

Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Hrvatski Leskovac - Karlovac

Gudelj, Mirko

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:868187>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-18**

Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Mirko Gudelj

**Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova
na projektu rekonstrukcije postojećeg i
izgradnje drugog kolosijeka na dionici
Hrvatski Leskovac – Karlovac**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Mirko Gudelj

**Prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova
na projektu rekonstrukcije postojećeg i
izgradnje drugog kolosijeka na dionici
Hrvatski Leskovac – Karlovac**

DIPLOMSKI RAD

doc.dr.sc. Matej Mihić

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Mirko Gudelj

**Depiction and analysis of construction
technologies used to reconstruct the existing
and construct the second railway track,
section Hrvatski Leskovac – Karlovac**

MASTER THESIS

doc.dr.sc. Matej Mihić

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA DIPLOMSKOG RADA

Student/ica:

Mirko Gudelj

(ime i prezime)

0082059259

(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 Hrvatski Leskovac – Karlovac

(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 Hrvatski Leskovac - Karlovac

(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 Mihjić

Potpis mentora:

Komentor:



Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet



OBRAZAC 5

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja:

Mirko Gudelj, 0082059259

(Ime i prezime, JMBAG)

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

Prilog 1 analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosjeka na dionici Hrvatski Leskovac-Karlovac

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

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

Datum:

18.09.2024

Potpis:

Gudelj M.



OBRAZAC 6

IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA DIPLOMSKOG RADA

Ja:

Mirko Gudelj, 0082059259

(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:

Prilaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na stionici Hrvatski Leskovec-Karlovac.

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

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

doc.dr.sc. Matej Mihic

(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

26.09.2024

(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:

Gudelj M.

ZAHVALE

Na početku najviše bih se htio zahvaliti svom mentoru doc.dr.sc. Mateju Mihiću bez čijeg neizmjernog strpljenja i ažurnosti ovaj rad nebi nikada bio završen.

Ovim putem zahvalio bih se i inženjeru Vladimiru Miliću iz STRABAG-a na dostavljenoj dokumentaciji kao i na strpljenju za sva moja pitanja.

Hvala svim članovima grupe Bau, koji su ovo studiranje učinili malo manje produktivnim, ali znatno zabavnijim.

Hvala grupi Snow Queen.

Hvala mojoj curi koja me trpila tijekom cijelog studiranja!

Hvala svim članovima moje obitelji, a najveće zahvale idu mojoj Materi i Ćaći koji su mi u životu sve omogućili, a moje je bilo samo da zagrijem stolicu.

SAŽETAK

Ovaj rad analizira i prikazuje tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Hrvatski Leskovac – Karlovac, koja je dio međunarodnog Mediteranskog i RH2 koridora. Rad se fokusira na tehničke specifikacije, logistiku te primjenu različitih tehnologija tijekom izvođenja radova. Poseban naglasak stavljen je na izgradnju željezničke pruge te nadvožnjaka Pavučnjak čije su aktivnosti prikazane pomoću tehnoloških karata zbog specifičnih metoda gradnje u odnosu na ostale objekte na dionici. Rad zaključuje da modernizacija željezničke infrastrukture značajno doprinosi ekonomskom razvoju, te da ključnu ulogu u projektima ove veličine imaju kvalitetna organizacija i primjena naprednih tehnologija.

Ključne riječi: rekonstrukcija, željeznička infrastruktura, Mediteranski koridor, tehnološke karte, ekonomski razvoj

SUMMARY

This graduate thesis analyzes and presents the construction technologies employed in the reconstruction of the existing and the construction of a second railway track on the Hrvatski Leskovac – Karlovac section, part of the international Mediterranean and RH2 corridors. The focus is placed on technical specifications, logistics, and the application of various technologies during project execution. Particular emphasis is given to the construction of the railway and the Pavučnjak overpass, with activities illustrated through technological charts due to the specific construction methods used, distinct from other structures on the section. The thesis concludes that railway infrastructure modernization significantly contributes to economic development, and that the quality of organization and the implementation of advanced technologies are key factors in large-scale projects like this.

Key words: reconstruction, railway infrastructure, Mediterranean corridor, technological maps, economic development

SADRŽAJ

ZAHVALE	i
SAŽETAK	ii
SUMMARY	iii
SADRŽAJ	iv
1 UVOD.....	1
2 OPIS PROJEKTA IZGRADNJE REKONSTRUKCIJE POSTOJEĆEG I IZGRADNJE DRUGOG KOLOSJEKA NA DIONICI HRVATSKI LESKOVAC- KARLOVAC	2
2.1 Položaj Hrvatske u prometnoj mreži Europske unije	2
2.2 Lokacija	5
2.3 Sudionici u gradnji	5
2.4 Ugovor	6
2.5 Opći uvjeti ugovora.....	6
2.6 Dokumentacija za potrebe operativnog izvođenja radova	7
2.6.1 Vremenski plan	7
2.6.2 Plan osiguranja kvalitete	8
2.6.3 Prometni elaborat privremene regulacije prometa	9
2.6.4 Plan izvođenja radova	9
2.7 Prioritet u izvođenju i dinamika radova	9
2.8 Zaštita okoliša	10
2.8.1 Mjere zaštite voda	10
2.8.2 Mjere zaštite tla	11
2.8.3 Mjere zaštite šuma i šumskih ekosustava	11
2.9 Povijest obnove pruge	11
3 TEHNIČKI OPIS TRASE I OBJEKATA	12
3.1 Tehnički opis- postojeće stanje	12
3.1.1 Kolodvori i stajališta	14
3.1.2 Mostovi.....	15
3.1.2.1 Mostovi-novo stanje.....	16
3.1.3 Propusti.....	19
3.1.3.1 Propusti- rekonstrukcija	21
3.2 Željeznička pruga- rekonstrukcija.....	28
3.3 Tehnički uvjeti donjeg ustroja- rekonstrukcija	30
3.3.1 Geodetski radovi	30
3.3.2 Zemljani radovi.....	32
3.3.2.1 Skidanje humusa.....	32
3.3.2.2 Široki iskop	32
3.3.2.3 Iskop stepenica	33

3.3.2.4	Temeljna podloga	33
3.3.2.5	Izrada nasipa od kamene mješavine-ojačani nasip.....	36
3.3.2.6	Izrada nasipa od miješanih materijala	38
3.3.3	Geotehnički radovi	38
3.3.3.1	Zabijeni čelični profili i čelično žmurje.....	38
3.3.4	Odvodnja i vodne građevine	40
3.3.4.1	Izrada podloge od pijeska za vodovodne i kanalizacijske cijevi	40
3.3.4.2	Polaganje drenažnih, vodovodnih i odvodnih cijevi.....	40
3.3.4.3	Zatrpavanje rova.....	41
3.3.4.4	Betonske kanalice za odvod oborinskih voda.....	41
3.4	Tehnički uvjeti gornjeg ustroja- rekonstrukcija	43
3.4.1	Kameni agregat(tucanik)	43
3.4.2	Tračnice tipa 60E1-R260 i 49E1-R260.....	46
3.4.3	Naprave protiv klizanja tračnica	48
3.4.4	Skretnice i kolosiječne veze	49
4	Tehnologija i logistika izvedbe radova gradnje željeznica i mostogradnje.....	53
4.1	Povijest gradnje željeznica u Republici Hrvatskoj	55
4.2	Građevinska mehanizacija u izgradnji željeznica.....	56
4.3	Donji ustroj	57
4.3.1	Općenito o građevinama donjeg ustroja prometnica	58
4.3.2	Normalni poprečni presjek.....	58
4.3.3	Nasip.....	59
4.3.4	Usjek	59
4.3.5	Tehnologija i proces izgradnje donjeg ustroja.....	60
4.3.6	Zaštita pokosa.....	62
4.3.6.1	Biološka zaštita	62
4.3.6.2	Obloga pokosa humusom	62
4.3.6.3	Oblaganje pokosa busenima.....	63
4.3.6.4	Zaštita pokosa pleterom	64
4.3.6.5	Zaštita pokosa zasadama	65
4.3.6.6	Postupak hidrosjetve.....	66
4.3.6.7	Zaštita pokosa geomrežama	67
4.3.6.8	Zaštita pokosa roliranjem.....	67
4.3.6.9	Zaštita pokosa kamenom oblogom.....	68
4.3.6.10	Zaštita pokosa prskanim betonom.....	68
4.3.7	Gornji ustroj željeznice	69
4.3.7.1	Zavarivanje tračnica	69
4.3.7.1.1	Elektrootporno zavarivanje	69

4.3.7.1.2	Aluminotermijski postupak zavarivanja	71
4.3.7.2	Održavanje željeznica	71
4.3.7.2.1	Tekuće održavanje pruge	71
4.3.7.2.2	Investicijsko održavanje pruge.....	71
4.3.7.2.3	Veliki popravak pruge – remont.....	72
4.4	Povijest mostogradnje	72
4.4.1	Tehnologija izvedbe mostova	73
4.4.1.1	Monolitni postupak	73
4.4.1.1.1	Izvedba na fiksnim skelama.....	73
4.4.1.1.2	Izvedba na pokretnim skelama	74
4.4.1.1.3	Izvedba na lansirnim skelama	74
4.4.1.1.4	Montažni postupak	74
4.4.1.1.5	Polumontažni postupak.....	74
5	Prikaz i analiza primjenjenih tehnologija izvođenja radova	75
5.1	Iskaz stavki po količinama radova	75
5.2	Logistika izvedbe radova	78
5.3	Razrada građevinskih aktivnosti	79
5.3.1	Željeznička pruga	79
5.3.2	Nadvožnjak Pavučnjak	81
5.4	Ciklogram i TILOS sustav za izradu rasporeda.....	84
5.5	Ciklogram- varijantno rješenje.....	86
5.6	Kritički osvrt	86
6	ZAKLJUČAK.....	88
	POPIS LITERATURE	89
	POPIS SLIKA.....	90
	POPIS TABLICA	92
	PRILOZI	93

1 UVOD

Tema ovog diplomskog rada je prikaz i analiza tehnologije izvođenja radova na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Hrvatski Leskovac – Karlovac. Ovaj projekt ima ključnu važnost ne samo za razvoj željezničkog prometa u Hrvatskoj, već i za gospodarski rast zemlje, s obzirom na to da građevinski sektor čini značajan dio hrvatskog gospodarstva. Infrastrukturni projekti, poput ovog, doprinose otvaranju novih radnih mjesta, poticanju lokalne proizvodnje i stvaranju dodatne vrijednosti u različitim industrijama, čineći građevinski sektor ključnim pokretačem ekonomskog razvoja.

Pored ekonomske važnosti, željeznice su temeljni dio prometne infrastrukture svake zemlje, omogućujući efikasniji i ekološki prihvatljiviji transport ljudi i robe. Rekonstrukcija i modernizacija željezničke mreže posebno su važne za Hrvatsku jer omogućuju bržu i sigurniju povezanost s ključnim regionalnim centrima i lukom Rijeka, što posljedično povećava konkurentnost Hrvatske unutar Europske unije. Dionica Hrvatski Leskovac – Karlovac dio je Mediteranskog koridora i koridora RH2, što doprinosi boljoj integraciji Hrvatske u transeuropsku prometnu mrežu.

Cilj ovog rada je analizirati i prikazati različite aspekte izvođenja radova, od tehničkih specifikacija do logistike i implementacije različitih tehnologija građenja. Posebna pažnja posvećena je korištenim tehnologijama u izgradnji mostova i željezničke infrastrukture, s posebnim naglaskom na izgradnju mosta Pavučnjak. Radovi na izgradnji željezničke pruge i nadvožnjaka Pavučnjak detaljno su prikazani pomoću tehnoloških karata koje pružaju uvid u precizne faze i metode gradnje. Kroz ovu analizu dobit će se bolji uvid u složenost i izazove izvedbe ovakvog projekta te njegova značajna tehnička i ekonomska postignuća.

2 OPIS PROJEKTA IZGRADNJE REKONSTRUKCIJE POSTOJEĆEG I IZGRADNJE DRUGOG KOLOSIJEKA NA DIONICI HRVATSKI LESKOVAC-KARLOVAC

2.1 Položaj Hrvatske u prometnoj mreži Europske unije

Dionica Zagreb – Karlovac dio je glavne koridorske pruge od značaja za međunarodni promet, na liniji M202 Zagreb Glavni kolodvor – Karlovac – Rijeka. Ova dionica predstavlja ishodište ili odredište nekadašnjeg V.b koridora Budimpešta – Rijeka, koji je sada dio Mediteranskog TEN-T koridora, odnosno RH2 koridora. Ovaj željeznički pravac je ključan za povezivanje središnje Hrvatske, Gorskog kotara i sjevernog Primorja, kao i za povezivanje europskih regionalnih integracija poput Alpe – Jadran, Mediteran – Podunavlje i Srednjoeuropske inicijative.

Prema Odluci o razvrstavanju željezničkih pruga, ovaj međunarodni željeznički prometni pravac Botovo – Zagreb – Rijeka na teritoriju Republike Hrvatske ima oznaku RH2 i obuhvaća sljedeće pruge:

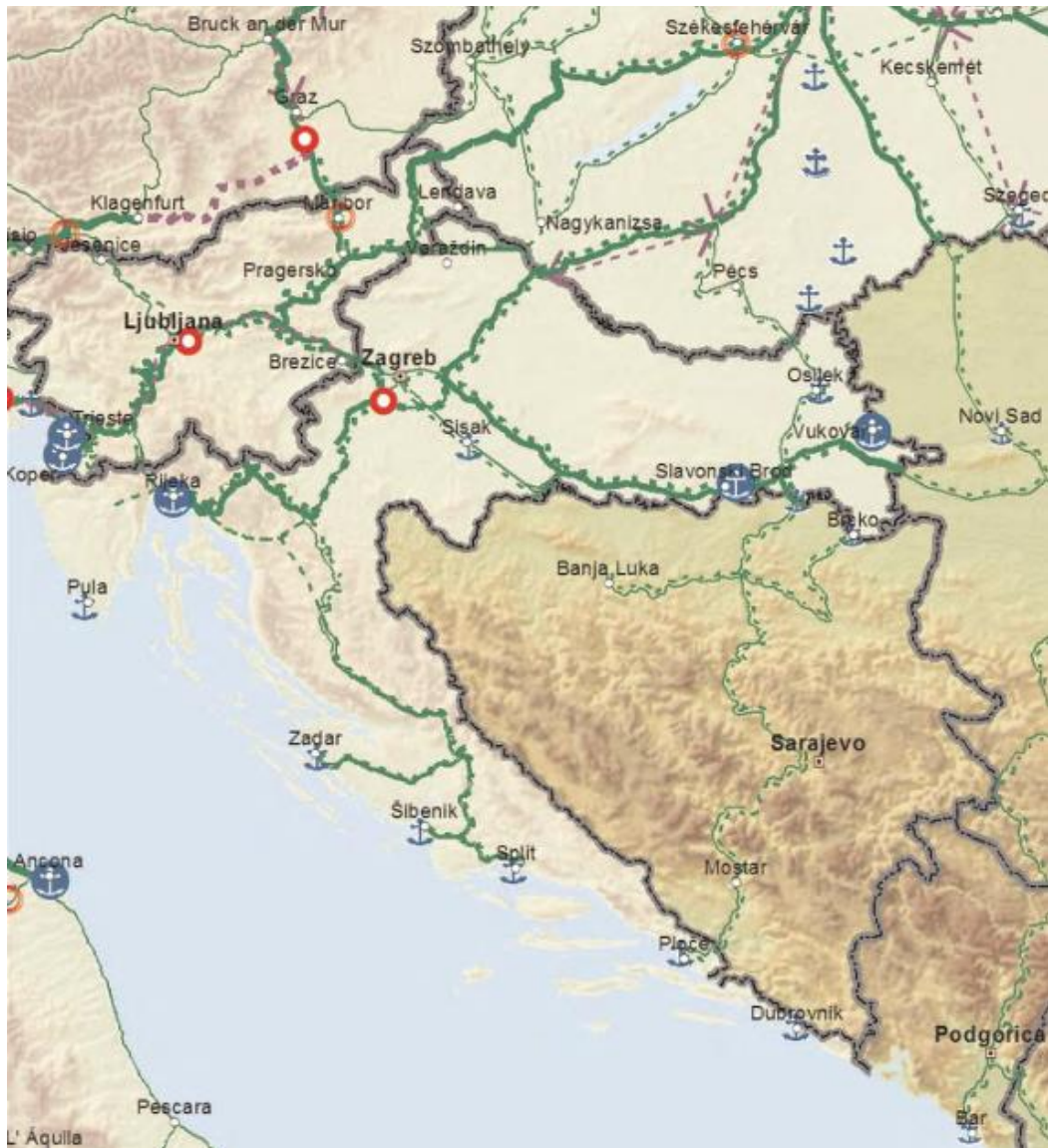
M201 državna granica (DG) – Botovo – Koprivnica – Dugo Selo,

M102 Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo,

M202 Zagreb Glavni kolodvor – Karlovac – Rijeka,

M203 Rijeka – Šapjane – DG (Ilirska Bistrica).

Željeznička pruga M202 Zagreb Glavni kolodvor – Rijeka sastavni je dio Koridora RH2, definiranog Odlukom o razvrstavanju željezničkih pruga. Također, ona je dio osnovnog koridora EU mreže – Mediteranskog koridora te Međunarodnog teretnog koridora RFC6 (Italferr i Europska unija, 2021).

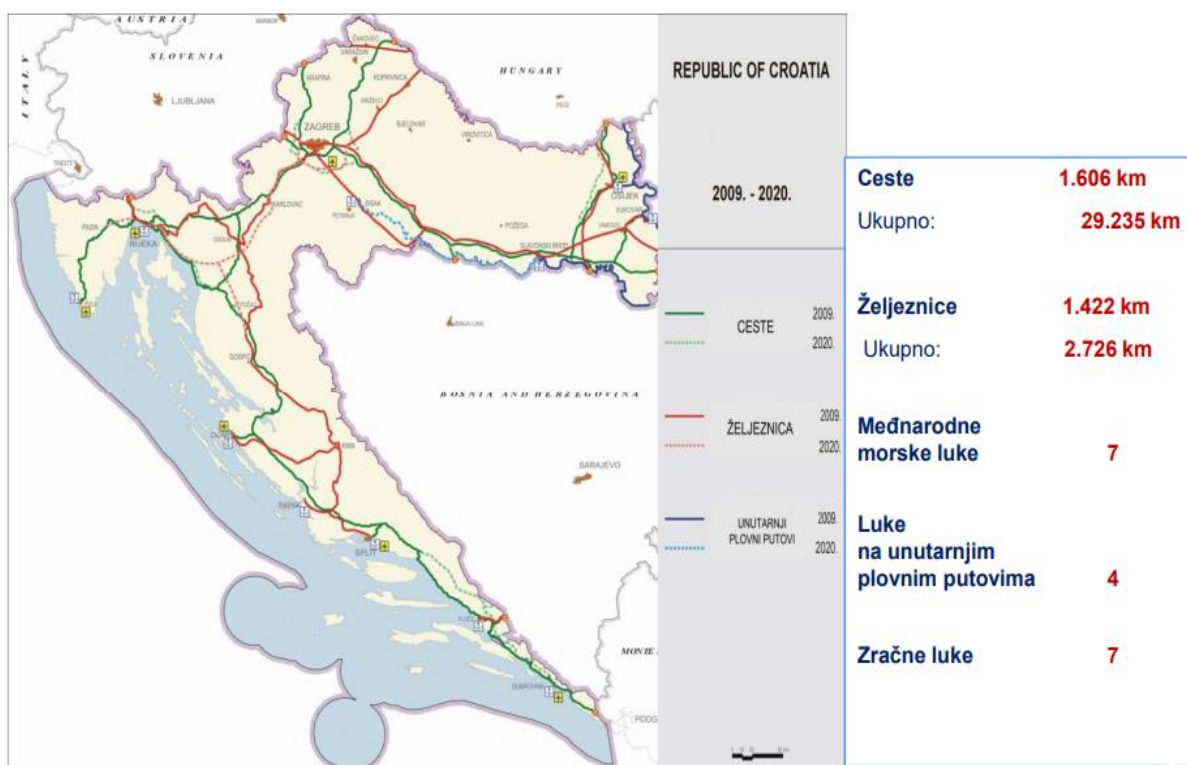


Slika 1: Prikaz transeuropske prometne mreže- Regija Zapadnog Balkana (Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, 2012.)

Krajem 2013. godine, Europska komisija donijela je odluku o smjernicama nove prometne politike Europske unije. Usvojena je Uredba kojom se postojeća prometna mreža europskih prometnica integrirala u transeuropsku prometnu mrežu (Trans-European Network – Transport, TEN-T). Ovom odlukom definirano je devet koridora Osnovne prometne mreže EU (Italferr i Europska unija, 2021).



Slika 2: Prikaz osnovne željezničke mreže (Ministarstvo mora,prometa i infrastrukture, 2012.)



Slika 3: Prikaz sveobuhvatne prometne mreže u RH(Ministarstvo mora,prometa i infrastrukture, 2012.)

2.2 Lokacija

Pruga na dionici Hrvatski Leskovac- Karlovac dio je pruge M202 Zagreb GK-Rijeka i jedna je od najvažnijih u Hrvatskoj jer povezuje glavni grad Zagreb s najvažnijom hrvatskom jadranskom lukom u Rijeci. Osim povezivanja Hrvatske ovaj željeznički pravac važan je u povezivanju europski regionalnih integracija kao što su Alpe-Jadran, Mediteran- Podunavlje i Srednjoeuropska inicijativa.(HŽ infrastruktura, 2021.)



Slika 4: Prikaz lokacije projekta(HŽ infrastruktura, 2021.)

2.3 Sudionici u gradnji

Glavni izvođači radova na dionici Hrvatski Leskovac – Karlovac su zajednica ponuditelja koju čine tvrtke STRABAG d.o.o., STRABAG AG i STRABAG Rail a.s. s kojima je investitor, HŽ Infrastruktura, potpisao ugovor 28. srpnja 2022. godine, u vrijednosti od 227,4 milijuna eura. Ranije spomenuti izvođači odgovorni su za izvedbu radova na građevinskom i elektroenergetskom podsustavu. Ugovor za izvođenje radova za prometno-upravljački i signalno-sigurnosni podsustav HŽ Infrastruktura potpisala je 28. srpnja 2022. sa tvrtkom AŽD Praha s.r.o. u vrijednosti 35,0 milijuna eura. Ugovor za pružanje usluge nadzora HŽ Infrastruktura potpisala je 15. lipnja 2022. sa zajednicom ponuditelja koju čine tvrtke YÜKSEL PROJE ANONIM ŞİRKETİ, “PPG” Društvo za projektovanje i građenje d.o.o. i MOBILITA EVOLVA d.o.o. u vrijednosti 4,7 milijuna eura.

2.4 Ugovor

FIDIC Crveni ugovor, poznat i kao "Conditions of Contract for Construction", predstavlja jedan od standardnih ugovora koje je razvila Međunarodna federacija inženjera konzultanata (FIDIC). Ovaj ugovor je posebno osmišljen za građevinske projekte u kojima se većina radova izvodi prema nacrtima i specifikacijama koje osigurava naručitelj, odnosno investitor. Crveni ugovor je prikladan za projekte gdje naručitelj preuzima većinu odgovornosti za dizajn, dok je izvođač odgovoran za izvođenje radova u skladu s predviđenim planovima.

Ovaj ugovor uključuje detaljno definirane uvjete koji reguliraju odnos između naručitelja i izvođača, uključujući odredbe o plaćanju, vremenskom rasporedu, varijacijama, preuzimanju radova i rješavanju sporova. Posebno se naglašava uloga nadzornog inženjera, koji djeluje kao posrednik između naručitelja i izvođača te osigurava da se radovi izvode u skladu s ugovorenim uvjetima.

Jedna od glavnih prednosti FIDIC Crvenog ugovora je njegova međunarodna prihvaćenost i prepoznatljivost, što olakšava komunikaciju i suradnju između stranaka iz različitih zemalja. Osim toga, jasno definirani postupci i pravila pomažu u smanjenju rizika i nesporazuma tijekom izvedbe projekta, čime se povećava vjerojatnost uspješne realizacije projekta.

2.5 Opći uvjeti ugovora

Ugovor o izvođenju radova na dionici Hrvatski Leskovac – Karlovac definira nekoliko ključnih općih uvjeta. Rok dovršetka radova je 30 mjeseci od datuma početka radova, što osigurava dovoljno vremena za izvođenje svih predviđenih aktivnosti. Razdoblje za obavijest o nedostacima postavljeno je na 24 mjeseca, čime se omogućuje adekvatno praćenje i ispravljanje svih eventualnih nedostataka nakon završetka radova.

Komunikacija između ugovornih strana odvijat će se putem sustava elektroničkog prijenosa, koji uključuje telefaks ili elektroničku poštu. Mjerodavno pravo koje će se primjenjivati na sve pravne aspekte ugovora je Pravo Republike Hrvatske, dok jezik za komunikacije i mjerodavni jezik ugovora bit će Hrvatski jezik.

Za osiguranje dobrog izvršenja ugovora, predviđeno je da iznos sredstava osiguranja iznosi 10% od prihvaćenog ugovornog iznosa, plaćen u valutama i omjerima kojima je plativa ugovorna cijena. Ukupni predujam iznosi 10% prihvaćenog ugovorenog iznosa, dok će amortizacija otplate predujma biti 15%. Radno vrijeme na gradilištu definirano je od ponedjeljka do subote, od 7 do 19 sati u razdoblju od ožujka do rujna te od 8 do 16 sati u razdoblju od listopada do veljače.

Kazne za kašnjenje radova iznose 1% ugovorene cijene po danu kašnjenja, plaćene u valutama i omjerima kojima je plativa ugovorna cijena, s maksimalnim iznosom kazne ograničenim na 5% ukupnog ugovorenog iznosa. Ovi uvjeti osiguravaju jasno definirane odgovornosti i obveze svih uključenih strana te postavljaju temelje za uspješnu realizaciju projekta.

2.6 Dokumentacija za potrebe operativnog izvođenja radova

2.6.1 Vremenski plan

Vremenski plan u organizaciji građenja je ključni dokument koji detaljno prikazuje sve faze građevinskog projekta, od početka do završetka, s jasno definiranim aktivnostima, njihovim trajanjem i međusobnim ovisnostima. Ovaj plan služi kao vodič za koordinaciju svih sudionika u projektu, osiguravajući da se radovi izvode unutar zadanih rokova i prema dogovorenom rasporedu. (Hinze, 2011)

Izvođač je, prema odredbama ugovora, obavezan nadzornom inženjeru dostaviti detaljan vremenski plan na odobrenje u roku od 28 dana nakon primitka obavijesti o datumu početka radova. Vremenski plan temelji se na preliminarnom vremenskom planu iz izvođačeve ponude i treba minimalno uključivati redosljed izvođenja radova, predviđene vremenske odredbe za svaku fazu projektiranja, njihovu međuovisnost s izvođenjem radova, dokumentaciju, nabavu, izradu opreme i isporuku na gradilište, izgradnju, montažu i ispitivanja specificirana ugovorom. Također, plan treba prikazati planirana sredstva za izvođenje radova (materijale, strojeve, opremu i ljudske resurse). Pri izradi plana izvođač će uzeti u obzir zahtjeve prioriteta u izvođenju radova, dinamiku izvođenja i ograničenja, te pravo na pristup, ističući radove i rokove dinamike izvođenja radova, organizacije i odvijanja prometa. Plan mora sadržavati dovoljno detalja kako bi Izvođač dokazao svoju sposobnost dovršenja radova u skladu sa zahtjevima ugovora i unutar zadanih rokova. Posebno je važno utvrditi kritične dugotrajne aktivnosti, kao što su testiranje konfiguracije softvera ili nabava robe s dugim vremenom isporuke, te kašnjenja koja bi mogla utjecati na dovršenje ugovora, osobito kod radova na prometno-upravljačkom i signalno-sigurnosnom podsustavu.

Vremenski plan treba identificirati i detaljno opisati aktivnosti kao što su projektiranje uređaja i sustava, razvoj softvera, nabavu, proizvodnju, tvornički pregled i testiranje, dostavu na Gradilište, izgradnju (na otvorenoj pruzi, kolodvorima, većim objektima, križanjima izvan razine, kontaktnoj mreži), instalaciju signalno-sigurnosnih uređaja, te sve ostale ključne aktivnosti za praćenje napretka projekta.

Također, plan treba uključivati nabavu materijala, deponiranje viška materijala, uspostavu gradilišnih postrojenja, izgradnju pomoćnih građevina, montažu, testiranje, tehničke preglede, pokusni rad, puštanje u pogon, ishodačenje dozvola i povrat polovnog materijala. Plan mora uzeti u obzir vrijeme potrebno za pregled i izdavanje odobrenja od strane inženjera, te prikazati redosljed aktivnosti kako bi inženjer mogao planirati vrijeme pregleda i ispitivanja.

Izvođač će određene radove izvoditi paralelno s naručiteljevim osobljem za održavanje, te će obje strane usko surađivati i koordinirati radove. Vremenski plan treba biti dostavljen u papirnatom i elektroničkom obliku, sukladnom softveru (MS Project) koji koristi naručitelj. Nakon prvog dostavljanja plana, inženjer će potvrditi prihvaćanje, te izvođač ne smije mijenjati bitne odredbe bez odobrenja inženjera. Ako inženjer vrati plan na doradu, izvođač je obavezan izraditi

revidirani plan prema uputama inženjera. To će izvođač učiniti svaki put kad Inženjer uoči kašnjenje u izvođenju aktivnosti u odnosu na inicijalno usvojen plan.

2.6.2 Plan osiguranja kvalitete

Plan osiguranja kvalitete (POK) je dokument koji definira procese, resurse i aktivnosti potrebne za osiguranje da građevinski radovi zadovolje specificirane standarde kvalitete.

Izvođač je dužan nadzornom inženjeru dostaviti detaljan plan osiguranja kvalitete (POK) na odobrenje u roku od 28 dana nakon primitka obavijesti o datumu početka radova, prema propisima ugovora. POK će biti izrađen koristeći preliminarni plan osiguranja kvalitete iz izvođačeve ponude. Izvođač je dužan imenovati osobu odgovornu za upravljanje POK-om, koja će biti ovlaštena i kvalificirana za donošenje odluka o pitanjima kvalitete, te će biti kontakt osoba između inženjera i izvođača za sva pitanja kvalitete. Osobe koje obavljaju kontrolu kvalitete i testiranja moraju biti neovisne od onih koji izvode radove.

Plan će obuhvaćati kontrole navedene u ugovoru, kao i sve druge uobičajene i posebne kontrole koje izvođač smatra potrebnim za osiguranje kvalitete izvođenja radova. Opisat će vrstu, način, opseg, vrijeme i frekvenciju, kriterije za odobrenje te dokumentaciju za vođenje evidencije i odgovorne osobe za svaku kontrolnu aktivnost. POK će sadržavati detalje ugovora, ime i reference, sažetak zahtjeva i aktivnosti osiguranja kvalitete, detalje organizacije osiguranja kvalitete, odgovornosti, kanale komunikacije, funkcije, iskustvo i kvalifikacije ključnog osoblja.

Plan će potvrditi da su u programu osiguranja kvalitete razmotreni svi zahtjevi ugovora, te će opisati metode za osiguranje kvalitete tijekom cijelog razdoblja izvođenja ugovora. Također, uključit će popis preporučenih radnih procedura, standarda, specifikacija ili drugih dokumenata, te posebnih procesa potrebnih za izvođenje ugovora. Metodologija, plan i popis tema za interne i podizvođačeve revizije osiguranja kvalitete bit će uključeni, kao i detalji o evidenciji koju će voditi izvođač, uključujući fazu pripreme, razdoblje i način pohranjivanja.

POK će sadržavati detalje o nabavi, evidenciji nabave i dopreme građevnih proizvoda i sklopova, te detalje o prijavljenim i odobrenim tijelima koja će se koristiti za ocjenjivanje i provjeru stalnosti svojstava. Upravljanje podizvođačima i dobavljačima, te uvjeti njihovog POK-a bit će detaljno objašnjeni, uključujući kako se osigurava da se koriste samo valjani i provjereni dokumenti za izvođenje radova, metoda bilježenja izmjena i dopuna dokumentacije, te planirana kontrola građevnih proizvoda, sklopova i radova.

U slučaju odstupanja, dopuna ili izmjena ugovorne dokumentacije, POK će uključivati procedure za postupanje. Planovi kvalifikacija za svaku aktivnost koja zahtijeva ispitivanje i testiranje bit će jasno definirani. Poveznice s postojećim sustavom osiguranja kvalitete izvođača i metoda ažuriranja dokumentacije o kvaliteti također će biti uključeni. Ako inženjer ne odobri dostavljeni plan, on mora biti izmijenjen i dopunjen prema uputama inženjera te ponovo dostavljen na odobrenje u roku od 7 dana.

POK će biti dokument koji se stalno ažurira, prateći i razmatrajući razna pitanja glede kvalitete tijekom napredovanja ugovora. Promjene u opsegu i sadržaju osiguranja kvalitete rada neće utjecati na ugovorni rok za izvođenje radova ili ugovorni iznos. Izvođač će inženjeru dostavljati rezultate tih promjena, navodeći ažurirane dijelove i eventualne korektivne radnje u obliku revizije postojećeg POK-a..

2.6.3 Prometni elaborat privremene regulacije prometa

Prije početka radova i upotrebe javnih cesta, izvođač je dužan izraditi prometni elaborat privremene regulacije prometa. Ovaj elaborat mora biti izrađen sukladno pravilniku o privremenoj regulaciji prometa i označavanju te osiguranju radova na cestama (NN br. 92/19) i pravilniku o sadržaju, namjeni i razini razrade prometnog elaborata za ceste (NN br. 140/13). Prometni elaborat treba minimalno sadržavati naslovnu stranu, sadržaj projekta, tekstualni dio s tehničkim opisom (uključujući fotografije i tablice), opis prometovanja vozila za vrijeme izvođenja radova, opis dionica i faza izvođenja radova, opis faza preusmjeravanja prometa, opis vremenskog trajanja privremene regulacije prometa te vremenski plan s glavnim aktivnostima i poveznicom s fazama privremene regulacije prometa.

Grafički prilozi trebaju uključivati shematski prikaz na situacijskom nacrtu svih potrebnih znakova i detaljniju razradu kritičnih točaka ako je potrebno. Kod izvođenja radova preko željezničko-cestovnih prijelaza, gdje postoji potreba za privremenim zatvaranjem prijelaza, također je potrebno izraditi prometni elaborat privremene regulacije cestovnog prometa.

2.6.4 Plan izvođenja radova

Investitor je dužan angažirati koordinatora zaštite na radu II, koji je odgovoran za izradu plana izvođenja radova, sukladno pravilniku o zaštiti na radu na privremenim gradilištima (NN 48/18). Plan će biti izrađen koristeći preliminarni plan izvođenja radova iz izvođačeve ponude. Nakon izrade, plan izvođenja radova bit će dostavljen inženjeru na kontrolu te, ako bude potrebno, doradit će se prema primjedbama. Sukladno pravilniku o zaštiti na radu na privremenim gradilištima, investitorova je obveza da imenuje koordinatora zaštite na radu II. Izvođač je dužan poštivati sve odredbe vezane za zaštitu zdravlja, sigurnost na radu i zaštitu okoliša, kako je navedeno u ugovoru i hrvatskom zakonodavstvu.

Plan izvođenja radova potrebno je uskladiti s planom izvođenja radova za prometno-upravljački i signalno-sigurnosni podsustav.

2.7 Prioritet u izvođenju i dinamika radova

Prioritet je izgradnja cestovnih nadvožnjaka i podvožnjaka prije ukidanja postojećih osiguranja željezničko-cestovnih prijelaza. Svi radovi na križanjima moraju biti dovršeni u roku od dvije godine od početka radova. Tijekom izvođenja radova, željeznički promet mora se odvijati bez

prekida, osim u vrijeme odobrenih zatvora pruge. Izvođač mora izraditi Prometno-tehnološki elaborat i izvješće o radovima u zatvorima pruge. Radovi na rekonstrukciji i izgradnji drugog kolosijeka trebaju se izvoditi tako da sustav osiguranja pruge- automatski pružni blok (APB) ostane funkcionalan najmanje 1,5 godina od početka radova. Izvođač snosi troškove prilagodbe sustava osiguranja.

Za isključenje i uklanjanje postojećih uređaja osiguranja prijelaza, novi uređaji moraju biti izgrađeni, odobreni i pušteni u rad. Ako se gradi podvožnjak ili nadvožnjak, trenutni prijelaz ostaje u funkciji do dovršetka i dobivanja uporabne dozvole za novi objekt.

Osiguranje željezničko-cestovnih prijelaza mora raditi i kada se trajno isključuje sustav osiguranja pruge, a izvođač snosi troškove potrebnih preinaka. Sustav napajanja električnom energijom i radiotelekomunikacijska veza moraju biti funkcionalni tijekom svih radova, s troškovima prilagodbe na teret izvođača.

Izvođač mora osigurati potrebna sredstva, materijale i postrojenja za ispunjenje tražene dinamike radova i neprekidnog željezničkog prometa, uz poštivanje ograničenja pristupa. Također, dužan je imenovati odgovornu osobu za koordinaciju zatvora pruge tijekom izvođenja radova.

2.8 Zaštita okoliša

2.8.1 Mjere zaštite voda

Radove na prijelazima i u blizini površinskih vodotoka potrebno je izvoditi na način da se ne mijenjaju hidromorfološke karakteristike korita, ne mijenja protok te ne dolazi do zamućenja. U okviru Glavnog projekta odvodnje otpadnih voda, treba izraditi Priručnik o radu i održavanju sustava odvodnje za normalno funkcioniranje i izvanredne situacije. Parkirališni prostor za vozila i građevinske strojeve treba biti uređen s nepropusnom podlogom, a površinske vode treba odvoditi preko separatora ulja i masti prije ispuštanja u tlo. Gradilište i skladišne površine za materijale, opremu i građevinske strojeve trebaju biti organizirane izvan područja visokih voda. Radovi s mehanizacijom moraju se izvoditi s potrebnim oprezom, a u slučaju akcidenata postupiti prema Operativnom planu za sprječavanje širenja i uklanjanje iznenadnog onečišćenja voda.

2.8.2 Mjere zaštite tla

Humusni sloj treba deponirati na za to određeno mjesto i nakon završetka radova koristiti za hortikulturno uređenje. U najvećoj mogućoj mjeri potrebno je koristiti postojeće šumske i poljske putove kao pristupne ceste te ih po završetku građevinskih radova sanirati. Također, treba osigurati nesmetanu komunikaciju između poljoprivrednih površina kako bi se minimalizirale štete na tlu i olakšao pristup poljoprivrednim radovima.

2.8.3 Mjere zaštite šuma i šumskih ekosustava

Potrebno je voditi računa o uređenju rubnih dijelova gradilišta kako bi se spriječilo izvaljivanje stabala na novonastalim rubovima i klizanje terena. Posebnu pažnju treba posvetiti rukovanju lakozapaljivim materijalima i alatima s otvorenim plamenom, kao i alatima koji mogu izazvati iskrenje. Odmah nakon prosijecanja trase, potrebno je izvesti posječenu drvenu masu te uspostaviti i održavati šumski red kako bi se očuvali šumski ekosustavi i spriječile eventualne ekološke štete.

2.9 Povijest obnove pruge

Posljednja obnova pruge novim materijalom u dijelovima dionica izvedena je kako slijedi:

Hrvatski Leskovac – Zdenčina 2004. godine

Zdenčina – Jastrebarsko 2013. godine

Jastrebarsko - Draganići 1989. godine

Draganići – Karlovac 1995./1996. godine.

Uporabno stanje pruge najlošije je na dionici Jastrebarsko – Draganići gdje se kontinuirano smanjuje brzina iz sigurnosnih razloga te gdje je maksimalna dozvoljena brzina smanjena na 60 km/h važećim voznim redom.

3 TEHNIČKI OPIS TRASE I OBJEKATA

3.1 Tehnički opis- postojeće stanje

Dionica Hrvatski Leskovac - Karlovac sastavni je dio željezničke pruge M202 Zagreb Gk – Rijeka glavnog koridora za međunarodni prijevoz RH2, a također i Mediteranskog transeuropskog željezničkog koridora. Početna točka stacioniranja dionice Hrvatski Leskovac - Karlovac je kolodvor Hrvatski Leskovac u km 435+168,66, a krajnja točka je kolodvor Karlovac u km 477+040,11.

Duljina dionice željezničke pruge na kojoj će se izvoditi radovi nešto je veća, jer projekt uključuje i rekonstrukciju željezničkih kolodvora Hrvatski Leskovac i Karlovac. Duljina dionice od ulazne skretnice u kolodvoru Hrvatski Leskovac do izlazne skretnice u kolodvoru Karlovac je 43.439 km. Na predmetnom obuhvatu zahvata u prostoru, odnosno dionici željezničke pruge M202 planirana je podjela u jedanaest etapa, odnosno tehničko - funkcionalnih cjelina. Svaka od etapa zasebna je građevinska i uporabna dozvola, izuzev etape 10. i 11. koje imaju zajedničku uporabnu dozvolu, objedinjenu za obje etape. Dakle, ukupno 11 građevinskih dozvola i 10 uporabnih dozvola.

Etape su:

1. ETAPA – Rekonstrukcija elektrovučne podstanice Mrzlo Polje
2. ETAPA – Izgradnja podvožnjaka “Bedekova”
3. ETAPA – Izgradnja nadvožnjaka “Pavučnjak”
4. ETAPA – Izgradnja nadvožnjaka “Zdenčina”
5. ETAPA – Izgradnja nadvožnjaka “Cvetković”
6. ETAPA – Izgradnja nadvožnjaka “Domagović”
7. ETAPA – Izgradnja podvožnjaka “Lazina”
8. ETAPA – Izgradnja podvožnjaka “Ribnjak”
9. ETAPA – Izgradnja nerazvrstane ceste Orlovac-Ilovac radi ukidanja ŽCP-a Orlovac
10. ETAPA – Rekonstrukcija postojećeg i dogradnja drugog kolosijeka pruge M202 Zagreb GK – Rijeka, na dionici Hrvatski Leskovac – Karlovac, I. poddionica: Hrvatski Leskovac (uključeno), 8+386 - Jastrebarsko (uključeno), 33+292
11. ETAPA – Rekonstrukcija postojećeg i dogradnja drugog kolosijeka pruge M202 Zagreb GK – Rijeka, na dionici Hrvatski Leskovac – Karlovac, II. Poddionica: Jastrebarsko, 33+292 (isključeno) – Karlovac, 54+228 (uključeno)

U cijeloj svojoj duljini postojeća dionica željezničke pruge Hrvatski Leskovac - Karlovac je jednokolosiječna, sa kapacitetom za najveću dopuštenu masu željezničkih vozila koja odgovara modelu opterećenja D4 (22,5 t/osovini i 8 t/m³), zaustavni put je 1.000 m. Postojeća kolosiječna geometrija u većem dijelu dionice omogućava brzinu od 160 km/h, s lokalnim ograničenjima brzine od 75-120 km/h. Najveća dopuštena brzina prema važećem voznom redu, osim projektirane geometrije kolosijeka, ovisi o tehničkom stanju uporabe i opremi pruge.

U dijelovima dionice to je:

Hrvatski Leskovac – Zdenčina 130 km/h (nagibni vlakovi), odnosno 110 km/h (konvencionalni vlakovi)

Zdenčina – Jastrebarsko 140 km/h, Jastrebarsko – Draganići 80 km/h (uz ograničenje brzine od 75 km/h kroz kolodvor Jastrebarsko)

Draganići – Karlovac 100 km/h. Minimalni radijus horizontalne krivine je 680 m (izlaz iz kolodvora Jastrebarsko prema Karlovcu) i 800 m (na ulazu u kolodvor Karlovac).

Mjerodavni uzdužni nagib kolosijeka (na duljini od 1 km) nigdje ne prelazi 8 mm/m.

Cijela dionica izvedena je kao kontinuirano zavaren kolosijek s dugim trakama tračnica. Na poddionicama Hrvatski Leskovac - Jastrebarsko i Draganići – Karlovac ugrađene su tračnice tipa 60E1, postavljene na prednapregnute armirano-betonske pragove s izravnim elastičnim pričvršćenjem tipa Skl-1, na tucanik i tamponski sloj debljine od 30 do 40 cm. Na poddionici Jastrebarsko – Draganići postavljene su tračnice tipa 49E1, na impregnirane drvene bukove pragove, s elastičnim pričvršćenjem tipa Skl-2 na rebrastim podložnim pločama, na tucanik i tamponski sloj debljine 20 cm.

Prolazni i drugi kolosijeci u kolodvorima izrađeni su od tračnica tipa 49E1 i S45, djelomično zadovoljavajući potrebnu nosivost. Sporedni kolodvorski kolosijeci izgrađeni su od rabljenog materijala. Skretnice su uglavnom sastavljene od tračnica tipa 49E1 i 60E1, s radijusima od 200 m, 300 m i 500 m, a uvjeti njihova korištenja općenito su zadovoljavajući uz redovno održavanje, uz nekoliko izuzetaka.

Slobodni profil duž cijele željezničke pruge Zagreb - Rijeka ispunjava uvjete za prolazak željezničkih vozila sa GB profilom. Međutim, ograničavajući slobodni profil koji određuje uvjete za cijelu željezničku prugu prisutan je na ostalim dionicama, dok na dionici Hrvatski Leskovac - Karlovac postoje uvjeti i za GC profil.

3.1.1 Kolodvori i stajališta

Na promatranjoj dionici pruge od Hrvatskog Leskovca do Karlovca nalazi se 6 kolodvora i 4 stajališta.

Tablica 1: Službena mjesta na pružnoj dionici Hrvatski Leskovac-Karlovac(HŽ infrastruktura, 2024.)

R.br.	Naziv službenoga mjesta	Status	Km položaj
1.	HRVATSKI LESKOVAC	kolodvor	435+168
2.	HORVATI	stajalište	441+341
3.	STAJALIŠTE MAVRAČIĆ	stajalište	444+341
4.	ZDENČINA	stajalište	448+497
5.	STAJALIŠTE DESINEC	kolodvor	451+865
6.	JASTREBARSKO	stajalište	456+927
7.	STAJALIŠTE DOMAGOVIĆ	kolodvor	460+047
8.	STAJALIŠTE LAZINA	kolodvor	463+089
9.	DRAGANIĆI	kolodvor	467+393
10.	KARLOVAC	kolodvor	477+011



Slika 5: Grafički prikaz pozicija stajališta i kolodvora(HŽ infrastruktura, 2021.)

3.1.2 Mostovi

Na predmetnoj dionici nalazi se 14 mostova.

Tablica 2: Kilometarski položaji, tipovi i rasponi mostova dani su u sljedećoj tablici (HŽ infrastruktura, 2022.)

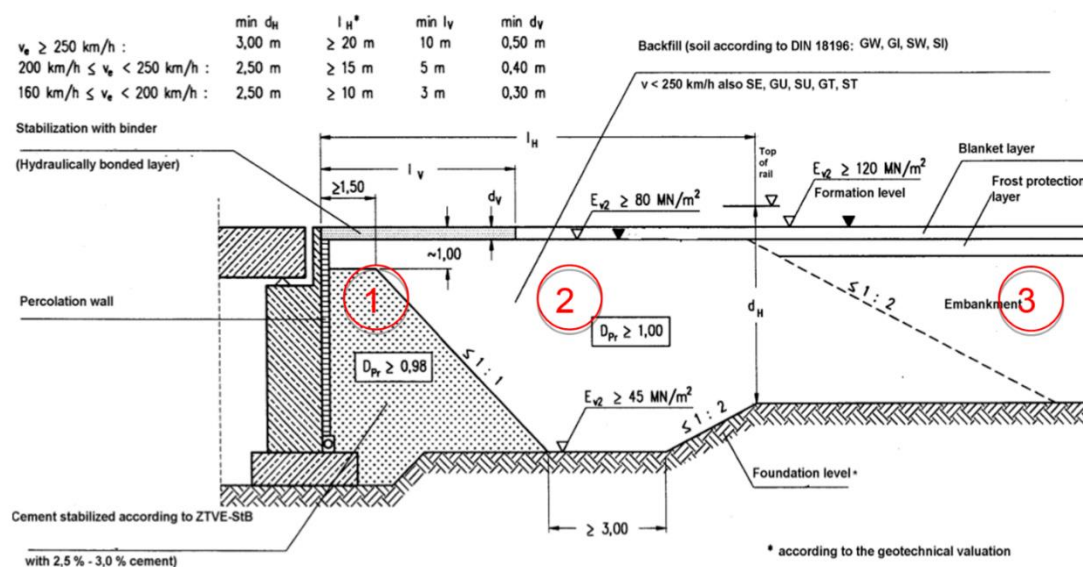
Red. br.	Km položaj	Ime mosta	Raspon (m)
1.	439+764	Most "Lomnica" (masivni)	10,50
2.	441+414	Most "Seoski put"	6,00
3.	447+471	Most "Botica"	4,00
4.	448+175	Most "M. Botica"	2,31
5.	450+876	Most "Potok Okićnica"	11,20
6.	452+621	Most "Gonjeva"	11,50
7.	453+385	Most "Bukovac"	4,31
8.	454+600	Most "Bresnica"	2,24
9.	457+548	Most "Reka"	6,15
10.	462+707	Most "Črnac"	5,25
11.	463+950	Most "Kupčina"	11,20
12.	464+964	Most "Stojnica" (masivni)	11,20
13.	471+230	Most "Kupa-Kupa" (masivni)	105,50
14.	474+921	Most "Ilovac" (masivni)	9,60

3.1.2.1 Mostovi-novo stanje

Predviđena je izgradnja novih mostova koji će zadovoljiti tehničke zahtjeve dvokolosiječne željezničke pruge. Nove konstrukcije planiraju se na lokacijama postojećih mostova ili u njihovoj neposrednoj blizini, pri čemu je cilj osigurati kontinuitet prometa na pruzi tijekom cijelog procesa izgradnje.

Izgradnja će se odvijati u dvije ključne faze. U prvoj fazi bit će izgrađena nova konstrukcija za drugi kolosijek, čime će se omogućiti nastavak prometa na postojećem kolosijeku. Nakon dovršetka prve faze, slijedi rušenje postojećih konstrukcija i izgradnja novih mostova na njihovim mjestima, čime će se postići puna funkcionalnost dvokolosiječne pruge.

Kroz faze izgradnje posebna pažnja posvećena je izradi klinova i prijelaznih zona, koje su ključne za stabilnost konstrukcije i smanjenje dinamičkog opterećenja. Ovi radovi obuhvaćaju nasipanje, razastiranje i zbijanje nevezanih materijala uz objekte prema tehničkim uvjetima i nacrtima projekta. Materijal korišten za izradu klinova mora odgovarati zahtjevima za ojačani nasip, što osigurava njegovu otpornost i dugovječnost, a prijelazne zone izrađuju se oko upornjaka mostova ili pothodnika kako bi se ublažio efekt dinamičkog opterećenja. Veličina klinova varira ovisno o visini objekta i dužini prilaza.



Slika 6 Nasip prilazne rampe (HŽ infrastruktura, 2022.)

U zoni 1 nasip uz pružne građevine izvodi se cementnom stabilizacijom s minimalnom širinom krune od 1,50 m i nagibom pokosa od 1:1 ili blaže. Stabilizacija se izvodi prema standardu ZTVE-StB ili ekvivalentnim normama, uz dodatak 2,5% do 3,0% cementa. Stupanj zbijenosti mora biti najmanje 98%.

U zoni 2 prijelazni nasip na razini temeljnog tla mora imati minimalnu širinu od 3,0 m, mjerenu od nožice nasipa zone 1, s postepenim spuštanjem do temeljnog tla pod nagibom 2H:1V. Nasip se izvodi od kamenog materijala u slojevima debljine 30-50 cm, uz zahtijevanu zbijenost od 100%. Ugradbeni materijal mora odgovarati zahtjevima iz norme DIN 18196 ili ekvivalentnim standardima.

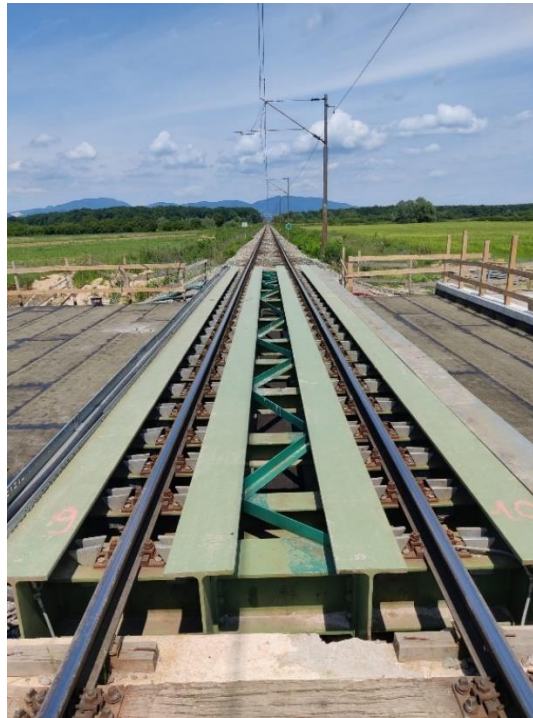
U zoni 3 prema geotehničkom projektu, nasip u ovoj zoni mora biti izveden prema specifikacijama za miješane materijale. Iznad klina, uz sami objekt, predviđena je prijelazna ploča od cementne stabilizacije s dodatkom 2,5% do 3,0% cementa, uz stupanj zbijenosti od najmanje 98% prema HRN EN 13286-2:2010.

Novi mostovi projektirani su kao monolitne strukture koje se sastoje od dva ili tri predgotovljena okvirna boksa, ovisno o specifičnim tehničkim zahtjevima lokacije. Iznimka je vijadukt "Kupa-Kupa", koji zahtijeva poseban pristup zbog svoje specifične konstrukcije i povijesne važnosti.

Postojeći prijelaz pruge preko kanala Kupa-Kupa izveden je vijaduktom s jednim kolosijekom, duljine 100,5 metara, s tri raspona. Rasponska konstrukcija sastoji se od dva prednapeta Gerberova nosača visine 1,65 metara, smještena na udaljenosti od 2,1 metra s rasponom od 27,5 metara. Stupovi vijadukta su kružnog poprečnog presjeka promjera 2,2 metra, temeljeni na bunarima.

Novi vijadukt "Kupa-Kupa" bit će izgrađen uz postojeći, s ukupnom duljinom od 100,5 metara, i visinom koja odgovara visini postojećeg vijadukta kako bi se očuvao slobodni profil ispod mosta. Zbog ovog zahtjeva, novi vijadukt koristi statički sustav kontinuiranog nosača. Rasponska konstrukcija novog vijadukta sastoji se od kontinuiranog nosača s rasponima od 32 metra, 36,5 metara i 32 metra. Ova konstrukcija uključuje četiri predgotovljena nosača visine 1,65 metara, razmaknuta na 1,3 metra, te in-situ ploču širine 6,80 metara i debljine 23 cm, koja prati vodoravnu os postojećeg kolosijeka.

Radi omogućavanja nesmetanog odvijanja željezničkog prometa, u slučaju potrebe, potrebno je predvidjeti i ugradnju provizorija. Provizorij će se ugraditi uz uvođenje zatvora pruga. Prije puštanja prometa po provizoriju, potrebno je izvesti probno opterećenje, koje će biti u trošku izvođača, kao i sve druge aktivnosti nužne za osiguranje sigurnog odvijanja željezničkog prometa tijekom korištenja provizorija.



Slika 7 Primjer provizorije na podvožnjaku “Lazina”

Na određenim mostovima predviđena je i izgradnja servisnih cesta, čime se omogućuje pristup za održavanje i intervencije, što će dodatno povećati sigurnost i funkcionalnost željezničke infrastrukture.

Tablica 3 Tablični prikaz svih servisnih cesta(HŽ infrastruktura, 2022.)

Br.	KM Novop.	Ime
1	15+342	Lomnica
2	23+048	Botica
3	23+752	M.Botica
4	26+382	Okičnica
5	28+126	Gonjeva
6	28+963	Bukovac
7	30+178	Bresnica
8	33+065	Reka
9	34+733,8	Glogovac
10	35+580,2	Volavčica
11	37+666,5	Struga
12	38+205,40	Črnac
13	39+472,40	Kupčina
14	40+489,10	Stojnica
15	42+420	Bukovac
17	50+468	Ilovac 1

18	50+905	Ilovac 2
----	--------	----------

3.1.3 Propusti

Na dionici Hrvatski Leskovac - Karlovac nalazi se ukupno 35 propusta. Konstrukcija i tehničko uporabno stanje su im različiti. Propusti su djelom zapušteni, poneki su zatrpani i izvan funkcije. Svi postojeći propusti moraju se zamijeniti novim propustima.

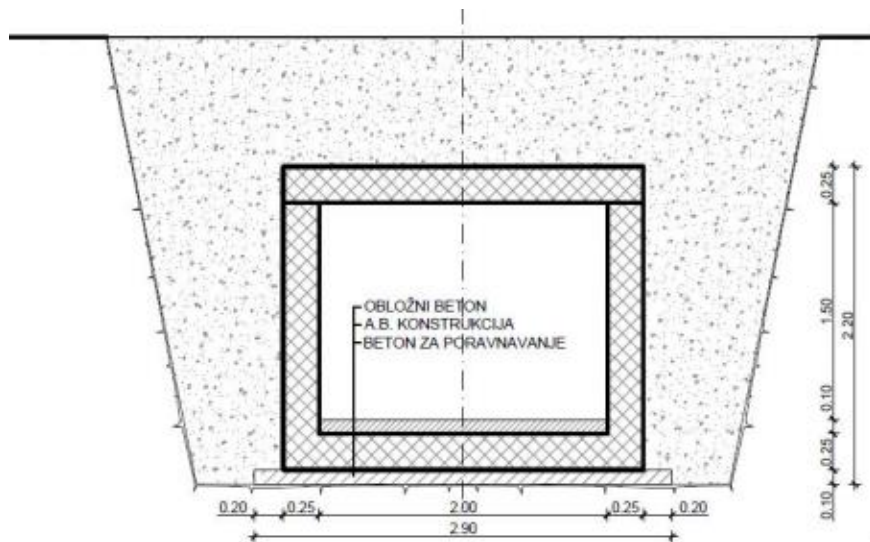
Tablica 4: Prikaz karakteristika propusta na cijeloj dionici(HŽ infrastruktura, 2022.)

Red. br.	Km položaj	Otvor propusta (mm)	Promjer propusta (mm)	Broj otvora	Duljina propusta (m)
1.	435+747	3.900		1	16,10
2.	436+539	3.100		1	26,24
3.	442+077	2.510		1	25,43
4.	442+461	2.287		1	19,93
5.	442+734	910		1	21,98
6.	444+302	1.080		1	14,03
7.	445+129	cijev	500	1	34,74
8.	445+833	2.130		1	35,71
9.	449+782	1.270		1	19,01
10.	451+689	3.630		1	26,93
11.	452+153	900		1	21,91
12.	453+831	1.200		1	26,72
13.	454+978	1.490		1	21,92
14.	456+147	cited	900	1	13,70
15.	457+982	1.520		1	17,7
16.	459+527	cijev	960	1	21,6
17.	461+149	4.980		1	22,9
18.	461+341	5.700		1	23,5
19.	461+500	980		1	18,1
20.	461+826	940		1	18,1
21.	462+201	2.040		1	18,0
22.	463+303	1410		1	19,4
23.	464+871	890		2	23,4

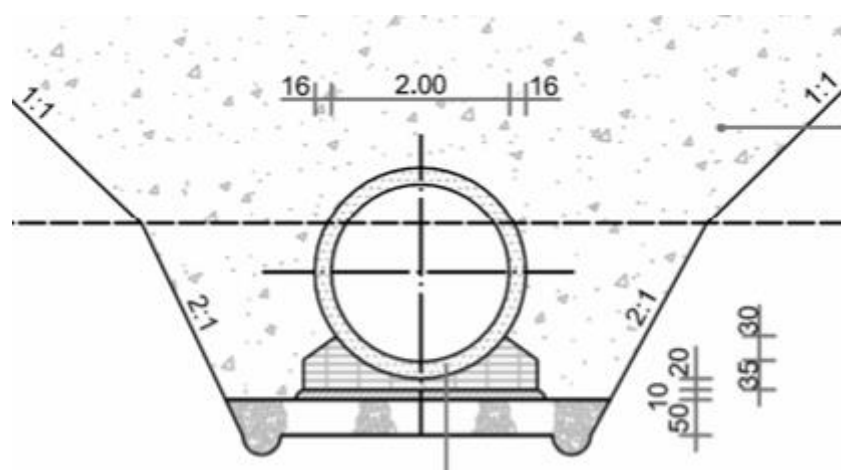
24.	465+250	3.670		1	19,3
25.	465+781	1.360		1	23,9
26.	466+292	1.130		1	25,5
27.	468+155	3.720		1	26,0
28.	469+021	4.070		1	25,4
29.	470+149	2.090		1	21,9
30.	471+012	3.150		1	24,5
31.	471+249	1.500		1	20,2
32.	472+040	1.430		1	24,0
33.	472+722	900		1	19,5
34.	473+686	3.180		1	19,1
35.	474+035	950		1	22,9

3.1.3.1 Propusti- rekonstrukcija

Uobičajeno rješenje za križanje željezničke pruge s vodotocima su predgotovljene betonske cijevi s minimalnim svjetlim otvorom od 120 cm. U slučajevima kada hidraulički proračuni zahtijevaju veći otvor, projektiraju se betonski sanduci odgovarajućih dimenzija. Postojeći propusti će biti uklonjeni, a novi izgrađeni kako bi se ispunili zahtjevi projektnog zadatka i omogućilo njihovo jednostavno održavanje.

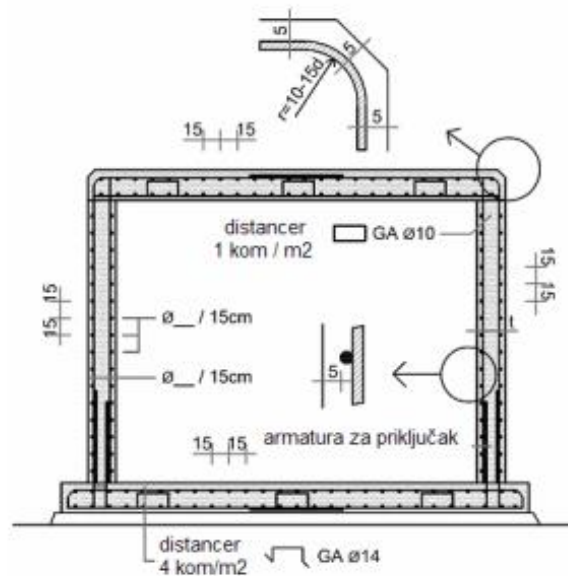


Slika 8 Poprečni presjek armirano-betonskog sandučastog propusta (Univerza v Ljubljani i Direkcija cesta Federacije BiH, 2005)



Slika 9 Poprečni presjek cjevastog poprečnog presjeka (Univerza v Ljubljani i Direkcija cesta Federacije BiH, 2005)

Betonski elementi će biti izrađeni od betona kvalitete C30/37, dok će se za armiranje koristiti čelik B500B. Propusti će biti hidroizolirani s bočnih, gornjih i donjih strana dvostrukim slojem varene bitumenizirane trake. Za zaštitu hidroizolacije, s bočnih strana postaviti će se trake od tvrde plastike, a na gornjoj ploči ploče od rabciranog betona. Oko propusta predviđa se drenažni sloj tucanika s drenažnim cijevima promjera 160 mm na dnu. Izlaz drenažnih cijevi bit će zaštićen od zatrpavanja, a drenažni sloj bit će izveden prema granulometrijskoj krivulji tipa A. Voda iz drenažne cijevi ispuštat će se u korito vodotoka.



Slika 10 Prikaz armiranja sandučastog propusta (Univerza v Ljubljani i Direkcija cesta Federacije BiH, 2005)

Pri zatrpavanju gotovog propusta, unutar nasipa uz zidove propusta formirat će se klin od kamenog materijala kao prijelazna konstrukcija. Koristit će se kameni materijal prema granulometrijskoj krivulji tipa A, a nasip će se izvoditi u slojevima debljine do 30 cm uz zbijanje. Svaki sloj zahtijeva minimalnu zbijenost od $E_{v2} = 80 \text{ MN/m}^2$, ispitano prema normi DIN 18134:2001-09 ili ekvivalentnoj. Materijal kamenog klina odvaja se od glinovitog tla ili prirodnog tla slojem netkanog geotekstila, dok će se na gornjoj strani, između kamenog klina i zaštitnog sloja, postaviti geomreža duljine približno 4 m s obje strane. Predviđena je upotreba dvostrukih mreža s otvorima od oko 40 mm, minimalne čvrstoće 40 kN/m.

Izgradnja propusta bit će izvedena u četiri faze. U prvoj fazi, za vrijeme zatvaranja pruge, obaviti će se iskop građevinske jame i uklanjanje postojećeg propusta. Nakon toga slijedi izrada tucaničke podloge debljine 15 cm i podložnog betona debljine 10 cm, na koji će se postaviti donja hidroizolacija. U drugoj fazi montirat će se armirano-betonski okvir propusta, izrađen na licu mjesta ili dopremljen iz proizvodnog pogona. Montažni armirano-betonski propust neće biti izrađen u konačnoj duljini, već samo u mjeri potrebnoj za njegovo zatrpavanje i uspostavu usporenog prometa. Prije zatrpavanja, montažni armirano-betonski propust će biti hidroizoliran, a na hidroizolaciju će biti postavljena zaštita. Za ove radove mogu se koristiti autodizalice ili željezničke dizalice. Predviđeno trajanje zatvaranja pruge za prvu i drugu fazu je između 20 i 30 sati. U trećoj fazi, nakon uspostave usporenog prometa, dovršit će se izrada montiranih armirano-betonskih okvira propusta te će se izgraditi armirano-betonska krila, koja mogu biti postavljena okomito ili paralelno. Nakon dovršetka svih dijelova propusta i krila, na njih će biti postavljena hidroizolacija i zaštita hidroizolacije. U četvrtoj fazi, nakon završetka radova, izvršit će se zatrpavanje završenog propusta i obnova pružnog nasipa i kolosijeka. Rekonstrukcija propusta na lokacijama visokih nasipa predviđena je na način da se postojeći propusti, zbog dotrajalosti i neodgovarajućeg svijetlog otvora, napuštaju, dok će se paralelno s njima bušenjem ugraditi novi cijevni propusti od armiranog poliestera. Uz isporuku zaštitnih cijevi od armiranog poliestera, koje će se ugraditi bušenjem.

TIP	DIMENZIJE visina nasipa H_n otvor O visina H debljina d	MATERIJAL	POPREČNI PRESJEK	NAMJENA	<ul style="list-style-type: none"> • Način izrade • Zaštita dna
CJEVASTI PROPUSTI	$H_n > 1,00\text{m}$ $\varnothing 100$ (110) $d \geq 10\text{cm}$	cev MB 30 obbetonir.MB 20 armatura RA 400/500-2		- za vodu	- montažni - bez obloge
	$H_n > 1,00\text{m}$ $\varnothing 150$ (140,180) $d \geq 13\text{cm}$	cev MB 30 obbetonir.MB 20 armatura RA 400/500-2		- za vodu	- montažni - obloga pri $V_{\text{teor.}} > 10\text{m/s}$
	$H_n > 1,00\text{m}$ $\varnothing 200$ (210,240) $d \geq 10\text{cm}$	cev MB 30 obbetonir.MB 20 armatura RA 400/500-2		- za vodu	- montažni - obloga pri $V_{\text{teor.}} > 10\text{m/s}$
SANDUČASTI PROPUSTI	$H_n = 0,40-5,00\text{m}$ $O = 2,00\text{m}$ $H = 1,50-3,50\text{m}$ $d \geq 25\text{cm}$ (30)	beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560		- za vodu - za manje životinje	- monolitni - obloga
	$H_n = 0,40-5,00\text{m}$ $O = 3,00\text{m}$ $H = 2,00-5,00\text{m}$ $d \geq 30\text{cm}$ (35)	beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560		- za vodu - za pješake - za životinje	- monolitni - obloga
	$H_n = 0,40-4,00\text{m}$ $O = 4,00\text{m}$ $H = 2,50-6,00\text{m}$ $d \geq 35\text{cm}$ (40)	beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560		- za vodu - za pješake - za životinje - za manja vozila	- monolitni - obloga
	$H_n = 0,40-3,00\text{m}$ $O = 5,00\text{m}$ $H = 3,00-7,00\text{m}$ $d \geq 40\text{cm}$ (45)	beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560		- za vodu - za pješake - za životinje - za manja vozila	- monolitni - obloga

Slika 11 Poprečni presjeci različitih tipova sandučastih i cjevastih propusta (Univerza v Ljubljani i Direkcija cesta Federacije BiH, 2005)

Tablica 5 Karakteristike novonastalih i rekonstruiranih propusta na dionici(HŽ infrastruktura, 2022.)

Red. br.	KM	Vrsta konstrukcija	Duljina propusta (m)	Broj otvora	Otvor (m)	Debljina stjenka/zida (m)	Debljina gornja ploča (m)	Debljina donja ploča (m)	Način izgradnje
1	11+324,8	Sandučasta s prijelazom za životinje	18,8	1	4,0 * 3,0	0,50	0,50	0,50	Montažni
2	11+843	Mali cjevasti prolaz za životinje	29,4	1	Ø 0,5	0,05	-	-	Montažni
3	12+116,4	Sandučasta s prijelazom za životinje	22,0	2	2,0 * 1,5	0,40	0,40	0,40	Montažni
4	12+880	Mali cjevasti prolaz za životinje	26,4	1	Ø 0,5	0,05	-	-	Montažni
5	14+327	Mali cjevasti prolaz za životinje	19,6	1	Ø 0,5	0,05	-	-	Montažni
6	15+075	Srednji sandučasti prolaz za životinje	30,0	1	3,0*2,0	0,40	0,40	0,40	Montažni
7	15+305	Mali cjevasti prolaz za životinje	26,0	1	Ø 0,5	0,05	-	-	Montažni
8	16+327	Mali cjevasti prolaz za životinje	41,0	1	Ø 0,5	0,05	-	-	Montažni
9	17+655,0	sandučasta	19,45+8,35	1	3,0 * 5,0 + 3,0*2,0	0,50	0,50	0,50	Montažni
10	18+048,3	sandučasta	19,8	1	3,0 * 4,0	0,40	0,40	0,40	Montažni
11	18+320,7	sandučasta	17,4+8,1	1	4,0 * 2,5 + 4,0*2,0	0,50	0,50	0,50	Montažni
12	19+880,0	sandučasta	23,3	1	3,0 * 3,0	0,40	0,40	0,40	Montažni
13	21+409,9	sandučasta	25,0	1	3,0 * 3,0	0,60	0,60	0,60	Montažni
14	25+359,9	sandučasta	18,4	1	3,0 * 2,2	0,40	0,40	0,40	Montažni

Red. br.	KM	Vrsta konstrukcija	Duljina propusta (m)	Broj otvora	Otvor (m)	Debljina stjenka/zida (m)	Debljina gornja ploča (m)	Debljina donja ploča (m)	Način izgradnje
15	27+266,4	sandučasta	18,25	1	3,0 * 3,0	0,40	0,40	0,40	Montažni
16	27+730,8	sandučasta	19,35	1	3,0 * 3,0	0,40	0,40	0,40	Montažni
17	29+408,7	Sandučasta s prijelazom za životinje	19,4	2	2,0 * 2,0	0,40	0,40	0,40	Montažni
18	30+554,9	Sandučasta s prijelazom za životinje	16,8	1	4,0 * 3,5	0,50	0,50	0,50	Montažni
19	31+724,4	Sandučasta s prijelazom za životinje	26,3	2	2,5 * 1,1	0,40	0,40	0,40	Montažni
20	33+560	sandučasta	20,5	2	2,0 * 1,0	0,40	0,40	0,40	Montažni
21	35+104,9	sandučasta	15,65	2	2,0 * 2,0	0,40	0,40	0,40	Montažni
22	36+127	Mali cjevasti prolaz za životinje	17,9	1	Ø 0,5	0,05	-	-	Montažni
23	36+726,7	Sandučasta s prijelazom za životinje	17,3	2	4,0 * 2,5	0,50	0,50	0,50	Montažni
24	36+918,5	Sandučasta s prijelazom za životinje	21,85	2	4,0 * 2,5	0,50	0,50	0,50	Montažni
25	37+077,2	Cjevasti	23,5	1	Ø 1,2	-	-	-	Montažni
26	37+405,2	Cjevasti	23,9	1	Ø 1,2	-	-	-	Montažni
27	37+779	Sandučasta s prijelazom za životinje	18,0	2	2,0 * 1,5	0,40	0,40	0,40	Montažni
28	38+880,5	Sandučasta s prijelazom za životinje	17,1	2	2,0 * 1,5	0,40	0,40	0,40	Montažni
29	39+977	Mali cjevasti prolaz za životinje	20,2	1	Ø 0,5	0,05	-	-	Montažni

Red. br.	KM	Vrsta konstrukcija	Duljina propusta (m)	Broj otvora	Otvor (m)	Debljina stjenka/zida (m)	Debljina gornja ploča (m)	Debljina donja ploča (m)	Način izgradnje
30	40+448,7	Sandučasta s prijelazom za životinje	25,0	2	4,0 * 2,0	0,50	0,50	0,50	Montažni
31	40+827,4	Sandučasta s prijelazom za životinje	20,0	2	4,0 * 2,0	0,50	0,50	0,50	Montažni
32	41+358,7	Sandučasta s prijelazom za životinje	20,3	2	4,0 * 2,0	0,50	0,50	0,50	Montažni
33	41+869,7	Sandučasta s prijelazom za životinje	20,1	2	2,0 * 2,0	0,40	0,40	0,40	Montažni
34	43+732,5	Sandučasta s prijelazom za životinje	23,7	1	4,0 * 2,0	0,50	0,50	0,50	Montažni
35	44+598,3	Sandučasta s prijelazom za životinje	25,4	2	4,0 * 2,0	0,50	0,50	0,50	Montažni
36	44+970	Mali cjevasti prolaz za životinje	23,0	1	Ø 0,5	0,05	-	-	Montažni
37	45+423	Mali cjevasti prolaz za životinje	21,3	1	Ø 0,5	0,05	-	-	Montažni
38	45+726	Sandučasta s prijelazom za životinje	28,15	2	2,3*1,2	0,40	0,40	0,40	Montažni
39	46+505	Mali cjevasti prolaz za životinje	21,0	1	Ø 0,5	0,05	-	-	Montažni
40	46+589,2	Cjevasti	29,7	1	Ø 1,5	-	-	-	Montažni
41	46+833,3	Cjevasti	22,3	1	Ø 1,5	-	-	-	Montažni
42	46+905	Mali cjevasti	24,2	1	Ø 0,5	0,05	-	-	Montažni

Red. br.	KM	Vrsta konstrukcija	Duljina propusta (m)	Broj otvora	Otvor (m)	Debljina stjenka/zida (m)	Debljina gornja ploča (m)	Debljina donja ploča (m)	Način izgradnje
		prolaz za životinje							
43	47+077	Mali cjevasti prolaz za životinje	24,2	1	Ø 0,5	0,05	-	-	Montažni
44	47+305	Mali cjevasti prolaz za životinje	20,0	1	Ø 0,5	0,05	-	-	Montažni
45	47+623,6	Cjevasti	19,0	1	Ø 1,5	-	-	-	Montažni
46	47+635	Mali cjevasti prolaz za životinje	19,0	1	Ø 0,5	0,05	-	-	Montažni
47	48+299,1	Cjevasti	19,7	1	Ø 1,5	-	-	-	Montažni
48	49+263,5	Sandučasta s prijelazom za životinje	16,8	2	2,0 * 2,0	0,40	0,40	0,40	Montažni
49	49+465	Srednji sandučasti prolaz za životinje	19,9	1	3,0*2,0	0,40	0,40	0,40	Montažni
50	49+604	Sandučasta s prijelazom za životinje	20,2	2	2,0 * 1,5	0,40	0,40	0,40	Montažni

3.2 Željeznička pruga- rekonstrukcija

Pruga će biti elektrificirana sustavom električne vuče s naponom 25 kV, 50 Hz. Križanja željezničke pruge s cestovnim prometnicama (osim željezničko-cestovnih prijelaza koji će se ukinuti) bit će izvedena u istoj razini ili izvan razine, pri čemu će prijelazi u razini biti osigurani sustavom SV+ZV+POL, dok će prijelazi izvan razine biti izvedeni kao podvožnjaci ili nadvožnjaci.

Pruga će biti osposobljena za maksimalnu brzinu od 160 km/h, s ograničenjima brzine u zoni Mavračića (120 km/h), kolodvora Jastrebarsko (140 km/h) i kolodvora Karlovac (120 km/h).

Planirani zahvat predviđa rekonstrukciju, nadogradnju i obnovu željezničke pruge kako bi se zadovoljili zahtjevi interoperabilnosti, uključujući:

- Dva kolosijeka na otvorenoj željezničkoj pruzi s osnim razmakom od 4,75 m;
- Nazivnu projektiranu građevinsku brzinu do 160 km/h;
- Najveću dopuštenu masu željezničkih vozila: 22,5 t/osovini i 8,0 t/m (model opterećenja D4 za otvorenu prugu) te 25,0 t/osovini i 8,8 t/m (model opterećenja E5 za željezničke mostove);
- Slobodni profil za prolazak željezničkih vozila: GC u uvjetima elektrifikacije izmjeničnom strujom 25 kV, 50 Hz;
- Korisnu duljinu potrebnog broja kolosijeka u kolodvorima: 750 m;
- Korisnu duljinu perona u kolodvorima: 160 i 400 m;
- Korisnu duljinu perona u stajalištima: 160 m;
- Osiguranje pruge i kolodvora: APB na otvorenoj pruzi, ETCS razine 1, autostop uređaj.

Predviđa se obnova postojećeg kolosijeka (cjeloviti remont pružnog gornjeg ustroja i uređivanje pružnog donjeg ustroja), rekonstrukcija ili zamjena mostova i propusta, rekonstrukcija elektrifikacije željezničke pruge jednofaznim izmjeničnim sustavom AC 25 kV, 50 Hz, izgradnja stabilnih postrojenja električne vuče (postrojenje za sekcioniranje i postrojenje za kompenzaciju jalove energije u elektrovučnim podstanicama), rekonstrukcija kolodvora Hrvatski Leskovac, Jastrebarsko i Karlovac, rekonstrukcija postojećih stajališta Mavračići, Desinec, Domagović i Lazina, prenamjena kolodvora Horvati i Draganići u stajališta, Zdenčine u stajalište/otpremišтво, rekonstrukcija pojedinih željezničko-cestovnih prijelaza za dvokolosiječnu prugu, te ukidanje pojedinih prijelaza s njihovim svođenjem na susjedne ili izvedba prijelaza u dvije razine.

Uključeno je i rješavanje križanja pruge s cestovnom (u razini ili denivelacijama) i ostalom komunalnom infrastrukturom.

Planirane aktivnosti uključuju:

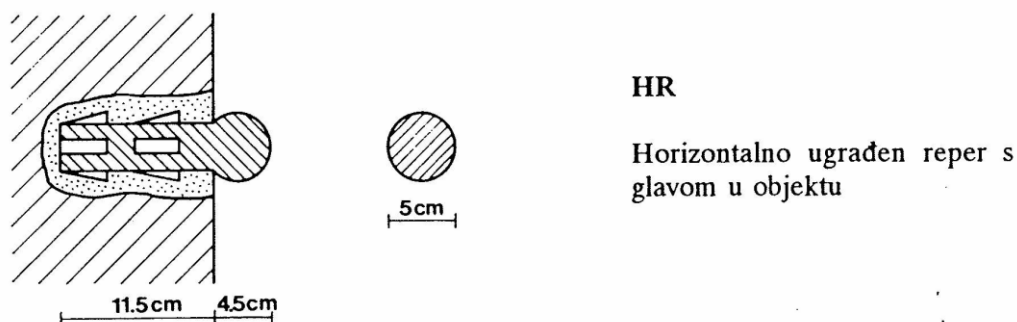
- Rekonstrukciju postojećeg i izgradnju drugog kolosijeka za brzinu do 160 km/h,
- Rekonstrukciju postojećih kolodvora: Hrvatski Leskovac, Jastrebarsko, Karlovac,
- Rekonstrukciju kolodvora s prenamjenom u stajališta: Horvati, Draganić,
- Rekonstrukciju kolodvora Zdenčina s prenamjenom u stajalište/otpremništvo,
- Rekonstrukciju postojećih stajališta: Mavračići, Desinec, Domagović, Lazina,
- Izgradnju i rekonstrukciju parkirališta te pothodnika u kolodvorima i stajalištima,
- Uređenje elemenata vanjske i unutarnje odvodnje na otvorenoj pruzi i kolodvorima te na servisnim i svodnim cestama i objektima,
- Izgradnju novih željezničkih propusta,
- Izgradnju novih mostova/vijadukta: most Lomnica, most Botica, most M. Botica, most Okičnica, most Gonjeva, most Bukovac, most Bresnica, most Reka, most Glogovac, most Volavčica, most Struga, most Črnac, most Kupčina, most Stojnica, most Bukovac, vijadukt Kupa - Kupa, most Ilovac 1, most Ilovac 2, te uklanjanje postojećih mostova,
- Rekonstrukciju postojećih željezničko-cestovnih prijelaza u razini (građevinski radovi na željezničkoj pruzi te cestovnoj prometnici): Demerje, Stupnik, Horvati, Desinec, Radnička cesta, Draganić, Vodoprivreda, Zagrebačka,
- Izgradnju nove svodne nerazvrstane ceste Orlovac - Ilovac,
- Ukidanje željezničko-cestovnih i pješačkih prijelaza uz izgradnju križanja van razine i pothodnika,
- Izgradnju novih nadvožnjaka: Pavučnjak, Zdenčina, Cvetković, Domagović,
- Izgradnju novih podvožnjaka: Bedekova, Lazina, Ribnjak,
- Rekonstrukciju postojećih podvožnjaka Horvati i Šuma,
- Izgradnju servisnih i izmještenih nerazvrstanih cesta,
- Izgradnju svodnih cesta i cesta koje spajaju križanja van razine s postojećim cestovnim prometnicama,
- Uklanjanje pojedinih postojećih građevina,
- Izgradnju zidova za zaštitu od buke,
- Rekonstrukciju i nadogradnju stabilnih postrojenja električne vuče,
- Rekonstrukciju EVP Mrzlo Polje i Zdenčina,
- Rekonstrukciju PSN2 Draganić i Hrvatski Leskovac,
- Rekonstrukciju rasvjete i drugih elektroenergetskih objekata,
- Izgradnju ostalih kolodvorskih elektroenergetskih postrojenja,
- Uređenje ostalih zgrada za HŽI osoblje (sve zgrade u kolodvoru Karlovac osim kolodvorske zgrade),
- Zaštitu i izmještanje komunalne i ostale infrastrukture,
- Izgradnju privremenih građevina i njihovo uklanjanje,
- Zaštitu i izmještanje postojeće SS i TK opreme i uređaja.

Uz građevinske radove na samoj pruzi, predmet zahvata je i rekonstrukcija i dogradnja svih ostalih infrastrukturnih podsustava (elektroenergetski, prometno-upravljački i signalno-sigurnosni, ostali funkcionalni dijelovi i oprema željezničke infrastrukture: arhitektura, krajobraz, ostale zgrade).

3.3 Tehnički uvjeti donjeg ustroja- rekonstrukcija

3.3.1 Geodetski radovi

Geodetski radovi pri građenju obuhvaćaju niz ključnih aktivnosti koje su od presudne važnosti za uspješno izvođenje građevinskih projekata. Prva i najvažnija uključuje položajno i visinsko iskolčenje točaka građevine, što se odnosi na precizno određivanje pozicija svih ključnih točaka građevinskog objekta, kao i osi trase pruge, ceste, vodotoka, kanala, nasipa te svih građevina koje se nalaze iznad njih. Nakon toga slijedi iskolčenje poprečnih profila građevine, što omogućava da se detaljno definira oblik i dimenzije građevine u poprečnom presjeku. Uz to važan aspekt je i održavanje osnovnih geodetskih točaka, točaka operativnog poligona te repera, koje služe kao referentne točke tijekom cijelog procesa građenja. Materijal od kojeg je reper izrađen može biti pocinčani čelik, mjed ili inoks.

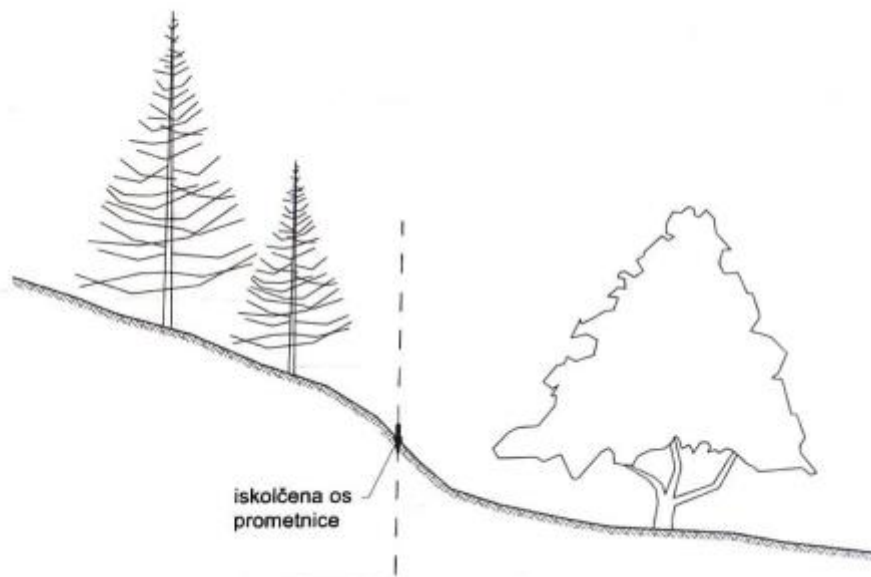


Slika 12 Primjer horizontalno ugrađenog repera(HŽ infrastruktura, 2022.)

Reperi moraju biti postavljeni duž trase na približnim razmacima od 1000m. Isto tako izvođač geodetskih radova mora imati broj repera koji moraju biti postavljeni kod svakog većeg objekta. Reperi se moraju stabilizirati na čvrstom tlu, u stijeni ili u nekom drugom stabilnom objektu uz oznaku, te odobreni od važećeg državnog visinskog sustava.

Prije započinjanja radova na usjecima, nasipima pruge, kanala i drugih linijskih građevina, izvođač geodetskih radova obavezan je iskolčiti poprečne profile građevine prema podacima iz projekta. Ovi poprečni profili postavljaju se na razmacima od 5 do 50 metara, u zavisnosti od uvjeta terena i specifičnosti građevine. Izvođač ima pravo, po vlastitom nahođenju, dodatnim geodetskim mjerenjima provjeriti točnost izvedbe pokosa na poprečnim profilima. Ukoliko se ustanove razlike u odnosu na projekt, izvođač je dužan o tome pismeno obavijestiti nadzornog geodetskog inženjera. Svaka promjena poprečnih profila u odnosu na izvedbeni projekt mora biti pismeno potvrđena od strane nadzornog geodetskog inženjera ili nadzornog inženjera, što će poslužiti kao osnova za priznavanje količina izvedenih radova.

Nadzorni geodetski inženjer može zahtijevati postavljanje dodatnih međuprofila, osobito na nagnutim terenima, gdje se iskolčava profil bez humusnog sloja i bez uspravnog zaobljenja na vrhu pokosa usjeka ili pri nožici nasipa. Snimanje poprečnih profila prvenstveno služi za prikupljanje podataka potrebnih za izračunavanje obujma zemljanih radova, a razmak između profila prilagođava se morfološkim karakteristikama terena. Na morfološki složenijim terenima potrebni su gušći razmaci profila. Ukoliko dodatna geodetska mjerenja pokažu značajna odstupanja u morfologiji terena između poprečnih profila, izvođač ima pravo zahtijevati dodatna geodetska snimanja međuprofila.



Slika 13 Primjer iskolčenja osi prometnice(Dragčević i Rukavina, 2006.)

3.3.2 Zemljani radovi

3.3.2.1 Skidanje humusa

Ispod svake građevine otklanja se humusni sloj zemlje. Iskop humusnog tla provodi se s površina na trasi pruge, kao i s područja pozajmišta, koristeći isključivo strojeve, dok se ručno iskopavanje obavlja samo tamo gdje mehanizacija nije u mogućnosti zadovoljiti zahtjeve. Preporučena dubina uvelike će ovisiti o strukturi tla gdje se humus skida, obično se preporučava 30 cm. Skinuti sloj humusa i ostali dio iskopane zemlje deponirat će se na samom gradilištu, a višak zemlje biti će deponiran na gradsku deponiju. Deponirana zemlja, kasnije, koristit će se za zatrpavanje temelja, građevinske jame i planiranje okoliša.

Identifikacija humusnog sloja provodi se na temelju njegovih karakterističnih osobina, uključujući miris, boju, te prisutnost biljnih i životinjskih ostataka podložnih procesima razlaganja, kao i količinu ukupnih organskih tvari. Ukoliko se humusni sloj ne može jasno odijeliti od tla pogodnog za izradu temeljnog tla vizualnim pregledom, debljina humusnog sloja određuje se laboratorijskim ispitivanjem sadržaja organskih tvari, u skladu sa standardom HRN U.B1.024. Ako nije drugačije specificirano, humusnim slojem smatra se površinski sloj tla koji sadrži više od 10 masenih postotaka organskih tvari.

3.3.2.2 Široki iskop

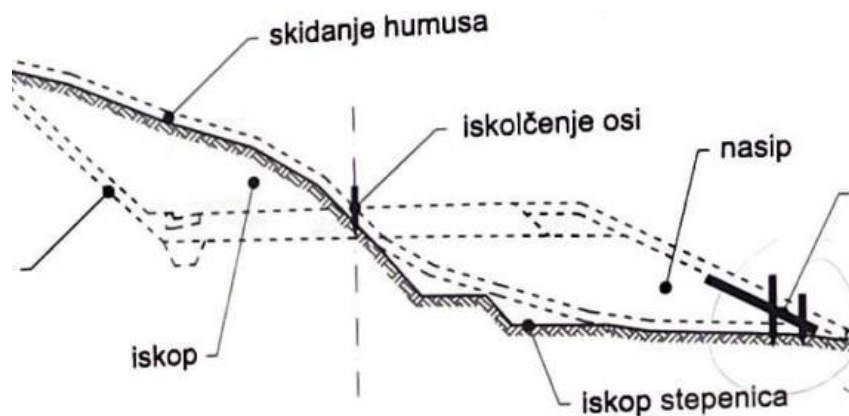
Ovaj rad obuhvaća sve široke iskope koji su predviđeni projektom, planom osiguranja kvalitete i zahtjevom nadzornog inženjera, a to su: iskopi usjeka, zasjeka, pozajmišta, iskopi radi korekcija vodotoka i regulacija rijeka, iskopi kod devijacija pruge, cesta i prilaznih putova, kao i široki iskopi pri gradnji objekata (mostova, propusta, nadvožnjaka, podvožnjaka). Rad uključuje i utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar na deponu.

Izbor tehnologije rada kod širokog iskopa temelji se na nekoliko ključnih faktora, uključujući predviđene objekte, vrstu tla, mogućnosti primjene određene mehanizacije za iskop i prijevoz, te visinu i dužinu zahtijevanog iskopa. Dodatno, potrebno je uzeti u obzir količinu tla koju treba iskopati, prijevozne dužine, rokove završetka iskopa i građevinskih radova, važnost pojedinog iskopa za dinamiku rada na građevini, kao i ekonomičnost cijelog postupka.

Izvođač, uzimajući u obzir navedene elemente i druge relevantne okolnosti, odabire optimalnu tehnologiju za iskop, pridržavajući se važećih propisa i normi. Iskopi se mogu izvoditi na nekoliko načina ili kombinacijom metoda, uključujući iskop u punom profilu s čela, iskop usjeka sa strane, iskop u uzdužnim slojevima, te iskop s uzdužnim prosjekom. Sve aktivnosti iskopa moraju se provoditi prema predviđenim visinskim kotama i propisanim nagibima iz projekta, ili prema zahtjevima nadzornog inženjera.

3.3.2.3 Iskop stepenica

Sav se rad na iskopu stepenica obavlja upotrebom odgovarajuće mehanizacije. Iznimno, manji se dio rada može obaviti ručno, no takav rad treba svesti na najmanju mjeru. Na nagnutim terenima, za stabilno nalijeganje nasipa na temeljno tlo odnosno na trup postojećeg kolosijeka, stepenice se rade kod svih nagiba većih od 20°. Širina stepenica može biti od 2,0 do 5,0 m s međurazmakom. Stepenice moraju u smjeru nizbrdo imati nagib od min. 4%. Kosina zasjeka stepenica iznosi 2:1 do 3:1, što ovisi o vrsti i svojstvima tla i nagibu terena. Temeljno tlo mora na stepenicama imati traženu zbijenost, ovisno o vrsti tla i visinskom položaju.



Slika 14 Primjer iskopa stepenica u poprečnom presjeku (Dragčević i Rukavina, 2006.)

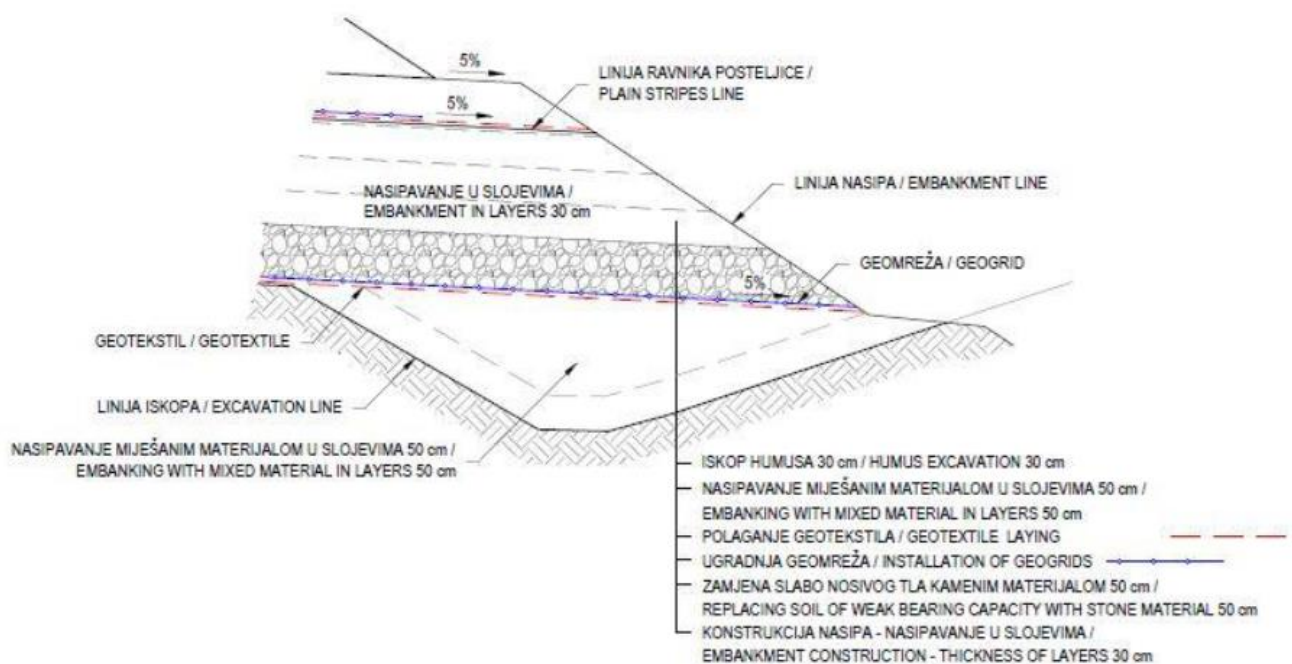
3.3.2.4 Temeljna podloga

U sklopu radova na uređenju temeljne podloge za ustroj željezničke pruge potrebno je izvršiti zatrpavanje postojećih kanala i lokalnih depresija na trasi pruge. Zatrpavanje se izvodi na prethodno uređenu podlogu. Uređenje temeljne podloge obuhvaća skidanje humusa, raslinja, zamuljenog materijala sa dna i bočnih strana kanala/depresija, uz poravnanje dna iskopa i zasijecanje bočnih strana kako bi bilo omogućeno korektno nasipavanje i zbijanje materijala predviđenog za ugradnju. Ove depresije i kanali ispunjavaju se nasipavanjem miješanog materijala u slojevima debljine 30 cm, kako bi se osigurala stabilna i nosiva podloga za daljnju gradnju.

Predviđeni radovi obuhvaćaju:

- Uklanjanje sloja humusa u debljini od 0,30 m
- Nasipavanje miješanog materijala u slojevima od 30 cm-zasipavanje depresija i kanala
- Na temeljno tlo polaže se geotekstil, a zatim geomreža, kako bi se dodatno ojačala podloga i spriječila erozija te diferencijalna slijeganja.

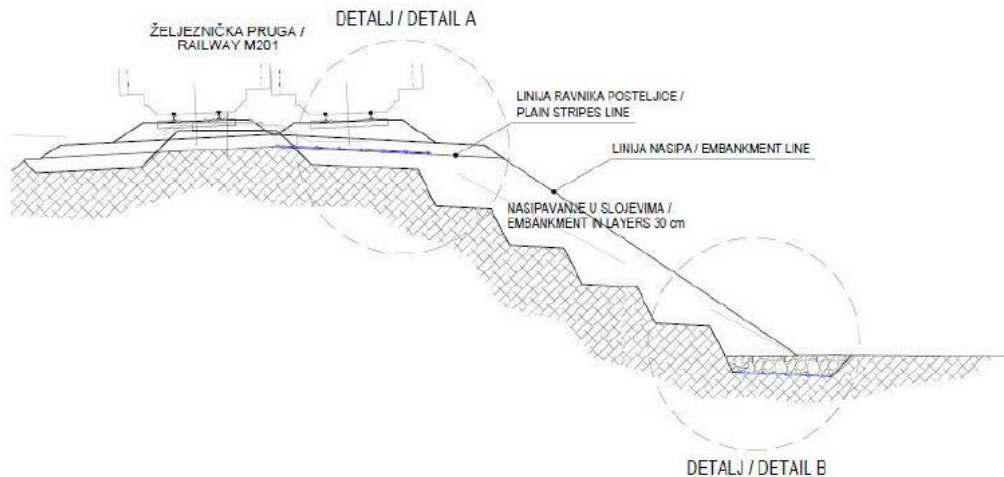
- U slučajevima gdje je potrebna zamjena materijala, ugrađuje se zrnati kameni materijal u sloju debljine 30 cm. Ovaj materijal omogućava bolju drenažu i dodatnu stabilnost podloge, u skladu s tehničkim detaljima
- Nakon postavljanja osnovnih slojeva, nasipava se miješani materijal do konačne kote ravnika posteljice. Tijekom ovog postupka, provodi se zbijanje materijala kako bi se osigurao odgovarajući modul deformacije koji mora iznositi najmanje 45 MN/m^2 , ispitan prema normi DIN 18134
- Na ravniku posteljice postavlja se sloj geotekstila, a zatim geomreža, što dodatno povećava nosivost i stabilnost podloge.
- Završni korak u uređenju temeljne podloge uključuje izradu zaštitnog sloja debljine 40 cm, koji se također zbijenjem obrađuje kako bi modul deformacije na ravniku pruge iznosio najmanje 100 MN/m^2 , prema normi DIN 18134.



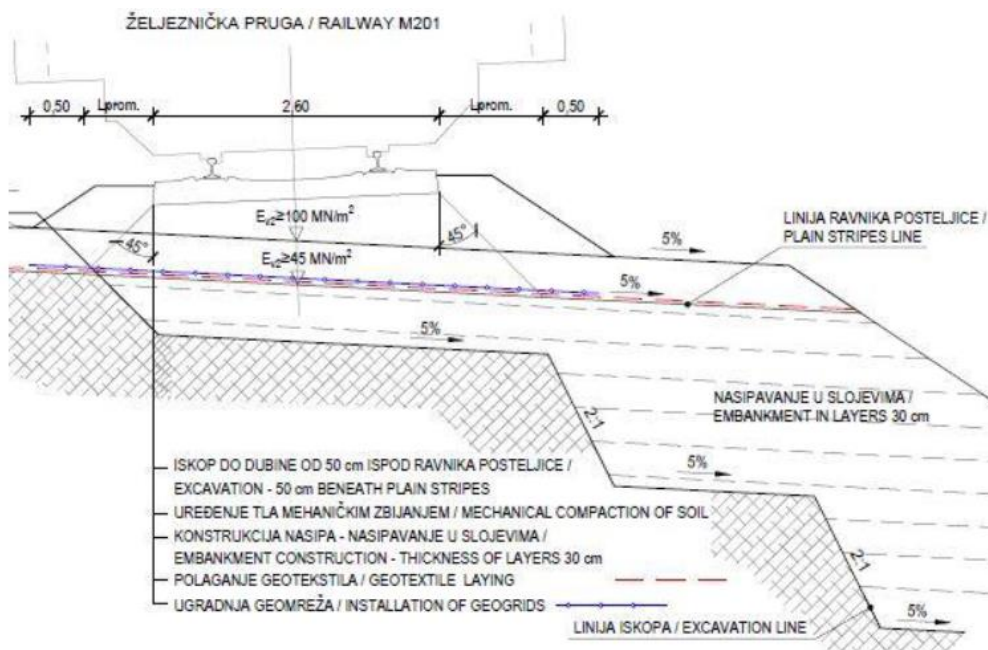
Slika 15 Detalj zatrpavanja postjećih kanala i lokalnih depresija (HŽ infrastruktura, 2022.)

Bitno je napomenuti da nasuti sloj (slika 15) treba imati približna svojstva krutosti okolnog terena i postojećih slojeva temeljne podloge.

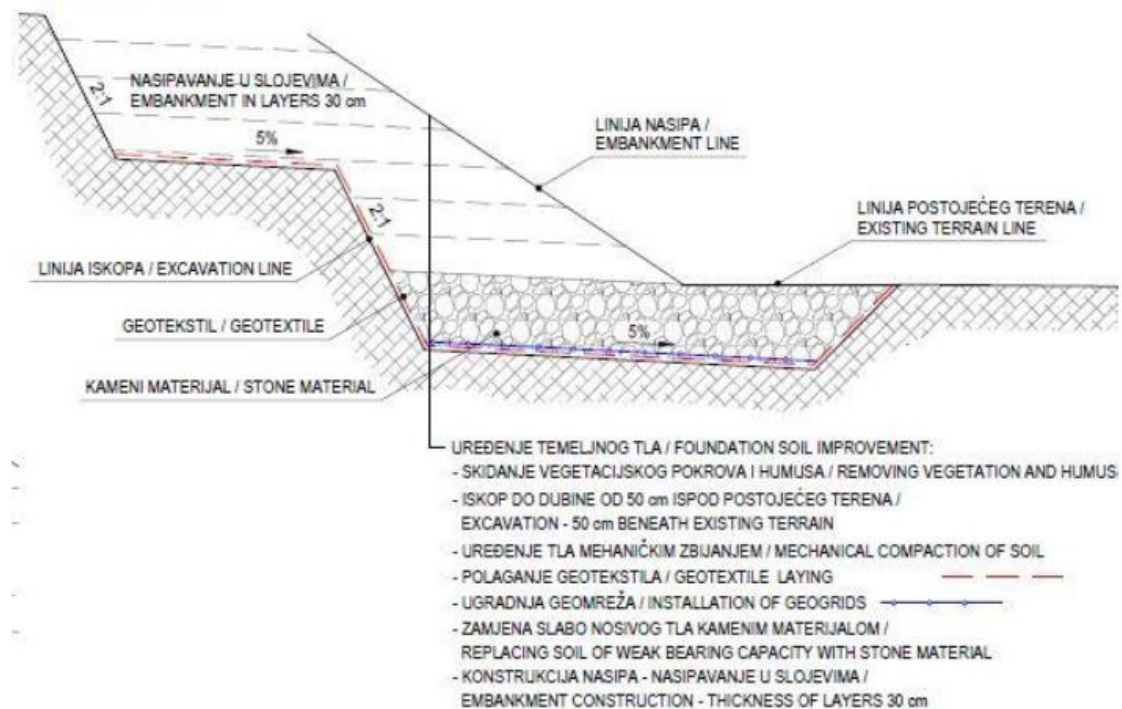
Na mjestima bočnog i vertikalnog oslanjanja ustroja novog kolosijeka na ustroj postojećeg kolosijeka, koji će biti u prometnoj funkciji za vrijeme izvođenja radova, potrebno je izvesti stepenasta zasijecanja ustroja i temeljne podloge postojećeg kolosijeka. Zasjecanje nasipa postojećeg kolosijeka i temeljne podloge potrebno je izvoditi stepenasto, u uzdužnim kampakama dužine do 20 m. Početna zasijecanja treba izvesti najviše do ravnika posteljice budućeg kolosijeka ispod zaštitnog sloja odnosno do gornje linije ojačanog nasipa. Kod viših nasipa zasjecanje postojećeg trupa pruge vršiti postepeno i raditi nasip za drugi kolosijek u slojevima (po dvije stepenice).



Slika 16 Iskop za proširenje postojećeg nasipa(HŽ infrastruktura, 2022.)



Slika 17 Iskop za proširenje postojećeg nasipa-detalj A(HŽ infrastruktura, 2022.)

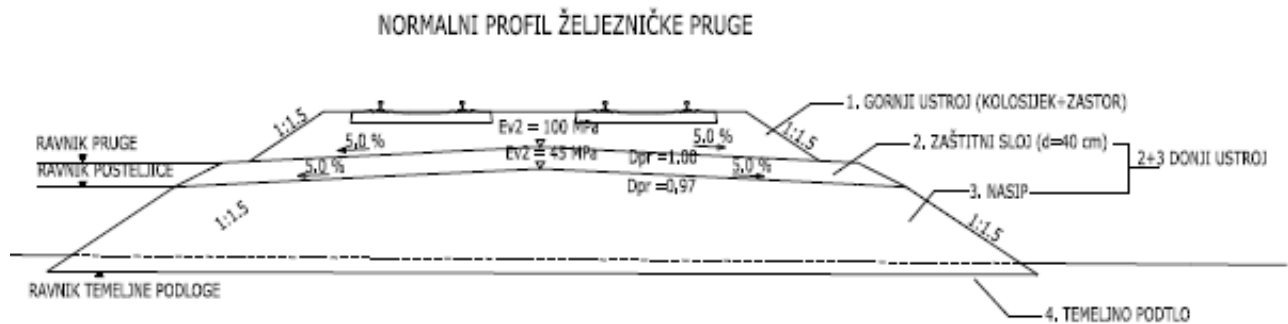


Slika 18 Iskop za proširenje postojećeg nasipa- detalj B(HŽ infrastruktura, 2022.)

3.3.2.5 Izrada nasipa od kamene mješavine-ojačani nasip

Ovaj rad obuhvaća nasipanje, razastiranje, prema potrebi vlaženje ili sušenje, te planiranje materijala u nasipu, kao i zbijanje.

Svaki sloj nasipnog materijala mora biti razastrt vodoravno u uzdužnom smjeru ili nagibu koji je najviše jednak projektiranom uzdužnom nagibu nivelete. Od toga se može odstupiti jedino pri izradi silaznih rampi za dublje udoline, kada slojevi nasipa mogu biti i u većem nagibu. U poprečnom smjeru nasip mora uvijek imati minimalni poprečni pad u svim fazama izrade. Svaki nasuti sloj mora se zbijati u punoj širini odgovarajućim sredstvima za zbijanje. Zbijati treba od nižega ruba prema višemu. Materijal treba navoziti po već djelomično zbijenom nasipu, po mogućnosti uvijek po novom tragu, tako da se i navoženjem omogući određeno i jednolično zbijanje slojeva nasipa. S nasipanjem novog sloja nasipa može se otpočeti tek kada je prethodni sloj dovoljno zbijen i kada je tražena zbijenost dokazana ispitivanjem. Visina svakog pojedinog razgrnutog sloja nasipnog materijala mora biti u skladu s vrstom nasipnog materijala i dubinskim učinkom strojeva za zbijanje. Nasipni materijal nanosi se na uređeno temeljno tlo na koje je položen geotekstil i geomreža ili na već izrađeni sloj nasipa. Po završetku nasipa dotjeruju se i planiraju njegovi pokosi.



Slika 19 Primjer normalno poprečnog profila željezničke pruge(HŽ infrastruktura, 2022.)

Pod kamenitim materijalima razumijevaju se materijali dobiveni miniranjem, kamene drobine i šljunci, tj. materijali koji praktički nisu osjetljivi na prisutnost vode (materijali iskopne kategorije “A” i dio materijala iskopne kategorije “C”).

EC8 Tip tla	Litološka obilježja presjeka	Parametri		
		$V_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (br. udaraca/ 30cm)	C_u (kPa)
A	Stijena ili stjenovita masa, uključujući manje od 5 m trošnog materijala na površini	> 800	-	-
B	Naslage gusto zbijenog pijeska, šljunka ili čvrstih glina, debele najmanje nekoliko desetaka metara, karakterizirane postepenim porastom mehaničkih karakteristika sa dubinom	360 - 800	> 50	> 250
C	Debele naslage rahlo zbijenih do srednje zbijenih pijesaka, šljunaka i polučvrstih glina, debljine od nekoliko desetaka do nekoliko stotina metara	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Naslage vrlo rahlo do srednje zbijenih tala (sa ponekim lako gnječivim koherentnim slojem, ili bez njega), ili od pretežito lako do teško gnječivog koherentnog tla	< 180	< 15	< 70
E	Tip tla E sastoji se od površinskog aluvijalnog sloja sa $V_{s,30}$ vrijednostima klase C ili D i debljine koja se kreće od 5 do 20 metara, sa čvrstom podlogom brzine $V_{s,30} > 800$ m/s	-	-	-
S ₁	Naslage koje se sastoje od najmanje 10 m debelih slojeva lakognječive gline / praha sa indeksom plastičnosti ($PI > 40$) i visokim sadržajem vode	< 100	-	10 - 20
S ₂	Naslage tala sklone likvefakciji, glina osjetljivih na poremećaje, ili druga kategorije tla koje nije uključeno u kategorije A-E	-	-	-

Slika 20 Pojednostavljena amplifikacija prema tipu tla iz EC8(HŽ infrastruktura, 2022.)

3.3.2.6 Izrada nasipa od miješanih materijala

Kao i kod ojačanog nasipa, svaki sloj nasipnog materijala mora biti razastrt vodoravno u uzdužnom smjeru ili nagibu koji je najviše jednak projektiranom uzdužnom nagibu nivelete, odstupanje je jedino moguće pri izradi silaznih rampi, kada slojevi nasipa mogu biti u većem nagibu.

Izvedba nasipa od miješanih materijala pod kojim se razumijevaju miješani kameni i zemljani materijali, glinoviti šljunci, zaglinjene kamene drobine, mješavine zaobljenog zrna kao npr. riječni šljunak te trošne stijene manje osjetljive na prisutnost vode. Materijal se zbija vibrovaljcima (samohodnim i vučnim), vibronabijačima te kompaktorima, a ovisno o vrsti upotrijebljenog materijala. Nasipavanje se izvodi u slojevima ne debljim od 30 cm. Nasipavanje određeno projektom obvezno se prethodno verificira izvedbom pokusne dionice duljine najmanje 50 m. Na pokusnoj dionici određuje se i tehnologija rada te se ispituje zbijenost.

Svojstvo	Norma	Položaj slojeva nasipa	Uvjet
stupanj zbijenosti D_{pr} u odnosu na standardni Proctor	HRN EN 13286-2:2010 ili HRN U.B1.016/68	Slojevi nasipa visokih preko 2 m na dijelu od podnožja nasipa do visine 2 m ispod planuma posteljice	$\geq 95 \%$
		Slojevi nasipa nižih od 1 m i slojevi nasipa viših od 2 m u zoni 2 m ispod planuma posteljice	$\geq 100 \%$
modul stišljivosti M_s ispitan kružnom pločom (ploča promjera $\varnothing 30.0$ cm)	HRN U.B1.046/68	Slojevi nasipa visokih preko 2 m na dijelu od podnožja nasipa do visine 2 m ispod planuma posteljice	$\geq 35 \text{ MN/m}^2$
		Slojevi nasipa nižih od 1 m i slojevi nasipa viših od 2 m u zoni 2 m ispod planuma posteljice	$\geq 40 \text{ MN/m}^2$

Slika 21 Uvjeti koje miješani materijal ugrađen u nasipni sloj mora ispunjavati (HŽ infrastruktura, 2022.)

3.3.3 Geotehnički radovi

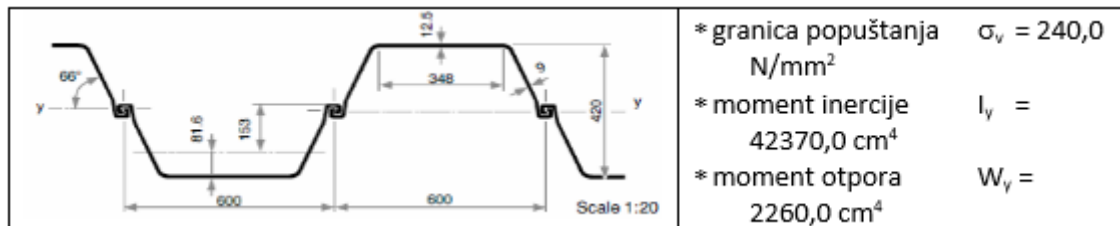
Geotehnički radovi odnose se na izvedbu posebnih geotehničkih zahvata i konstrukcija u temeljnom tlu, na tlu ili od tla, tj. zemljanih materijala. Izvode se sa svrhom osiguranja mehaničke otpornosti i stabilnosti te dopustivih deformacija građevina u međudjelovanju s temeljnim tlom, kao i zaštite drugih građevina, javnih površina, imovine i života od nepovoljnih utjecaja tla i vode.

3.3.3.1 Zabijeni čelični profili i čelično žmurje

Zagatna stijena od žmurja vitka je, uspravna, potporna konstrukcija zabijena u tlo (predgotovljeni elementi – čelične, drvene ili armiranobetonske platice (žmurje) se ugrađuju zabijanjem u tlo) ili u njemu ugrađena. Zabijeni čelični profili i žmurje koriste se za privremene ili stalne zaštite iskopa građevinskih jama. Elemente treba izvesti da pružaju maksimalnu čvrstoću i trajnost uz najmanju moguću težinu u skladu s dobrim uvjetima ugradnje u tlo. Izvedba žmurja treba biti u skladu s normom HRN EN 12063:1999. Prije ugradnje izvođač mora osigurati visinske kote krune i temelja zida, također potrebno je provjeriti stvarne hidrološke, geološke i geomehaničke prilike

na terenu i prema potrebi u suglasnosti s nadzornim inženjerom prilagoditi projekt zida stvarnim terenskim uvjetima.

Elementi se ugrađuju u tlo pomoću odgovarajućeg vibro uređaja ili zabijanjem makarama (maljevima). Žmurje se zabija kontinuirano, jedan panel do drugog tako da ostanu kontinuirano međusobno zabravljeni. Prilikom zabijanja potrebno je paziti na položaj i na vertikalnost svakog čeličnog panela. Zabijanje se izvodi najprije do polovice dubine, a zatim u drugoj fazi do konačne dubine predviđene projektom.



Slika 22 Geometrijske karakteristike talpe koje se ugrađuju (HŽ infrastruktura, 2022.)



Slika 23 Ugrađene talpe na podvožnjaku "Lazina"

3.3.4 Odvodnja i vodne građevine

3.3.4.1 Izrada podloge od pijeska za vodovodne i kanalizacijske cijevi

Na pripremljeno i preuzeto dno iskopa rova moguće je započeti izradu posteljice vodovodnih i kanalizacijskih cijevi od pijeska granulacije 0-16mm. Debljina podložnog sloja je od 5 do 15 cm ovisno o rješenju iz projekta. Prije polaganja cijevi, mora se instrumentom kontrolirati izrađena posteljica, te prema potrebi izvršiti korekcije, a u skladu s kotama i padom danim u uzdužnom presjeku. Polaganje se vrši na pripremljeni planum, a prije polaganja polaže se geotekstil čija su svojstva dana u tablici:

Tablica 6 Svojstva geotekstila kod podloga od pijeska(HŽ infrastruktura, 2022.)

Svojstva	Zahtjev	Standard
Vrsta	Netkani geotekstil od polipropilena	-
Čvrstoća na vlak (uzdužno)	$MD \geq 20 \text{ kN/m'}$	HRN EN ISO 10319:2015 ili jednakovrijedno
Čvrstoća na vlak (poprečno)	$CMD \geq 20 \text{ kN/m'}$	HRN EN ISO 10319:2015 ili jednakovrijedno
Deformacija pri slomu (uzdužno)	$MD \geq 55 \%$	HRN EN ISO 10319:2015 ili jednakovrijedno
Deformacija pri slomu (poprečno)	$CMD \geq 55 \%$	HRN EN ISO 10319:2015 ili jednakovrijedno
Ispitivanje statičkim probijanjem (CBR)	$F_p \geq 3.20 \text{ kN}$	HRN EN ISO 12236:2008 ili jednakovrijedno
Karakteristična veličina otvora	$\varnothing 90 \leq 200 \mu\text{m}$	HRN EN ISO 12956:2010 ili jednakovrijedno
Vodopropusnost okomito na ravninu, bez opterećenja	$k \geq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$	HRN EN ISO 11058:2010 ili jednakovrijedno
Trajnost	Prekriti na dan postavljanja, zahtijeva se trajnost od 50 godina	-

3.3.4.2 Polaganje drenažnih, vodovodnih i odvodnih cijevi

Na podlogu se potom postavljaju cijevi. Cijevi su PVC cijevi (od perforiranog tvrdog polivinil klorida), neperforirane PVC cijevi, PEHD cijevi (poliesterske cijevi), GRP cijevi (cijevi od armiranog polistera), PP korugirane cijevi (polipropilenske cijevi), lijevano željezne duktil cijevi. Njihovo polaganje odvija se u uzdužnom padu prema projektu. Utovar, prijevoz, istovar, te spuštanje cijevi na mjesto ugradnje, mora se vršiti na takav način da ne dođe do nekakvog oštećenja, na što treba obratiti naročitu pažnju. Cijevi se prevoze kamionima i vagonima, a

utovaruju i istovaruju isključivo strojevima, dizalicama, bagerima ili viličarima. Pri utovaru, istovaru i montaži treba obuhvatiti vanjski plašt cijevi, blizu njenih krajeva čeličnom užadi ili široko nosivim remenjem koje visi vertikalno s balansirajuće grede ili posebnim kliještima za hvatanje cijevi čije dodirne površine su presvučene gumom.

3.3.4.3 Zatrpavanje rova

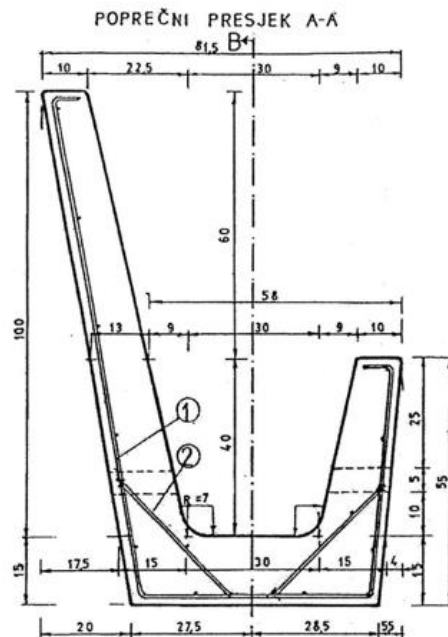
Zatrpavanje kanalskog rova, nakon uspješne izvedbe cjevovoda, obavlja se korištenjem zamjenskog materijala, materijala iz iskopa (ovisno o njegovoj kvaliteti), šljunka ili tucanika. Ovaj proces uključuje pažljivo nabijanje slojeva do postizanja potrebne zbijenosti i izravnavanja s planumom ili okolnim terenom. Prije nego što započne postupak zatrpavanja cijevi, nužno je provesti ispitivanje vodonepropusnosti cjevovoda. U tom kontekstu, dopušteno je djelomično zatrpavanje, pod uvjetom da spojevi cijevi ostanu nezatrpani. Ova mjera je posebno važna u situacijama gdje su cijevi položene ispod uobičajenog nivoa podzemnih voda, kako bi se spriječilo djelovanje sile uzgona.

Materijal koji se koristi za zatrpavanje mora biti čist, bez primjesa šute, otpadnog betona ili kamena. Zatrpavanje rovova izvodi se u slojevima od 30 cm, uz pažljivo nabijanje kako bi se osigurala stabilnost i dugotrajnost cjevovoda.

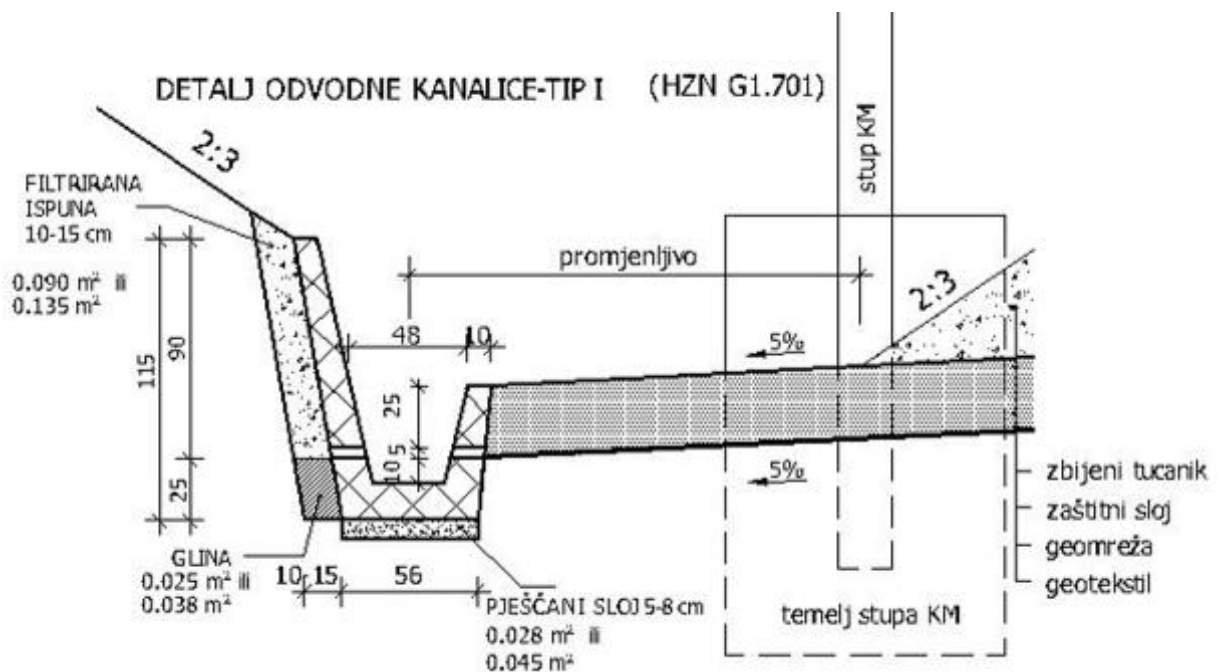
3.3.4.4 Betonske kanalice za odvod oborinskih voda

Betonske kanalice za odvodnju oborinskih voda proizvode se prema normi HRN EN 1340 ili jednakovrijedno i HRN EN 1433 ili jednakovrijedno.

Kanalice se polažu na pješčanu podlogu debljine 5-8 cm, s vanjske strane se oblažu slojem gline 10-15 cm, a zatim do vrha filterskom ispunom, međusobno se spajaju cementnom žbukom 1:2

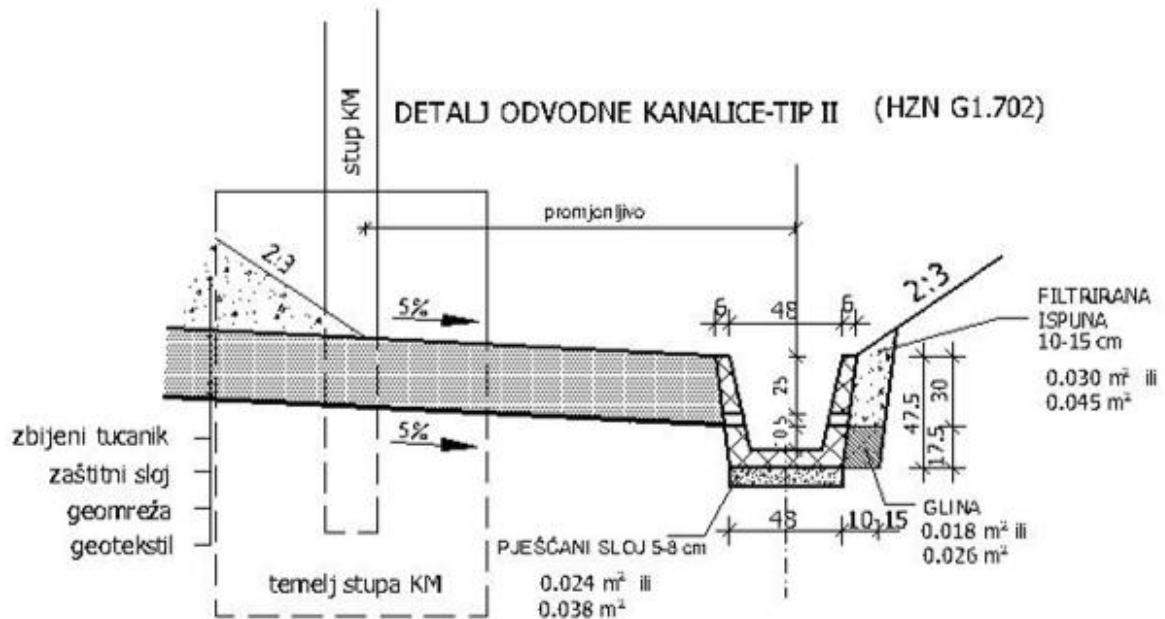


Slika 24 Tipizirana betonska kanalice za odvod oborinskih voda (HŽ infrastruktura, 2022.)



Slika 25 Detalji odvodne kanalice TIP I (HŽ infrastruktura, 2022.)

Kanalice se ugrađuju na projektiranu udaljenost od osi kolosijeka s lijeve ili desne strane pruge, na sloj pijeska od 5 – 8 cm. Unutarnja strana kanalice polaže se tako da procjednica pada točno na rub projektiranog planuma i projektiranu udaljenost, a gornji dio kanalice se zasipa zaštitnim slojem do vrha kanalice. Vanjska strana kanalice zatrpava se nabačajem od dna kanalice do procjednice glinom u širini 10-15 cm, a zatim do vrha kanalice se zatrpava filtarskom ispunom. Kanalice se međusobno spajaju i učvršćuju cementom žbukom 1:2.



Slika 26 Detalji odvodne kanalice TIP II (HŽ infrastruktura, 2022.)

3.4 Tehnički uvjeti gornjeg ustroja- rekonstrukcija

3.4.1 Kameni agregat(tucanik)

Kameni agregat (tucanik) za kolosiječni zastor mora biti proizveden u kamenolomima od jedinstvene stjenske mase istoga geološkog izvora. Nije dopuštena proizvodnja tucanika miješanjem materijala iz različitih stjenskih masa i geoloških izvora.

Kameni agregat se treba priložiti uz izvješće o ispitivanju kvalitete stjenske mase i izvješće o ispitivanju kamenoga agregata (tucanika) za kolosiječni zastor izdano od Hrvatske akreditacijske agencije HAA. Na izvješću mora biti istaknuta oznaka i broj akreditacije.

Tablica 7 Kriteriji kvalitete stjenske mase iz koje se proizvodi željeznički tucanik(HŽ infrastruktura, 2022.)

Red. broj	Ispitno svojstvo	Mjerodavna norma	Zahtjev koji je potrebno ispuniti
1.	Tlačna čvrstoća u suhom stanju	HRN EN 1926 ili jednakovrijedno	min. srednja vrijednost 140 MPa
2.	Upijanje vode	HRN EN 13755 ili jednakovrijedno	max. srednja vrijednost 0,75 %
3.	Gustoća kamena	HRN EN 1936 ili jednakovrijedno	min. srednja vrijednost 2,70 t/m ³
4.	Prostorna masa kamena	HRN EN 1936 ili jednakovrijedno	min. srednja vrijednost 2,65 t/m ³
5.	Poroznost	HRN EN 1936 ili jednakovrijedno	max.srednja vrijednost 2,5 %
6.	Postojanost na mrazu (min.25 ciklusa mraza)	HRN EN 12371 ili jednakovrijedno	postojan
7.	Mineraloško-petrografska	HRN EN 12407 ili jednakovrijedno	mineraloško-petrografski sastav stjenske mase

Tablica 8 Tehnički uvjeti za željeznički tucanik(HŽ infrastruktura, 2022.)

1.	Granulometrijski sastav željezničkog tucanika d=31,5(32) mm - D=63,0mm	HRN EN 933-1 ili jednakovrijedno	kategorija sortiranja D u skladu s točkom 6.3 tablicom 1. iz HRN EN 13450 ili jednakovrijedno, tablica 2 ITS G2.020, granična krivulja prikazana na slici 1 ili jednakovrijedno
2.	Prisutnost sitnih zrna ispod 0,5 mm	HRN EN 933-1 ili jednakovrijedno	ne smije biti veći od 1% odgovara kategoriji B sukladno točki 6.4. Tablici 2. normi HRN EN 13450 ili jednakovrijedno
3.	Sadržaj finih čestica ispod 0,063 mm	HRN EN 933-1 ili jednakovrijedno	mora odgovarati kategoriji finih čestica B u skladu s točkom 6.5, tablicom 3. iz HRN EN 13450 ili jednakovrijedno
4.	Oblik zrna izražen indeksom plosnatosti	HRN EN 933-3 ili jednakovrijedno	kategorija F115 (≤ 15) u skladu s točkom 6.6.1. tablicom 4. iz HRN EN 13450 ili jednakovrijedno
5.	Indeks oblika zrna	HRN EN 933-4 ili jednakovrijedno	kategorija SI20 (≤ 20) u skladu s točkom 6.6.2. tablicom 5. iz HRN EN 13450 ili jednakovrijedno
6.	Duljina zrna	HRN EN 13450 ili jednakovrijedno	kategorija duljine zrna C sukladno točki 6.7 Tablici 6. iz HRN EN 13450 ili jednakovrijedno
7.	Otpornost na drobljenje određena je metodom „Los Angeles" - deklarirana koeficijentom LARB -na M i R prugama	HRN EN 1097-2 ili jednakovrijedno	LARB16 (≤ 16) u skladu s točkom 7.2. Tablicom 7. iz HRN EN 13450 ili jednakovrijedno

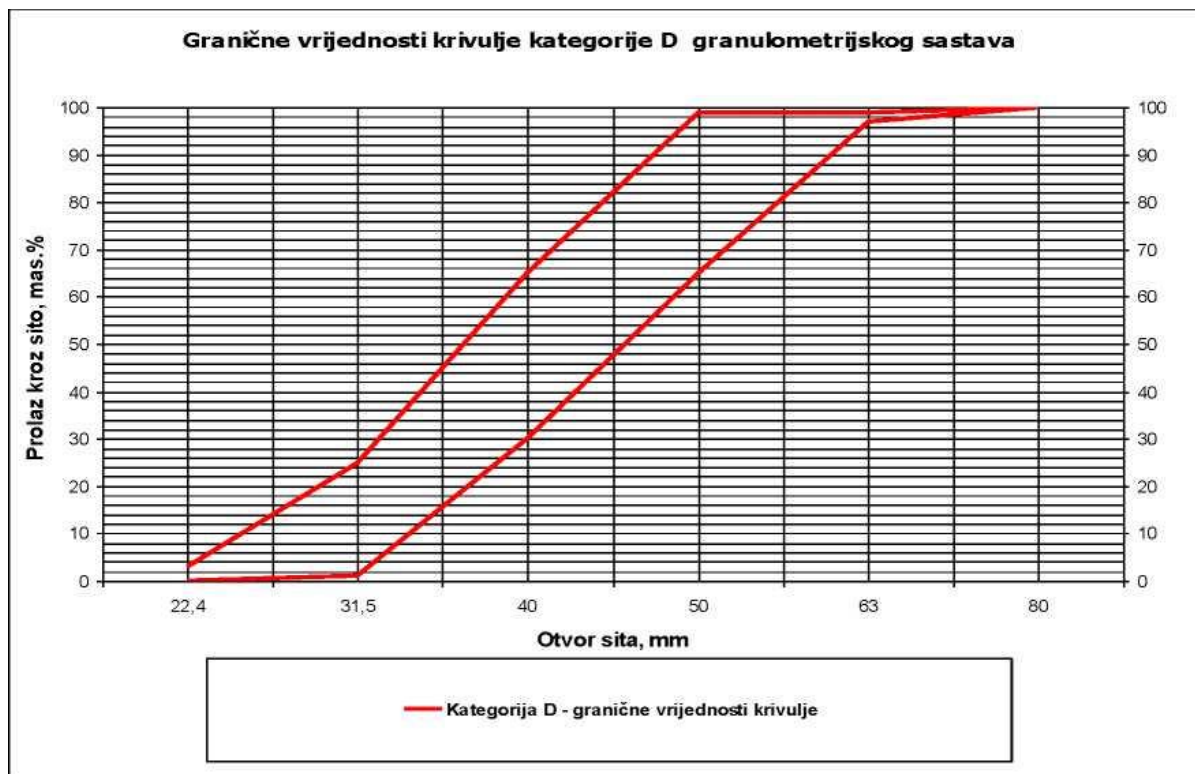
8.	Otpornost na drobljenje određena je metodom „Los Angeles“ - deklarirana koeficijentom LARB - na L prugama	HRN EN 1097-2 ili jednakovrijedno	LARB20 (≤ 20) u skladu s točkom 7.2. Tablicom 7. iz HRN EN 13450 ili jednakovrijedno
9.	Otpornost na habanje određena je metodom „micro-Deval“ - deklarirana koeficijentom MDE	HRN EN 1097-1 ili jednakovrijedno	MDE 15 (≤ 15) u skladu s točkom 7.3. Tablicom 9. iz HRN EN 13450 ili jednakovrijedno
10.	Upijanje vode	HRN EN 1097-6, Prilog B ili jednakovrijedno	ako je veće od 0,5% u skladu s točkom H.2.2. iz Priloga H norme HRN EN 13450 ili jednakovrijedno dodatno se ispituje otpornost na smrzavanje
*11.	Otpornost na smrzavanje	HRN EN 1367-1 ili jednakovrijedno	max. 2% (gubitak mase)
	Postojanost na magnezijev sulfat	HRN EN 1367-2 ili jednakovrijedno	max. 5 % (gubitak mase)
12.	Nasipna gustoća	HRN EN 1097-3 ili jednakovrijedno	-

Tablica 9 Granulometrijski sastav(HŽ infrastruktura, 2022.)

Veličina otvora sita	Željeznički tucanik veličine čestica 32 - 63 mm	
	Maseni postotak prolaska kroz sito	
	Razred granulometrijskog sastava	
mm	D	
80	100	
63	97 do 99	
50	65 do 99	
40	30 do 65	
31,5	1 do 25	
22,4	0 do 3	
31,5 do 50	-	
31,5 do 63	≥ 50	

NAPOMENA 1: Zahtjevi za prolaz kroz sito 22.4 mm odnose se na željeznički tucanik uzorkovan na mjestu proizvodnje

Proizvođač tucanika mora biti sposoban provesti sustav kontrole granulometrijskoga sastava tucanika. Kontrolu granulometrijskog sastava željezničkog tucanika potrebno je provoditi tijekom proizvodnje i tijekom isporuke.



Slika 27 Granične vrijednosti krivulje granulometrijskog sastava(HŽ infrastruktura, 2022.)

3.4.2 Tračnice tipa 60E1-R260 i 49E1-R260

Tablica 10 Temeljni uvjeti proizvoda i kvaliteta materijala tračnica(HŽ infrastruktura, 2022.)

Specifikacija	Opis
Tip tračnica	60E1 (mjere i kvaliteta prema HRN EN 13674-1 ili jednakovrijedno najnovijeg izdanja)
	49E1 (mjere i kvaliteta prema HRN EN 13674-1 ili jednakovrijedno najnovijeg izdanja)
Duljina tračnica	Najmanje 100 m (dugačke)
Rupe na krajevima	Ne buše se
Valjaoničke oznake	Sukladno normi HRN EN 13674-1 ili jednakovrijedno najnovijeg izdanja
Način proizvodnje	Obvezatno iz odljevaka kontinuiranog lijeva
Tvornička kontrola	Sukladno normi HRN EN 13674-1 ili jednakovrijedno najnovijeg izdanja
Kvaliteta materijala	R260 prema normi HRN EN 13674-1 ili jednakovrijedno najnovijeg izdanja
Posebni zahtjevi za materijal	Termički obradivi čelik (čelik podoban za poboljšanje)
Tolerancije za tračnički profil	Profil klase X prema HRN EN 13674-1 ili jednakovrijedno najnovijeg izdanja
Tolerancije za ravnost tračnice	Klasa A prema HRN EN 13674-1 ili jednakovrijedno najnovijeg izdanja

Dugačke tračnice duljine najmanje 100 m' ugrađene u kolosijek smiju se zavarivati samo elektrootpornim postupkom.

Elektrootporno zavarivanje tračnica pokretnim strojevima za zavarivanje na radilištima izvan stabilnih postrojenja mora biti izvedeno u skladu sa odredbama norme HRN EN 14587-2. Mjerodavna je klasa 1 za tolerancije ravnosti nakon obrade zavara.

Aluminotermitsko zavarivanje može se koristiti samo kod zavarivanja skretnica te tračnica u dugi trak nakon oslobađanja napona. Aluminotermitsko zavarivanje mora biti izvedeno u skladu s normama HRN EN 14730- i HRN EN 14730-2 ili jednakovrijednog najnovijeg izdanja, pri čemu je mjerodavan stroži kriterij.

Da bi se pojedinačne tračnice položile potrebno je utvrditi i, od strane nadzornog inženjera, preuzeti sve prethodne faze radova odnosno utvrditi da je donji ustroj u potpunosti stabilan, da je zaštitni sloj propisane zbijenosti i profila, da je prvi sloj zastorne prizme propisane debljine i tražene zbijenosti te da su pragovi, zajedno sa elastičnim kolosiječnim priborom, pravilno postavljeni. Tračnice je zatim potrebno položiti u pričvrstna mjesta, pričvrstiti elastičnim kolosiječnim priborom, učvrstiti odgovarajućom silom zatezanja (ovisno o vrsti kolosiječnog pribora), kolosijek grubo regulirati po smjeru i visini i nakon toga pojedinačne tračnice zavariti u dijelove dugog traka tračnica (DTT). Zavarivanje tračnica se pri tome ne smije raditi na temperaturama manjim od +5°C i većim od +35°C.

Nakon provedenog postupka zavarivanja, zavare je potrebno obraditi te izvršiti provjeru geometrije zavarenog mjesta i geometrije u području zavara:

Granične dopuštene vrijednosti na mjestu zavara su:

- Odstupanje po visini zavara 2 mm
- Odstupanje po širini zavara 3 mm

Granične dopuštene vrijednosti vozne površine na području zavara (po visini, na duljini 1 m) su:

- Nadvišenje zavara + 0.3 mm
- Udubljenje zavara 0.0 mm
- Ravnost zavara na duljini brušenja 0.2 mm
- Najveća duljina brušenja vozne površine 600 mm

Granične dopuštene vrijednosti voznog ruba na području zavara (po širini, na visini 14 ± 1 mm ispod gornjeg ruba tračnice) su:

- Izbočenje voznog ruba na duljini 1 m + 0.5 mm
- Udubljenje voznog ruba na duljini 1 m - 0.5 mm
- Najveća duljina brušenja voznog ruba 300 mm

Granične dopuštene apsolutne vrijednosti visinske razlike voznog ruba na području zavara (na duljini 1 m mjerene uređajem za mjerenje ravnosti) su:

- Vozna površina (apsolutna vrijednost) 0.3 mm
- Vozni rub (apsolutna vrijednost) 0.3 mm

Reguliranjem kolosijeka potrebno je urediti kolosijek po smjeru i visini, nadopuniti i na propisani oblik urediti zastornu prizmu te po potrebi pritegnuti kolosiječni pribor.

Pri tome geometrijske mjere kolosijeka moraju biti unutar dozvoljenih granica odstupanja i to:

- Odstupanje kolosijeka po širini ± 3 mm
- Odstupanje kolosijeka po visini
 - u pravcu ± 2 mm
 - u krivini ± 5 mm

Strojno reguliranje kolosijeka se može obavljati pri temperaturama koje mogu odstupati do $\pm 15^{\circ}\text{C}$ od potrebne temperature t_p .

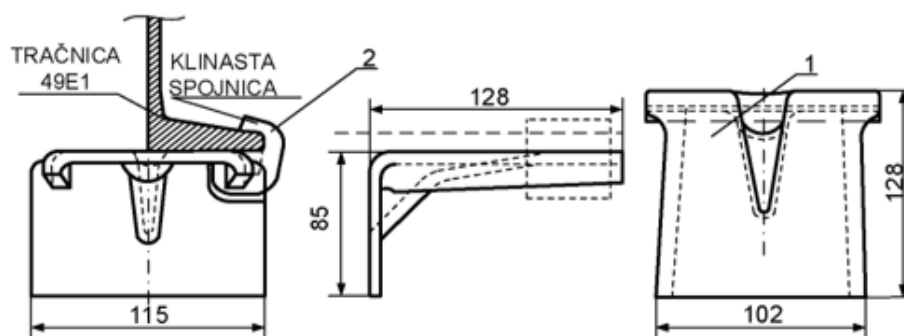
Nakon svega potrebno je obaviti reprofiliranje tračnica kako bi ukonili napetost uslijed valjanja tračnica, te zbog oštećenja koja su nastala prilikom ugradnje i zavarivanja tračnica

3.4.3 Naprave protiv klizanja tračnica

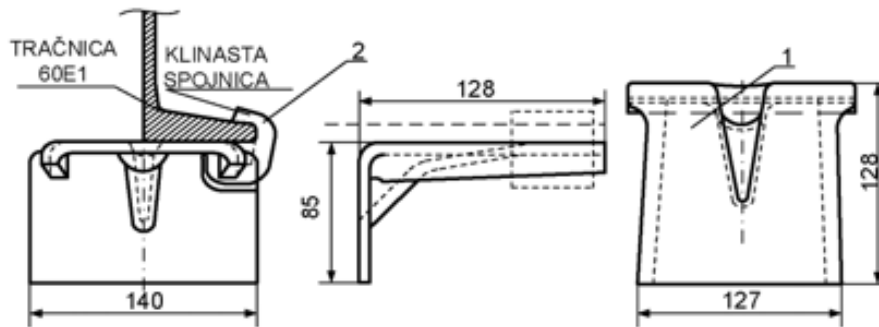
Naprave moraju biti proizvedene po odgovarajućim uvjetim i odgovarajućom tehnologijom, kako bi se dostigla visoka kvaliteta, odgovarajuća otpornost na opterećenje i zamor, uvjeti su dani tablicom:

Tablica 11 Temeljni uvjeti za naprave protiv klizanja(HŽ infrastruktura, 2022.)

Specifikacija	Opis
Tip kolosijeka	Neprekinuto zavareni sa zastorom od tučenca
Tip drvenog kolosiječnog praga	Bukov impregnirani duljine 2600 mm, poprečni presjek 260 x 160 mm
Tip pričvršćenja	Elastično – posredno s podložnom pločom
Tip tračnice	60E1 i 49E1
Nagib tračnice	1:40
Najveća dopuštena masa	25 t/osovini
Najveća dopuštena brzina	160 km/sat
Najmanji polumjer vodoravnog luka	200 m
Mjere i sastavni dijelovi	Sukladno nacrtu ITS G1.343 i ITS G1.341 ili jednakovrijedno za 60E1 i 49E1
Kvaliteta materijala	Prema sastavnici u nacrtu
Označavanje spojnice	Lijeva i desna spojnica moraju biti jasno označene oznakama L i D



Slika 28 Naprava protiv klizanja ITS G1.341(HŽ infrastruktura, 2022.)



Slika 29 Naprava protiv klizanja ITS G1.343(HŽ infrastruktura, 2022.)

3.4.4 Skretnice i kolosiječne veze

Osnovne mjere i geometrijske karakteristike skretnica i kolosiječnih veza između skretnica moraju se izraditi sukladno sa zahtjevima Tehničkih Specifikacija za Interoperabilnost (TSI) transeuropskoga konvencionalnoga željezničkog sustava za građevinski infrastrukturni podsustav (UREDBA KOMISIJE (EU) br. 1299/2014 od 18. studenoga 2014. o tehničkoj specifikaciji interoperabilnosti podsustava „infrastrukture” željezničkog sustava u Europskoj uniji) te pripadajućim važećim hrvatskim (ujedno europskim) strukovnim normama (HRN EN 13232 ili jednakovrijedno).

Sve skretnice i kolosiječne veze izradit će se u skladu sa situacijom rekonstrukcije željezničkih kolodvora Hrvatski Leskovac, Jastrebarsko i Karlovac te stajališta Zdenčina. Po projektnim kriterijima, tip svih novih skretnica je 60E1-500-1:12. Međutim, zbog postojećih ograničenja, u kolodvoru Karlovac projektirane su skretnice tipa 60E1-300-6, te skretnice tipa 60E1-200-6, i u kolodvoru Jastrebarsko projektirane su skretnice tipa 60E1-200-6.

Skretnice će biti projektirane prema sljedećoj tablici:

Tablica 12 Osnovni uvjeti skretnica(HŽ infrastruktura, 2022.)

Skretnica	Osovinsko opterećenje	Maksimalna brzina (pravac)	Maksimalna brzina (skretanje)	Standard
60E1-500-1:12	25,0 tone	160 km/h	65 km/h	HŽN G1.408 ili jednakovrijedna
60E1-300-6	25,0 tone	140 km/h	50 km/h	HŽN G1.404 ili jednakovrijedna

60E1-200-6	25,0 tone	100 km/h	40 km/h	Shema br. 600-200-6
------------	-----------	----------	---------	---------------------

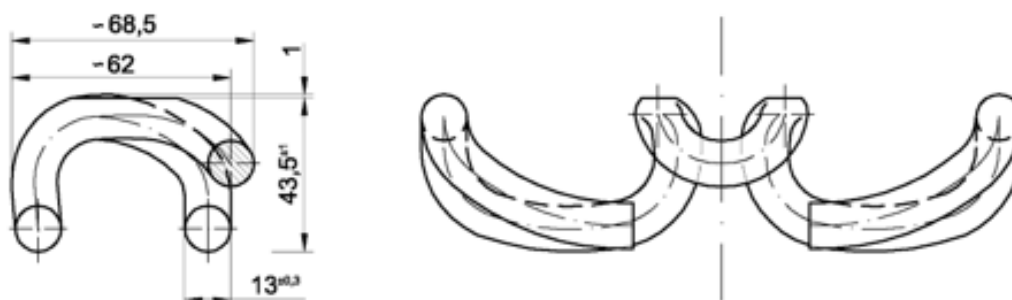
Tračnice na skretnicama i kolosiječnim vezama između skretnica u smjeru skretanja moraju biti postavljene u okomitom položaju u odnosu na skretničke pragove kako bi se osigurala optimalna stabilnost i smanjenje trošenja tračnica. Vodilice na srištu skretnice moraju biti izrađene iz profila 33C1, kvalitete R320Cr, u skladu s normom HRN EN 13674-3.

Prosječni razmak između osi skretničkih betonskih pragova treba biti 600 mm, s mogućnošću lokalnih odstupanja od ± 50 mm zbog optimalne raspodjele opterećenja i stabilnosti kolosijeka.

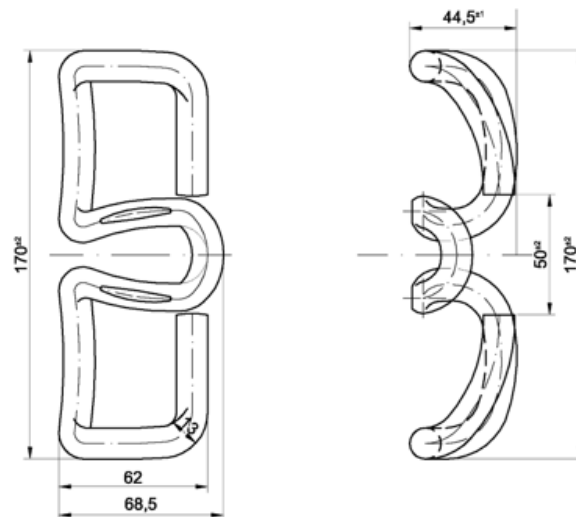
Skretnička srca na skretnicama tipa 60E1 moraju biti izrađena od lijevanog austenitnog manganskog monobloka sa 13% mangana, na koji su zavarene nastavne tračnice. Nastavne tračnice trebaju biti u kvaliteti R350 HT. Ovaj tip skretničkih srca treba biti izrađen sukladno standardima UIC 866-0, HRN EN 15689 ili jednakovrijednim, te HRN EN 13232-6 ili jednakovrijednim čime će se osigurati visoka otpornost na habanje i udarce.

Podložne ploče na prevodničkom uređaju i međutračnicama trebaju biti rebraste, bez nagiba, širine 160 mm i minimalne debljine 16 mm. Sve podložne ploče moraju biti rezane cirkularom i bušene strojnim svrdlom, dok je probijanje rupa presom strogo zabranjeno. Podložne ploče skretnica moraju biti tako konstruirane da cijelom površinom naliježu na gornju površinu pragova, te trebaju biti izrađene sukladno standardima UIC 864-6 i 7, HRN EN 10025 ili jednakovrijednim.

Pričvrsne elastične kopče na skretnicama moraju biti tipa Skl 12 s KTL zaštitom, sukladno normama HRN EN 13146 ili jednakovrijednim, HRN EN 13481 ili jednakovrijednim, te UIC 864-2 ili jednakovrijednim. Ove kopče osiguravaju elastično pričvršćivanje tračnica, čime se postiže bolja prilagodba tračnica na opterećenja i produljuje njihov vijek trajanja.

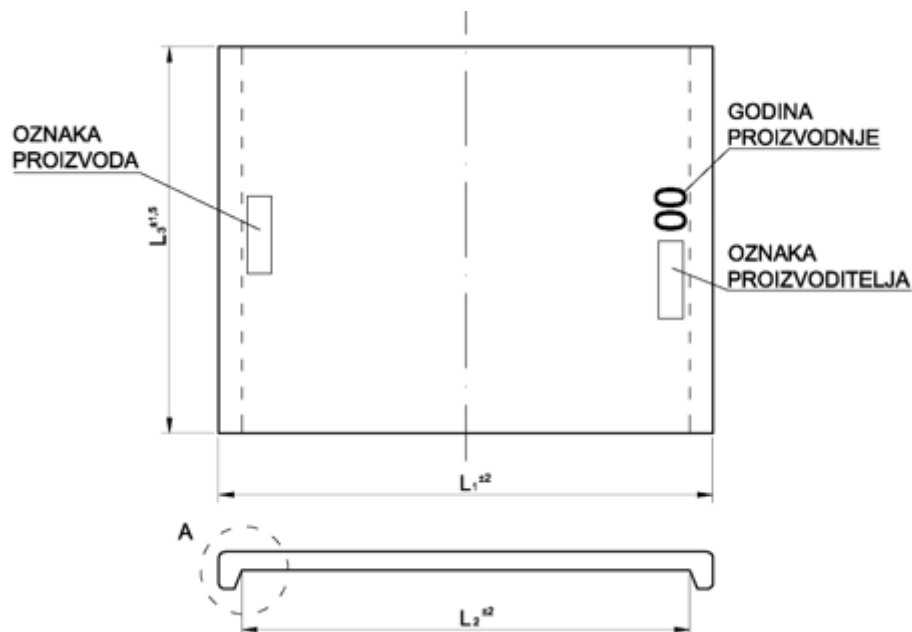


Slika 30 Elastična pritiskalica tipa SKL12 pogled A(HŽ infrastruktura, 2022.)



Slika 31 Elastčna pritiskalica tipa SKL12 pogled B(HŽ infrastruktura, 2022.)

Na podložnim pločama i kliznim jastucima potrebno je ugraditi sintetičke podtračničke podloške izrađene prema standardu UIC 864-5 ili jednakovrijednom. Ove podloške moraju imati rebraste krajeve kako bi se spriječilo njihovo ispadanje s podložnih ploča, osiguravajući stabilnost i pravilno raspoređivanje opterećenja.

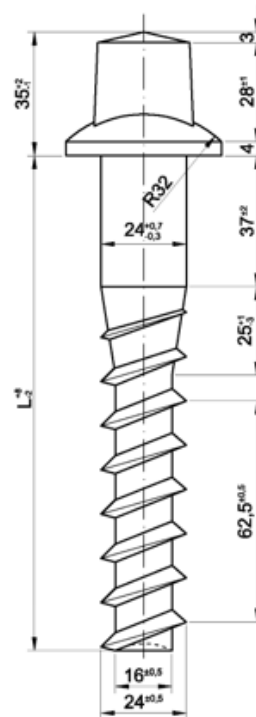


Slika 32 Sintetički podtračnički podlošci(HŽ infrastruktura, 2022.)

Ispod podložnih ploča i kliznih jastuka trebaju se postaviti sintetički podmetači minimalne debljine od 3 mm. Podmetači moraju biti širine koja premašuje širinu podložnih ploča za najmanje 10 mm, čime se osigurava dodatna zaštita i smanjenje vibracija te buke tijekom prolaska vlakova.

Klizni jastuci moraju biti izrađeni u kovanoj izvedbi ili jednakovrijednoj lijevanoj izvedbi, u skladu s normama HRN EN 13146, HRN EN 13481 i HRN EN 1563 ili jednakovrijednima. Ovi jastuci osiguravaju glatko i učinkovito prebacivanje skretnica te moraju biti pričvršćeni za skretnički betonski prag s minimalno četiri vijka, a iznimno s tri vijka zbog konstruktivnih razloga.

Vijci/tirefoni za podložne ploče i klizne jastuke moraju biti dimenzija 24x160 mm, kvalitete 5.6 i izrađeni prema standardu UIC 864-1 ili jednakovrijednom. Na svim tirefonima potrebno je ugraditi dvostruke elastične prstenaste podloške radi osiguranja čvrstog i elastičnog spoja.



Slika 33 Vijci/tirefoni za podložne ploče i klizne jastuke(HŽ infrastruktura, 2022.)

Stojeći vijci trebaju biti dimenzija M22x55 mm, kvalitete 5.6, s maticama M22 kvalitete 5. Svi stojeći vijci, tirefoni i dvodijelni elastični prstenovi na pričvršnim kopčama moraju biti zaštićeni postupkom galvanizacije kako bi se osigurala otpornost na koroziju i produžio njihov vijek trajanja.

4 TEHNOLOGIJA I LOGISTIKA IZVEDBE RADOVA GRADNJE ŽELJEZNICA I MOSTOGRADNJE

Pojam tehnologija potječe od grčke riječi *techne*, što znači umijeće ili vještina, i *logos*, što označava riječ, govor ili nauku. U suvremenom smislu tehnologija označava skup vještina, metoda i procesa koje se koriste u proizvodnji robe i davanju usluga. (Završki i Burcar Dundović, 2022.)

Tehnologija građenja kroz povijest obuhvaća evoluciju materijala, tehnika i procesa koji su omogućili ljudima da grade sve složenije i trajnije strukture. Od korištenja jednostavnih alata u prapovijesnim razdobljima do primjene sofisticiranih građevinskih strojeva i naprednih materijala danas, razvoj tehnologije građenja igra ključnu ulogu u oblikovanju modernih društava.

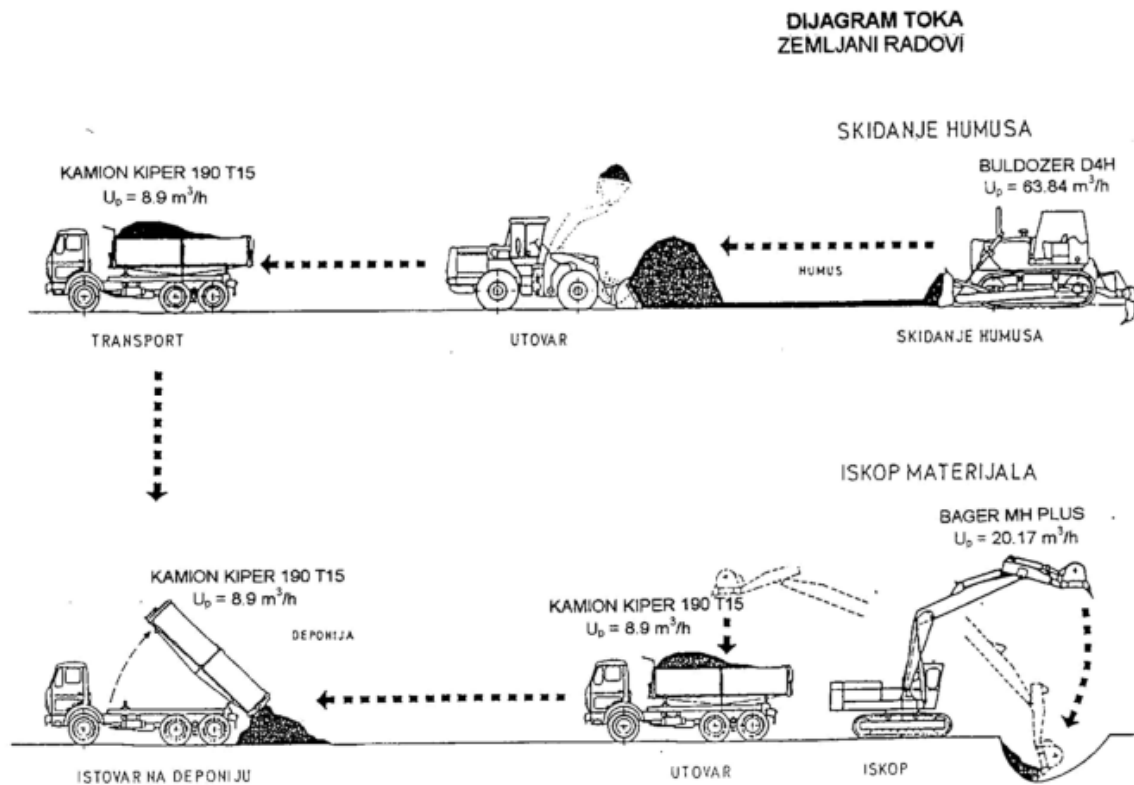
U starim civilizacijama, poput Egipta, Grčke i Rima, tehnologija građenja omogućila je izgradnju monumentalnih struktura, kao što su piramide, hramovi i akvadukti, koje su simbolizirale moć i napredak tih društava. S vremenom, razvojem novih materijala poput betona, čelika i stakla, te pojavom novih građevinskih metoda, tehnologija građenja značajno se unaprijedila, omogućujući izgradnju sve viših, sigurnijih i funkcionalnijih zgrada.

Danas, tehnologija građenja obuhvaća širok spektar disciplina, uključujući projektiranje, statiku, geotehniku, građevinske materijale i menadžment projekata. Razvoj novih tehnologija, kao što su 3D printanje betona, pametni materijali, BIM (Building Information Modeling) i dronovi, dodatno mijenja način na koji se građevinski projekti izvode, povećavajući efikasnost, sigurnost i održivost građevinskih procesa.

Tehnološke procese najjednostavnije je prikazati grafički.

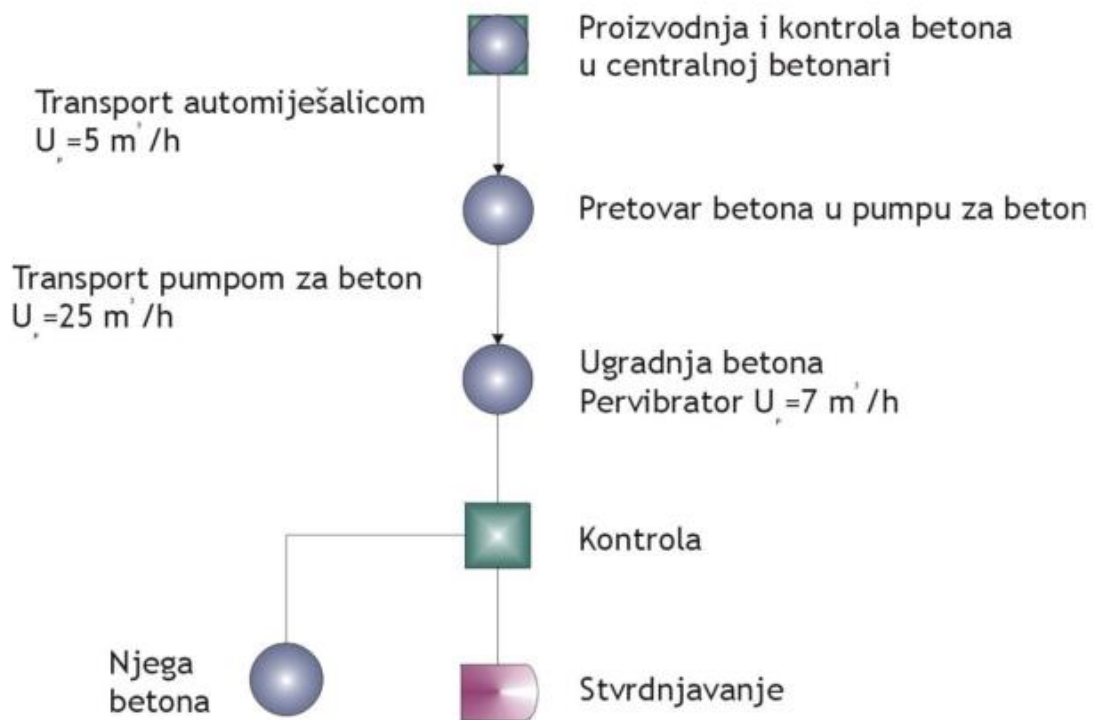
Dvije uobičajene metode:

- Dijagram tijeka
- Tehnološka karta procesa



Slika 34 Primjer dijagram tijeka (Završki i Burcar Dundović, 2022.)

TEHNOLOŠKA KARTA BETONSKIH RADOVA

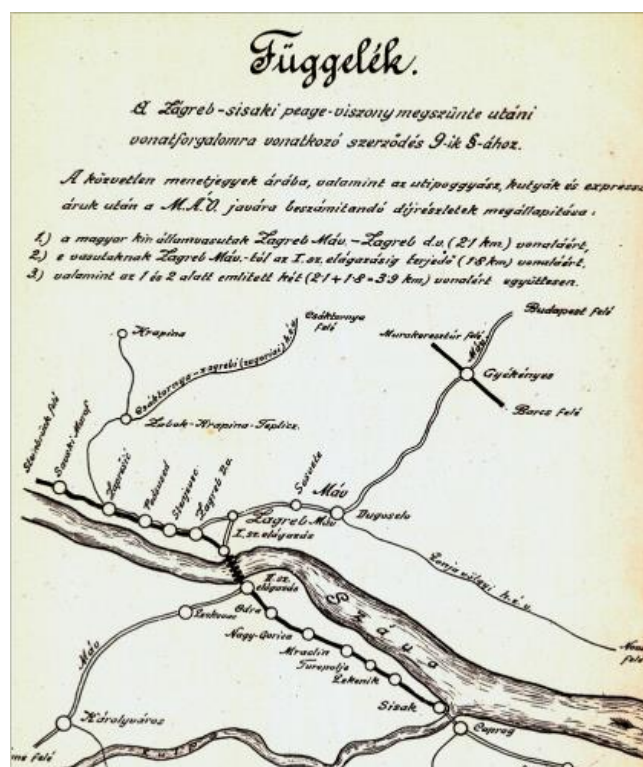


Slika 35 Primjer tehnološke karte (Završki i Burcar Dundović, 2022.)

4.1 Povijest gradnje željeznica u Republici Hrvatskoj

Povijest gradnje željeznica u Republici Hrvatskoj proteže se kroz više od stoljeća i ima važnu ulogu u gospodarskom i društvenom razvoju zemlje. Izgradnja željezničke mreže započela je u 19. stoljeću, kada su željeznice postale ključni čimbenik industrijalizacije i povezivanja različitih regija unutar tadašnje Austro-Ugarske Monarhije. Prva željeznička pruga na području današnje Hrvatske puštena je u promet 24. travnja 1860. godine. Riječ je o pruži koja prolazi kroz Međimurje, između kolodvora Kotoriba na današnjoj hrvatsko-mađarskoj granici i stajališta Macinec na hrvatsko-slovenskoj granici, a koja je bila dio pruge Budimpešta – Nagykanizsa – Kotoriba – Čakovec – Pragersko. Ta pružna dionica, tada popularno nazvana “okrajak na hrvatskom tlu”, izravno je spojila Budimpeštu na magistralnu prugu Beč – Trst, a Hrvatsku povezala s europskom željezničkom mrežom. (HŽ Infrastruktura, 2020.)

Pruga Zidani Most – Zagreb – Sisak/Galdovo otvorena je za promet dvije godine kasnije, točnije, 1. listopada 1862. Prometni smjer Steinbruck – Sissek ondašnjoj Habsburškoj Monarhiji bio je zanimljiv radi ostvarivanja izravne veze željezničkog i riječkog prometa u luci Galdovo. Izgradnju je preuzeo privatni konzorcij Carsko i kraljevsko povlašteno društvo južnih željeznica. Radove je kao glavni inženjer vodio Karlo von Etzel (1813. – 1865.), a izgradnju visokih građevina preuzelo je građevno poduzeće “Guido Pongratz” iz Zagreba. Pruga Zidani Most – Zagreb – Sisak prva je željeznička pruga na zagrebačkome području, a označila je početak oblikovanja zagrebačkoga prometnog čvorišta te omogućila ulazak zagrebačkoga područja u europski prometni sustav, a samim time razvoj Zagreba. (HŽ Infrastruktura, 2022.)



Slika 36 Skica trase pruge Zidani Most- Zagreb- Sisak(HŽ Infrastruktura, 2022.)

4.2 Građevinska mehanizacija u izgradnji željeznica

Građevinska mehanizacija ima ključnu ulogu u izgradnji željezničkih pruga, s obzirom na složenost i zahtjevnost radova koje podrazumijeva ovaj proces. Ova mehanizacija obuhvaća širok spektar strojeva i opreme koji se koriste u različitim fazama izgradnje, uključujući pripremu terena, postavljanje kolosijeka, izgradnju mostova, te održavanje infrastrukture. (Chandra i Agrawal, 2013.)

Građevinsku mehanizaciju možemo podijeliti u dvije grupe:

- Standardnu građevinsku mehanizaciju
- Posebnu građevinsku mehanizaciju

Standardni građevinski strojevi su samohodne strojne cjeline koje sačinjava na istom istom postolju pogonski motor, transmisija i radni dio ili alat zajedno sa opremom za kretanje. Proizvode se serijski u velikom broju raznih vrsta i tipova različite veličine, oblika i snage. Ovim strojevima upravlja čovjek. Uglavnom rade ciklički. Rabe se pojedinačno ili u međusobno povezanim grupama tehnoloških lanaca(Linarić,2005.). Ti strojevi su:

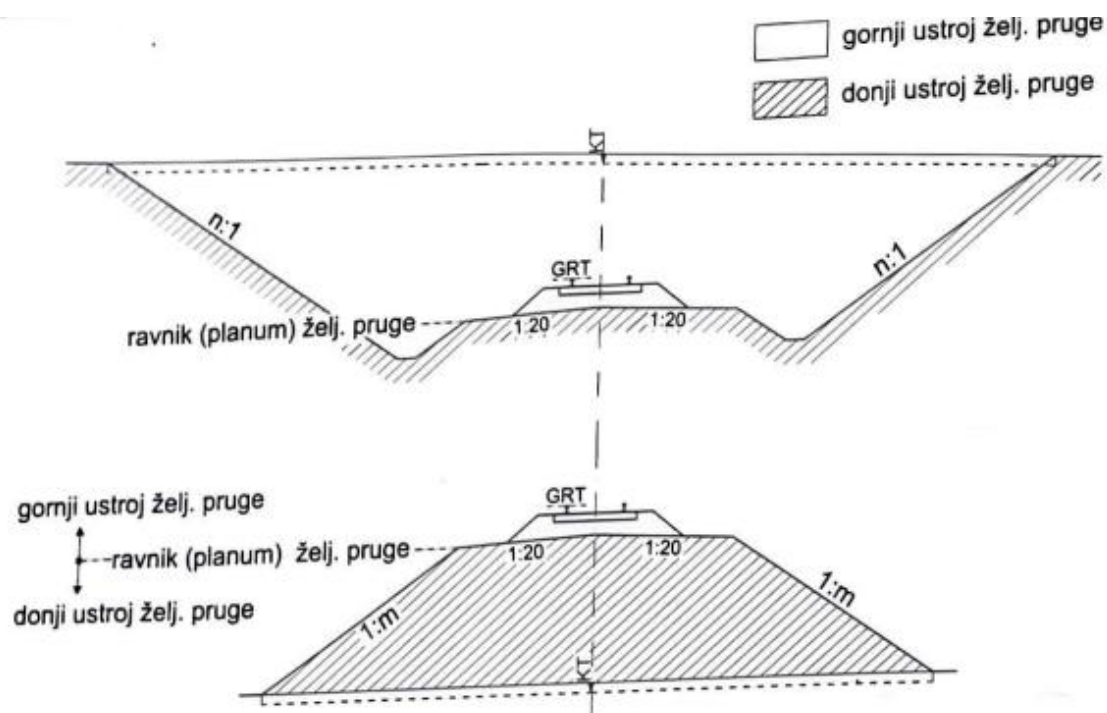
- Bager
- Dozer
- Skrajper
- Damper
- Grejder
- Valjak
- Automješalica
- Betonska-pumpa

Posebna građevinska mehanizacija obuhvaća izvanstandardne, malo- ili izvanserijske te po konstrukciji i radnoj koncepciji manje ili više složene strojeve, postrojenja i ostalu strojnu tehnološku opremu za potrebe građenja i građevinske proizvodnje. Rade kontinuirano ili u slijedu povezanih kontinuiranih mikrociklusa. Dijeli se u dvije grupe. Jednu grupu čini samohodna ili (polu)pokretna strojno-tehnološka građevinska oprema koja se nalazi na jedinstvenom postolju uglavnom maloserijske izrade čija složenost nadilazi radna i konstruktivna obilježja standardnih građevnih strojeva (tunelske bušilice, samohodni finišeri za sve vrste zemljanih i (asfalt)betonskih radova na prometnicama i kanalima i sl.). Drugu grupu čini ostala tehnološka oprema više ili vrlo visoke razine složenosti sustavno složena od strojeva i pojedinačne opreme u tehničke i tehnološke cjeline zajedno sa energetskom, transportnom i ostalom opremom raznih uređaja, mjernih instrumenata i ostalih tehničkih sredstava potrebnih za regulaciju, automatizaciju i robotizaciju njihova rada. Ova oprema također se dijeli u dvije podgrupe. Jednu podgrupu čine složeni razmjerno manji, lako demontažni ili ograničeno pokretljivi jedinstveni ili raščlanjeni strojni tehnološki sustavi za potrebe proizvodnje gradiva i izvedbe složenih građevinskih radova (pokretna, polupokretna vučena ili lako-demontažna

prenosiva postrojenja drobilana, betonara i manjih asfaltnih “baza”; zatim TBM, štitovi za izvedbu tunela, zatim oprema za betoniranje tunelske obloge; razni mehanizirani sustavi skela i oplata, oprema za prenos i montažu velikih betonskih konstrukcija odnosno dijelova kao što su tzv. skele za navlačenje betonskih nosača itd.). Drugu podgrupu čine ostala, tehničko-tehnološki mnogo složenija, “industrijska” postrojenja za proizvodnju građevinskih materijala, ostalih gradiva, građevinskih elemenata i sklopova.

4.3 Donji ustroj

Donji ustroj ili trup prometnice čine temelj na koji se postavlja gornji ustroj ili kolnička konstrukcija cestovne prometnice, prometnih površina zračnih luka ili parkirališnih površina, odnosno gornji ustroj koji služi prometovanju prisilno vođenih vozila, u ovom slučaju željeznica.(Dragčević i Rukavina, 2006.)



Slika 37 Poprečni presjek željezničke pruge(Dragčević i Rukavina, 2006.)

Uloga donjeg ustroja je dvostruka:

- Služi za savladavanje neravnina ili prepreka u terenu
- Služi za prenošenje opterećenja gornjeg ustroja i vozila na prirodno tlo

Donji ustroj mora biti stabilan, postojan na djelovanje vanjskih sila izazvanih statičkim ili dinamičkim djelovanjem vozila(cestovnih, željezničkih,zrakoplova) kao i drugih vanjskih utjecaja- klimatskih, atmosferskih, seizmičkih, hidroloških i drugih.

4.3.1 Općenito o građevinama donjeg ustroja prometnica

Građevine donjeg ustroja prometnice općenito se dijele na:

- Geotehničke(zemne) građevine, radovi u tlu ili s tlom
- Hidrotehničke(vodne) građevine, radovi na odvodnji i na odvodnim građevinama i uređajima
- Konstruktorske građevine, radovi na temeljenju i gradnji građevina

Geotehničke građevine obuhvaćaju strukture koje se grade u interakciji s tlom i stijenama, s ciljem osiguravanja stabilnosti, sigurnosti i dugovječnosti građevinskih objekata. Glavne komponente ovih građevina uključuju temeljenje objekata (plitko ili duboko), stabilizaciju kosina i izgradnju potpornih zidova, te izgradnju tunela i nasipa.

Hidrotehničke građevine predmet su proučavanja građevne hidrotehničke grane znanosti. One se grade uz vodu i u vodi. Uključuju brane, nasipe, kanale, te sustave za navodnjavanje i odvodnju, koji osiguravaju kontrolu nad vodnim tijelima, zaštitu od poplava i opskrbu vodom. Kvalitetno projektiranje i izvedba hidrotehničkih građevina ključni su za sprječavanje šteta uzrokovanih poplavama, erozijom i sušama, kao i za očuvanje i optimalno korištenje vodnih resursa.

Konstruktorske građevine odnose se na strukture kao što su mostovi, zgrade, vijadukti i nadvožnjaci, koje čine osnovnu infrastrukturu svakog društva. Glavna obilježja ovih građevina su njihova stabilnost, nosivost i trajnost, što se postiže pravilnim odabirom materijala (beton, čelik, armirani beton) i tehnologija gradnje. Dizajn i konstrukcija ovih objekata moraju zadovoljiti stroge sigurnosne standarde i biti otporni na različite vrste opterećenja, uključujući težinu vlastite konstrukcije, prometno opterećenje, te utjecaje vjetera, potresa i drugih prirodnih sila.(Bowles, 1997.)

Na građevinama donjeg ustroja izvedenim u prirodnom tlu ili od prirodnog tla radovi su iznimno brojni i opsežni i čine najveći dio radova. Imajući na umu posebnosti vezane uz izgradnjutakvih građevina, treba obratiti posebnu pozornost na njihovo projektiranje,građenje i održavanje. (Dragčević i Rukavina,2006.)

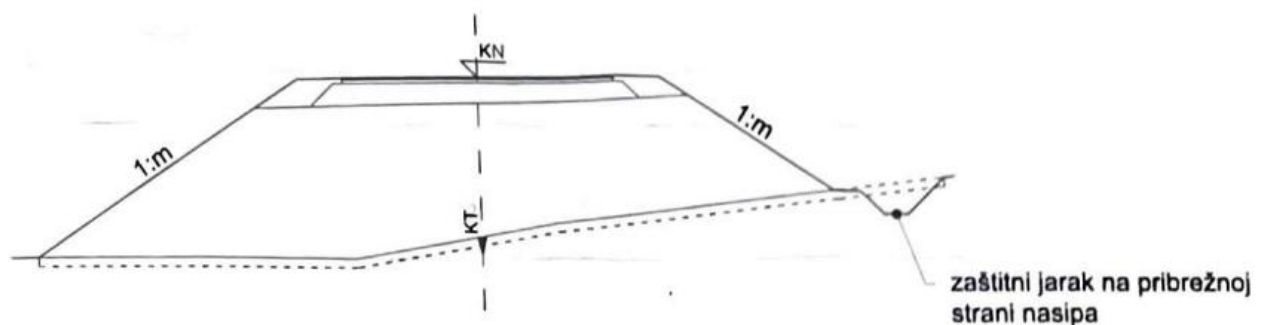
4.3.2 Normalni poprečni presjek

Normalni poprečni presjek je presjek okomit na os prometnice s označenim osnovnim elementima i dimenzijama prema kojima se izvode usjeci,nasipi,bankine,berme,zasjeci,zaštite pokosa,kolničke konstrukcije i dr. To je opći poprečni presjek prometnice u usjeku, nasipu, na dionici gdje se nalazi tunel,most i slično,ovisno o položaju nivelete s obzirom na položaj terena,vrste zemljanih materijala, nagiba terena i njegove konfiguracije.

4.3.3 Nasip

Nasip je građevinski objekt donjeg ustroja određenog oblika i veličine od zemljanog, miješanog ili kamenog materijala čija je kota nivelete (KN) viša od kote terena (KT). Projektira se preko udolina u terenu kako bi se na nju položio gornji ustroj.

Najbolji je način izradbe nasipa u slojevima. Debljina slojeva u vezanog tla je 30-75 cm, a u nevezanog (rahlog) tla debljina može biti i 100 cm. Općenito, debljina slojeva ovisi o načinu izvedbe i o vrsti strojeva koji se koriste za nabijanje.

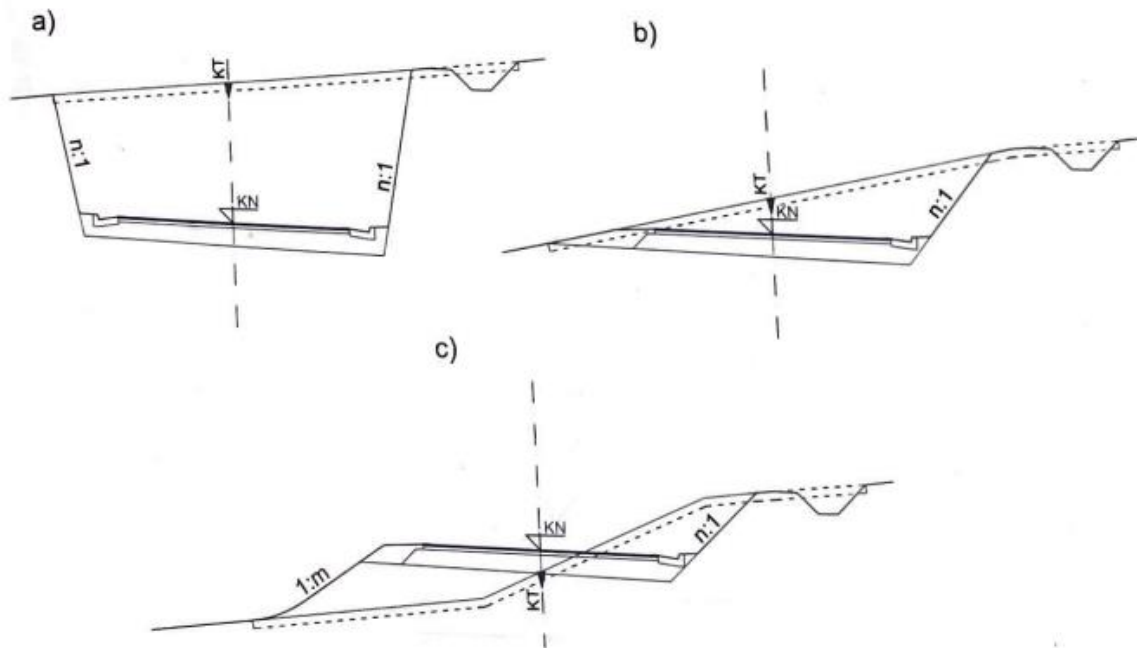


Slika 38 Primjer nasipa (Dragčević i Rukavina, 2006.)

4.3.4 Usjek

Usjek je dio prometnice usječen u prirodni teren, građevinski objekt čija je kota nivelete (KN) niža od kote terena (KT). Zavisno od načina i dubine usijecanja, odnosno geometrijskog oblika i konfiguracije terena postoji više tipova:

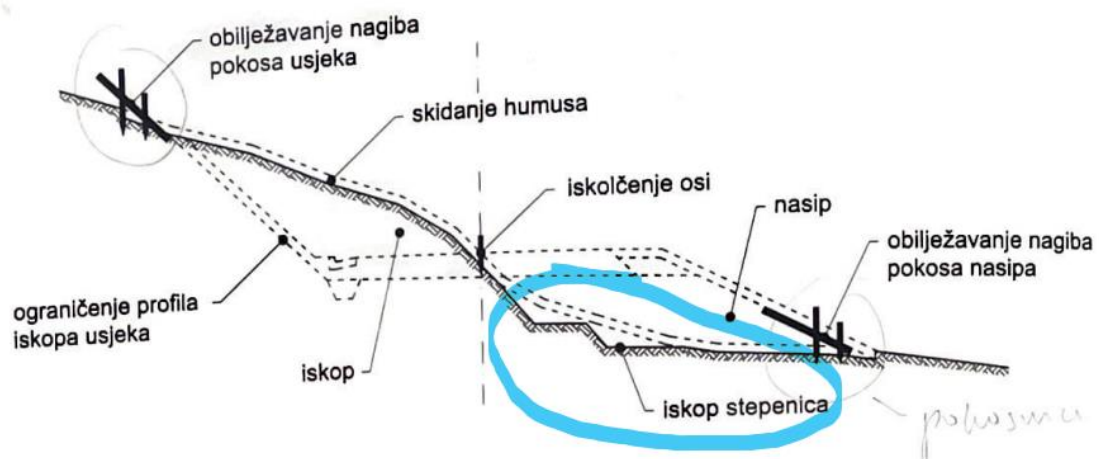
- a) Usjek u punom profilu s obje strane ima kosine odgovarajućeg nagiba, prilgošene visini usjeka i vrsti materijala u kojem su građeni
- b) Usjek u punom profilu u potpunosti je usječen u teren i s niže strane, prema dolini je otvoren
- c) Zasjeći su dijelom u usjeu, a dijelom u nasipu. Odnosno usjeka i nasipa u poprečnom presjeku ovisi o poprečnom nagibu terena i visinskoj razlici kote terena i kote nivelete (Dragčević i Rukavina, 2006.)



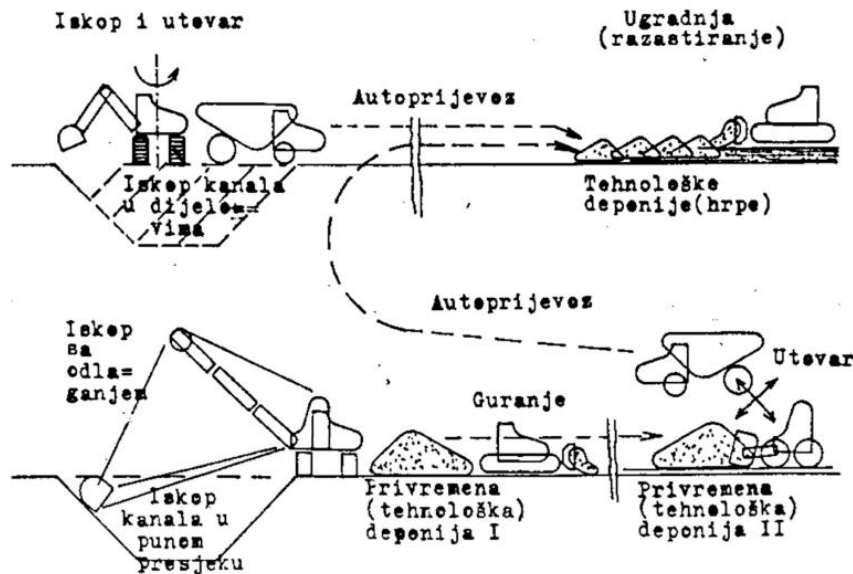
Slika 39 Primjer usjeka, isjeka, zasjeka (Dragčević i Rukavina, 2006.)

4.3.5 Tehnologija i proces izgradnje donjeg ustroja

Prvi korak u gradnji donjeg ustroja je priprema terena, koja obuhvaća iskop humusnog sloja i oblikovanje površine prema projektnim zahtjevima. Nakon toga slijedi iskop stepenica (označeno na slici plavom bojom) što je posebno važno na dionicama s većim nagibima i terenskim preprekama. Iskopani materijal se transportira na deponiju, a zamjena loših slojeva tla omogućava stabilniju podlogu za daljnje radove.

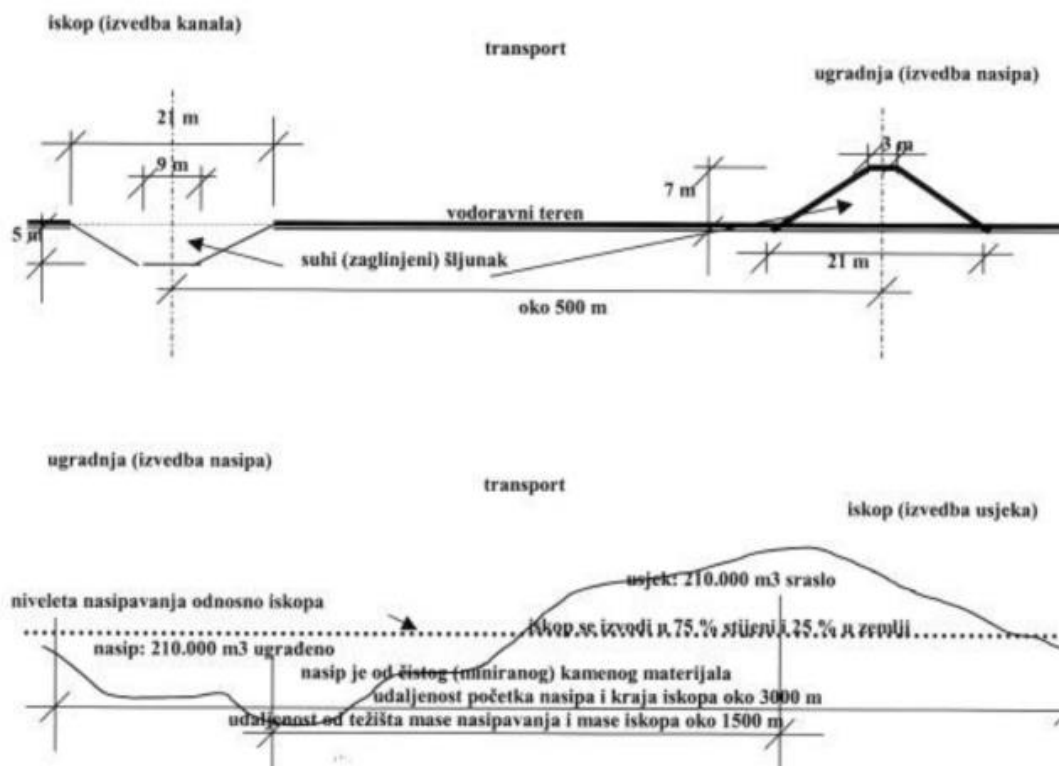


Slika 40 Prikaz iskopa stepenice (Dragčević i Rukavina, 2006.)



Slika 41 Prikaz tehnološkog postupka "iskop - transport - ugradnja" (Završki, 2022.)

Sljedeći korak u izgradnji je postavljanje temeljnog sloja, koji se sastoji od drenažnih materijala poput šljunka ili drobljenog kamena. Ovaj sloj je ključan jer omogućava odvodnju vode i sprječava zadržavanje vlage, što može uzrokovati deformacije donjeg ustroja. Drenaža se dodatno osigurava postavljanjem drenažnih cijevi, koje odvede višak vode iz područja donjeg ustroja prema obližnjim odvodnim sustavima.



Slika 42 Prikaz iskopa i izvedbe nasipa (Završki, 2022.)

Nakon što je podloga pripremljena, započinje izgradnja nasipa, koji se postavlja u slojevima. Slojevi se zbijaju strojevima kako bi se postigla maksimalna gustoća i nosivost materijala. Kvaliteta nasipa presudna je za stabilnost donjeg ustroja, a materijali koji se koriste moraju zadovoljavati visoke standarde otpornosti na deformacije i vremenske uvjete. Na zahtjevnim dionicama, poput mostova i podvožnjaka, koristi se dodatno ojačanje nasipa s kamenim materijalom ili geotehničkim mrežama, koje povećavaju nosivost i stabilnost.

Na dijelovima trase koji prolaze kroz usjeke, potrebno je provesti zaštitu pokosa. Što će biti obrađeno u nastavku ovoga rada.

4.3.6 Zaštita pokosa

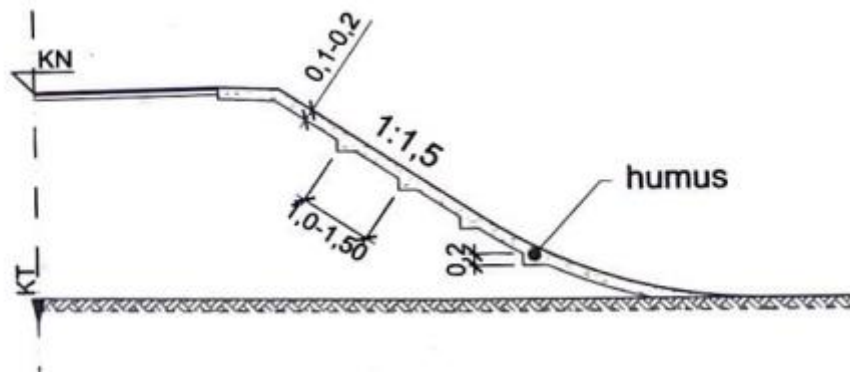
Zaštita pokosa modernih prometnica provodi se na različite načine kako bi se spriječile deformacije ili oštećenja koja bi mogla uzrokovati ozbiljne materijalne štete i ugroziti sigurnost prometa. Izbor metode zaštite pokosa ovisi o vrsti građevine donjeg ustroja (kao što su nasipi ili usjeci), materijalu korištenom za izradu građevine (zemljani, mješani ili kameni), visini usjeka ili nasipa, te posebnim uvjetima kao što su blizina vodotoka ili klizišta. Zaštita pokosa donjeg ustroja prometnica od vanjskih utjecaja i površinskih voda provodi se na dva glavna načina: biološkim (podizanjem zasada i zatravljivanjem) i mehaničkim (oblaganjem različitim vrstama materijala).

4.3.6.1 Biološka zaštita

Cilj biološke zaštite pokosa je učvrstiti ih i ozeleniti odgovarajućim biljnim pokrovom poput trave, busena, grmlja i drveća. Ova metoda je relativno brza i ekonomična te omogućava regulaciju vlažnosti tla, čime se sprječava erozija i održava ravnoteža vlage. Osim funkcionalnih prednosti, biološka zaštita doprinosi estetskom uklapanju građevina u okoliš. Provodi se kroz humuziranje (sijanje trave), polaganje busena, izradu pletara, sadnju grmlja ili drveća, te hidrosjetvom.

4.3.6.2 Obloga pokosa humusom

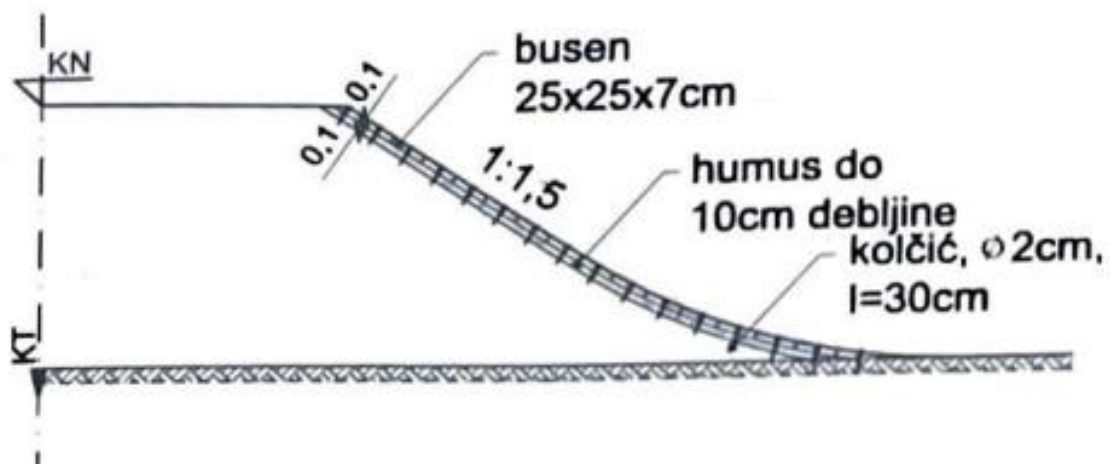
Preko isplaniranog pokosa nanosi se sloj humusa koji se splanira, zatim lagano zbijе i po potrebi navlaži vodom i posipa gnojivom. Debljina humusnog sloja je 10-15cm, ako su pokosi u sitnozrnim koherentnim materijalima, odnosno 15 do 20 cm ako su u pjeskovitim i šljunkovitim materijalima. Zasijavanje travom treba obaviti pri povoljnim vremenskim uvjetima. Odabir mješavine vrsta trava ovisi o pedološkom i klimatskim uvjetima područja. U razdoblju dok trava ne proklija i dok se ne prihvati treba ju njegovati, a sloj humusa štiti od štetnog djelovanja erozije.



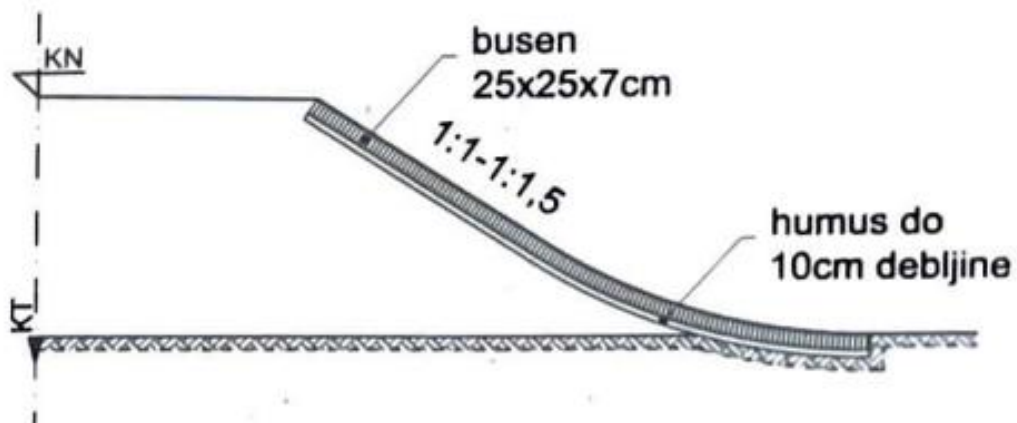
Slika 43 Obloga humusom(Dragčević i Rukavina, 2006.)

4.3.6.3 Oblaganje pokosa busenima

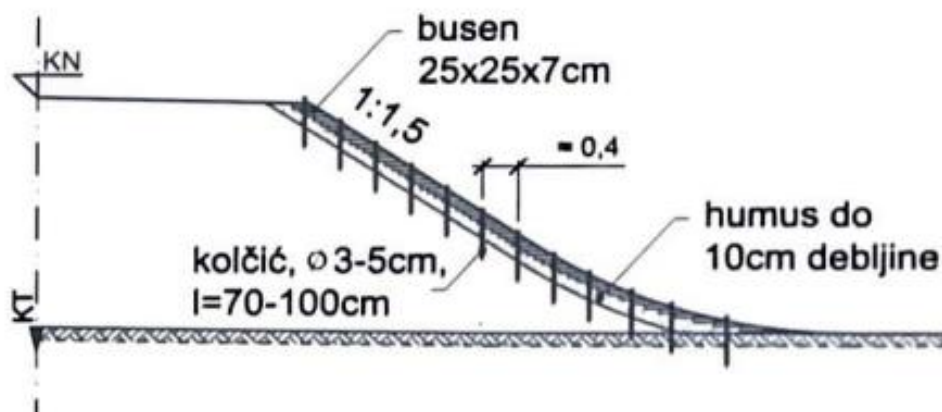
Ovakav se način zaštite primjenjuje na pokosima gdje se slijevaju veće količine vode pa ga treba brže i jače učvrstiti. Za to služe komadi busena izrezani iz terena obraslog travom koja se pokosi i onda izrežu buseni najčešće 25x25 i debljine 5 do 7 cm. Zaštita busenima bit će uspješna jedino ako se uvjeti na mjestu ugradnje podudraju s uvjetima terena odakle su i uzeti. Buseni se uvijek polažu po prethodno nanesenom sloju plodnog tla, debljine 10cm i to na tri načina:



Slika 44 Obloga busenima-pljoštimice(Dragčević i Rukavina, 2006.)



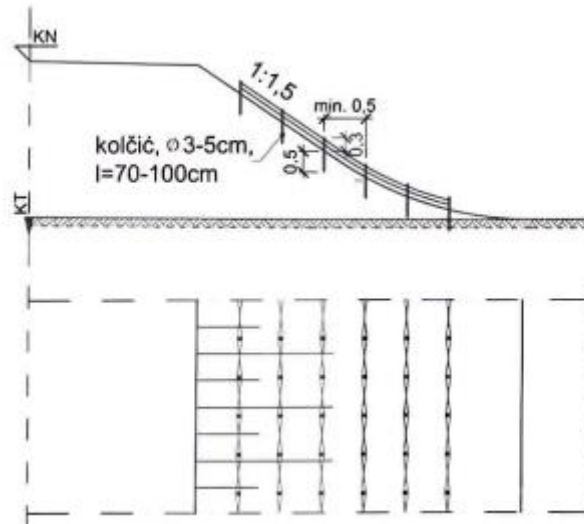
Slika 45 Obloga busenima-okomito na pokos(Dragčević i Rukavina, 2006.)



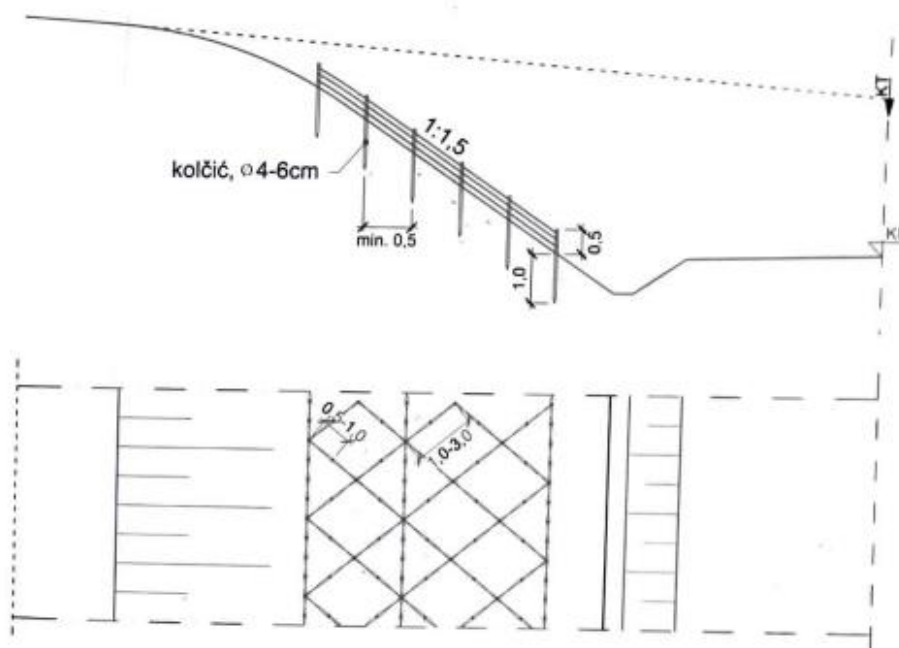
Slika 46 Obloga busenima- u horizontalnim slojevima(Dragčević i Rukavina, 2006.)

4.3.6.4 Zaštita pokosa pleterom

Ovaj način zaštite koristi se na površinama koje nije moguće stabilizirati samo humuziranjem ili polaganjem busena, odnosno zasađivanjem zelenila. Postoje jednostavni i pojačani pleteri, a određeni su kolčićima. Kod jednostavnih pletera kolčići su duljine 0,7 do 1,0 m i promjera 3 do 5 cm. Zbijaju se u paralelnim redovima na razmaku 0,5 do 1,0 m. Iznad površine pokosa ostaje dio kolčića visine 0,25 do 3 m za opletanje vrbovim šibljem. Pojačani pleter sadrži kolce promjera 4 do 6 cm, duljine oko 1,5 m. Iznad površine pokosa ostavlja se dio kolca visine 0,5 m za opletanje, a prostor između popleta, veličine 1,0 do 3,0 m, humuzira se i zasija travom ili grmljem.



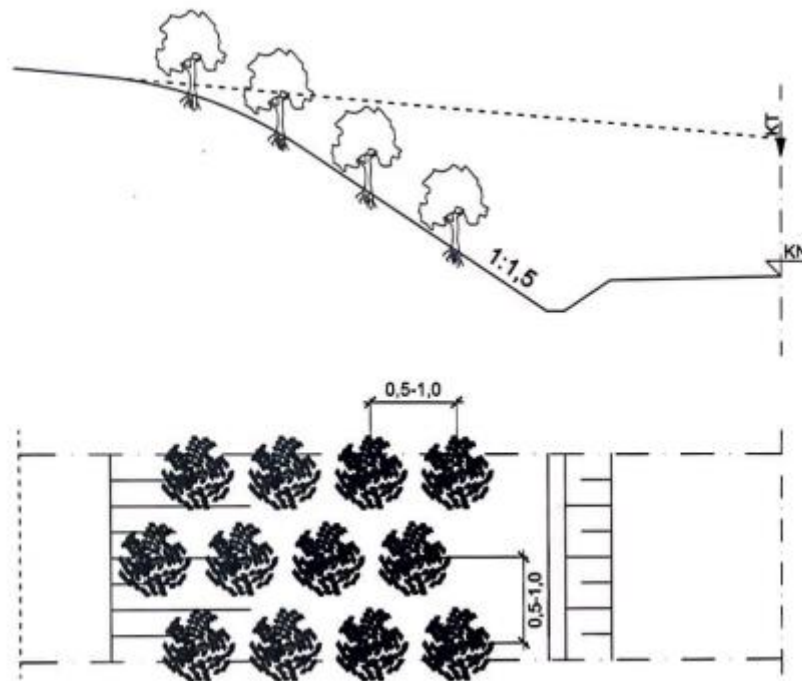
Slika 47 Primjer jednostavnog pletera (Dragčević i Rukavina, 2006.)



Slika 48 Primjer pojačanog-visokog pletera (Dragčević i Rukavina, 2006.)

4.3.6.5 Zaštita pokosa zasadama

Ova vrsta zaštite pokosa obavlja se samo u usjecima na padinama sklonim klizanju ili obrušavanju, a najčešće se koriste mladice vrbe, bagrema, breze visine 40 do 70cm. Sadnja se obavlja u redovima sa razmakom 0,5 do 1,0 m među sadnicama. Sadnice se sade u rupe dubine 0,25m najbolje u proljeće, a iznimno u jesen.



Slika 49 Primjer zaštite pokosa zasadama(Dragčević i Rukavina, 2006.)

4.3.6.6 Postupak hidrosjetve

Postupak se primjenjuje na strmim nepristupačnim pokosima, a sastoji se od prskanja površine mješavinom sjemena trave, gnojiva, vode, celuloze i visokopolimerne emulzije. Nakon nanošenja raspršivacem (topom), po pokosu se formira prostorna mreža poput spužve koja prožima površinski sloj do dubine 2,5 do 5 cm. On propušta zrak i vodu kako bi trava mogla proklijati te istodobno stvara hranjivu podlogu za njen razvoj.(Dragčević i Rukavina, 2006.)



Slika 50 Primjer hidrosjetve(Slika preuzeta s [<https://www.flora.hr/usluge/hidrosjetva>])

4.3.6.7 Zaštita pokosa geomrežama

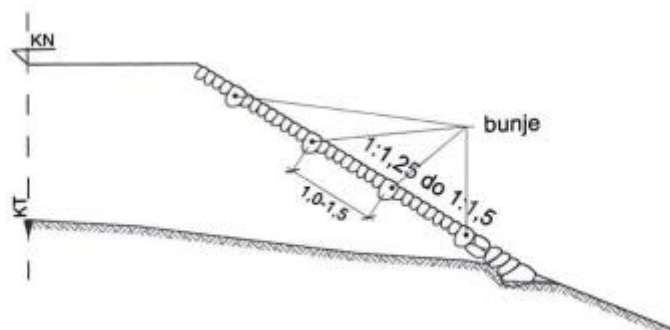
Mreže od umjetnih materijala koriste se za ojačavanje humusa na strmim i visokim pokosima nasipa ili usjeka. Ove mreže omogućuju smanjenje debljine humusa na 5 cm. Postavljaju se na ravnu podlogu i pričvršćuju sidrima u obliku slova U. Nakon postavljanja geomreže, na nju se nanosi sloj humusa i sije trava.



Slika 51 Ugradnja geomreža (Slika preuzeta s [<http://www.geotekstili.com/geosace.asp>])

4.3.6.8 Zaštita poksa roliranjem

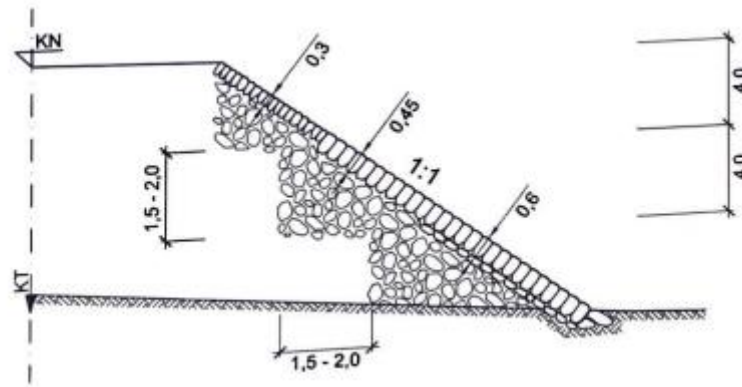
Tehnologija roliranja primjenjuje se za zaštitu pokosa visokih i relativno strmih nasipa. Upotrebljava se lomljeni kamen veličine 30 do 40 cm na razmacima od 1 do 1,5m. Postavlja se kamenje većih dimenzija, tzv bunje. Pri izvedbi potrebno je paziti na dobru vezi i dobro ukleštenje kamena



Slika 52 Roliranje(Dragčević i Rukavina, 2006.)

4.3.6.9 Zaštita pokosa kamenom oblogom

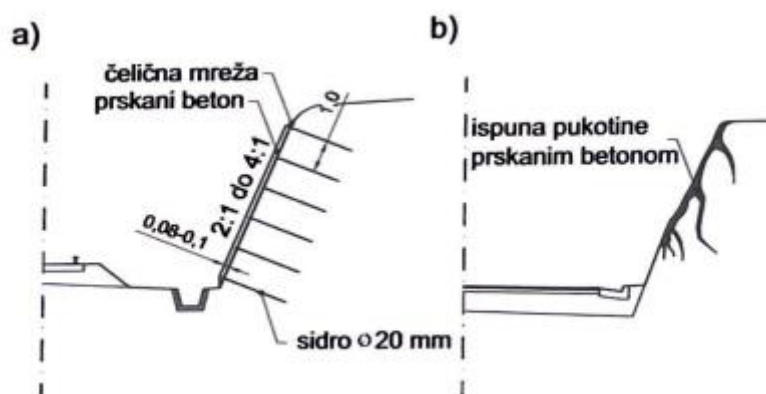
Kamena obloga se izvodi na mjestima prostornih ograničenja. Izvodi se suhozid od grubo odrađenog kamena. Radi boljeg povezivanja sa nasipom izvodi se kamena zaloga. Nagib pokosa je strmiji od nagiba prirodnog terena, a debljine obloge povećava se prema nožici nasipa na svaka 4m.



Slika 53 Obloga kamenom(Dragčević i Rukavina, 2006.)

4.3.6.10 Zaštita pokosa prskanim betonom

Ova tehnologija zaštite koristi se u vrlo raspadnutim i ispucanim stijenama koje se moraju zaštititi od erozije i promjena temperatura. Beton se prska preko čelične mreže sidrene u stijeni, mreža je od žice promjera 4 mm s kvadratnim otvorom širine 5 do 10 cm, a učvršćuje se za stijenu čeličnim sidrima promjera 20 mm, duljine 1,0 do 2,0 m, tako da jedno sidro dolazi na 1 m² površine mreže. Na zategnutu mrežu prska se beton MB 35 debljine 8 do 10cm, a najmanje 2 cm, postupkom torkretiranja.



Slika 54 Detalji zaštite pokosa usjeka prskanim betonom(Dragčević i Rukavina, 2006.)

4.3.7 Gornji ustroj željeznice

U gornji ustroj ubrajamo: tračnice, pragove, pričvrсни pribor i zastor kolosijeka. Zadatak gornjeg ustroja je da vodi vozilo te da preuzima sile koje na njega djeluju i da ih prenosi na donji ustroj kolosijeka. Da bi se lakše definirali svi utjecaji na gornji ustroj te da se pravilno pretpostavi ponašanje pojedinih dijelova u konstrukciji, posebno tračnica, potrebno je prvo definirati sile koje djeluju na gornji ustroj kolosijeka. Sile koje djeluju na gornji ustroj uglavnom potječu od opterećenja vozila. Vozila se na kolosijeku mogu nalaziti u mirnom ili u pokretnom stanju.

- Mirno opterećenje – vozila djeluju na kolosijek samo sa vertikalnim silama. Veličina tih sila ovisi o konstrukciji i težini vozila, poglavito lokomotiva. Horizontalne sile pojavljuju se samo od promjene temperature, koja izaziva naprezanja u tračnici.
- Pokretno opterećenje – kada se u obzir uzimaju i dinamičke komponente tih sila (sile su prisutne u svim smjerovima). Sile se rastavljaju na dvije horizontalne komponente (paralelno sa osi kolosijeka i okomito na os kolosijeka) i jednu vertikalnu komponentu. Veličina navedenih komponenti sila nije konstantna, već se mijenja ovisno o brzini vožnje, konstrukciji vozila i o stanju gornjeg ustroja. (Lakušić, 2005.)

4.3.7.1 Zavarivanje tračnica

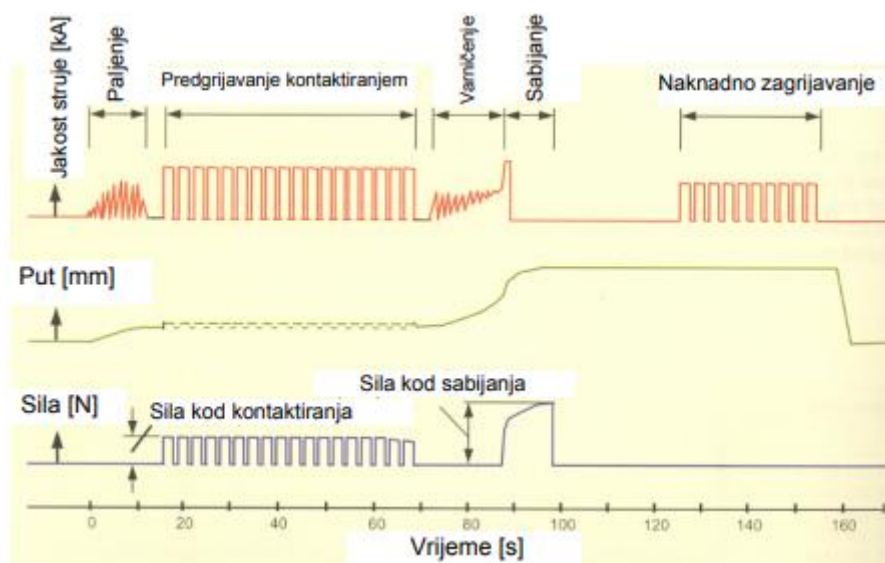
Zavarivanje tračnica igra ključnu ulogu u održavanju i izgradnji željezničkih pruga, osiguravajući kontinuitet, sigurnost i dugovječnost kolosijeka. Potreba za zavarivanjem tračnica javlja se iz više razloga. Prvo, u radionicama za regeneraciju tračnica nastoji se dobiti tračnice što veće duljine, kao što su 45m, 90m, 270m ili čak 288m, što se postiže spajanjem kraćih osnovnih duljina tračnica (18m, 22,5m itd.). Drugo, zavarivanje tračnica se provodi direktno u kolosijeku kako bi se stvorili dugi trakovi bez spojeva ili za završno zavarivanje nakon ugradnje. Također, zavarivanje je neophodno u slučaju puknuća tračnica ili njihove zamjene zbog oštećenja, gdje se krajevi tračnica odsijecaju i ponovno zavaruju. Prijelazni sastavi između dva različita tračnička profila mogu stvoriti poteškoće u kolosijeku, zbog čega je potrebno zavariti tračnice različitih profila na mjestu njihovog sastava. Zbog ovih razloga, zavarivanje tračnica predstavlja nezamjenjiv proces u održavanju kvalitete i sigurnosti željezničkog prometa.

4.3.7.1.1 Elektrootporno zavarivanje

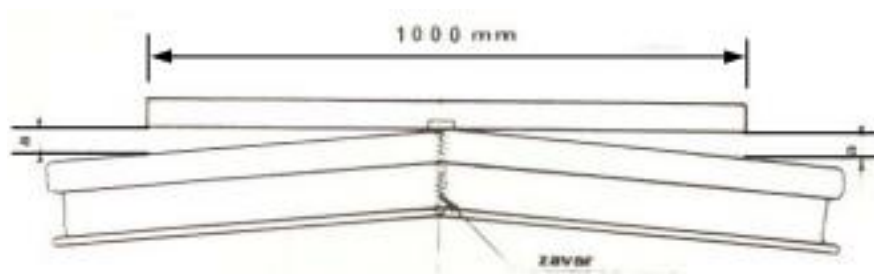
Ovo je trenutno najbrži, najjeftiniji i najkvalitetniji postupak zavarivanja tračnica, koji se primjenjuje u valjaonicama i radionicama zbog potrebe za masivnom i teškom opremom. Jedan stroj može izvesti preko 100 kvalitetnih zavara u jednoj smjeni. U radionicama se zavaruju nove tračnice različitih profila i materijala, kao i korištene tračnice koje su prethodno bile u eksploataciji. Prije zavarivanja, tračnice se razvrstavaju po profilu, kvaliteti materijala i stupnju istrošenosti, što zahtijeva veliki skladišni prostor.

Potrebna je kontrola savijenosti krajeva tračnica, a korištene tračnice prolaze ispitivanje defektoskopom. Profiliranje tračničke glave, najčešće brušenjem, također je neophodno. Prije zavarivanja, krajevi tračnica moraju biti temeljito očišćeni. Nakon zavarivanja, zavar se opsijeca, poravnava u vrućem stanju, te se završno obrađuje brušenjem. Ključna komponenta u ovom procesu je stroj za zavarivanje, koji ima nepomičnu i pokretnu stranu s mogućnošću stezanja krajeva tračnica. Napon za zavarivanje varira od 6 do 15 V, dok jakost struje doseže do 1000 A.

Kako bi zavar zadovoljio postavljenim uvjetima u toku eksploatacije, neophodno ga je obraditi na odgovarajući način. Neposredno nakon zavarivanja (dok je zavar još užaren) vrši se opsijecanje srha (danas u pravilo strojno). Strojno opsijecanje zavara može se izvesti s velikom preciznošću tako da je mali ostatak vrlo lako skinuti ručnom brusilicom. Brusiti je potrebno u većini slučajeva samo voznu površinu i vozni rub.(Lakušić,2006.)



Slika 55 Primjer faza zavarivanja(Lakušić,2006.)



Slika 56 Kontrola geometrije zavara(Lakušić,2006.)

4.3.7.1.2 Aluminotermijski postupak zavarivanja

Mogu se koristiti dva postupka: sporozavarni postupak (vrijeme predgrijavanja je oko 30 minuta) te brzozavarni postupak (vrijeme predgrijavanja traje 5 do 8 minuta). Danas se u pravilu primjenjuje brzozavarni postupak koji se može podijeliti prema obliku zavara te prema načinu predgrijavanja. Prema obliku zavara razlikujemo: zavar bez ojačanja, zavar s ojačanjem te zavar s plosnatim ojačanjem (kod nas u primjeni). Prema načinu predgrijavanja razlikuje se: zavarivanje bez predgrijavanja, zavarivanje s kratkim predgrijavanjem te zavarivanje s predgrijavanjem (Lakušić, 2006.)

4.3.7.2 Održavanje željeznica

Gornji ustroj željeznica zahtijeva konstantan i raznovrstan obim radova na održavanju u toku eksploatacije. Radovi na održavanju željezničkog gornjeg ustroja dijele se na:

- Tekuće održavanje pruge
- Investicijsko održavanje pruge
- Veliki popravak pruge (remont kolosijeka)

Tekuće i investicijsko održavanje zajedno čine redovito održavanje pruge. Kod svih od navedenih vrsta održavanja, zasebno se evidentira:

- održavanje gornjeg ustroja željezničke pruge
- održavanje donjeg ustroja željezničke pruge
- održavanje objekata

4.3.7.2.1 Tekuće održavanje pruge

Osnovni zadatak tekućeg održavanja je sprečavanje pojava većih neispravnosti na kolosijeku i otklanjanje grešaka koje se pojavljuju u toku eksploatacije. Tekućim održavanjem se dotjeruje geometrija kolosijeka, a ponekad se vrši i pojedinačna zamjena materijala željezničkog gornjeg ustroja. Obim održavanja određuje se po ciklusima koji su vezani za određena vremenska razdoblja, a sve u cilju kako bi se kolosijek održao u tehnički ispravnom stanju. U tekuće održavanje spadaju slijedeći radovi: kontrola stanja pruge, ciklusno održavanje pruge te manje mjestimične popravke.

4.3.7.2.2 Investicijsko održavanje pruge

Navedeno održavanje spada u grupu redovitog održavanja kolosijeka, a podrazumijeva radove većeg obima na zamjeni dotrajalih elemenata željezničkog gornjeg ustroja. Pod navedenim održavanjem podrazumijeva se slijedeće:

- zamjena prekomjerno istrošenih tračnica u krivinama (posebno u krivinama malih polumjera)
- zamjena dotrajalih drvenih pragova
- zamjena zastornog materijala rešetanjem na pojedinim dionicama pruge

4.3.7.2.3 Veliki popravak pruge – remont

Kompletna zamjena gornjeg ustroja na postojećem planumu bez izmjene osi kolosijeka koja bi zahtijevala rekonstrukciju donjeg ustroja kolosijeka ulazi u veliki popravak pruge ili remont kolosijeka. Ovi radovi se izvode u ciklusima ovisno od stanja gornjeg ustroja i stanja njegovih elemenata. Prema starim metodologijama ciklus remonta pruge bio je 20 do 25 godina. Po pravilu remont na nekoj pruzi trebao bi se izvoditi kada obim radova na tekućem održavanju ne osigurava propisane tolerancije geometrije kolosijeka jer ispravna geometrija kolosijeka preduvjet je sigurnog odvijanja prometa. Realni ciklus remonta kolosijeka zavisi od prijednog prometnog opterećenja na nekoj pruzi. Prema nekim istraživanjima procjenjuje se da tračnice i drveni pragovi mogu da prime i do 200 mil. bruto tona prometnog opterećenja nakon čega treba da slijedi njihova zamjena odnosno remont pruge. (Lakušić,2006)

4.4 Povijest mostogradnje

Još u dalekoj povijesti ljudi su nailazili na prepreke koje je trebalo savladati izvedbom mostova. S vremenom je potreba za korištenjem mostova postajala sve veća pa je građenje mostova stoljećima teklo polaganim razvojem. Pojavom željeznice i razvojem brzog cestovnog prometa dolazi do potrebe za gradnjom mostova velikih otvora i duljina.

Hrvatska je kroz povijest držala korak sa svjetskom mostogradnjom. Najpoznatiji most, na današnjem Hrvatskom tlu, iz antičkog doba je vodovod Dioklecijanove palače. Iz srednjeg vijeka poznati su mostovi na ulazu u grad Dubrovnik, a iz 18. stoljeća najznamenitiji je kameni Tounjski most u sklopu ceste Jozefine. Prvi armiranobetonski most u Hrvatskoj dovršen je 1900. kraj Ogulina. Najistaknutiji Hrvatski mostograditelj je profesor Kruno Tonković čija su djela obilježila desetljeća hrvatske mostogradnje nakon II. Svjetskog rata. Prvo veće ostvarenje profesora Krune Tonkovića je lučni most preko rijeke Krke kod Skradina. Izgradnjom Jadranske magistrale javlja se potreba za novim mostovima, od kojih se ističu Čelični lučni mostovi preko Masleničkog ždrila i preko Morinskog kanala. Armiranobetonski lučni mostovi na Jadranu, tj. Šibenski, Paški i Krčki most, poznati su zbog inovativnog načina izvedbe bez skele oslonjene o tlo. U novije doba gradnja autocesta diljem Hrvatske dovodi do potrebe za izgradnjom velikog broja mostova

4.4.1 Tehnologija izvedbe mostova

Građenje mostova inženjerima je oduvijek predstavljalo poseban izazov. Ranije se građenje mostova provodilo isključivo na skelama koje su ponekad bile složenije za izvedbu od samog mosta. U današnje vrijeme teži se što bržoj i jeftinijoj metodi izgradnje što dovodi do razvoja postupaka koji pojednostavnjuju i pojeftinjuju gradnju. (Sveučilište u Splitu, 2008)

Razlikujemo tri opća postupka gradnje mostova:

- Monolitni postupak
- Montažni postupak
- Polumontažni postupak

4.4.1.1 Monolitni postupak

Monolitni postupak gradnje je metoda u kojoj se nosivi sklop lijeva, sastavlja ili zida na skeli koja se odstranjuje tek kada konstrukcija ili njen dio može samostalno nositi. Kod ovog postupka često je izgradnja skele kompleksniji posao od izvedbe mosta.

Najstariji način je izvedba fiksnim skelama oslonjenim na tlo. Korištenje ovog postupka ograničeno je zbog nemogućnosti korištenja na nepristupačnim terenima i kod velikih raspona. Osim izvedbe na fiksnim skelama postoji i izvedba na pokretnim skelama koje se mogu pomicati uzduž ili poprijeko mosta. Izvedba na pokretnim skelama pogodna je za niže gredne mostove veće širine na ravnom i dobro nosivom tlu.

Treći način je izvedba na lansirnim skelama kod kojeg se skela umjesto na tlo oslanja na stupove mosta. Ovakav tip skela nije ovisan o uvjetima na terenu što mu daje veliku prednost u odnosu na prethodno opisane načine izvedbe. Lansirne skele su robusne pa se rijetko koriste za mostove raspona preko 50m.

Prednosti monolitnog postupka su strukturna cjelovitost, odnosno konstrukcija je čvrsta i stabilna s manjim bojem spojeva, prilagodljivi dizajn i nema prekida spojeva.

Nedostaci postupka su dugotrajnost postupka i veliki troškovi zbog potrebe za oplatom, skelama i radnim snagama. (Radić,2009)

4.4.1.1.1 Izvedba na fiksnim skelama

Najstariji način građenja je fiksnim skelama oslonjenim o tlo. Primjena ovakvih skela je kod mostova malih raspona, nisko nad dobro pristupačnim terenom. Prednost je da omogućuje izvedbu nerazličitih tipova i oblika struktura armiranobetonskih mostova u oplati. Rad na skeli zahtjeva precizan raspored i dinamiku ugradbe pojedinih dijelova. Gradnja se odvija po sektorima da se konstrukcija jednako opterećuje i progiba. Skele se izvode nadvišenja da bi konstrukcija u konačnici imala željeni oblik. (Radić,2009)

4.4.1.1.2 Izvedba na pokretnim skelama

Skele koje se mogu pomicati uzduž ili poprijeko na most. Pomicanje se ostvaruje:

- Pomoću kotača na tlu
- Na tračnicama
- Na plovilima

Hidraulične preše pomažu pri odvajanju prije pomicanja. Primjena ovakve skele je najčešće za niže gredne mostove uz ravno i dobro nosivo tlo, te za mostove veće širine.

4.4.1.1.3 Izvedba na lansirnim skelama

Pokretne skele koje se umjesto o tlo oslanjaju na stupove mostova. Prednosti kod ovakvih skela je ta da nisu ovisne o uvjetima na terenu, omogućavaju odvijanje prometa ispod terena te ne zadiru u vodotok. Rijetko se koriste za raspone mostove preko 50 m jer su skele robusne. Uređaji za pokretanje iz raspona u raspon:

- Izvačenjem i uvlačenjem pojedinih dijelova
- Pomicanjem čitave skele dužine veće od dva raspona

Izgradnja je neovisna o vanjskim uvjetima. Prilikom pokretanja čitava se oplata se premješta sa skelom. Gradnja jednog odsječka obično traje oko dva tjedna (Radić, 2009)

4.4.1.1.4 Montažni postupak

Montažni postupak gradnje mostova odnosi se na metodu u kojoj se mostna konstrukcija sastavlja od unaprijed proizvedenih elemenata. Dijelovi mosta se preoizvode u radionicama gdje su gotovo idealni uvjeti i gdje je omogućena detaljna kontrola kvalitete te se transportiraju na gradilište. Elementi se postavljaju na gradilištu uz pomoć dizalica i druge teške opreme. Postupak se najčešće koristi prilikom izgradnje čeličnih mostova.

Najveće prednosti montažnog postupka su smanjenje troškova rada na gradilištu i brza gradnja. Također je proizvodnja neovisna o dinamici rada na gradilištu.

Nedostaci su transportni izazovi kao i visoka cijena transporta i kompleksnost spojeva koji moraju biti pažljivo projektirani i izvedeni. (Radić, 2009)

4.4.1.1.5 Polumontažni postupak

Polumontažni postupak gradnje mostova kombinira elemente montažne i monolitne gradnje. Nosači rasponskog sklopa se izvode montažno, a kolnička ploča nad njima i poprečni nosači se izvode monolitno.

Prednosti ovog postupka su brža izgradnja, manji utjecaj na okolinu i veća fleksibilnost dizajna, dok su nedostaci kompleksnost izgradnje i zahtjevna izvedba spojeva koji su kritične točke ovog postupka. (Radić, 2009)

5 PRIKAZ I ANALIZA PRIMJENJENIH TEHNOLOGIJA IZVOĐENJA RADOVA

5.1 Iskaz stavki po količinama radova

U ovom poglavlju prikazane su količine radova za predmetni projekt. Količine radova izračunate su za rekonstrukciju pruge i izgradnju novog kolosijeka te nadvožnjaka Pavučnjak. S obzirom na to da se svi nadvožnjaci izvode prema istim tehničkim principima, za detaljnu analizu odabran je nadvožnjak Pavučnjak, budući da obuhvaća najviše tehnologija gradnje. Iskazi stavaka podijeljeni su po vrstama radova s prikazom njihovog obujma ili prema ustroju.

Tablica 13 Iskaz stavaka prema količini radova za nadvožnjak Pavučnjak

NADVOŽNJAK PAVUČNJAK			
R. br.	STAVKA PREDMJERA RADOVA	Jed. mj.	KOLIČINA
1	PRIPREMNI RADOVI I ZEMLJANI RADOVI		
1.1.	Skidanje humusnog sloja. Stavka obuhvaća uklanjanje grmlja šiblja i drveća strojnim radom	m3	530,09
1.2.	Široki iskop za temelje C kategorija	m3	5087,00
1.3.	Bušenje pilota	m1	786,00
1.4.	Zatrpavanje temelja	m3	2728,00
1.5.	Uređenje tla valjanjem	m2	540,09
2	TESARSKI I BETONSKI RADOVI		
2.1.	Izrada oplata temelja	m2	285,20
2.2.	Izrada oplata za stupove fi 150/900	m2	224,00
2.3.	Izrada oplata zidova, vijenca i drugih elemenata iznad potpornih zidova	m2	223,80
2.4.	Izrada oplata AB ploče	m2	131,10
2.5.	Oplate za prijelazne ploče	m2	145,80
2.6.	Betoniranje temelja	m3	726,20
2.7.	Betoniranje pilota	m3	62,40
2.8.	Betoniranje stupova fi150/900	m3	84,00

2.9.	Betoniranje AB ploče	m3	356,40
3	ASFALTERSKI RADOVI		
3.1.	Nosivi sloj od mehanički zbijenog zrnatog kamenog materijala	m3	1467,80
3.2.	Bitumenizirani nosivi sloj AC 16 BASE 50/70	m2	1.866,90
3.3.	Habajuci sloj asfaltbetona AC11	m2	1.866,90
3.4.	Habajuci sloj asfaltbetona AC11-nogostup	m2	864,00
3.5.	Izrada betonskih rubnjaka	m1	1080,00
4	PREDNAPETI AB RADOVI		
4.1.	Izrada, nabava, doprema i ugradnja predgotovljenih prednapetih nosača "T" oblika, presjeka 140x140 cm, duljine 2480 cm, klasa betona C45/55	kom	14
5	OSTALI RADOVI		
5.1.	Hidroizolacija rasponske ploče na očišćenoj suhoj površini betona	m2	689,10
5.2.	Hidroizolacija potpornih zidova	m2	326,00
5.3.	Instalacija cijevi u ploču	m1	520,00
5.4.	Mjerenje sile prednapinjanja kabela.	kpl	1,00

Tablica 14 Iskaz količine radova za željezničku prugu

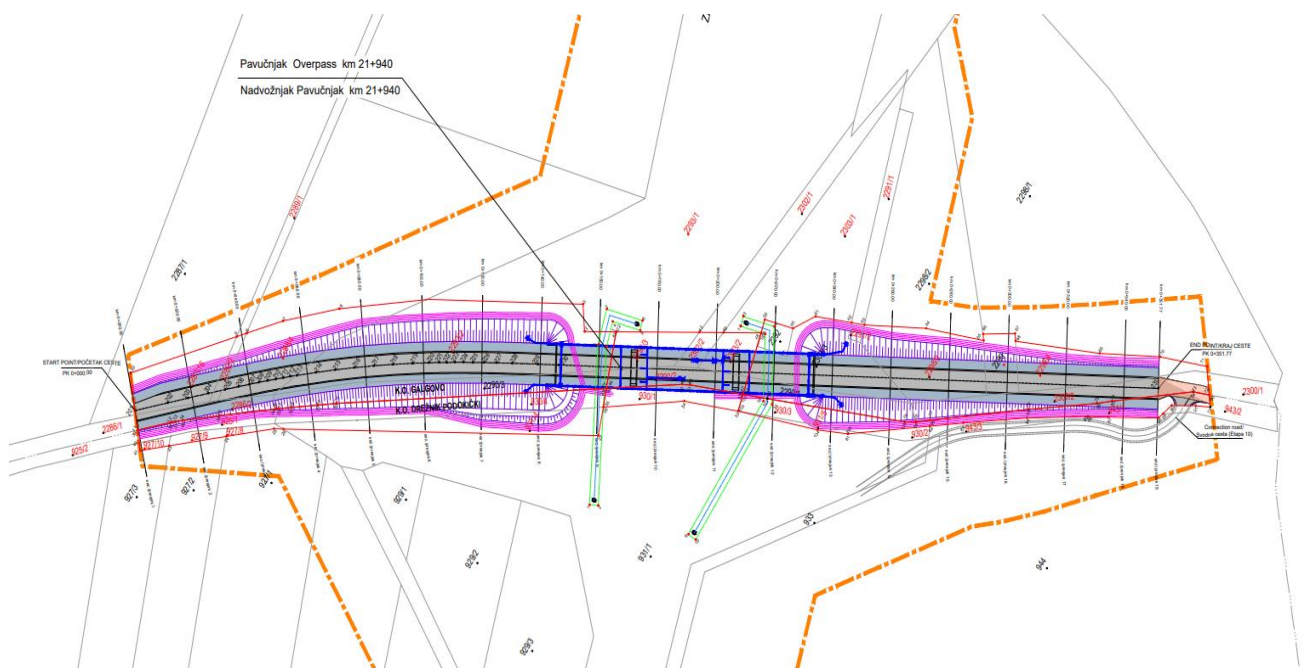
ŽELJEZNIČKA PRUGA-radovi podijeljeni prema ustrojima			
R. br.	STAVKA PREDMJERA RADOVA	Jed. mj.	KOLIČINA
1	DONJI USTROJ		
1.1.	Skidanje humusnog sloja. Stavka obuhvaća uklanjanje grmlja šiblja i drveća strojnim radom	m3	192947,30

1.2.	Široki iskop strojni iskop do dubine 0.5m	m3	54819,17
1.3.	Uređenje tla zbijanjem	m2	192947,30
1.4.	Izgradnja nasipa	m3	276290,90
1.5.	Izrada zaštitnog sloja	m3	160000,00
1.6.	Izgradnja posteljice	m2	356812,00
1.7.	Polaganje geomreža	m2	365272,50
1.8.	Polaganje geotekstila	m2	10000,00
1.9.	Polaganje geomembrana	m2	10000,00
2	GORNJI USTROJ		
2.1.	Ugradnja tračnica tip 60E1	m'	118734,00
2.2.	Ugradnja tračnica tip 49E1	m'	240,00
2.3.	Demontaža postojećeg kolosijeska	m'	35689,00
2.4.	Uklanjanje tucanika s postojećeg kolosijeska	m3	110000,00
2.5.	Ugradnja betonskih pragova	kom	99150,00
2.6.	Drveni pragovi-ugradnja	kom	200,00
2.7.	Betonski pragovi za most	kom	104,00
2.8.	Zavarivanje tračnica	m'	118974,00
2.9.	Tucanik zastorne prizme	m3	185000,00
2.10.	Strojno reguliranje kolosijeska	m'	59367,00
2.11.	Ugradnja skretnica	kom	37,00
2.12.	Demontiranje skretnica	kom	38,00
2.13.	Postavljanje ograda među kolosijecima	m'	1390,00
3	ASFALTERSKI RADOVI		
3.1.	Nosivi sloj od mehanički zbijenog zrnatog kamenog materijala	m3	1467,80
3.2.	Bitumenizirani nosivi sloj AC 16 BASE 50/70	m2	1.866,90
3.3.	Habajući sloj asfaltbetona AC11	m2	1.866,90
3.4.	Habajući sloj asfaltbetona AC11-nogostup	m2	864,00
3.5.	Izrada betonskih rubnjaka	m1	1080,00

5.2 Logistika izvedbe radova

U rekonstrukciji željezničke pruge, najprije će započeti izgradnja novog kolosijeka. Pragovi i šljunak bit će dopremani kamionima, dok će se tračnice transportirati željeznicom po postojećem starom kolosijeku do mjesta ugradnje.

Na slici 54. prikazana je shema gradilišta nadvožnjaka Pavučnjak, gdje je vidljivo da postoji dovoljno prostora za skladištenje oplata za upornjake, ploče i druge elemente. Armatura će biti skladištena na južnoj strani gradilišta kako bi se omogućio lakši strojni pristup sa sjeverne strane. Osim strojnog pristupa, sa sjevera će biti omogućen i ulaz za tešku građevinsku mehanizaciju koja će prevoziti predgotovljene T nosače. U neposrednoj blizini ulaza na gradilište nalazi se prostor za radnike i sanitarni čvor. Deponije se nalaze unutar kruga od 30 km. Svi radnici dolaze na gradilište iz obližnjih smještaja (apartmana), stoga nije potrebno osiguravati gradilišna prenoćišta. Gradilište je udaljeno oko 4 km od baze izvođača, gdje se u kontejnerima nalazi tehnički kadar.



Slika 57 Shema gradilišta

Logistika izvedbe ključan je element za pravovremenu i učinkovitu realizaciju projekta. Uspješno upravljanje transportom, opremom, radnom snagom, kao i praćenje napretka kroz alate poput TILOS sustava, može značajno utjecati na smanjenje potencijalnih kašnjenja i povećanje učinkovitosti radova.

5.3 Razrada građevinskih aktivnosti

5.3.1 Željeznička pruga

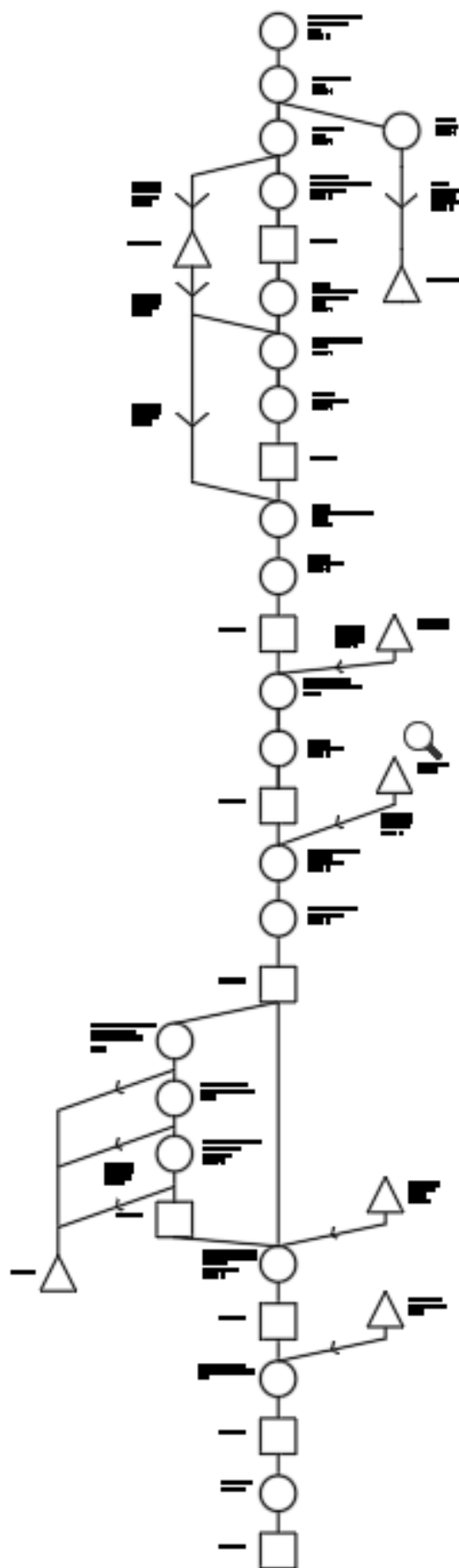
Aktivnosti rekonstrukcije i izgradnje novog kolosijeka započinju osnovnim pripremnim radovima, koji uključuju strojno uklanjanje humusa. Humus se iskapa u sloju debljine 30 cm i odvozi kamionima na deponiju udaljenu 30 km. Ovaj rad se obračunava po kubičnom metru iskopanog površinskog sloja u zbijenom stanju. Slijedi široki strojni iskop materijala "C" kategorije, koji se privremeno skladišti radi ponovne uporabe u izradi nasipa i posteljice. Tlo se nakon toga mehanički zbija pomoću vibro valjaka, a zatim se provodi kontrola. Nakon uspješne kontrole započinje izrada nasipa i posteljice od materijala iz širokog iskopa, pri čemu se radovi također obračunavaju po kubičnom metru. Zbijanje i kontrola se ponavljaju.

Zaštitni sloj izrađuje se od drobljenog kamena propisane granulacije, koji mora biti zbijen na $E_{v2min}=100MN/m^2$ u sloju debljine 40 cm. Drobljeni kamen doprema se kamionima od dobavljača i istovara na mjestu ugradnje. Nakon kontrole zaštitnog sloja prelazi se na izradu zastora od tucanika, čime radovi prelaze u fazu izrade gornjeg ustroja željeznice. Tucanik mora zadovoljiti zahtjev za otpornost na drobljenje $L_{rb16} \leq 16$, te se dovozi kamionima do gradilišta. Manji dio tucanika bit će ugrađen nakon postavljanja kolosijeka i skretnica, no sve je uključeno u ovu aktivnost. Tucanik se zatim zbija i kontrolira.

Postavljanje novog kolosijeka započinje dopremom drvenih i betonskih pragova od dobavljača, dok se tračnice dovoze teretnim vagonima po starom kolosijeku, a pragovi kamionima. Ugrađuju se dvije vrste tračnica, 60E1 i 49E1, pri čemu se obračun materijala vrši po dužnom metru, a zbog duljine tračnica ($\geq 100m$) transport predstavlja poseban izazov. Nakon postavljanja pragova slijedi njihova kontrola, postavljanje tračnica te njihovo zavarivanje. Svaka od ovih aktivnosti popraćena je odgovarajućom kontrolom.

Nakon dovršetka novog kolosijeka, promet se preusmjerava na novu trasu, a rekonstrukcija starog kolosijeka započinje uklanjanjem tračnica, betonskih pragova i tucanika. Skladištenje uklonjenih elemenata vrši se na predviđenim deponijama. Provode se sve potrebne kontrole kako bi se osigurala stabilnost donjeg ustroja, nakon čega se rekonstrukcija gornjeg ustroja nastavlja na isti način kao kod izgradnje novog kolosijeka.

Zbog opsežnosti i detalja prikaza, tehnološka karta željezničke pruge je priložena u prilogu J ovog rada te je možete pronaći u PRILOGU J



5.3.2 Nadvožnjak Pavučnjak

Aktivnost izgradnje nadvožnjaka započinje dopremom armature i oplata kamionima sandučarima, dok se istovremeno na gradilištu odvijaju pripremni radovi, uključujući strojno uklanjanje humusa. Većina humusa se prevozi i odlaže na deponiju. Široki iskop izvodi se u materijalu „C“ kategorije za temelje, uz primjenu strojnog i ručnog rada. Važno je napomenuti da se 3%-5% iskopa vrši ručno. Kvalitetan materijal skladišti se za kasnije zatrpavanje, dok se ostatak prevozi na trajno odlagalište udaljeno 30 km, uz trošak izvođača.

Nakon iskopa slijedi bušenje pilota, koje se izvodi uz pomoć zaštitnih kolona do projektirane kote, pri čemu je potrebno održavati stalnu razinu vode u koloni. Obračun bušenja vrši se prema dužnom metru izbušenog pilota, duljine 35 m. Potom se postavlja oplata za temelje i armatura. Beton se dovozi iz centralne betonare, nakon čega slijedi vibriranje i pauza za stvrdnjavanje betona. Nakon kontrole temelja vrši se demontaža oplata, koja se privremeno skladišti na gradilištu radi ponovne upotrebe, te zatrpavanje temelja materijalom iz širokog iskopa.

Istovremeno se montira oplata i izvodi armiranje upornjaka i stupova promjera $f150$. Nakon toga slijedi betoniranje, vibriranje, pauza za stvrdnjavanje, kontrola te demontaža oplata. Oplata se po demontaži privremeno skladišti na gradilištu.

Prenapregnuti nosači u obliku slova „T“ proizvode se u neposrednoj blizini gradilišta te se potom prevoze i montiraju. Posebna pažnja posvećuje se montaži ovih prefabriciranih prenapregnutih elemenata dimenzija 150/150 cm i duljine 2480 cm, izrađenih od betona C45/55 s otvorima prema planu oplata. Nakon toga slijedi postavljanje oplata i armiranje vijenaca na rubu i prijelaznih ploča, također izrađenih od betona C45/55, pri čemu se radovi odvijaju paralelno. Zatim se vrši betoniranje, vibriranje, kontrola, stvrdnjavanje i demontaža oplata.

Isti postupak primjenjuje se i na armiranobetonsku ploču mosta, na koju se nanosi dodatni sloj betona kao završni sloj. Nakon toga slijedi prskanje betonskom emulzijom radi dodatne zaštite betona od vremenskih utjecaja, korozije. Time se završavaju radovi na nadvožnjaku.

Nakon dovršetka nadvožnjaka, prelazi se na izgradnju ceste koja prolazi preko njega. Asfalt se dovozi iz asfaltne baze kiperima, nakon čega se polaže nosivi sloj. Nosivi sloj se valja i provodi se kontrola kvalitete ugrađenog asfalta. Nakon toga slijedi ugradnja habajućeg sloja, pri čemu se asfaltni materijal polaže finišerom, izvalja i prekontrolira.

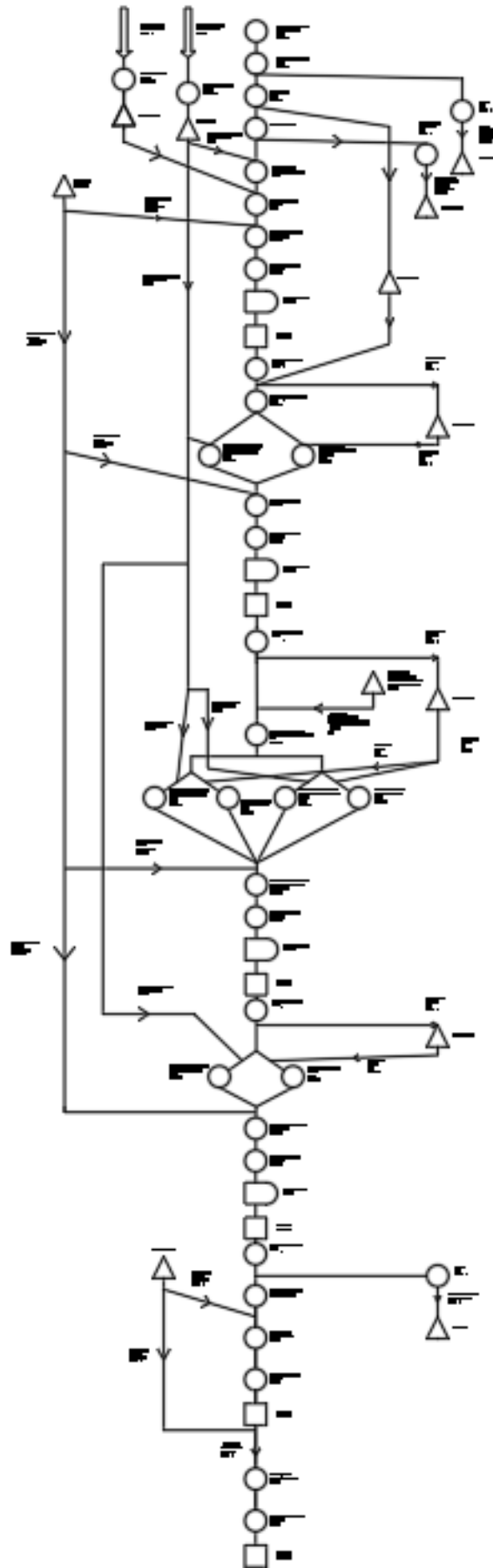
Zbog opsežnosti i detalja prikaza, tehnološka karta nadvožnjaka je priložena u prilogima ovog rada te se može pronaći u PRILOGU K



Slika 58 Prikaz nadvožnjaka Pavučnjak



Slika 59 Prikaz predgotovljenih prednapetih nosača "T" oblika



5.4 Ciklogram i TILOS sustav za izradu rasporeda

Ciklogram je grafički alat koji se koristi za prikaz složenih procesa, ponavljajućih zadataka ili faza unutar projekta. Najčešće se koristi u građevinskoj industriji, proizvodnji ili bilo kojem drugom sektoru koji uključuje višestruke cikličke procese.

Elementi ciklograma:

1. Zadaci – prikazuju pojedine aktivnosti ili faze koje se ciklički ponavljaju.
2. Trajanje – prikazuje koliko dugo traje svaki ciklus, u minutama, satima, danima ili tjednima.
3. Sekvenca i preklapanje – prikazuje kako su zadaci povezani i u kojem redoslijedu se odvijaju, te gdje dolazi do preklapanja aktivnosti.
4. Resursi – kao i kod gantograma, mogu se prikazati resursi potrebni za izvršenje ciklusa.

Ciklogram omogućuje jednostavnije planiranje ponavljajućih aktivnosti i pomaže u optimizaciji korištenja resursa i smanjenju kašnjenja.

TILOS (Time-Location Scheduling Software) je specijalizirani softver za planiranje i upravljanje projektima koji uključuju radove na velikim linijskim infrastrukturama, poput cesta, željeznica, cjevovoda i kanala. Ovaj sustav omogućuje kombiniranje vremenskih i lokacijskih podataka unutar jedne platforme.

Glavne značajke TILOS sustava:

1. Kombinacija vremena i lokacije – TILOS omogućuje istovremeno praćenje rasporeda aktivnosti i njihovog napretka u vremenu, uz istovremeni prikaz napredovanja aktivnosti na određenoj lokaciji.
2. Vizualizacija – pruža detaljan vizualni prikaz projekta, gdje se vrijeme prikazuje na horizontalnoj osi, a lokacija na vertikalnoj osi. To omogućuje jasnu sliku napretka i aktivnosti na različitim dijelovima projekta.
3. Optimizacija resursa – omogućuje učinkovito upravljanje resursima, čime se izbjegava dupliciranje ili neefikasnost u korištenju radne snage i opreme.
4. Zavisnosti među zadacima – TILOS omogućuje definiranje složenih odnosa među zadacima, poput vremenskih zavisnosti i preklapanja aktivnosti na različitim lokacijama.
5. Praćenje napretka – sustav omogućuje praćenje stvarnog napretka projekta i usporedbu s planiranim rasporedom, što omogućuje brzu prilagodbu i optimizaciju plana.

TILOS sustav je osobito koristan za projekte koji se prostiru na velikim udaljenostima i imaju više timova koji rade na različitim dijelovima trase. Njegova prednost je u tome što omogućuje

pregled napretka na svim dijelovima projekta u stvarnom vremenu, olakšavajući koordinaciju aktivnosti i optimizaciju korištenja resursa.

Zbog opsežnosti i detalja prikaza, ciklogram je priložen u prilogima ovog rada te se može pronaći u PRILOGU L

5.5 Ciklogram- varijantno rješenje

Radovi na projektu rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Hrvatski Leskovac - Karlovac moraju biti u cijelosti završeni u roku od 30 mjeseci od dana početka radova (uvođenja Izvođača u posao).

U ciklogramu je prikazano da će se projekt realizirati u razdoblju od 30 mjeseci. Međutim, ukoliko bi bilo potrebno skratiti trajanje projekta, bilo bi nužno primijeniti neke od sljedećih metoda za ubrzavanje realizacije projekta:

1. Povećavanje radnih grupa i učinaka strojeva
2. Izbjegavanje zastoja
3. Lean construction pristup- fokus na elimiranju gubitaka te stalna optimalizacija procesa
4. Outsourcing specijaliziranih radova- dovođenjem kooperanata specijaliziranih za određene radove
5. Učestala ažuriranja ciklograma- zbog obima projekta potrebno je svakodnevno ažurirati vremenski plan da se potencijalna kašnjenja indetificiraju i isprave u ranoj fazi

Ako bi se navedene metode implementirale, moglo bi se značajno skratiti ukupno trajanje projekta. Optimizacijom resursa, smanjenjem zastoja te učinkovitijom koordinacijom i upravljanjem procesima, moguće je povećati produktivnost i ubrzati realizaciju ključnih aktivnosti. Time bi se omogućilo završetak radova prije planiranog roka od 30 mjeseci, uz zadržavanje kvalitete i sigurnosti izvedbe.

5.6 Kritički osvrt

Ovaj diplomski rad pruža detaljan uvid u moderne tehnologije izgradnje željezničkih pruga i mostova, s ciljem da čitateljima omogući dublje razumijevanje procesa i tehnika koje se koriste u ovom području. Rad se temelji na sveobuhvatnoj analizi literature koju sam prikupio tijekom studija, kao i na dokumentaciji koju su dostavili investitor i izvođač radova. Osim toga, rad je podržan praktičnim iskustvom s gradilišta i intervjuom s iskusnim građevinskim inženjerom, što omogućuje dodatnu perspektivu na primjenu teorijskih koncepata u stvarnim uvjetima.

Posebnu pažnju posvećujem inovativnim tehnologijama, poput predgotovljenih T nosača za mostove, koje igraju ključnu ulogu u optimizaciji procesa izgradnje. Ove tehnologije doprinose značajnim uštedama u vremenu i troškovima te poboljšavaju kontroli kvalitete, što je od vitalne važnosti za uspjeh velikih infrastrukturnih projekata. Rezultati istraživanja pokazuju da projekt trenutno napreduje prema planu. Međutim, kako bi se osigurao kontinuitet u napretku, ključno je

usmjeriti dodatnu pažnju na izbjegavanje mogućih zastoja i redovito ažuriranje vremenskih planova.

Analizom normativa koje je postavio investitor, moguće je uočiti da postoje prilike za poboljšanje. Ovaj rad sugerira potrebu za revizijom postojećih normativa ili čak razvoj potpuno novih normativa koji bi se temeljili na najboljoj praksi iz zemalja s naprednim željezničkim i mostograditeljskim inženjeringom. Implementacija ovih promjena mogla bi unaprijediti standarde i učinkovitost u građevinskim projektima, čime bi se omogućila veća usklađenost s globalnim standardima i unaprijedila kvaliteta izgradnje.

U konačnici, rad doprinosi razumijevanju složenosti i izazova u izgradnji željezničkih pruga i mostova te pruža preporuke za unapređenje prakse u ovom važnom području infrastrukture. Nadam se da će rezultati i preporuke sadržane u ovom radu biti korisni kako za akademsku zajednicu tako i za profesionalce u građevinskoj industriji, te da će poslužiti kao osnova za buduća istraživanja i razvoj novih standarda.

6 ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu detaljno su obrađene različite tehnologije građenja i rekonstrukcije željeznica, s posebnim naglaskom na nadvožnjak Pavučnjak u sklopu projekta rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka na dionici Hrvatski Leskovac – Karlovac.

Prvi dio rada pruža uvid u opće tehnološke i logističke aspekte projekta, kao i poziciju Hrvatske u europskoj prometnoj mreži. Drugi dio fokusira se na specifičnosti samog projekta, detaljno razrađujući dokumentaciju potrebnu za njegovu realizaciju, uključujući sve dijelove koji će se rekonstruirati, rušiti ili izgraditi iznova. Kroz analizu željezničke infrastrukture, od donjeg do gornjeg ustroja, prikazani su i najsitniji tehnički detalji, poput vijaka za podložne ploče i klizne jastuke.

U završnom dijelu rada analizirana je rekonstrukcija pruge, izgradnja novog kolosijeka te nadvožnjaka Pavučnjak. Naglasak je stavljen na tehnologije korištene u građevinskom sektoru, organizaciju radova te vremensko planiranje aktivnosti. Svi radovi detaljno su prikazani tehnološkim kartama koje jasno definiraju vrste i metode gradnje, olakšavajući čitatelju praćenje projekta i njegovo razumijevanje.

Projekti ove veličine, vrijedni stotine milijuna eura, neizbježno uključuju aspekte gospodarstva, ekonomije i građevinske struke. Gradnja željezničke pruge doprinosi razvoju građevinskog sektora, angažirajući brojne proizvođače i izvođače te povećavajući obujam posla u građevinarstvu, koje će vjerojatno opadati nakon obnove područja pogođenih potresom u Zagrebu, Zagrebačkoj i Sisačko-moslavačkoj županiji.

Primjena suvremenih tehnologija u ovom projektu omogućila je sigurnost i efikasnost izvođenja radova, dok će pažljiva organizacija i koordinacija biti ključni za uspjeh projekta. Možemo zaključiti da uspješna realizacija projekata ovog opsega ne samo da služi kao izvrsna referenca za izvođača, već predstavlja i presudni faktor za rast građevinskog sektora te prometni razvoj Republike Hrvatske.

POPIS LITERATURE

- [1] Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design*. McGraw-Hill.
- [2] Chandra, S. i Agrawal, M.M., 2013. *Railway Engineering*. Oxford: Oxford University Press.
- [3] Dragčević, V. i Rukavina, T., 2006. *Donji ustroj prometnica*. Zagreb: Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- [4] HŽ Infrastruktura, 2020. *Prije 160 godina u promet puštena prva željeznička pruga u Hrvatskoj* [online] Dostupno na: <https://www.hzinfra.hr/prije-160-godina-u-promet-pustena-prva-zeljeznicka-pruga-u-hrvatskoj/> [Pristupljeno 19. kolovoza 2024.].
- [5] HŽ Infrastruktura, 2022. *160 godina prve pruge na zagrebačkom području*. [online] Dostupno na: <https://www.hzinfra.hr/prije-160-godina-u-promet-pustena-prva-zeljeznicka-pruga-u-hrvatskoj/> [Pristupljeno 19. kolovoza 2024.].
- [6] Lakušić, S., 2005. *Željeznice*. Zagreb: Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- [7] Lakušić, S., 2006. *Gornji ustroj željeznica*. Zagreb: Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- [8] Linarić, Z., 2005. *Izbor strojeva i planiranje strojnog rada u građenju*. Predavanje održano na kolegiju Građevinski strojevi, [Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu].
- [9] Radić, J., 2009. *Mostovi 1*. Zagreb: Hrvatska Sveučilišna naklada, Sveučilište u Zagrebu.
- [10] Sveučilište u Splitu, 2008. *Mostovi*. [online] Dostupno na: <https://gradst.unist.hr/Portals/9/docs/katedre/Betonske%20konstrukcije/SSG%20Mostovi/Skripta%20Mostovi.pdf> [Pristupljeno: 20. kolovoza 2024.]
- [11] Univerza v Ljubljani i Direkcija cesta Federacije BiH (2005) SMJERNICE ZA PROJEKTOVANJE, GRAĐENJE, ODRŽAVANJE I NADZOR NA PUTEVIMA. Sarajevo/Banja Luka: Univerza v Ljubljani i Direkcija cesta Federacije BiH.
- [12] Završki, I. i Burcar Dundović, I., 2022. *Tehnologija građenja*. [ppt] Zagreb: Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- [13] Završki, I., 2022. *Tehnologija građenja niskogradnja. Tehnika i tehnologija površinskih zemljanih radova u tlu i stijeni* [ppt] Zagreb: Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

POPIS SLIKA

Slika 1: Prikaz transeuropske prometne mreže- Regija Zapadnog Balkana (Ministarstvo mora,prometa i infrastrukture, 2012.)	3
Slika 2: Prikaz osnovne željezničke mreže (Ministarstvo mora,prometa i infrastrukture, 2012.) .	4
Slika 3: Prikaz sveobuhvatne prometne mreže u RH(Ministarstvo mora,prometa i infrastrukture, 2012.)	4
Slika 4: Prikaz lokacije projekta(HŽ infrastruktura, 2021.).....	5
Slika 5: Grafički prikaz pozicija stajališta i kolodvora(HŽ infrastruktura, 2021.)	14
Slika 6 Nasip prilazne rampe(HŽ infrastruktura, 2022.)	16
Slika 7 Primjer provizorije na podvožnjaku “Lazina”	18
Slika 8 Poprečni presjek armirano-betonskog sandučastog propusta(Univerza v Ljubljani i Direkcija cesta Federacije BiH, 2005)	21
Slika 9 Poprečni presjek cjevastog poprečnog presjeka(Univerza v Ljubljani i Direkcija cesta Federacije BiH, 2005)	21
Slika 10 Prikaz armiranja sandučastog propusta(Univerza v Ljubljani i Direkcija cesta Federacije BiH, 2005).....	22
Slika 11 Poprečni presjeci različitih tipova sandučastih i cjevastih propusta(Univerza v Ljubljani i Direkcija cesta Federacije BiH, 2005)	23
Slika 12 Primjer horizontalno ugrađenog repera(HŽ infrastruktura, 2022.)	30
Slika 13 Primjer iskolčenja osi prometnice(Dragčević i Rukavina, 2006.).....	31
Slika 14 Primjer iskopa stepenice u poprečnom presjeku(Dragčević i Rukavina, 2006.)	33
Slika 15 Detalj zatrpavanja postjećih kanala i lokalnih depresija(HŽ infrastruktura, 2022.).....	34
Slika 16 Iskop za proširenje postojećeg nasipa(HŽ infrastruktura, 2022.)	35
Slika 17 Iskop za proširenje postojećeg nasipa-detalj A(HŽ infrastruktura, 2022.).....	35
Slika 18 Iskop za proširenje postojećeg nasipa- detalj B(HŽ infrastruktura, 2022.)	36
Slika 19 Primjer normalno poprečnog profila željezničke pruge(HŽ infrastruktura, 2022.)	37
Slika 20 Pojednostavljena amplifikacija prema tipu tla iz EC8(HŽ infrastruktura, 2022.).....	37
Slika 21 Uvjeti koje miješani materijal ugrađen u nasipni sloj mora ispunjavati(HŽ infrastruktura, 2022.)	38
Slika 22 Geometrijske karakteristike talpe koje se ugrađuju(HŽ infrastruktura, 2022.)	39
Slika 23 Ugrađene talpe na podvožnjaku “Lazina”	39
Slika 24 Tipizirana betonska kanalica za odvod oborinskih voda(HŽ infrastruktura, 2022.).....	42
Slika 25 Detalji odvodne kanalice TIP I (HŽ infrastruktura, 2022.)	42
Slika 26 Detalji odvodne kanalice TIP II (HŽ infrastruktura, 2022.)	43
Slika 27 Granične vrijednosti krivulje granulometrijskog sastava(HŽ infrastruktura, 2022.)	46
Slika 28 Naprava protiv klizanja ITS G1.341(HŽ infrastruktura, 2022.)	48
Slika 29 Naprava protiv klizanja ITS G1.343(HŽ infrastruktura, 2022.)	49
Slika 30 Elastična pritiskalica tipa SKL12 pogled A(HŽ infrastruktura, 2022.)	50

Slika 31 Elastčna pritiskalica tipa SKL12 pogled B(HŽ infrastruktura, 2022.)	51
Slika 32 Sintetički podtračnički podlošci(HŽ infrastruktura, 2022.)	51
Slika 33 Vijci/tirefoni za podložne ploče i klizne jastuke(HŽ infrastruktura, 2022.)	52
Slika 34 Primjer dijagram tijeka(Završki i Burcar Dundović, 2022.)	54
Slika 35 Primjer tehnološke karte(Završki i Burcar Dundović, 2022.)	54
Slika 36 Skica trase pruge Zidani Most- Zagreb- Sisak(HŽ Infrastruktura, 2022.)	55
Slika 37 Poprečni presjek željezničke pruge(Dragčević i Rukavina, 2006.)	57
Slika 38 Primjer nasipa(Dragčević i Rukavina, 2006.)	59
Slika 39 Primjer usjeka, isjeka, zasjeka(Dragčević i Rukavina, 2006.)	60
Slika 40 Prikaz iskopa stepenice(Dragčević i Rukavina, 2006.)	60
Slika 41 Prikaz tehnološkog postupka "iskop - transport - ugradnja"(Završki, 2022.)	61
Slika 42 Prikaz iskopa i izvedbe nasipa(Završki, 2022.)	61
Slika 43 Obloga humusom(Dragčević i Rukavina, 2006.)	63
Slika 44 Obloga busenima-pljoštimize(Dragčević i Rukavina, 2006.)	63
Slika 45 Obloga busenima-okomito na pokos(Dragčević i Rukavina, 2006.)	64
Slika 46 Obloga busenima- u horizontalnim slojevima(Dragčević i Rukavina, 2006.)	64
Slika 47 Primjer jednostavnog pletera(Dragčević i Rukavina, 2006.)	65
Slika 48 Primjer pojačanog-visokog pletera(Dragčević i Rukavina, 2006.)	65
Slika 49 Primjer zaštite pokosa zasadama(Dragčević i Rukavina, 2006.)	66
Slika 50 Primjer hidrosjetve(Slika preuzeta s [https://www.flora.hr/usluge/hidrosjetva])	66
Slika 51 Ugradnja geomreža (Slika preuzeta s [http://www.geotekstili.com/geosace.asp])	67
Slika 52 Roliranje(Dragčević i Rukavina, 2006.)	67
Slika 53 Obloga kamenom(Dragčević i Rukavina, 2006.)	68
Slika 54 Detalji zaštite pokosa usjeka prskanim betonom(Dragčević i Rukavina, 2006.)	68
Slika 55 Primjer faza zavarivanja(Lakušić, 2006.)	70
Slika 56 Kontrola geometrije zavara(Lakušić, 2006.)	70
Slika 57 Shema gradilišta	78
Slika 58 Prikaz nadvožnjaka Pavučnjak	82
Slika 59 Prikaz predgotovljenih prednapetih nosača "T" oblika	82

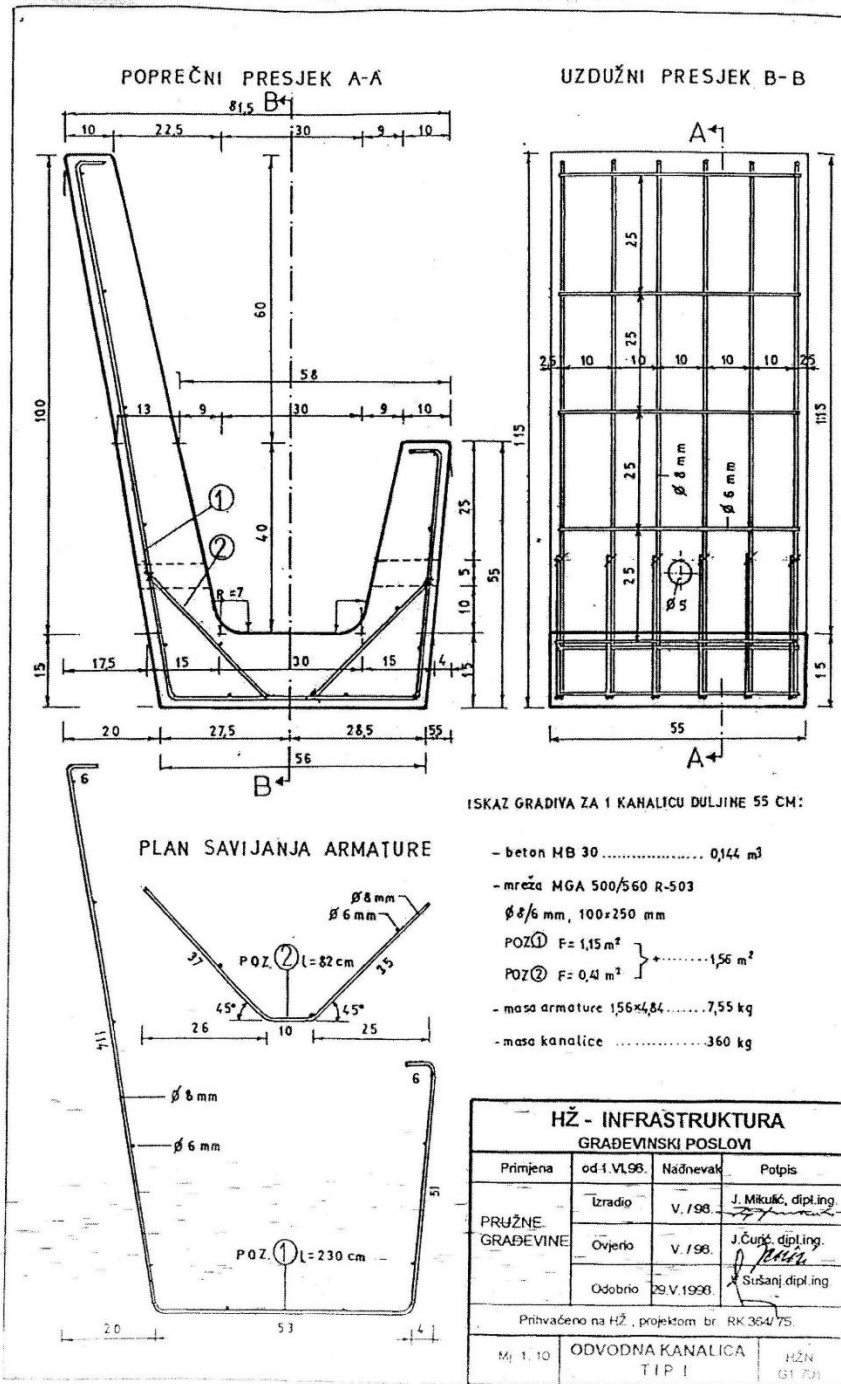
POPIS TABLICA

Tablica 1: Službena mjesta na pružnoj dionici Hrvatski Leskovac-Karlovac(HŽ infrastruktura, 2024.)	14
Tablica 2: Kilometarski položaji, tipovi i rasponi mostova dani su u sljedećoj tablici(HŽ infrastruktura, 2022.)	15
Tablica 3 Tablični prikaz svih servisnih cesta(HŽ infrastruktura, 2022.)	18
Tablica 4: Prikaz karakteristika propusta na cijeloj dionici(HŽ infrastruktura, 2022.)	19
Tablica 5 Karakteristike novonastalih i rekonstruiranih propusta na dionici(HŽ infrastruktura, 2022.)	24
Tablica 6 Svojstva geotekstila kod podloga od pijeska(HŽ infrastruktura, 2022.).....	40
Tablica 7 Kriteriji kvalitete stjenske mase iz koje se proizvodi željeznički tucanik(HŽ infrastruktura, 2022.)	44
Tablica 8 Tehnički uvjeti za željeznički tucanik(HŽ infrastruktura, 2022.).....	44
Tablica 9 Granulometrijski sastav(HŽ infrastruktura, 2022.).....	45
Tablica 10 Temeljni uvjeti proizvoda i kvaliteta materijala tračnica(HŽ infrastruktura, 2022.)...	46
Tablica 11 Temeljni uvjeti za naprave protiv klizanja(HŽ infrastruktura, 2022.)	48
Tablica 12 Osnovni uvjeti skretnica(HŽ infrastruktura, 2022.)	49
Tablica 13 Iskaz stavaka prema količini radova za nadvožnjak Pavučnjak	75
Tablica 14 Iskaz količine radova za željezničku prugu	76

PRILOZI

- Prilog A Poprečni i uzdužni presjek betonske odvodne kanalice tip I i plan armature
- Prilog B Poprečni i uzdužni presjek betonske odvodne kanalice tip II i plan armature
- Prilog C Poprečni presjek tračnice tipa 60E1
- Prilog D Poprečni presjek tračnice tipa 49E1
- Prilog E Prikaz naprave protiv klizanja tračnica u poprečnom presjeku
- Prilog F Prikaz naprave protiv klizanja tračnica kao detalj
- Prilog G Osnovne mjere i geometrijske karakteristike skretnice
- Prilog H Shema za lijevu i desnu skretničku vezu za tip skretnice 60E1
- Prilog I Shema za skretničku vezu za skretnice tip 60E1
- Prilog J Tehnološka karta željezničke pruge
- Prilog K Tehnološka karta nadvožnjaka Pavučnjak
- Prilog L Ciklogram

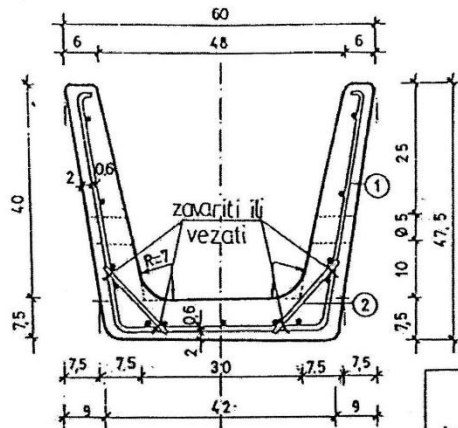
PRILOG A



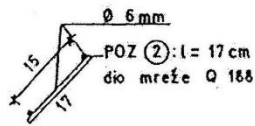
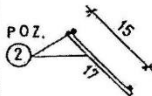
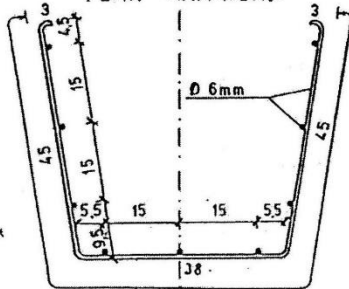
PRILOG B

POPREČNI PRESJEK

M. 1:10

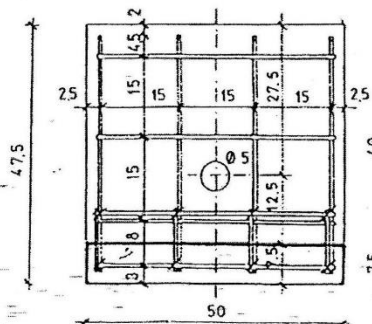


PLAN ARMATURE



POZ. 1: l = 134 cm

UZDUŽNI PRESJEK

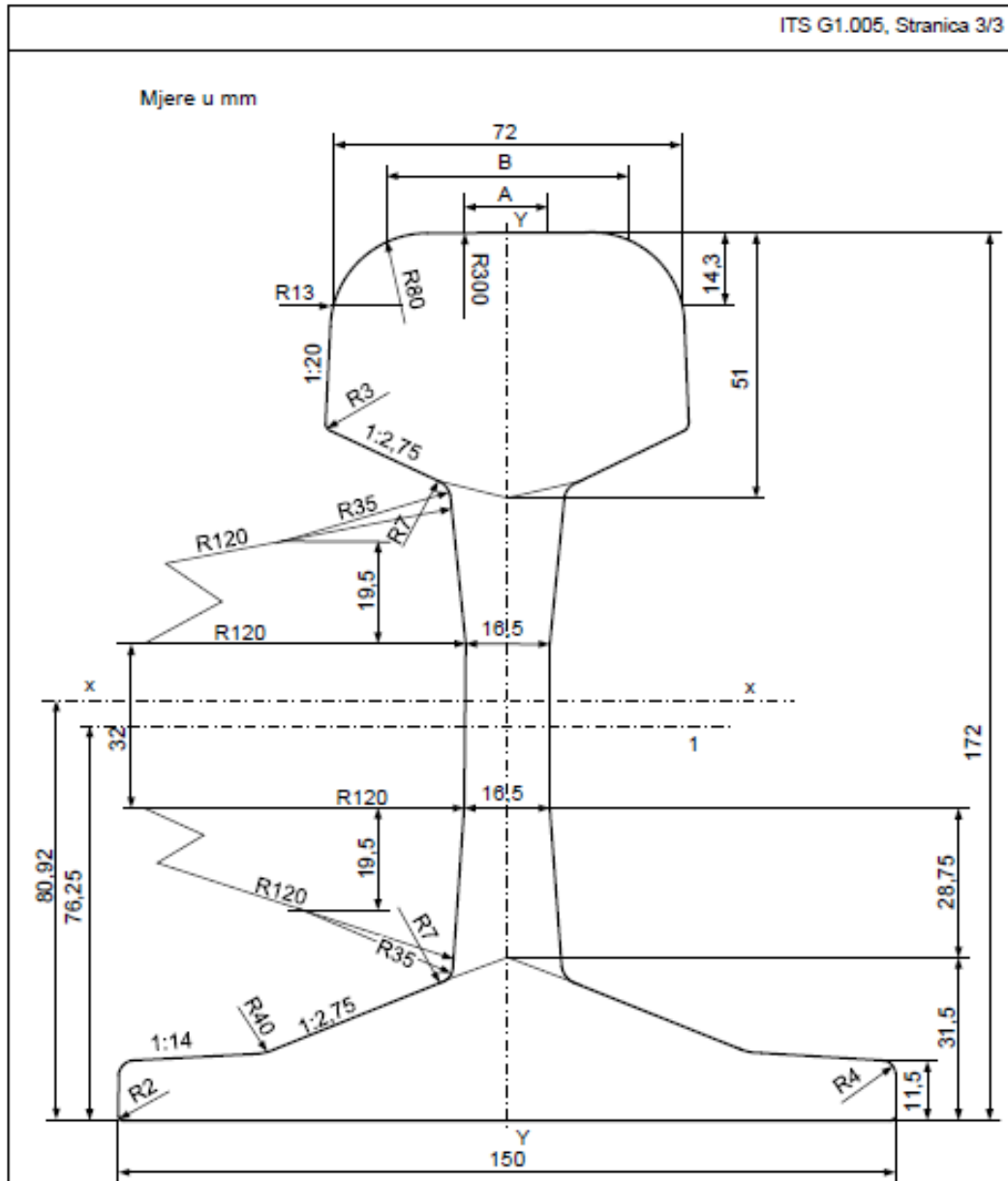


Iskaz gradiva za 1 kanalicu:
duljine 50 cm:

- beton MB 30 0,0448 m³
- mreža MGA-Q-188-Ø 6mm
okanca 150 x 150 mm
površina mreže... 0,77 m²
- masa arm.... 2,29 kg
- masa kanalice 112 kg

POTVRDOM
HŽ - INFRASTRUKTURE
br. 3-726/99 od 29. listopada 1999.
odobrena je proizvodnja
ODVODNE KANALICE TIPA II
mikroarmiranim betonom umjesto
mrežne armature

HŽ - INFRASTRUKTURA GRAĐEVINSKI POSLOVI			
Primjena	od 1989.g.	Nadnevak	Potpis
PRUŽNE GRAĐEVINE	Izradio	V. 1998.	J. Mikulić, dipl.ing.
	Ovještio	V. 1998.	J. Čurić, dipl.ing.
	Odobrio	29.V.1998.	Sušanj, dipl.ing.
Prihvaćeno na HŽ, projektom br. RK 395/75 I 89/99			
M: 1:10	ODVODNA KANALICA TIP II	HŽ:	89/99



Slika 1

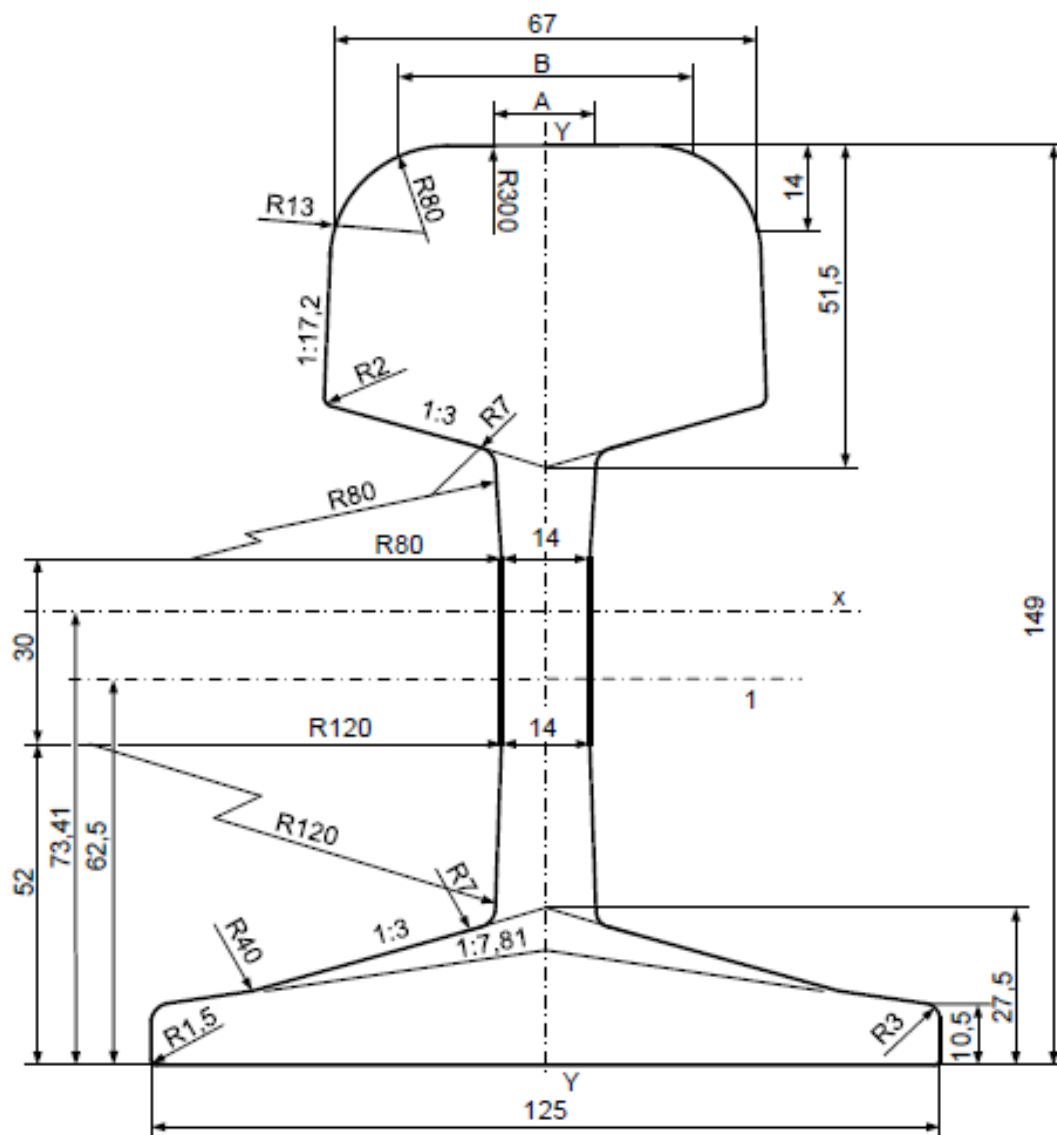
1 Središnja linija označavanja

Površina poprečnog presjeka	- 76,70	cm ³
Masa po m'	- 60,21	kg/m
Moment inercije oko osi x	- 3038,3	cm ⁴
Moment otpora – glava	- 333,6	cm ³
Moment otpora – nožica	- 375,5	cm ⁴
Moment inercije oko osi y	- 512,3	cm ³
Moment otpora oko osi y	- 68,3	cm ³

Indikativne mjere: A = 20,456 mm

B = 52,053 mm

Mjere u mm



Slika 1

1 Središnja linija označavanja

Površina poprečnog presjeka

- 62,92 cm³

Masa po m'

- 49,39 kg/m

Moment tromosti oko osi x

- 1816 cm⁴

Moment otpora – glava

- 240,3 cm³

Moment otpora – nožica

- 247,5 cm³

Moment tromosti oko osi y

- 319,1 cm⁴

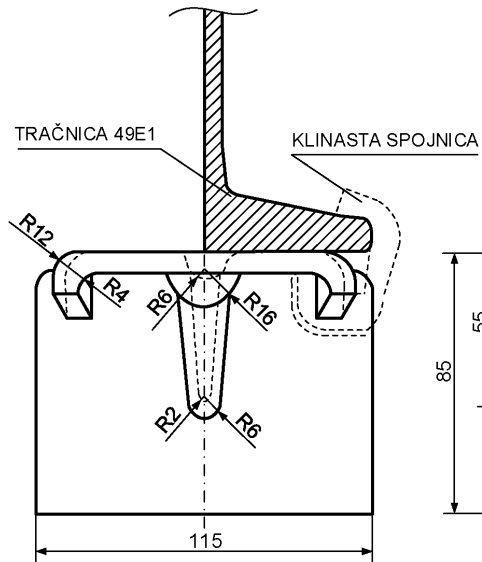
Moment otpora oko osi y

- 51,0 cm³

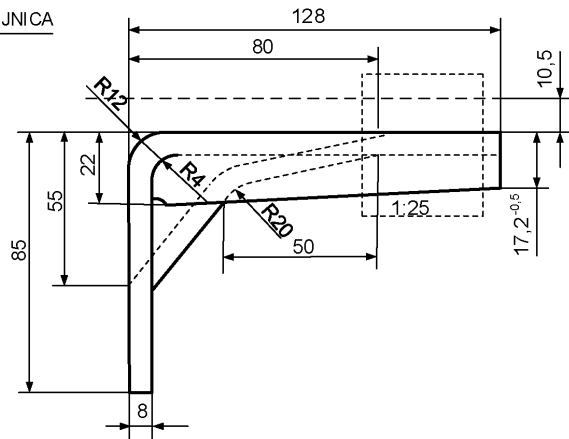
Indikativne mjere: A = 15,267 mm

B = 48,835 mm

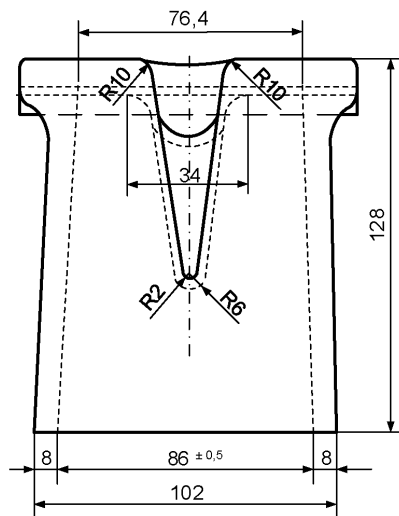
Mjere u mm



Slika 2



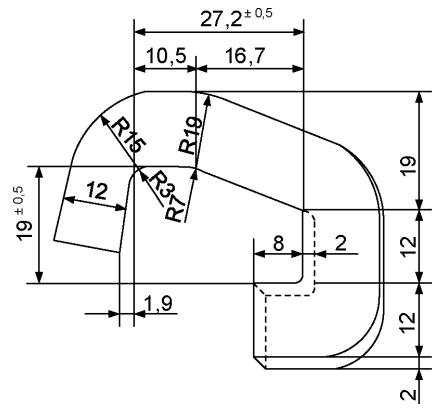
Slika 3



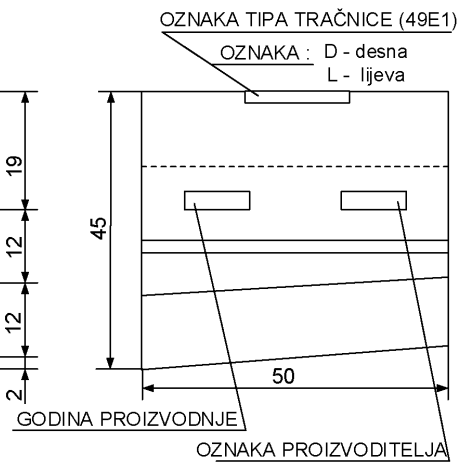
Slika 4

KLINASTA SPOJNICA DESNA

Mjere u mm



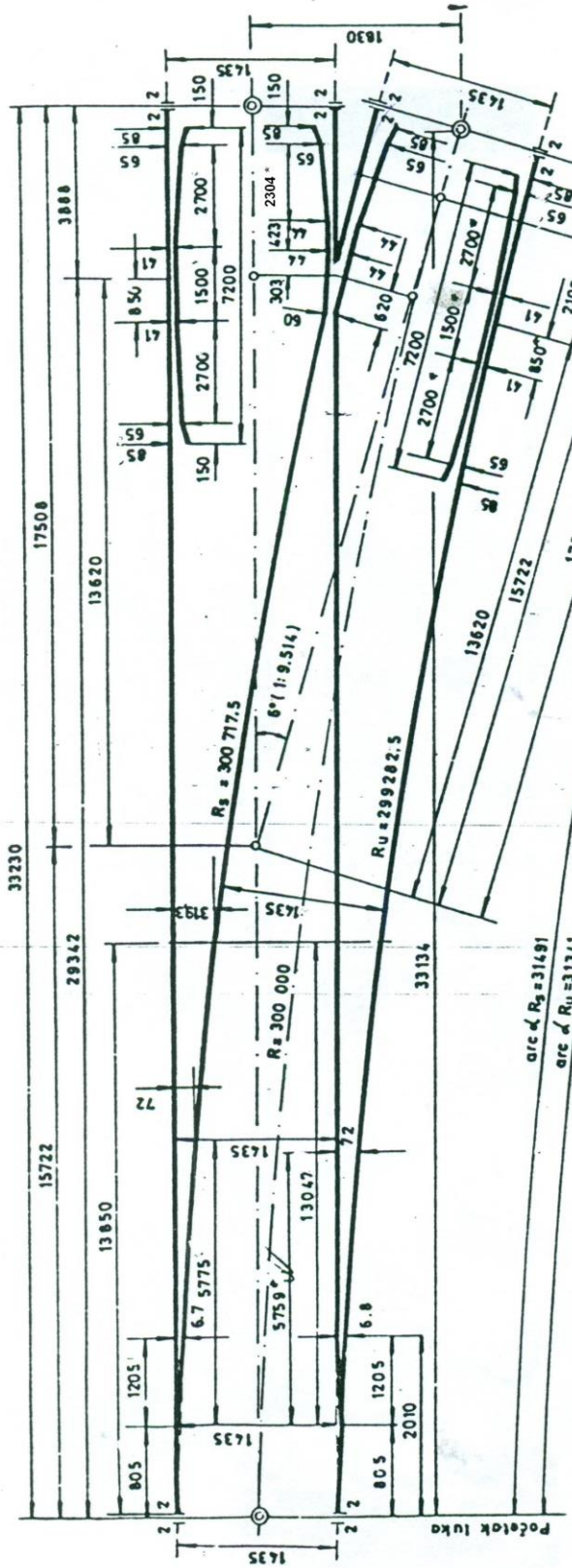
Slika 5



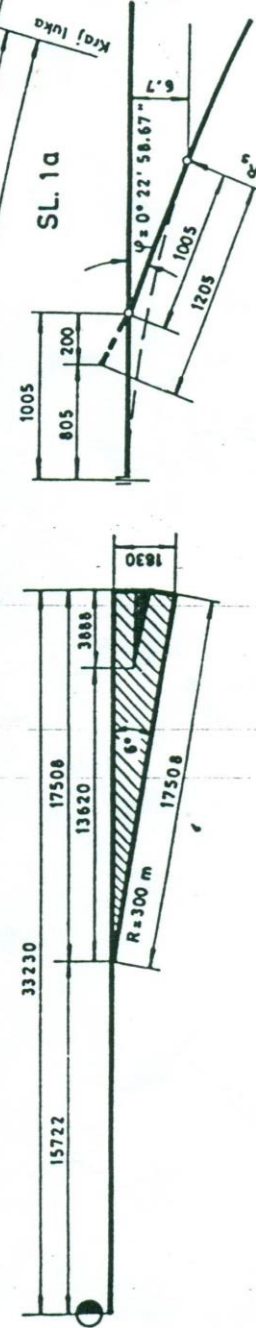
Slika 6

SL.1. OSNOVNE MJERE I TEHNIČKE KARAKTERISTIKE PROSTE LUČNE SKRETNICE
 UIC 60 -300 -6°(1:9,514) HŽN G1.404

mjere u mm

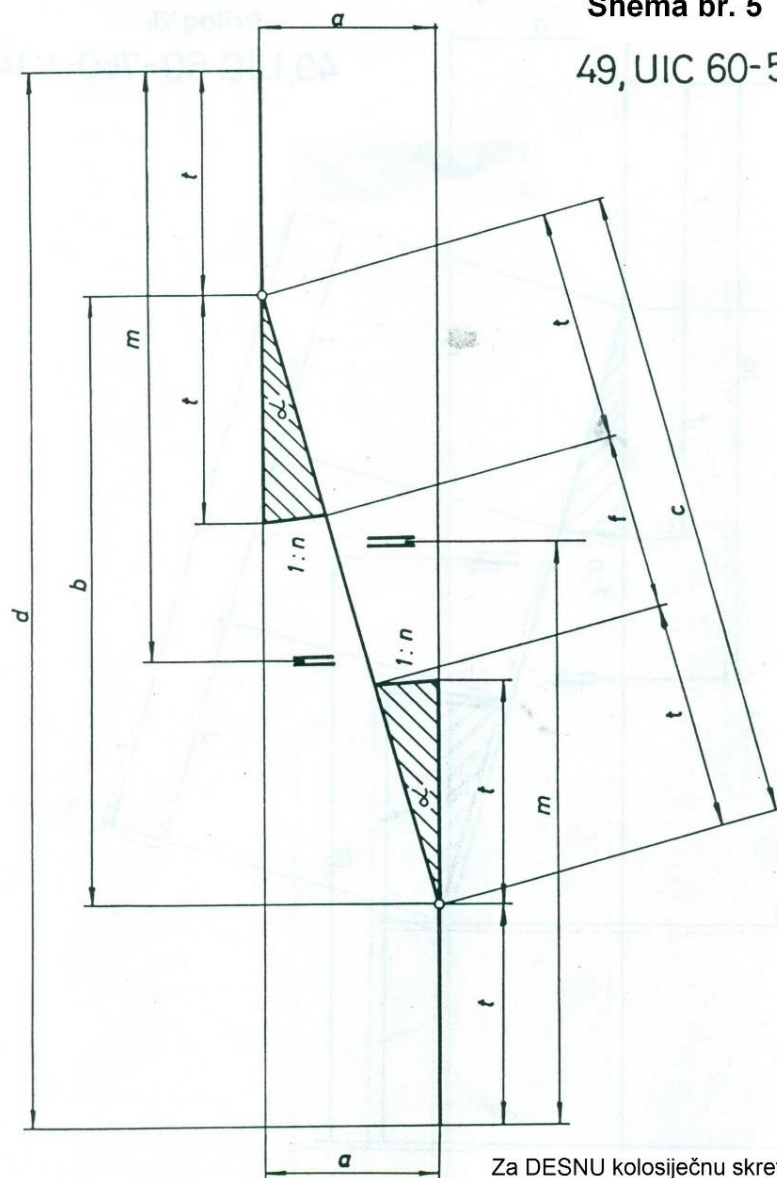


SL.2. ŠEMA ZA OBILJEŽAVANJE DESNE PROSTE
 LUČNE SKRETNICE UIC 60,49 -300 -6°(1:9,514)



Shema br. 5

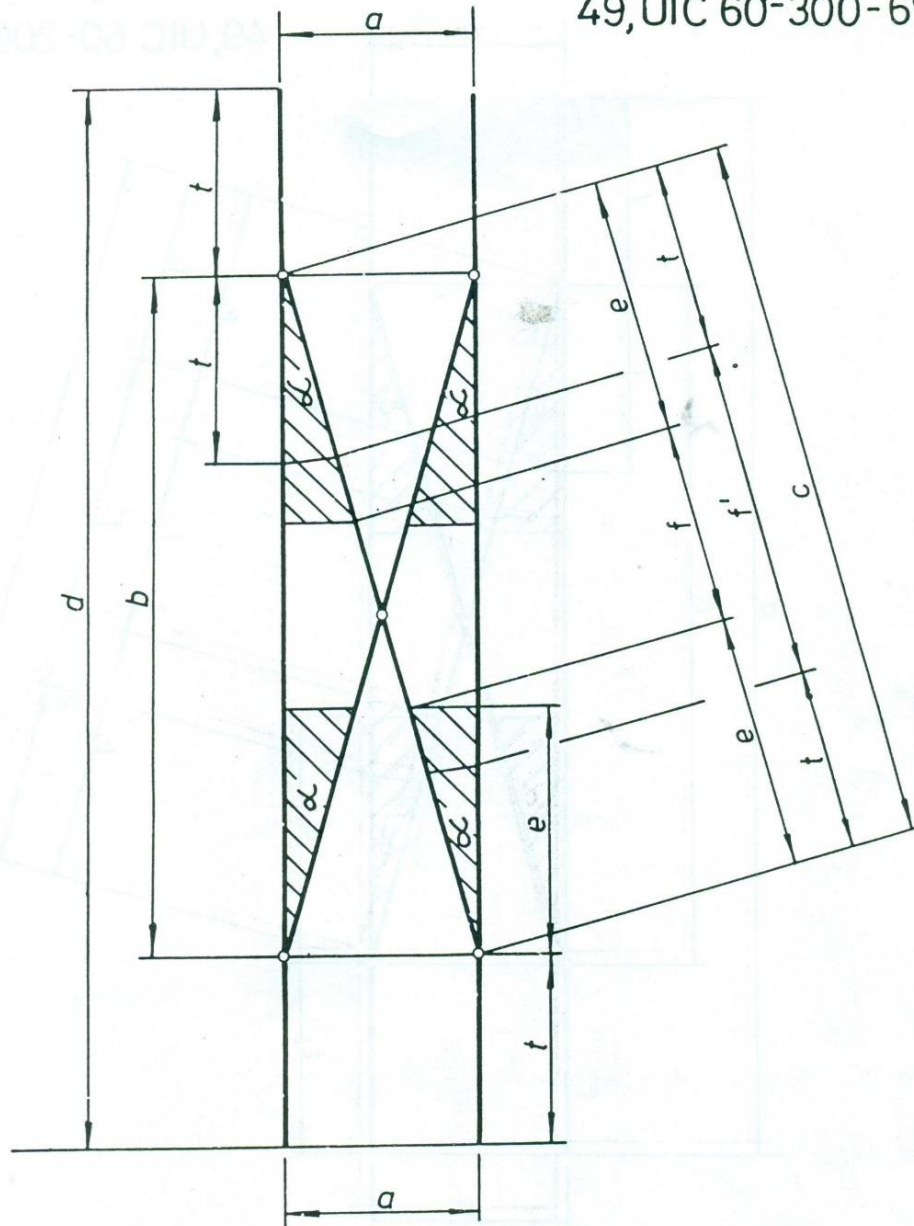
49, UIC 60-500-1:12



Za DESNU kolosiječnu skretničku vezu
vrijedi slika u ogledalu!

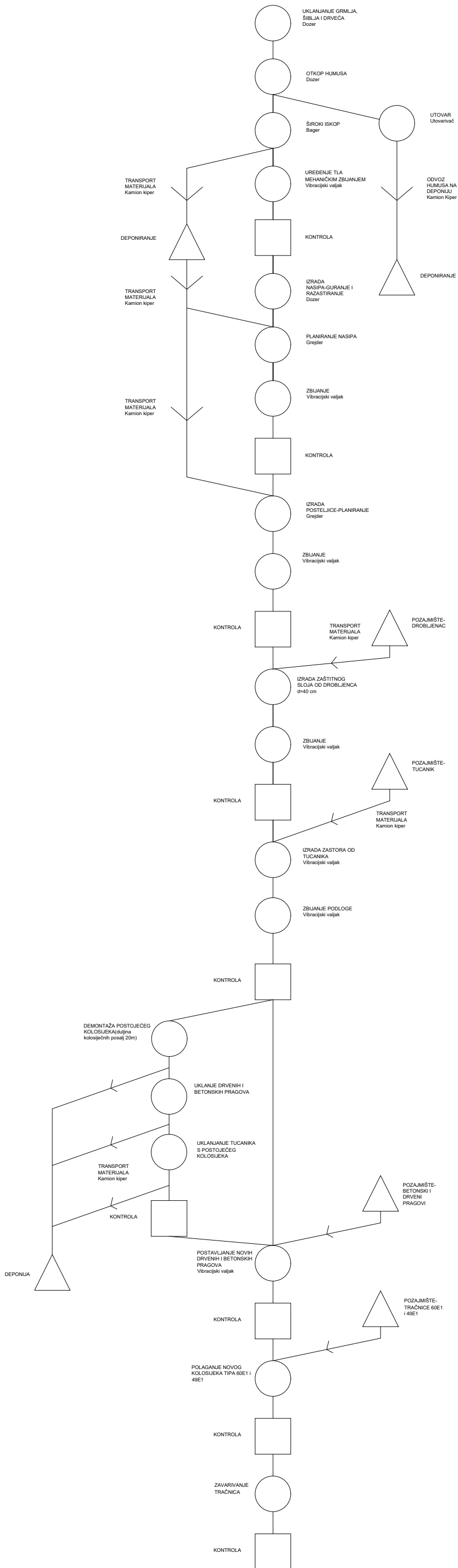
R. K.	a	b	c	d	t	f	m	1:n	α
4 500	mm	54 000	54 187	95 594	20 797		62 797	1:12	4°45'49,1"
4 750	~"~	57 000	57 197	98 594	~"~		~"~	~"~	~"~
5 000	~"~	60 000	60 208	101 594	~"~		~"~	~"~	~"~
5 500	~"~	66 000	66 228	107 594	~"~		~"~	~"~	~"~
6 000	~"~	72 000	72 249	113 594	~"~		~"~	~"~	~"~
6 500	~"~	78 000	78 270	119 594	~"~		~"~	~"~	~"~
7 000	~"~	84 000	84 290	125 594	~"~		~"~	~"~	~"~

Shema br. 3
49, UIC 60-300-6°

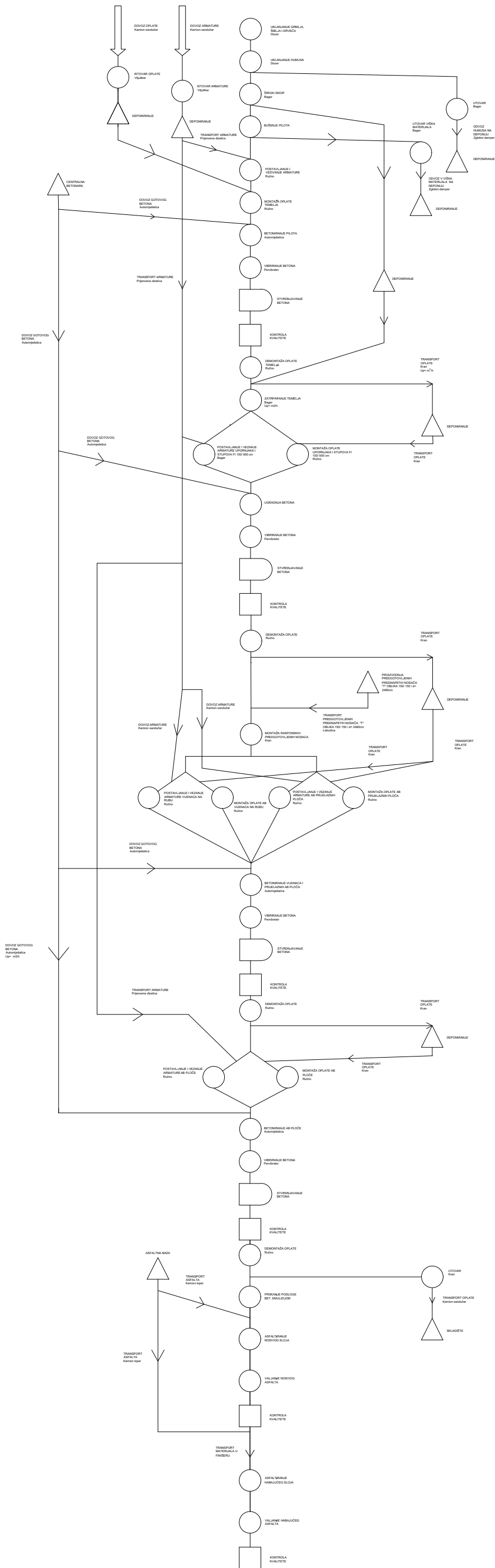


R.K.	a	b	c	d	t	e	f	f'	α
4 750 mm	45 194	45 442	76 637	15 722	17 508	10 426	13 998	6°	
5 000 mm	47 572	47 834	79 016	~ ~	~ ~	12 818	16 390	~ ~	
5 500 mm	52 329	52 517	83 773	~ ~	~ ~	17 601	21 173	~ ~	
6 000 mm	57 086	57 400	88 530	~ ~	~ ~	22 384	25 956	~ ~	
6 500 mm	61 843	62 184	93 287	~ ~	~ ~	27 168	30 740	~ ~	
7 000 mm	66 601	66 968	98 046	~ ~	~ ~	31 954	35 524	~ ~	

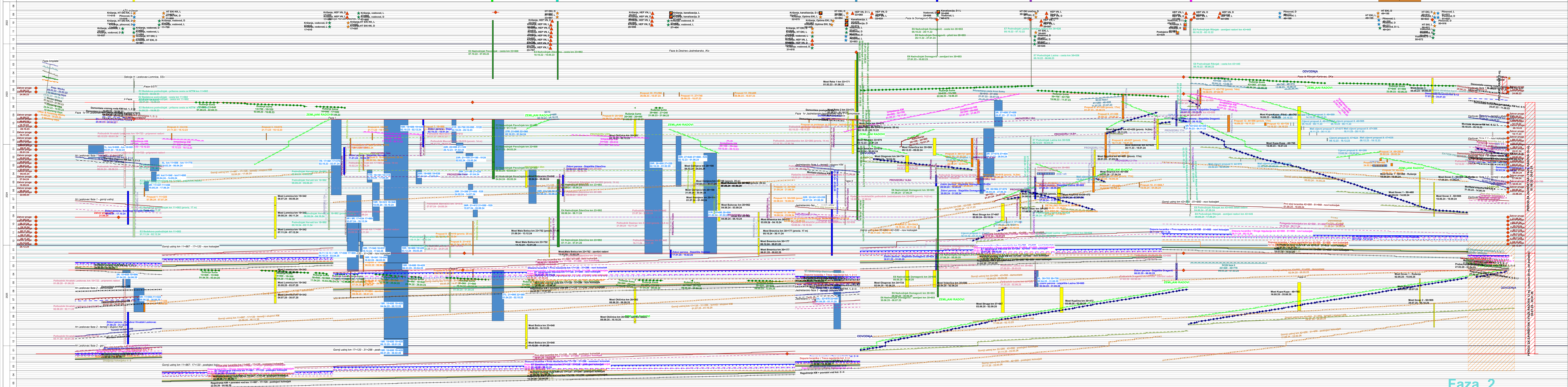
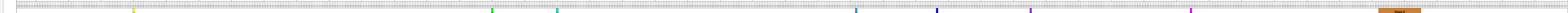
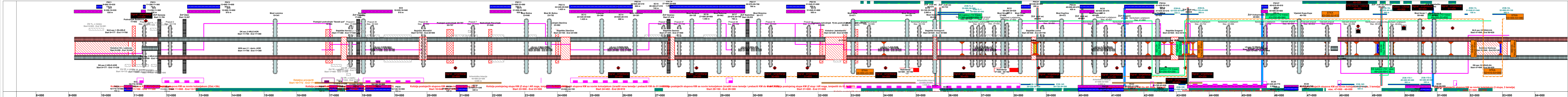
PRILOG J



PRILOG K



PRIOLOG



Faza 2

Vertical axis with numerical scale from 90 to 200 and a legend for track types and colors.