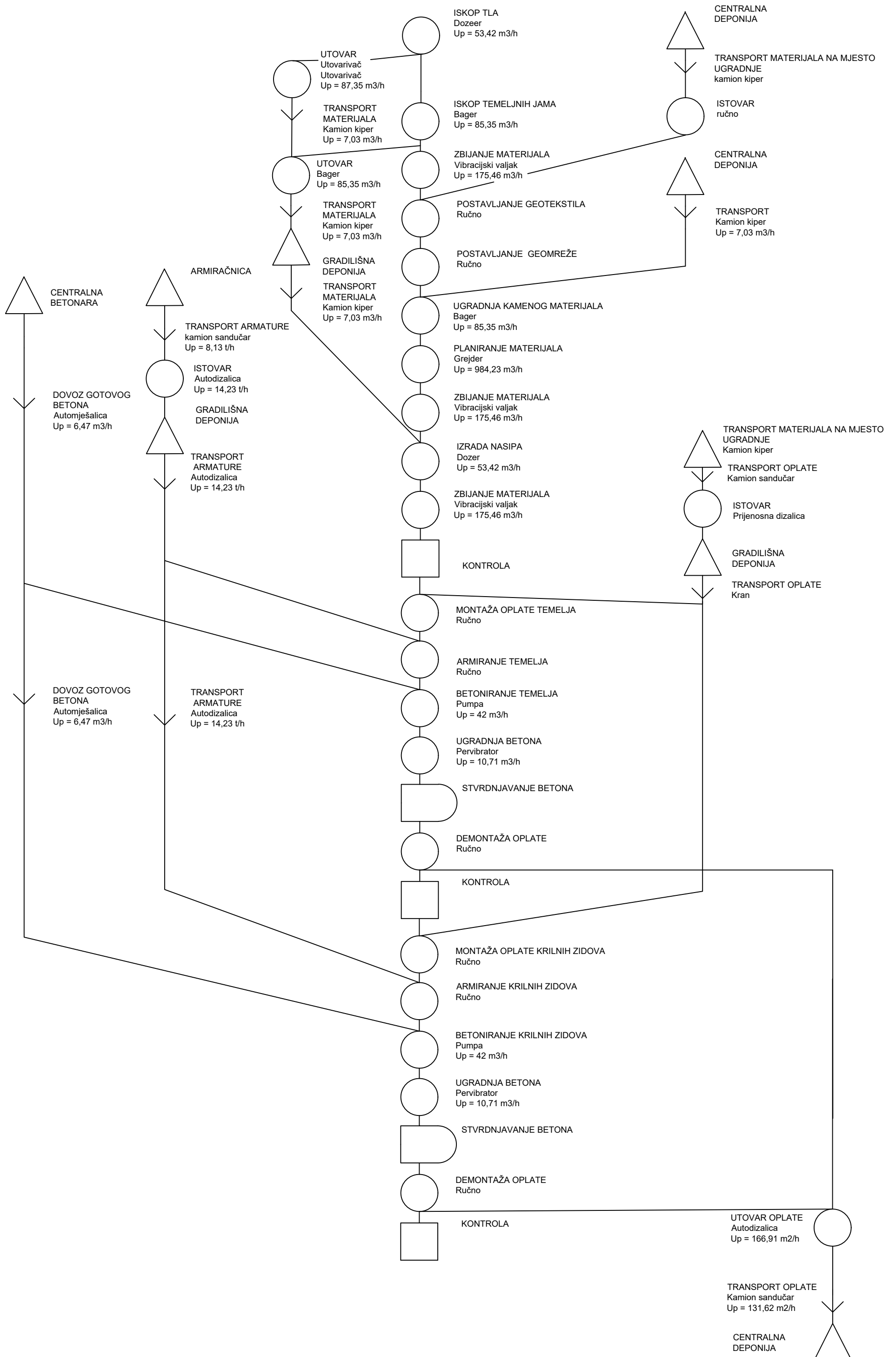
Prilog 1

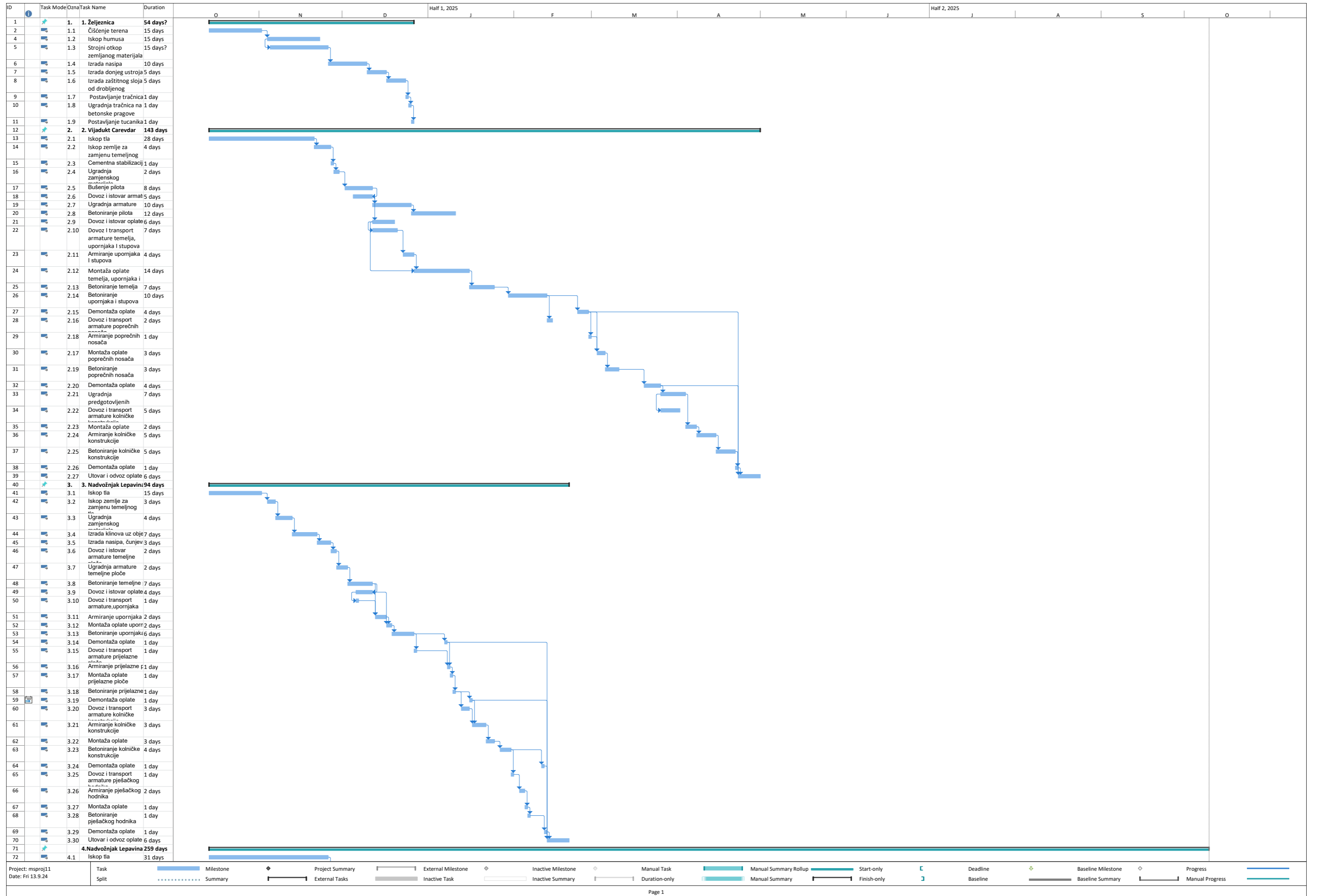


Prilog 2



Prilog 6





Project: msproj11 Date: Fri 13.9.24

Task	Milestone	Project Summary	External Milestone	Inactive Milestone	Manual Task	Manual Summary Rollup	Start-only	Deadline	Baseline Milestone	Progress
Split	Summary	External Tasks	Inactive Task	Inactive Summary	Duration-only	Manual Summary	Finish-only	Baseline	Baseline Summary	Manual Progress

Page 1

