

# Ugradnja provizornog mosta na primjeru projekta zamjene željezničkog mosta Kambelovac na pruzi M604 u km 311+893

---

Ribarić, Ivan

Graduate thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:931687>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Ivan Ribarić**

**Ugradnja provizornog mosta na primjeru projekta zamjene  
željezničkog mosta Kambelovac na pruzi M604 u km 311+893**

**Diplomski rad**

**Rijeka, 2024.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Diplomski stručni studij  
Graditeljstvo u priobalju i komunalni sustavi  
Prometna infrastruktura**

**Ivan Ribarić  
0114007631**

**Ugradnja provizornog mosta na primjeru projekta zamjene  
željezničkog mosta Kambelovac na pruzi M604 u km 311+893**

**Diplomski rad**

**Rijeka, rujan 2024.**

Zavod: **Zavod za prometnice, organizaciju i tehnologiju građenja i arhitekturu**  
Predmet: **Prometna infrastruktura**  
Grana: **2.05.04 prometnice**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 33

Pristupnik: **Ivan Ribarić (0114007631)**  
Studij: **Građevinarstvo; smjer: Graditeljstvo u priobalju i komunalni sustavi**

Zadatak: **Ugradnja provizornog mosta na primjeru projekta zamjene željezničkog mosta Kambelovac na pruzi M604 u km 311+893**

### Opis zadatka:

U zadatku je potrebno opisati važnost i razloge ugradnje provizornih mostova, analizirati korake potrebne za planiranje ugradnje te identificirati ključne izazove i prepreke u procesu planiranja. Radom je potrebno detaljno opisati proces implementacije provizornih mostova, uključujući potrebne resurse. Planiranje i implementaciju provizornog mosta obraditi na primjeru projekta zamjene željezničkog mosta Kambelovac. U rad uključiti relevantnu projektну dokumentaciju, fotografije i grafike koje prikazuju proces ugradnje.

Zadatak uručen pristupniku: 15. ožujka 2024.  
Rok za predaju rada: 31. srpnja 2024.

Mentor: Dr. sc. Marijana Cuculić, v. pred.

Rijeka, 27 August 2024

## MASTER THESIS ASSIGNMENT No. 33

Student: **Ivan Ribarić (0114007631)**  
Study: Civil Engineering - Building in Coastal Region and Infrastructural Engineering

Title: **Implementation of a temporary bridge: A case study of the Kambelovac  
Railway bridge replacement project on line M604 at km 311+893**

Description:

Issue date: 15 March 2024  
Submission date: 31 July 2024

Mentor:

mentor:

---

Senior Lecturer Marijana Cuculić, PhD



---

## **IZJAVA**

Diplomski rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.



Ivan Ribarić

U Rijeci, 28.08.2024.

## **SAŽETAK**

Tema ovog rada je projekt zamjene mosta Kambelovac novim zbog njegove dotrajalosti. Kroz faze gradnje novog mosta doći će do izražaja upotreba privremenog provizornog mosta koji, kod ovakvih projekata, služi kao dobar instrument balansiranja daljnjeg napretka projekta te neprekidnog željezničkog prometa. Osim opisa provizornog mosta, biti će riječi i o pružnom pojasu te željezničkim pružnim građevinama, kao i o opremi samog željezničkog mosta. .

**KLJUČNE RIJEČI:** provizorni most, željeznički promet, pružni pojas, željeznički most

## **ABSTRACT**

The topic of this master's thesis is the project of replacement the Kambelovac bridge with a new one, due to its dilapidation. During the construction phases of the new bridge, the use of a temporary provisional bridge will come to the fore, which, in projects like this, serves as a good instrument for balancing the further progress of the project and continuous rail traffic. In addition to the description of the temporary bridge, this thesis will also touch the subject of the railway belt and railway track buildings, as well as the equipment of the railway bridge as well.

**KEY WORDS:** temporary bridge, rail traffic, railway belt, railway bridge



## Sadržaj:

1	UVOD .....	1
2	ŽELJEZNIČKA INFRASTRUKTURA .....	2
2.1	Građevinski infrastrukturni podsustav .....	6
3	ŽELJEZNIČKE PRUŽNE GRAĐEVINE .....	9
3.1	Pružni pojas i pružna oprema .....	9
3.2	Prilazne građevine .....	11
3.2.1	Peroni .....	11
3.2.2	Otvoreno utovarno-istovarne prilaznice .....	14
3.2.3	Prilazne ceste, staze i površine .....	15
3.3	Cestovni i pješački prijelazi u istoj razini .....	15
3.4	Željeznička opterećenja .....	16
3.5	Oprema mosta .....	18
3.5.1	Upornjaci .....	19
3.5.2	Kolosijek sa zastornom prizmom .....	20
3.5.3	Ležajevi .....	21
3.5.4	Prijelazne naprave .....	23
3.5.5	Odvodnja .....	26
3.5.6	Pješačke staze .....	29
3.5.7	Ograde .....	30
3.5.8	Nasip uz most i prijelazne ploče .....	31
3.5.9	Hidroizolacija .....	32
3.6	Provizoriji .....	33
4	PROJEKT ZAMJENE MOSTA KAMBELOVAC .....	36
4.1	Provizorni most u projektu .....	38
4.2	Tri tehnologije ugradnje rasponske konstrukcije .....	39
4.2.1	Odabir tehnologije ugradnje rasponske konstrukcije mosta .....	40

4.2.2	Metoda naguravanja i montaža dizalicom .....	41
4.2.3	In-situ metoda .....	41
4.3	Dinamički plan zatvora pruge.....	44
4.4	Pokusno opterećenje privremenog mosta .....	44
5	ZAKLJUČAK .....	47
	LITERATURA .....	48
	PRILOZI.....	49

## **POPIS SLIKA:**

Slika 1:	Osnovna prometna mreža RH [1] .....	4
Slika 2:	Prikaz 6 funkcionalnih regija RH [1] .....	5
Slika 3:	Temeljna širina kolosijeka [1] .....	6
Slika 4:	Dijelovi gornjeg pružnog ustroja [1].....	7
Slika 5:	Glavni elementi vozne tračnice [1] .....	7
Slika 6:	Pružni pojas [3] .....	9
Slika 7:	Peronski građevni ustroj [3].....	12
Slika 8:	Primjer malog perona 20 cm iznad GTR-a kod malih postaja [3] .....	13
Slika 9:	Pješački prilaz dob malih perona [3].....	13
Slika 10:	Otvorene utovarno-istovarne prilaznice [3] .....	14
Slika 11:	Visinsko vidno područje s ceste na prugu [3] .....	16
Slika 12:	Opterećenja na mostovima [4,5] .....	17
Slika 13:	Opterećenje željezničkih mostova; a) model 71, b) model SW [5] .....	18

Slika 14: Aksonometrijski prikaz upornjaka [4] .....	19
Slika 15: Desno: zatvorena prijelaznica s elastomernim jastukom; lijevo: otvorena prijelaznica mosta s kolosiječnim zastorom [5].....	24
Slika 16: Prijelaznice za tračnice željezničkih mostova [5].....	25
Slika 17: Elementi sustava odvodnje [5].....	27
Slika 18: Primjeri pločnika, rubnog elementa i revizijske staze mosta [5] .....	29
Slika 19: Primjer prijelazne ploče iza zida upornjaka [5] .....	32
Slika 20: Situacija provizornog mosta [6].....	35
Slika 21: Položaj mosta Kambelovac [6] .....	36
Slika 22: Prikaz Mathe sprave protiv uzdužnog putovanja tračnice [7].....	42
Slika 23: Tijek ispitivanja po fazama s položajem opterećenja na mostu i oznakama mjernih mjesta u uzdužnom smjeru [9] .....	45
Slika 24: Model provizorija s opterećenjem pri pokusnom ispitivanju [9].....	46

## **POPIS TABLICA:**

Tablica 1: Dijelovi željezničke mreže u RH [2].....	2
Tablica 2: Tipovi standardnih klasičnih ležaja [5] .....	22
Tablica 3: Osnovni uvjeti koje sustav odvodnje mora zadovoljiti [5] .....	28
Tablica 4: Rangiranje i ocjenjivanje tehnologija ugradnje.....	40
Tablica 5: Lokacija ugrađivanja Mathe sprava [7].....	42

# 1 UVOD

Željeznička infrastruktura se u Republici Hrvatskoj smatra prvenstveno javnim dobrom jer je u općoj upotrebi te u vlasništvu države. Čini zaseban sustav te sadržava sve željezničke infrastrukturne podsustave kao i zemljište infrastrukturnog pojasa, ali i zračni prostor iznad njega. Za upravljanje željeznicama je zadužena HŽ Infrastruktura.

Željezničke pružne građevine su sve građevine izgrađene u pružnom pojasu, duž same pruge. Kroz ovaj rad biti će opisan pružni pojas sa svom pružnom opremom i pružnim građevinama koje ga sačinjavaju, od prilaznih građevina do cestovnih i pješačkih prijelaza. Od sve opreme i dijelova željezničke infrastrukture staviti će se naglasak na opremu mosta zbog glavnog fokusa ovog rada, a to je upravo projekt zamjene željezničkog mosta Kambelovac novim.

Kroz opis opreme mosta te navedene faze kroz koje će se vršiti zamjena željezničkog mosta novim dobit će se uvid u specifičnost ovakvog projekta, upravo zbog korištenja privremenog provizornog mosta.

Privremeni čelični most, odnosno provizorij, čine rasponski sklop i oslonci koji imaju ulogu privremenog premošćenja. Upotreba takvog mosta se, osim kod ovakve vrste projekta, također može primijeniti i kod rušenja ili oštećenja pružnih građevina prilikom prolaska vodova ispod pruge, izvanrednih željezničkih događaja (poput sudara, iskliznuća ili prevrtanja), djelovanja prirodnih nepogoda (poput klizanja, poplava, bujica, potresa) i slično.

Željeznički promet ne trpi dulje prekide prometa, a ispružena željeznička trasa ne dopušta oštra izmicanja, stoga je ugradnja ovakve vrste mosta na postojećoj trasi često najučinkovitija. Kroz daljnji tijek rada biti će bolji opisani principi rada i ograničenja koja su karakteristična za ovakav specifični tip mosta.



## 2 ŽELJEZNIČKA INFRASTRUKTURA

Željeznički sustav se može definirati sustavom koji sadrži strukturne i funkcionalne podsustave te željezničke mreže i vozila, koji osiguravaju sigurno i učinkovito odvijanje željezničkog prometa. Strukturni podsustav sastoji se od: građevinskog, elektroenergetskog, prometno-upravljačkog i signalno-sigurnosnog podsustava na pruzi, prometno-upravljačkog i signalno-sigurnosnog podsustava na vozilu. Funkcionalni podsustav sastoji se od: odvijanja i upravljanja prometom, održavanja te telematske aplikacije za putnički i teretni promet [1].

Željeznička infrastruktura u Republici Hrvatskoj je zaseban sustav i smatra ju se javnim dobrom, s obzirom da je u općoj upotrebi te da je u vlasništvu države. Istoimena infrastruktura može, privremeno ili trajno, biti izvan upotrebe u javnom prijevozu. Ona sadržava: sve prethodno navedene željezničke infrastrukturne podsustave te zemljište infrastrukturnog pojasa zajedno sa zračnim prostorom iznad njega samog, u visini od 14 m [1].

U Republici Hrvatskoj za upravljanje željeznicama zadužena je HŽ Infrastruktura. Broj objekata u željezničkoj mreži RH, poput kolodvora, stajališta, tunela, mostova i željezničko-cestovnih prijelaza, vidljiv je u tablici 1. Čest slučaj je da su ti objekti zaštićena kulturna baština. U prosjeku mrežom dnevno voze 102 teretna vlaka te 632 putnička [2].

Tablica 1: Dijelovi željezničke mreže u RH [2]

Ukupna dužina pruge	2617 km	
Broj kolodvora/stajališta	549	

Broj željezničko-cestovnih  
prijelaza

1448



---

Broj tunela

109



---

Broj mostova

543



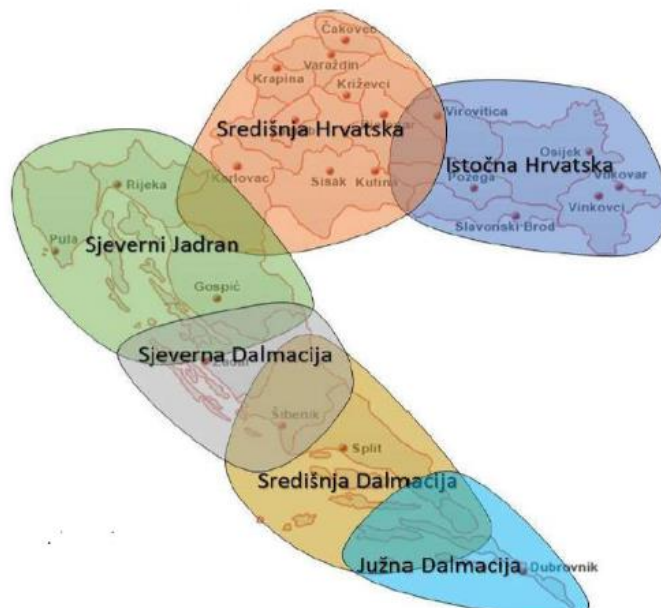
Kroz RH prolaze dva koridora (slika 1) [1]:

1. Mediteranski koridor – i cestovni i željeznički koridor, a sastavni dio čini pravac Rijeka-Zagreb-Budimpešta. Nastavak koridora čini željeznički koridor od Zagreba do Slovenije.
2. Koridor Rajna-Dunav – čine ga željeznice, luke, zračne luke, ceste, željezničko-cestovni terminali te unutarne-plovni putevi Majne, cijeli donji tok Dunava u Kelheimu, kanal Majna-Dunav, rijeka Sava



*Slika 1: Osnovna prometna mreža RH [1]*

U Republici Hrvatskoj djeluje šest funkcionalnih regija, koje se mogu vidjeti na slici 2. Funkcionalne regije čine područja koja imaju vrlo učestalu unutarregionalnu interakciju. Najčešći pristup koji se koristi prilikom određivanja funkcionalnih regija se temelji na dnevnim migracijama među stanovništvom, kroz putovanja na posao i u školu. Takva vrsta migracije služi kao kvalitetna osnova za određivanje stupnja svih drugih oblika interakcije [1].



Slika 2: Prikaz 6 funkcionalnih regija RH [1]

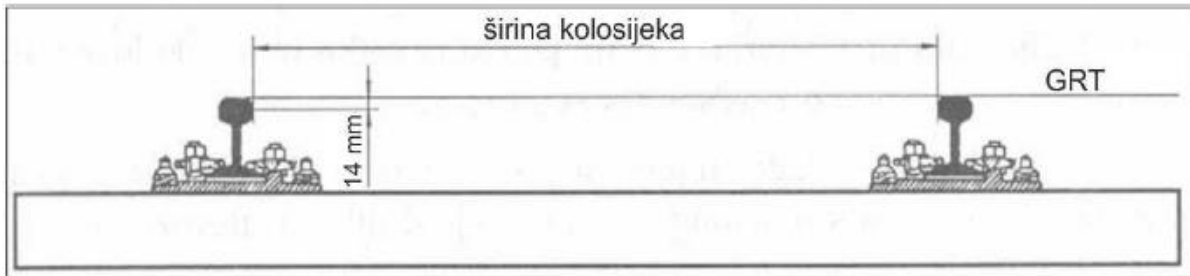
Željezničku prugu može činiti jedan ili više kolosijeka preko kojih prometuju željeznička vozila, a imaju svrhu spajanja susjednih mjesta. Kolosijek je sastavljen od gornjeg ustroja s tračnicama koje se postavljaju na propisanom razmaku te se po njima provodi željeznički promet. Prema broju kolosijeka pruge mogu biti: jednokolosiječne (pruga koja ima jedan kolosijek po kojem sva željeznička vozila voze ili u jednom ili u oba smjera), dvokolosiječne (pruge s dva kolosijeka po kojima željeznička vozila iz istog smjera voze jednim kolosijekom) i višekolosiječne (pruga s tri ili više kolosijeka po kojoj za svaki smjer i vrstu prometa postoji odvojen kolosijek). Takvih pruga u Republici Hrvatskoj nema [1].

Prema širini kolosijeka mogu se odrediti [1]:

1. projektirana širina – udaljenost unutrašnjih voznih rubova od glava tračnica, mjereno na visini od 14 mm ispod GRT-a (gornjeg ruba tračnica) te okomito na samu os kolosijeka. Univerzalno se uzima 14 mm kako bi mjerenje bilo tim točnije, odnosno kako ne bi trošenje glave tračnice imao utjecaj na mjerenje.



2. uporabna širina – najmanja udaljenost među unutarnjim rubovima glava tračnica. Mjeri se na visini između 0 i 14 mm ispod GRT-a te okomito na samu os kolosijeka.
3. temeljna širina – projektirana širina kolosijeka koja ovisi o razvrstavanju pruga u odnosu na širinu kolosijeka i može se vidjeti na slici 3. Ova širina u Republici Hrvatskoj iznosi 1435 mm.

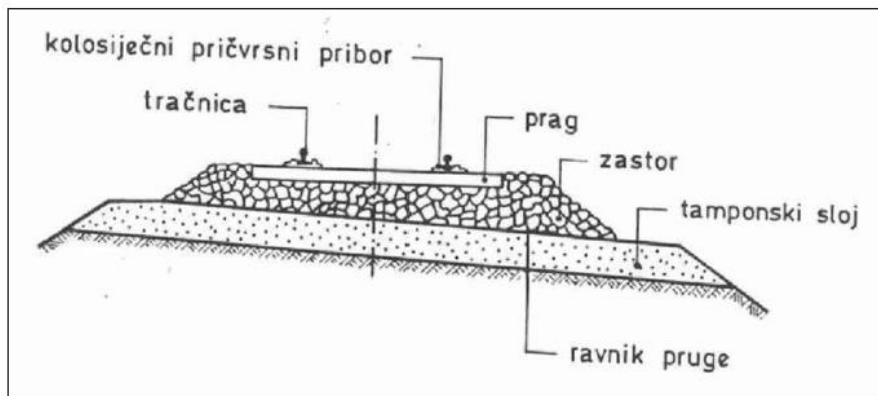


Slika 3: Temeljna širina kolosijeka [1]

## 2.1 Građevinski infrastrukturni podsustav

Ovaj infrastrukturni podsustav čine [1]:

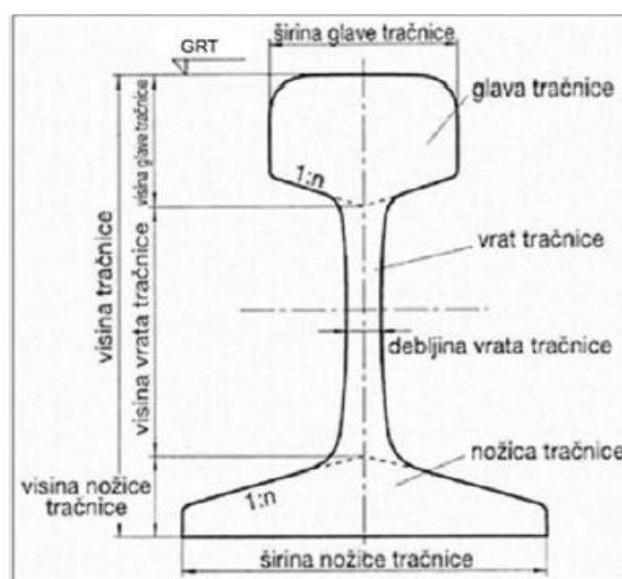
1. Donji pružni ustroj čine pružne građevine poput geotehničkih građevina (potpornih zidova, odvodnih sustava, tunela, zasjeka, nasipa, pristupnih cesti, perona itd.), konstruktorske građevine (vijadukti, propusti, podvožnjaci, mostovi itd.), željezničko-cestovni te cestovni prijelazi, pružna oprema (branici, prsobrani, ograde, pružne oznake).
2. Gornji pružni ustroj čine vozne tračnice, naprave protiv pomicanja tračnica, kolosiječni pričvrсни pribor, naprave protiv bočnog pomicanja kolosijeka, uređaji i konstrukcije gornjeg ustroja poput križišta i skretnica itd. Ovi dijelovi se mogu vidjeti na slici 4.



Slika 4: Dijelovi gornjeg pružnog ustroja [1]

Tračnice čine dio gornjeg ustroja pruge i imaju zadatak primiti opterećenja vozila i prenositi ih na pragove i podlogu, isto tako usmjeruju kretanje vozila koja na njoj prolaze. Glavni dijelovi tračnice su [1]:

1. Glava tračnice – dio koji neposredno prima opterećenje željezničkih vozila. Podložna je trošenju kroz vrijeme jer u luku djeluje centrifugalna sila,
2. Vrat tračnice – zaobljenog je oblika prema glavi i nožici kako bi se moglo postaviti vezice i priljubiti ih uz vrat tračnice,
3. Nožica tračnice – ima ulogu prenošenja opterećenja na prag i osigurava tračnicu da se ne prevrne. Dijelovi se mogu vidjeti na slici 5.



Slika 5: Glavni elementi vozne tračnice [1]

Pragovi imaju za ulogu jednoliko prenositi opterećenje s tračnica na podlogu, prigušiti vibracije na tračnicama, smanjiti buku, pružati potporu nožici tračnice. Kombinacija pragova s tračnicama daje stabilnost kolosiječne rešetke.

Kolosiječni pribor za zadatak ima pričvrstiti tračnice s podlogom, povezati dijelove gornjeg ustroja željeznice, uzdužno povezati tračnice s tračnicom, spriječiti svako putovanje tračnica, osiguranje električne izolacije itd. Pribor treba biti čim lakši, sastavljen od čim manjeg broja elemenata, lako ugrađiv, lak za održavanje itd.

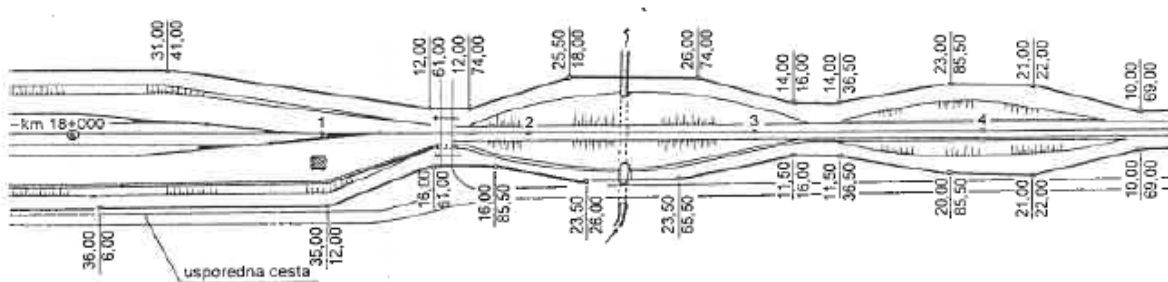
Zastorna prizma čini dio gornjeg ustroja željezničke pruge te ima ulogu osiguravanja ravnomjernog elastičnog prijenosa opterećenja sa samih pragova na donji ustroj, držanja kolosijeka u ispravnom položaju itd. [1]

### 3 ŽELJEZNIČKE PRUŽNE GRAĐEVINE

Po definiciji, željezničke pružne građevine su sve željezničkoprružne građevine koje su izgrađene u pružnom pojasu, uzduž same pruge, osim zgrada stambene, poslovne i pogonske namjene [3]. U ovom poglavlju opisan će se pružni pojas sa svom pružnom opremom, prilazne građevine službenim željezničkim mjestima, oprema mosta, zbog same tematike rada, željeznička opterećenja koja djeluju na željezničke mostove te općenito privremeni provizorni mostovi kao cjelina.

#### 3.1 Pružni pojas i pružna oprema

Pružni pojas čini svo željezničko zemljište oko i uzduž pruge. Najmanja širina pružnog pojasa je 8 m kod otvorene pruge, a 6 m u naselju i to mjereno vodoravno od osi krajnjega kolosijeka (ukoliko pruga nije ni na nasipi ni usjeku niti zasjeku s pokosima). Primjer pružnog pojasa se može vidjeti na slici 6.



Slika 6: Pružni pojas [3]

Širina pružnog pojasa ovisi o sljedećim faktorima [3]:

- Broju kolosijeka
- Veličini i značaju kolosijeka, postaja i ostalih službenih mjesta na samoj pruzi
- Položaju pruge na zemljištu (usjeci, nasipi, zasjeci, ravno tlo, padine)
- Geološkim, hidrološkim i klimatskim uvjetima
- Svim potrebnim stazama, prilaznim cestama i površinama
- Svom potrebnom (usporodnom) vođenju kabela
- Svim potrebnim putničkim i pogonskim zgradama i sadržajima

Širina se pružnog pojasa određuje temeljem tehničke dokumentacije u kojoj se sadrže prirodni utjecaji te svi željeznički putnički i pogonski sadržaji koji se mogu predvidjeti, poput postrojenja, građevina i uređaja. Pružni pojas se može naknadno proširiti ukoliko dođe do nepredvidivih prirodnih utjecaja, kao i drugih sadržaja koji se pojavljuju tokom gradnje i održavanja, poput odrona, klizišta, erozije itd. Kod standardnih uvjeta usjeka, nasipa i ravnog tla, na samu širinu pružnog pojasa utječe oblikovanje rubova tih istih usjeka i nasipa kao i potreba smještaja usporednih cesta, pružnih kabela itd. Rub pružnog pojasa se najčešće određuje eksproprijacijskim elaboratom. Provodi se iskolčavanje i obilježavanje na zemljištu pomoću međašnih kamenova, na duljim pravcima s razmakom većim od 100 m, na svim lomovima međnih pravaca itd. [3]

Međašni kamenovi građeni su od betona ili kamena, na njima postoji utisnuta oznaka (HŽ) što predstavlja oznaku željezničke uprave te je okrenuta prema pruzi. Kod modernijih brzih pruga pružni se pojas omeđuje mrežnom ogradom uzduž cijele trase ili pak mjestimično, na mjestima koja su ugrožena od divljači, domaćih životinja i ljudi.

Prema podzakonskim i željezničkim aktovima, u pružnu opremu se ubrajaju [3]:

- 1) Pružne oznake
- 2) Prsobrani
- 3) Oznake

Pružne oznake se postavljaju uzduž pruge te im je glavna namjena građevno održavanje pruga. Neke od oznaka su za: kilometre, hektometre, vodoravne lukove, kolosiječnu os i visinu, uzdužne nagibe, zemljišne međe pružnog pojasa te tunele.

Prsobrani su po definiciji uzdignuti kolosiječni završeci koji sprječavaju silaženje željezničkih vozila s kolosijeka. Postavljaju se na krnjim kolosijecima te na kolosiječnim završecima u pogonima, lukama, tvornicama itd. Mogu se podijeliti u dva osnovna tipa [3]:

- 1) Čvrsti (nepomični) prsobrani
- 2) Kočni (pomični) prsobrani

Čvrsti, odnosno nepomični, prsobrani mogu biti: tračnički, nasipni, armiranobetonski te na čelu prilaznice. Izloženi su razaranju ili oštećenju ukoliko se premaši dopuštena brzina željezničkih vozila.

Kočni, odnosno pomični, prsobrani au posebno ustrojeni sklopovi koji kinetičku energiju vozila prigušuju pomicanjem prsobrana na određenu kolosiječnu duljinu. Takvi prsobrani se primjenjuju pretežno kod novih i obnovljenih pruga. Mogu se podijeliti na: kočne (koji imaju kočne naprave na voznoj tračnici te dodatni kočni sklop) te vučene (imaju vučene pragove po betonskoj podlozi) [3].

Ograde, kao takve, su već opisane u ovom poglavlju, u podpoglavlju Oprema mosta te podpoglavlju.

### **3.2 Prilazne građevine**

Prilazne građevine čini skupina građevina koje služe za prilaze pješaka i vozila u krugu željezničkih službenih mjesta, primjerice kolodvora, odvojnica, stajališta, raskrižja, ukrižnica, mimoilaznica, utovarišta itd., kao i na otvorenoj pruzi. Po tehničkom ustrojstvu pripadaju geotehničkoj struci te se mogu podijeliti na [3]:

- 1) Perone
- 2) Otvorene utovarno-istovarne prilaznice
- 3) Prilazne ceste, površine i staze

#### **3.2.1 Peroni**

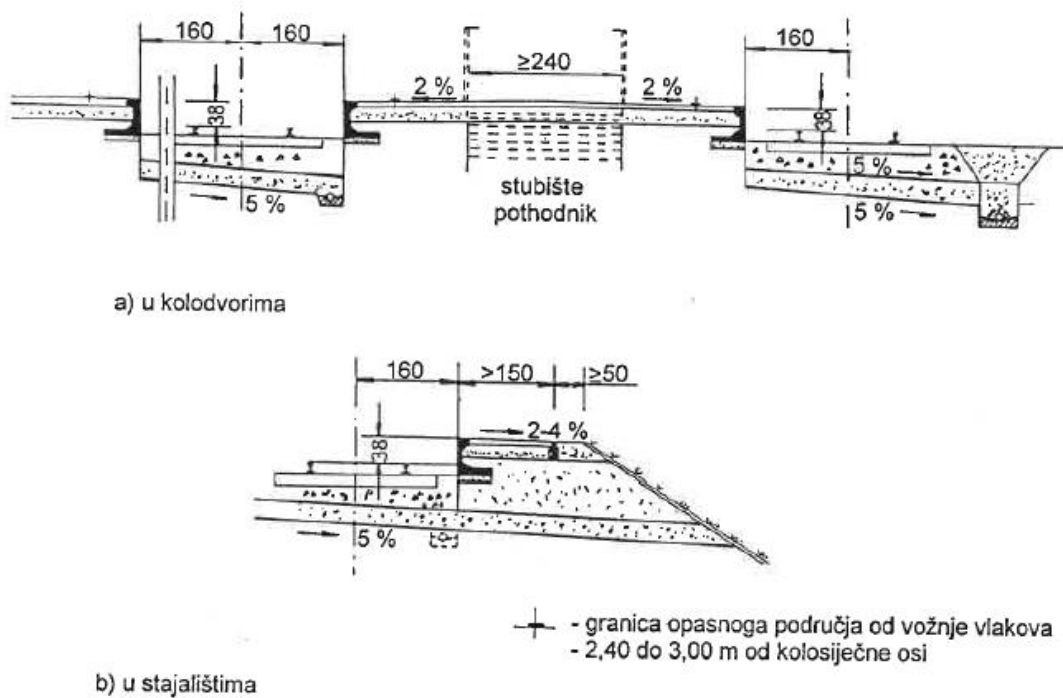
Svi izdignuti prostori među kolosijecima ili uz sam kolosijek službenih mjesta za putnički promet ili za pogonske potrebe (za pranje vagona, poštanske potrebe itd.). U Republici Hrvatskoj propisane su visine perona od najmanje 0,38 m te najviše 0,96 m iznad gornjeg tračničkog ruba. Kolosiječni razmaci, među kojima se grade peroni, ne smiju biti manji od 6,00 m. Odabir prikladne peronske visine ovisi o više faktora – putničko – željezničkim potrebama, gustoći prometa na peronu te gospodarskim mogućnostima [3].

Čim je veća visina perona tim su veće duljine i širine za prilaze, ali je izlazak i ulazak putnika u vlakove brži i udobniji. Razmak i visina peronskog zida od same kolosiječne osi su vezani za donji dio željezničkog slobodnog profila, iz čega proizlazi sljedeće [3]:

- Niski peroni visine 0,38 m iznad GTR-a, razmak od kolosiječne osi je 1,60 m,
- Srednji peroni visine 0,76 m iznad GTR-a, razmak od kolosiječne osi je 1,70 m,
- Visoki peroni visine 0,96 m iznad GTR-a, razmak od kolosiječne osi je 1,70 m.

Osnovni građevni peronski ustroj se sastoji od sljedećih dijelova [3] te se može vidjeti na slici 7:

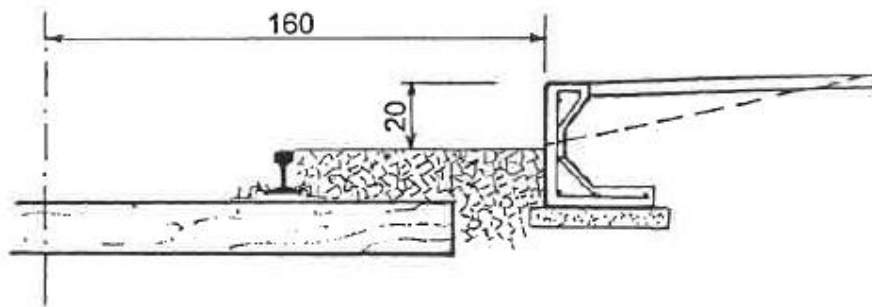
- 1) Peronskih zidova,
- 2) Hodničko-kolničkog sklopa,
- 3) Nasipne ispune,
- 4) Odvodnje.



Slika 7: Peronski građevni ustroj [3]

Mali peroni odnosno uređene površine koje služe za ulazak i izlazak putnika, u visini od 20 cm ili 25 cm iznad GTR-a. Oni se ne smatraju pravim peronima iz razloga što se na njima ne smiju zadržavati putnici, zbog njihove vlastite sigurnosti. Opasno područje (od vožnje vlakova) se smatra na od oko 2,00 m, ukoliko je brzina manja od 60 km/h, do 3,00 m ukoliko je brzina veća od 160 km/h. Prema hrvatskim propisima ta granica je najmanje 2,4 m od kolosiječne osi. Iz uvjeta sigurnosti, putnici se ne smiju zadržavati na malim peronima prilikom prolaska vlakova. Često takvi peroni nemaju ni dostatnu duljinu zbog prilagođavanja postojećem stanju. Peronska

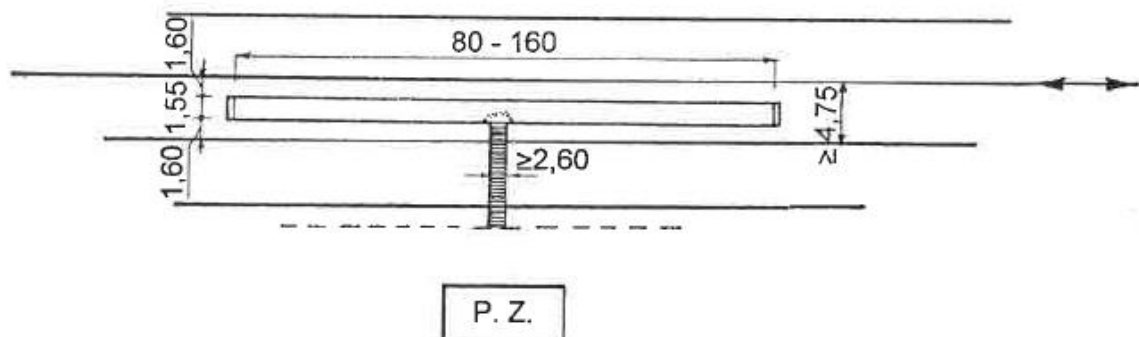
duljina se prilagođava duljini vlakova koji se najčešće zaustavljaju i na hrvatskim prugama je to od 80 m (za 3 vagona) do 160 m (za 6 vagona). Primjer se može vidjeti na slici 8.



Slika 8: Primjer malog perona 20 cm iznad GTR-a kod malih postaja [3]

Kod važnih i velikih kolodvora se peronske pješačke površine mogu popločiti ukrasnim kamenim pločama. Takve kamene ploče moraju biti otporne na pucanje i smrzavanje, dok istovremeno ne bi smjele biti tanje od 5 cm.

Peronski prilazi služe i pješacima i dostavnim vozilima, a čine ih uzdužno i poprečno kose prilaznice, hodnici, stubišta, prijelazi preko kolosijeka, pokretne stube, dizala itd. ovisno o potrebama kolodvora. Kose prilaznice su pogodnije od stubište zbog lakšeg i bržeg protoka putnika te zbog prilagodbe invalidima. Mana im je da zahtijevaju veću građevnu duljinu. Nagibi se kreću između 8 i 10 % kod nenatkrivenih prostora te 10-12% za natkrivene prostore [5]. Primjer se može vidjeti na slici 9.

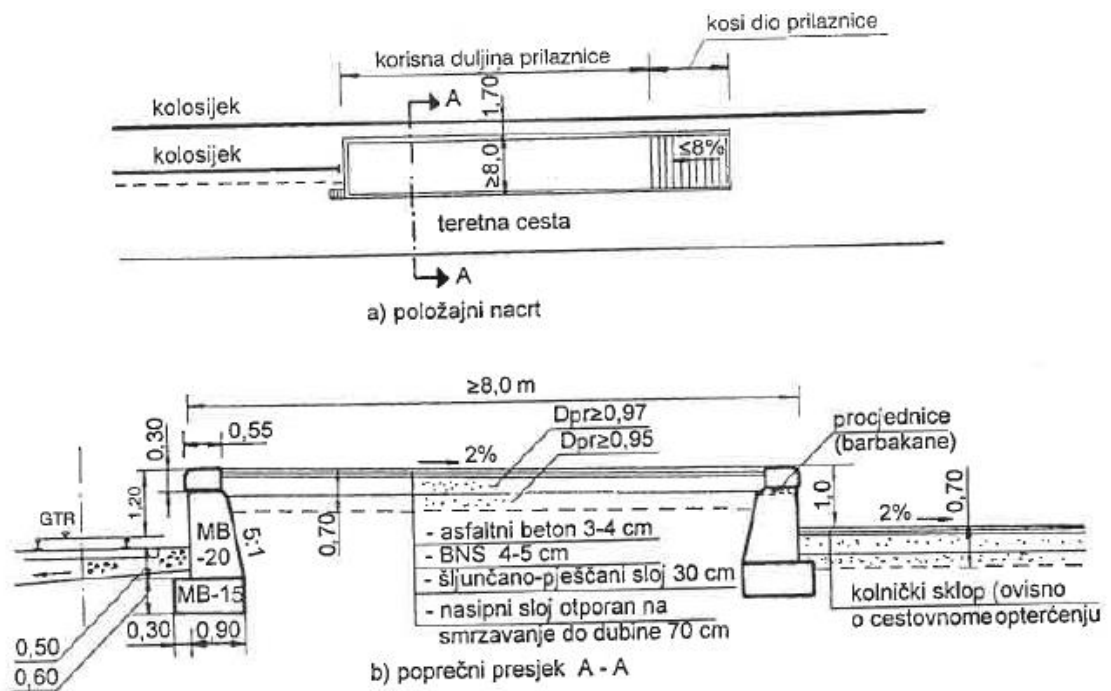


Slika 9: Pješački prilaz dob malih perona [3]



### 3.2.2 Otvoreno utovarno-istovarne prilaznice

Otvorene utovarno-istovarne prilaznice su pružne građevine odnosno prilazne ceste koje su uzdignute iznad kolosijeka te služe za utovar i istovar vozila, tereta pa čak i živih životinja. S obzirom na njihov položaj naspram kolosijeka, postoje čelne, bočne i kombinirane prilaznice. Kod kolodvora gdje je potreban i utovar i istovar vozila, bočna se prilaznica može upotrebljavati i kao čelna. Visina bočnih prilaznica je u rasponu od 1,0 do 1,2 m, ovisno o tome koja vozila na njih pristaju [3]. Primjer se može vidjeti na slici 10.



Slika 10: Otvorene utovarno-istovarne prilaznice [3]

Kod teretnih vagona kojima se vrata otvaraju prema van, prilaznica ne bi smjela biti viša od 1,10 m. Druge bočne prilaznice visoke su maksimalno 1,20 m. Na cestovnoj strani, visina prilaznica kreće se od 0,90 do 1,0 m. Korisna širina i duljina prilaznica je ovisna o pretovarnim potrebama, ali ne bi smjela biti uža od 8 m niti kraća od 20 m.

Prilaznica sadrži ravni dio, na kojem se obavljaju utovar i istovar, bilo ručno ili strojno, kosi dio koji služi za prilaz vozila te stube kojima osoblje pristupa prilaznici. Kosi dijelovi prilaznice, usporedni s kolosijekom, ne bi smjeli biti u nagibu većem od 8%, a oni okomiti na njega, u nagibu većem od 5% [3].

Građevni ustroj je sličan kao i kod perona te sadrži sljedeće dijelove [3]:

- Nasip ispune,
- Zid prilaznice,
- Kolnički sklop,
- Odvodnju,
- Pristupne stube.

### 3.2.3 Prilazne ceste, staze i površine

Prilazne ceste, staze i površine se ubrajaju u pružne građevine i isključivo služe željezničkom pogonu. Sastoje se od [3]:

- Teretne i druge ceste
- Usporedne ceste
- Pretovarne i druge površine
- Manevarske i druge staze

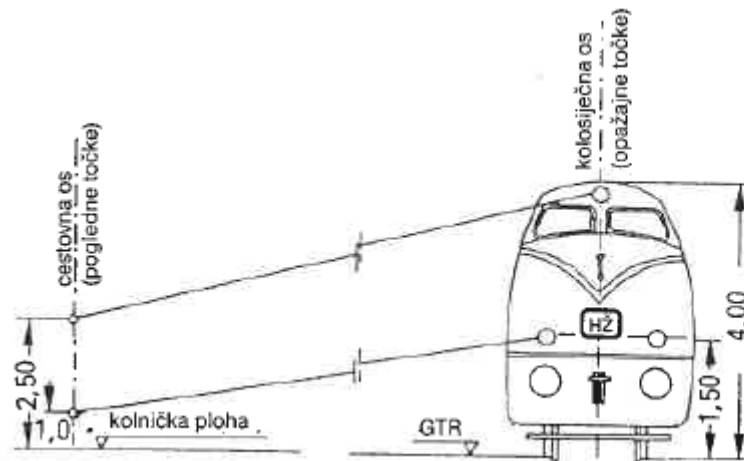
## 3.3 Cestovni i pješački prijelazi u istoj razini

Križanja cesta i željezničkih pruga u istoj razini su vrlo osjetljiva mjesta zbog rizika o međusobnog sraza cestovnih i željezničkih vozila. Pridaje im se velika važnost – na postojećim prugama nastoji ih se smanjiti na neophodni broj, a na novim prugama treba ih u potpunosti izbjeći denivelacijom. Propisana su određena mjerila glede mogućnosti, sigurnosti i položaja križanja poput [3]:

- Kriterija za ceste i pruge koje se ne smiju križati u istoj razini,
- Načina osiguranja prometa,
- Postupka i kriterija za svođenje na mali broj prijelaza,
- Zahtjeva za osiguranje pješačkih prijelaza,
- Preglednosti s ceste na prugu.

Sigurnosne mjere na prijelazima se provode signalno-sigurnosnim uređajima, poput branika, polubranika, svjetlosno-zvučnih signala itd., dio su elektrotehničke struke. Sigurnost prometa na prijelazima, koja se osigurava propisanom preglednošću, dio je građevinske struke te se uspostavlja primarno uklanjanjem smetnji poput građevina, predmeta te raslinja u tzv. trokutu preglednosti. Naspram tehničkim osiguranja, trokut preglednosti je niži sigurnosni stupanj, a

pretežito se uspostavlja na prugama i cestama s malim prometnim opterećenjem. Trokut preglednosti čini slobodnu površinu pomoću koje se sudionicima u cestovnom prometu ili pješacima prilikom prelaska osigurava nesmetani vidik na željezničku prugu s obje strane ceste, kako bi pravovremeno uočili željezničko vozilo. Vidno visinsko područje s ceste na prugu se osigurava u visini od 1,0 do 2,5 m od kolničke plohe na visinu na pruzi od 1,5 do 4,0 m od GTR-a [3] te se može vidjeti na slici 11.

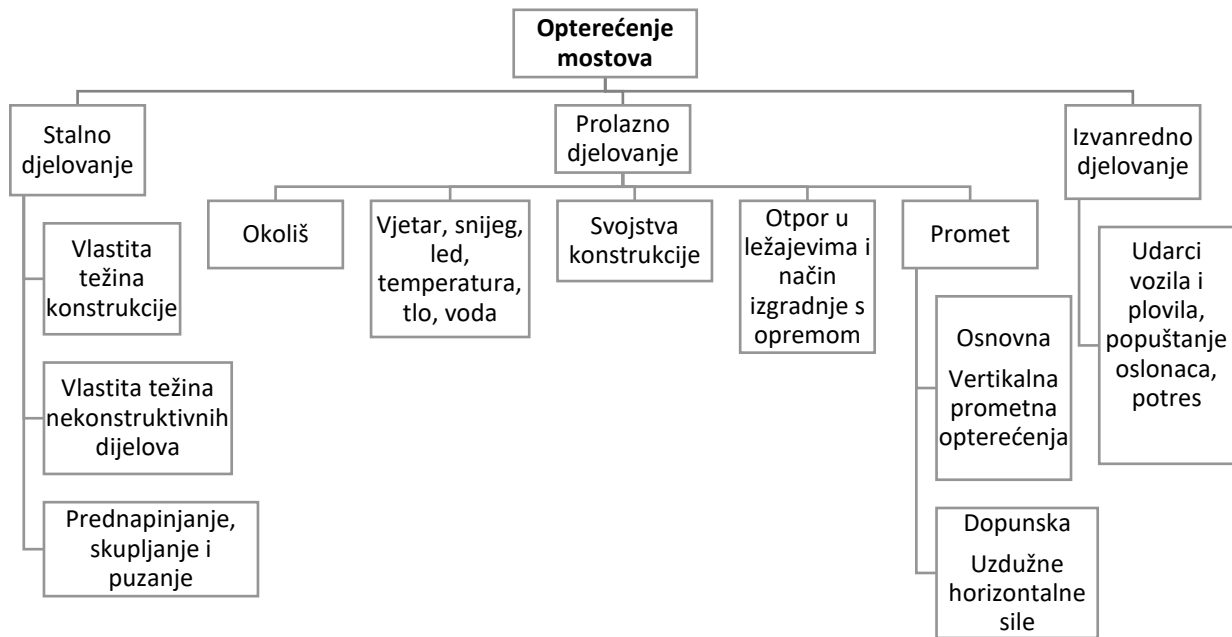


Slika 11: Visinsko vidno područje s ceste na prugu [3]

### 3.4 Željeznička opterećenja

Specifičnost željezničkih mostova je upravo u tome da je na njima nepromjenjiva tj. točno određena pozicija korisnog tereta u poprečnom presjeku mosta. Težina vagona je, također, ujednačena naspram težine cestovnih vozila, stoga je lakše ustvrditi veličinu stvarnog opterećenja. Kako bi se mogla odrediti količina korisnog tereta željezničke lokomotive i vagona, potrebno je poznavati sljedeće faktore: broj i razmak osovina, veličinu osovinske sile, raspored vagona, mogućnost prekida sheme itd. Mostovi koji su mješovite namjene te imaju više kolosijeka, kao i odvojene prometne površine za tračnički i cestovni promet, trebaju se provjeriti na način da se istovremeno opterete korisnim teretom za mostove tračničkih vozila i cestovne mostove [4].

S obzirom na prethodno dostupne propise, Eurokod 1 čini razrađeniji i složeniji propis. U EN 1991 su prikazana moguća djelovanja na konstrukcije, uzevši u obzir prolaz vozila preko mosta, pojavu potresa ili ostale moguće kombinacije opterećenja. Na slici 12 može se vidjeti jedinstvena podjela opterećenja mostova [5].



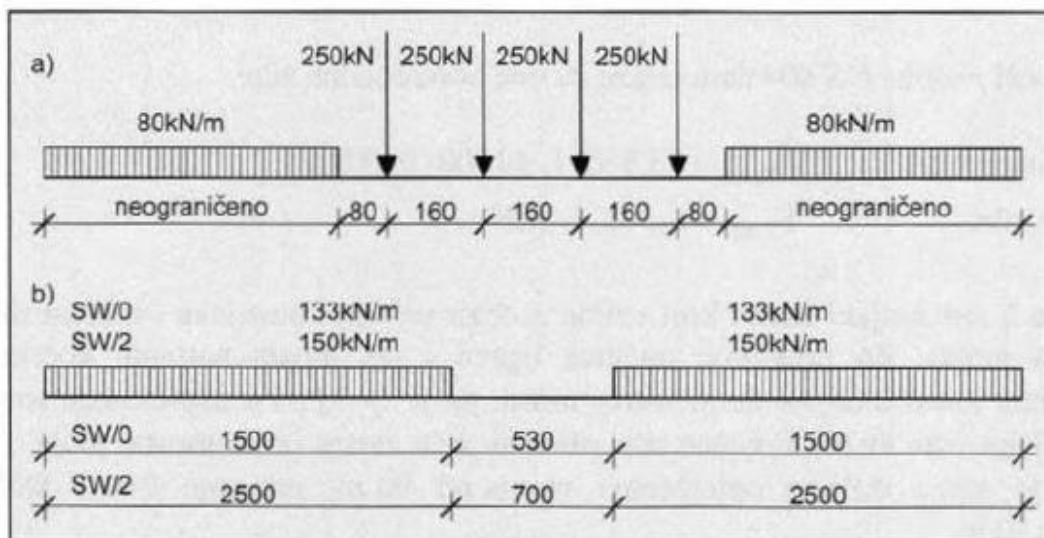
Slika 12: Opterećenja na mostovima [4,5]

Stalna djelovanja su upravo ona koja se tijekom predviđenog roka trajanja građevine ne mijenjaju značajno, ni po položaju, ni veličini, ali ni smjeru djelovanja. Stalni teret je uvjetovan i određen oblikom i dimenzijama konstrukcije i dijelova mosta kao i specifičnom zapreminskom gustoćom materijala od kojih su navedeni dijelovi izrađeni. Glavna karakteristika ovog tereta je upravo ta da on djeluje mirno i trajno, kao vertikalno opterećenje, te ga je jednostavno izračunati [4,5].

Prolazno djelovanje se dobro može objasniti na primjeru prometnog opterećenja. Takva opterećenja mogu djelovati poput mirnih vertikalnih opterećenja, ali mogu izazvati i dinamičke pojave kao što su horizontalne sile (centrifugalne sile, sile kočenja itd.).

Izvanredna djelovanja se javljaju rijetko ili nikako. Iako kratkotrajna, ovakva djelovanja mogu izazvati ekstremne utjecaje u samom nosivom sklopu [4,5].

Željeznički promet se, prema novim europskim normama HRN EN 1991-2, simulira pomoću dvije sheme opterećenja: model 71 (normalni željeznički promet na glavnim prugama) i model SW (pruge s teškim prometom), koji se mogu vidjeti na slici 13 [5].



Slika 13: Opterećenje željezničkih mostova; a) model 71, b) model SW [5]

### 3.5 Oprema mosta

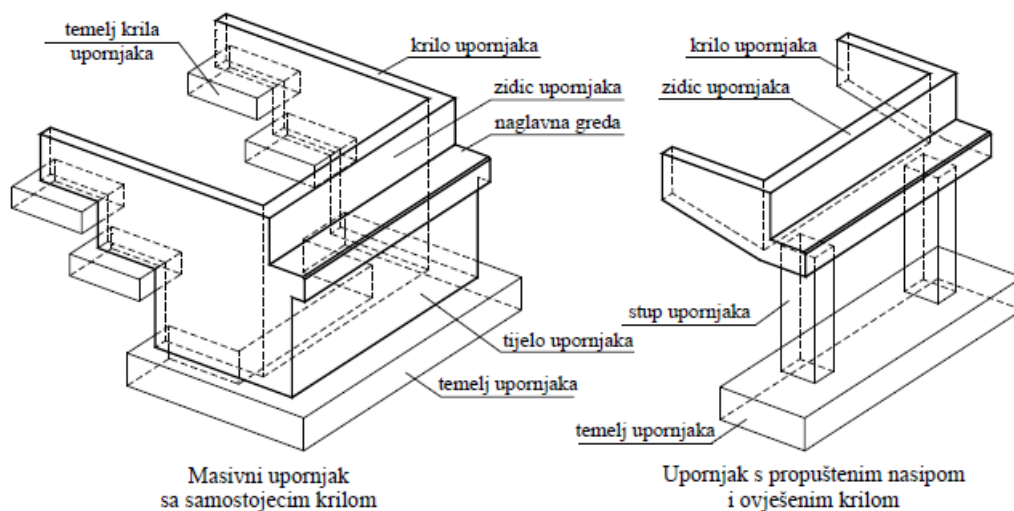
Svaki most osim konstruktivnih elemenata sadržava i one dekorativne, kao i opremu. Ukoliko je most ispravno konstruiran i projektiran, upravo je oprema taj faktor koji u konačnici utječe na njegovu trajnost i krajnju upotrebu. Oprema mosta ovisi o njegovoj namjeni, veličini, lokaciji, gradivu, klasi samog mosta te konstrukcijskim obilježjima. Određeni elementi mogu se projektirati, proizvesti te ugraditi kao dijelovi mosta ili doći kao prefabricirani elementi. Odabir ispravne opreme ima veliki utjecaj na trajnost i upotrebljivost mosta. Osim projektiranog vijeka trajanja izgrađenog mosta (koji se nalazi u granicama između 80 i 120 godina) potrebno je i definirati vijek trajanja svakog ugrađenog dijela opreme mosta [4,5].

### 3.5.1 Upornjaci

Upornjaci čine krajnje stupove mosta. Način na koji će biti konstruktivno izvedeni ovisi o veličini samog mosta, njegovom smještaju (radi li se primjerice o gradu ili otvorenoj dionici), tipu mosta te o vrsti prometa na mostu. Upornjaci su, kod velikih mostova, zahtjevne konstrukcije same po sebi, dok je za one u gradu nužno da zadovolje i estetske zahtjeve. Na slici 14 prikazan je aksonometrijski prikaz.

Osnovni dijelovi su [4]:

- Temelj,
- Trup,
- Ležajne grede,
- Ležajni kvaderi,
- Parapetni zid,
- Krila upornjaka.



Slika 14: Aksonometrijski prikaz upornjaka [4]

Kod malih mostova, upornjaci su pretežno jednostavne izvedbe te su vezani s rasponskom konstrukcijom.

Klasični ili masivni upornjaci su oni upornjaci koji se sastoje od masivnog tijela i krila te zadržavaju nasip. Krila se pretežno rade paralelno, ali se kod manjih mostova, propusta ili u specijalnim okolnostima, krila mogu postaviti okomito ili koso te mogu biti specifičnog oblika [4].

Više o upornjacima koji su predviđeni za korištenje u projektu biti će objašnjeno u poglavlju 4 - Projekt zamjene mosta Kambelovac.

### 3.5.2 Kolosijek sa zastornom prizmom

Slojevi kolovoza na mostu su drugačiji od slojeva izvan mosta. Optimalni kolovoz na mostu mora posjedovati određena svojstva koja nisu toliko važna kod otvorenih poteza. Razlike su sljedeće [4]:

- Čim je manja težina kolovoza to će i stalni teret na mostu biti manji
- Podloga na mostu je kruta, toliko da slojevi kolovoza ne moraju biti
- Slojevi kolovoza bi trebali biti čim nepropusniji, tako da pridonese zaštiti konstrukcije od propadanja
- Poželjno je da se kolovoz mosta čim manje haba i oštećuje, kako bi popravci bili tim rjeđi
- Slojeve kolovoza je potrebno projektirati na način da je ploha čim ravnija duže vremena, a ravnost joj ugrožavaju dinamičke pojave uzorkovane neravnošću plohe
- Treba prilagoditi toplinsku izolaciju, kako bi se smanjila pojava poledice

Na željezničkim mostovima se preko mosta obično provodi čitav gornji ustroj željezničkog kolosijeka, zajedno s posteljicom i poprečnim pragovima. To je najbolja solucija za kratke mostove jer se ne prekida konstrukcija kolosijeka, kao ni uvjeti vožnje. Također, održavanje je, kao na otvorenom, jednostavno [4].

Prilikom predviđanja kolosijeka preko mosta, potrebno je odrediti minimalnu debljinu posteljice te urediti plohu na koju će se postaviti. Betonsko krilo je prikladno za posteljicu iz razloga što se tučenac ne razilazi te se u njemu lako skuplja oborinska voda. Kod pruga normalnog kolosijeka potrebna minimalna debljina posteljice je 40 cm, dok će na ostalim mjestima biti nešto veća, ovisno o nagibu plohe same podloge.

Ukoliko se izvodi željeznički kolosijek bez posteljice, tada se mogu položiti pragovi izravno na betonsku podlogu. Gornji dio kolnika će tada biti jednak kao na ostalim sektorima. Ispod pragova se umeću podmetači kako bi kolosijek bio elastičniji. Na taj način se smanje visina i težina, što može biti značajno [4].

U slučaju kolosijeka bez pragova, još će biti jednostavnije položiti tračnice izravno na betonsku podlogu. Takvo rješenje bi dalo suviše tvrdi kolosijek, stoga se ispod tračnica stavljaju elastični ulošci od umjetne gume. Takve uloške je potrebno pravovremeno mijenjati, što čini jedan od nedostataka ovakvog kolosijeka. No, visina i težina je mnogo manja nego u slučaju provedene posteljice [4].





### 3.5.3 Ležajevi

Ležajevi se definiraju kao konstruktivni elementi čija je uloga prijenos opterećenja (i vertikalnih i horizontalnih sila) s rasponske konstrukcije na potpore tj. upornjake i stupove. Cilj je spriječiti odnosno omogućiti pomake i zakretanja kako bi se mogla ostvariti unaprijed predviđena raspodjela naprezanja, pomaka i deformacija. Ležajevi su, u projektiranju mosta, vezni elementi između rasponske konstrukcije i donjeg ustroja. Sile koja na njih djeluju se odvajaju pretežno na vertikalnu i horizontalnu komponentu. Oni ležajevi koji preuzimaju sile vertikalnog smjera pretežno omogućavaju zakretanje u jednom smjeru, a manjinski i u svim smjerovima. Prosječna konstrukcija kombinira prijenos vertikalne sile s prijenosom onih horizontalnih. Iako postoje i ležajevi koji mogu prenijeti samo horizontalne sile, time dopuštajući vertikalne pomake. Prvi ležajevi su bili čelični, kotrljajući i zakretni, dok danas prenose opterećenje preko većih površina. Čelični su bili u mogućnosti prenositi opterećenje linijski ili točkasto. Današnji ležajevi su omogućili prijenos opterećenja te pomaka u svim smjerovima, dok još nije sigurno kolika će im biti trajnost [5].



Osnovna podjela ležaja vrši se pomacima koje omogućuju. Teoretski, u osloncima se pojavljuje 6 relativnih pomaka (3 translacijska i 3 rotacijska) i 6 unutarnjih sila. Ležajevi koji su nepomični omogućavaju zakretanje rasponskog sklopa te prenose na potpore horizontalne sile. Primjere takvih ležajeva mogu se vidjeti u tablici 2.

Tablica 2: Tipovi standardnih klasičnih ležaja [5]

Simbol	Funkcija	Konstrukcija
	Spriječeni su translatorni pomaci Omogućeno zakretanje u svim smjerovima	Točkasti zakretni ležaj Lončasti nepomični ležaj Sferni ležaj Elastomerni ležaj s uređajem za sprječavanje pomaka
	Pomak (horizontalni) u jednom smjeru Omogućeno zakretanje u svim smjerovima	Točkasti zakretni ležaj s kliznom pločom i vodilicom Lončasti jednosmjerno pomični ležaj Jednosmjerno pomični sferni ležaj
	Pomak (horizontalni) u svim smjerovima Omogućeno zakretanje u svim smjerovima	Točkasti zakretni ležaj s omogućenim pomacima u svim smjerovima (s kliznom pločom) Lončasti pomični ležaj (klizni) Sferni ležaj s kliznom pločom
	Spriječeni su svi translatorni pomaci Omogućeno zakretanje oko jedne osi	Linijski zakretni ležaj

	<p>Pomak (horizontalni) u jednom smjeru</p> <p>Omogućeno zakretanje oko jedne osi</p>	<p>Kotrljajući ležaj</p> <p>Pendl ležaj</p>
	<p>Spriječeni su svi translacijski pomaci</p> <p>Omogućeno zakretanje u svim smjerovima</p>	<p>Ležaj za prijenos horizontalne sile (ne preuzima vertikalnu reakciju)</p>
	<p>Pomak (horizontalni) u jednom smjeru</p> <p>Omogućeno zakretanje u svim smjerovima</p>	<p>Ležaj za prijenos horizontalne sile (ne preuzima vertikalnu reakciju)</p>

Ležajevi koji su pomični omogućavaju ostvarivanje pomaka u svim smjerovima ili samo jednom, bez otpora (u teoriji). U praksi to često nije slučaj jer u ležajevima nastaju unutarnje sile koje ovise o konstrukciji ležaja. Takve sile se javljaju zbog trenja klizanja, trenja kotrljanja itd. [5].

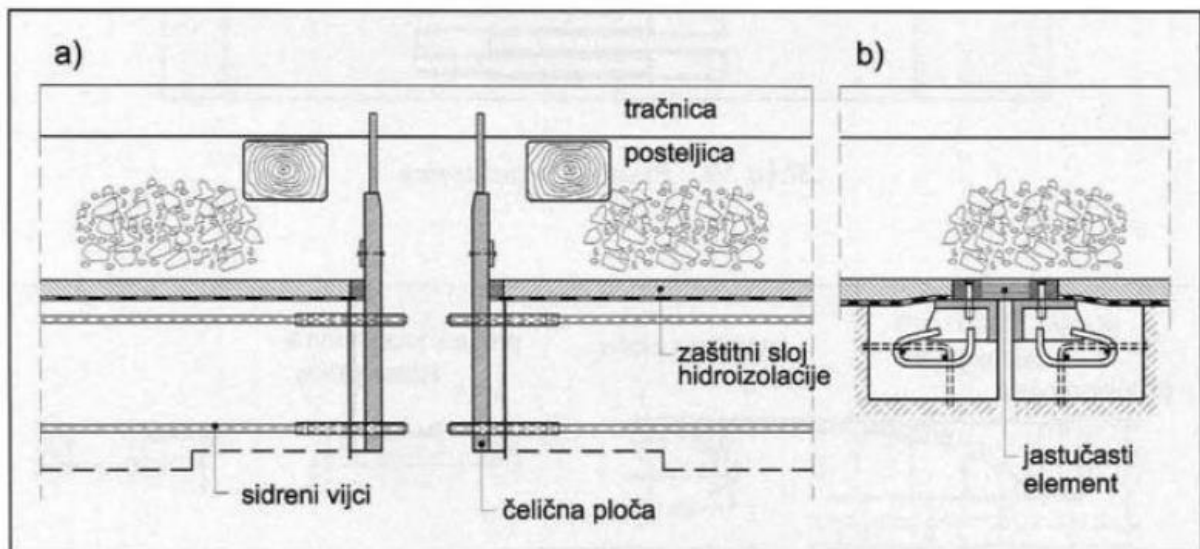
Ležajevi se u današnje vrijeme ne projektiraju često pojedinačno. Nabavljaju se od specijaliziranih proizvođača, uz jamstvo kakvoće, vijeka trajanja i funkcionalnosti [5].

#### 3.5.4 Prijelazne naprave

Prijelazne naprave omogućuju međusobne pomake dijelova rasponskog sklopa i to bez otpora ili sa zanemarivim otporom, ali i bez narušavanja same udobnosti prometa. Pomaci rasponskog sklopa uzrokuje promjene veličine raspora između upornjaka i rasponskog sklopa. Prolaz vozila preko prijelazne naprave mora biti tih i miran te se teži ka odabiru naprave koja je vodonepropusna tj. ne propušta vodu prema donjem ustroju.

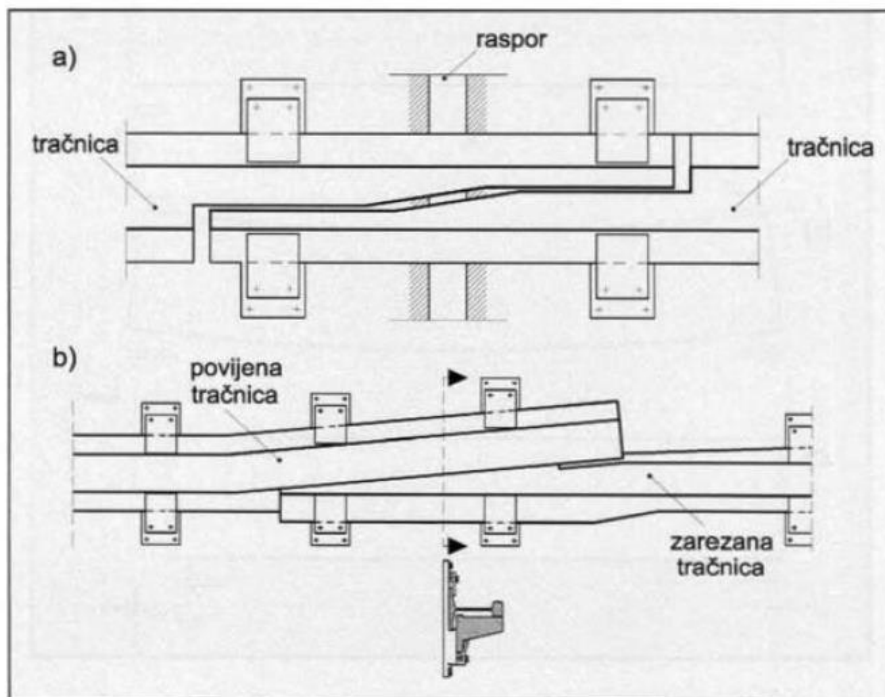
Potrebno je izbjeći sve nagibe koji prelaze 3% te okomite stepenice između elemenata, više od 8 mm. Isto tako, trebaju biti zaobljeni oni čelični rubovi preko kojih prolazi promet s minimalnim polumjerom od 3 mm. S obzirom na dilatacije teži se ka tome da se ugrađuje čim manje prijelaznih naprava, prilikom projektiranja mosta [5].

Prilikom projektiranja željezničkih mostova potrebno je razmatrati i dilataciju mosta i dilataciju tračnica. Kod željezničkih mostova su često i jednostavnije naprave nego za cestovne mostove zbog kontinuiteta prometnice koji je osiguran neprekinutošću tračnica. Dva su različita načina polaganja kolosijeka na most – zatvoreni kolosijek prevodi tračnice i pragove položene u posteljicu te otvoreni kolosijek koji je vezan direktno na nosače mosta. Oba načina polaganja kolosijeka se mogu vidjeti na slici 15. Kod mostova koji imaju otvoreni kolosijek raspored među upornjakom i mostom se najčešće ne prekriva, dok kod onih mostova koji imaju zatvoreni kolosijek se često izvodi prijelaznica koja štiti zastor od samog osipanja, gdje raspored ostaje otvoren. Po pitanju održavanja, bolji odabir je rješenje koje ima zatvoreni raspored jer preko njega kontinuirano prelazi posteljica te stroj ne mora prekidati rad [5].



Slika 15: Desno: zatvorena prijelaznica s elastomernim jastukom; lijevo: otvorena prijelaznica mosta s kolosiječnim zastorom [5]

Današnje željezničke uprave preferiraju izvedbu dugog tračničkog traka koji je zavaren i to bez prijelaznih naprava. Iz tog razloga mnogobrojni moderniji mostovi nemaju prijelaznice [5]. Prema Eurokodu 1, dana su pravila koja je najveća moguća duljina neprekinutih tračnica. Udaljenost od središta temperaturnih pomaka do kraja sklopa ne bi smjela prijeći 60 m kod čeličnih konstrukcija tj. 90 m kod spregnutih ili betonskih mostova. Ukoliko su prijedene navedene vrijednosti tada se koriste prijelazne naprave. Na slici 16 nalaze se prijelazne naprave koji se koriste kod tračnica željezničkih mostova [5].



Slika 16: Prijelaznice za tračnice željezničkih mostova [5]

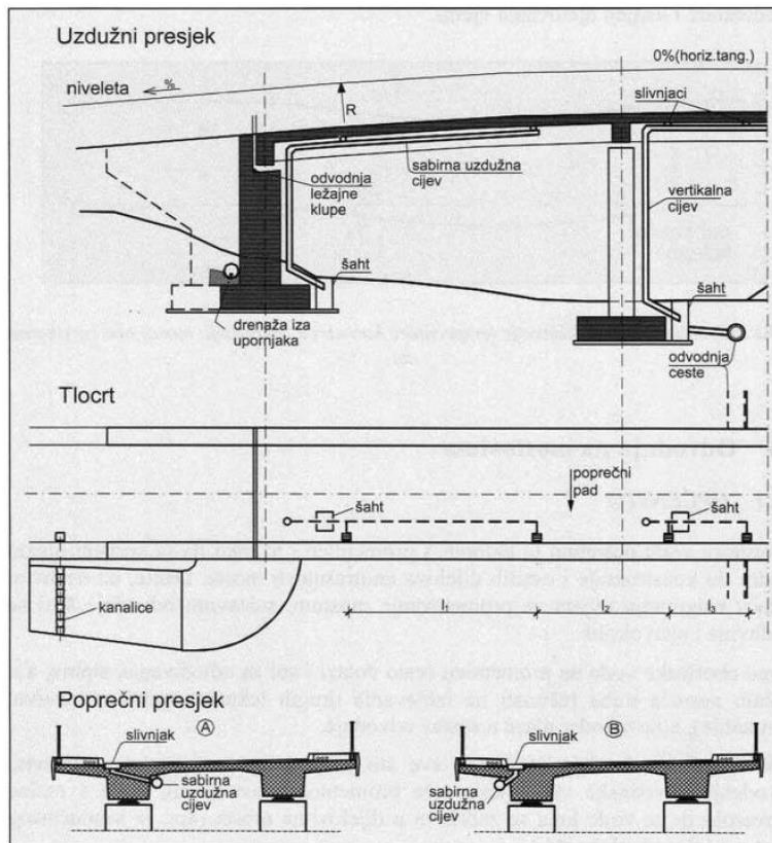
### 3.5.5 Odvodnja

Cilj odvodnje željezničkih mostova je ukloniti oborinsku vodu s prometnice, na način da se spriječi prodor vode do same konstrukcije i svih ostalih dijelova unutrašnjosti tog mosta. Osim što se time osiguravaju uvjeti za prometovanje mosta, dobrim sustavom odvodnje štite se kako građevina tako i njen okoliš. Već kod samog koncipiranja i projektiranja mosta treba voditi računa da se poprečni i uzdužni raspored prilagode uvjetima održavanja pruge. Pri bilo kakvim nedoumicama prilikom organizacije održavanja, uvijek se bolje prikloniti jednostavnijim rješenjima odnosno sustavima – njih je lakše očistiti, popraviti te u konačnici i pregledati.

Cjelovit sustav odvodnje sastoji se od [5]:

- Odvodnje s prometnih površina,
- Odvodnje s razine hidroizolacije i odvodnje procjednih voda,
- Odvodnje šupljina u sklopu,
- Odvodnje nasipa iza upornjaka,
- Priključka na kanalizaciju (zatvorena odvodnja),

dok se elementi sustava odvodnje mogu vidjeti na slici 17.



Slika 17: Elementi sustava odvodnje [5]

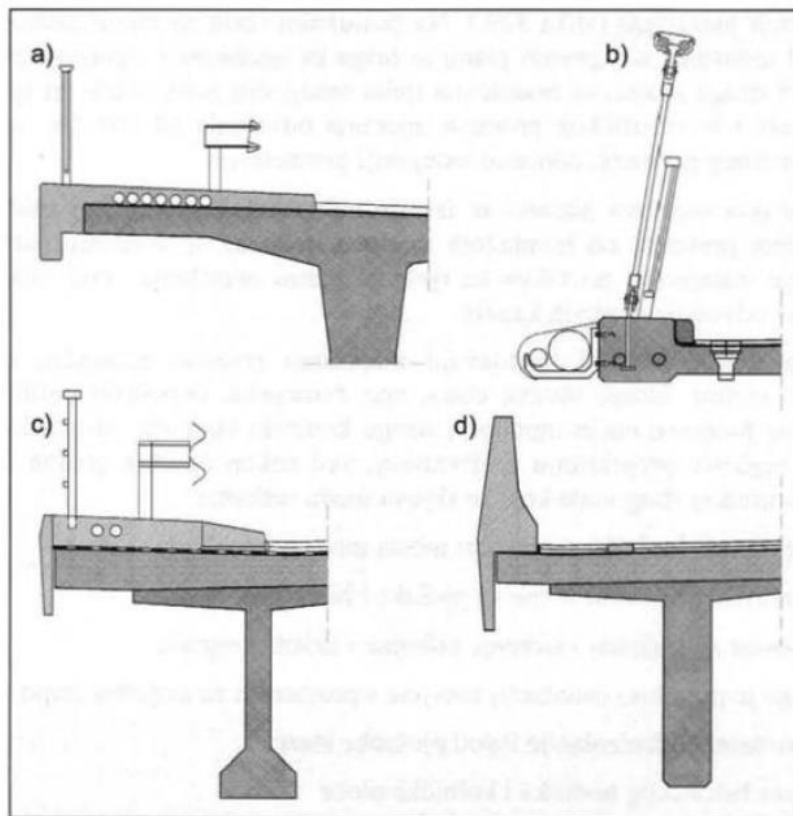
Pravila i uvjeti prilikom postavljanja sustava za odvodnju su veoma strogi te mogu predstavljati veliki problem prilikom koncipiranja same konstrukcije iz razloga što najveći broj oštećenja na mostovima uzrokuje upravo prodor vode u konstrukciju. Osnovni uvjeti koje sustav odvodnje mora zadovoljavati su u tablici 3 [5].

Tablica 3: Osnovni uvjeti koje sustav odvodnje mora zadovoljiti [5]

<b>Element</b>	<b>Uvjeti</b>
Slivnjaci	Broj i raspored najbolje odrediti hidrauličkim proračunom
Cijevi	Ne smiju se ubetonirati (vođenje u nišama ili van presjeka) Hidrauličko oblikovanje (također i spojevi i nastavci) Na mjestima dilatacije sklopa – elastični spojni komad cijevi
Upornjak	Urediti odvodnju ležajne klupe, čak i ispod vodonepropusnih prijelaznih naprava Odvodnju izvesti sa strane, nikako iza zida ili na zid
Sandučasti sklop	Odvodnja unutrašnjosti cijevima $\varnothing$ 100 mm u svim najnižim točkama
Nasip	Izvesti procjedni sloj iza zida upornjaka Prema potrebi izvesti drenažu nasipa iza upornjaka
Svi elementi	Izbjeći prostor glavne armature i kabela Osigurati dostupnost i mogućnost zamjene

### 3.5.6 Pješačke staze

Pješačke staze, odnosno pločnici, su dijelovi prometne plohe koji služe prometovanju pješaka i/ili biciklista. Često su izdignuti na samim vanjskim dijelovima konstrukcije, tamo gdje rubnjak s jedne strane omeđuje kolnik, a s druge strane tog pločnika vijenac formira kraj poprečnog presjeka. To su složeni dijelovi građevine iz sljedećih razloga: pod pločnik spadaju i rubnjak i vijenac mosta, na sam hodnik se pričvršćuju ograde (odbojna, zaštitna ili pješačka), unutar pločnika mogu se provesti instalacije, ispod pločnika može se urediti završetak hidroizolacije od kolničke ploče, uz sam hodnik se uređuju detalji odvodnje poput slivnjaka i kanala za tečenje. Primjeri pločnika, rubnog elementa i revizijske staze mosta vide se na slici 18 [5].



Slika 18: Primjeri pločnika, rubnog elementa i revizijske staze mosta [5]



### 3.5.7 Ograde

Uloga ograde je zaštititi korisnike mosta od pada s građevine, ali također štiti i prolaznike od utjecaja prometa. Ima i estetsku ulogu te uvelike određuje izgled mosta. Prednost se daje onim rješenjima ograde koja prijelaz na most s otvorene ceste čini čim manje upadljivim, a poželjno da ga vozač niti ne primijeti [5].

Ograde na željezničkim prugama su raznovrsne i mogu se razvrstati prema [3]:

- Namjeni
- Obliku
- Položaju
- Gradivu.

Kada se govori o namjeni, ograde na postajama i kolodvorima se redovito postavljaju radi zaštite od pogibelji tj. Nepoželjnih prilaza ka željezničkim postrojenjima te radi sprječavanja prelazaka preko kolosijeka. Kod otvorenih pruga ograda se postavlja na ugroženim mjestima, poput mjesta potencijalnih kamenih odrona, na mjestima prelaska pješaka preko pruge na pješačkim prijelazima, kod prijelaza za domaće te divlje životinje itd.

Po obliku su ograde kroz povijest često bile umjetnička djela, stoga su nerijetko spomenici kulture. Jedan takav primjer je kod Branimirove ulice u Zagrebu. Oblik ovisi i o primijenjenoj vrsti građiva. Zidne ograde su od opeke, kamena i betona te mogu biti s otvorima, punostijene ili kombinirane npr. zidne u podnožju, a u nadogradnji čelične. Rešetkaste ograde čine raznovrsni vezovi uspravnih, vodoravnih i kosih drvenih letava ili čak čeličnih šipki koje su na većem ili manjem razmaku. Mrežne ograde su često od čelične užadi, čelične pletene žice, sintetičkih ili varenih čeličnih mreža. Sve vrste prozirnih ograda se u pogledu stabilnosti ukrućuju na određenim razmacima bilo vodoravnim ili uspravnim ukrućenjima (prečkama i stupovima, dok se odronske ograde ukrućuju kosim sidrima [3].

Prema položaju se ograde najčešće postavljaju blizu kolosijeka. Zbog pružnog održavanja i komunikacije, moraju biti izvan slobodnog profila i svih drugih potrebnih gabarita za pružno održavanje (na potpornim zidovima, prilazima, mostovima itd.).

Prema namjeni mogu se razlikovati: pješačka ograda, odbojna ograda, ograda protiv buke, ograda za službu održavanja, ograda protiv vjetera, ograda protiv zasljepljivanja [3].

Češće se ugrađuju tipske odnosno tipizirano sklopive ograde jer se mogu projektirati bez statičkog proračuna, dok je nestandardne potrebno statički dokazati. Potrebna je veća širina mosta kako bi se kvalitetno ugradila ograda, a na takvim detaljima se često štedi. Duljina ograda je često duga koliko i duljina mosta skupa s krilima, ali prema potrebi može biti i duža. Ograda na objektu se treba visinski i tlocrtno uskladiti s ogradom na cesti, a na mjestu gdje se izvodi dilatacija građevine potrebno je izvesti i dilataciju ograde.

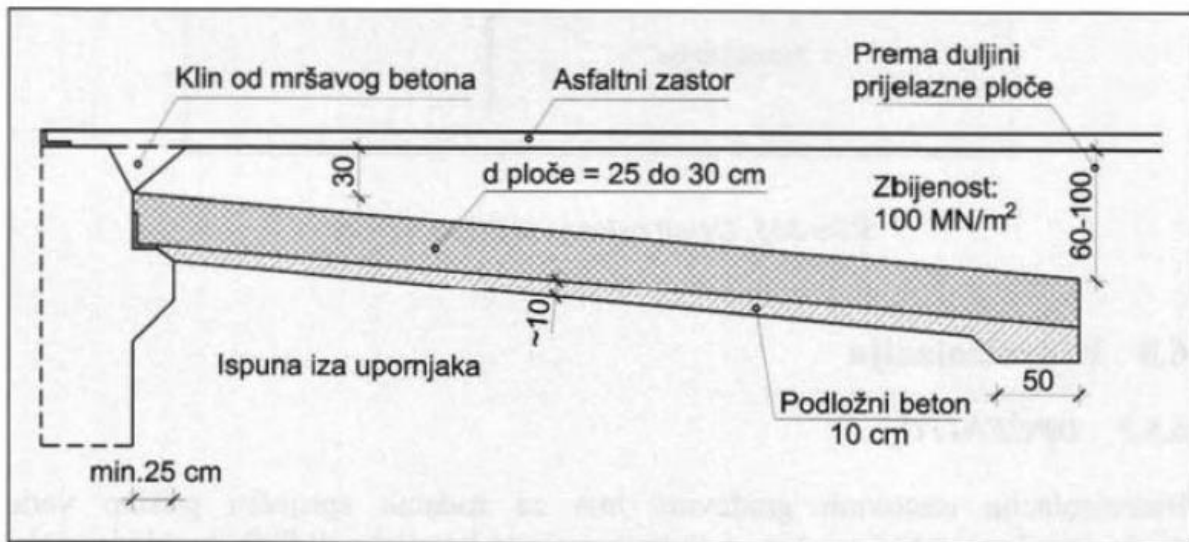
Prilikom statičkog proračuna uzimaju se u obzir sva stvarna opterećenja koja mogu djelovati na ogradu. Punostijene zidne ograde se računaju na opterećenje tla te na vjetar –  $0,75 \text{ kN/m}^2$ . Kod mostova i potpornih zidova, na prozračnim ogradama, računa se na uspravno ili vodoravno opterećenje od  $0,8 \text{ kN/m}^2$ , u visini rukohvata [3,5].

### 3.5.8 Nasip uz most i prijelazne ploče

Prometnica se vodi po nasipu do one točke u kojoj okolnosti zahtijevaju prelazak na most, a on se uređuje oblikovanjem upornjaka te kraja nasipa uz upornjak. Upravo taj prelazak ceste s nasipa na most može biti problematičan tj. može nastati uleknuće zbog promjene načina na koji se prenosi opterećenja na tlo te zbog promjene krutosti podloge. Takav prijelaz se može urediti prijelaznim pločama, propisivanjem tehnologije kojom se izvode nasip i most, dobrim izborom građiva nasipa. Ovaj dio posla konstruktor mosta mora riješiti u suradnji s geomehaničarom. Osim zbijenosti i sastava nasipa, na vrstu i kakvoću rješenja utječe i oblikovanje nasipa u okolini upornjaka te ozelenjivanje raslinjem. Prilikom oblikovanja pokos važno je ustvrditi najstrmiji dopustivi nagib ploha, često se u projektima odabire 1:1,5, ali takav materijal često nije dostatan. Ukoliko nije moguće plohe oblikovati dopustivim nagibom, potrebno je pribjeći oblaganju ili čak izvesti potporne zidove. Odabir tipa upornjaka, način temeljenja te odabir krila upornjaka može također bitno utjecati na rješenje nasipa [5].

Prelazak s nasipa, koji čini deformabilno tijelo, na most, koji čini nedeformabilni sklop, se može urediti prijelaznom pločom kako bi se osigurala sigurnost u prometu te spriječila sva dodatna dinamička djelovanja na sklop. Na mjestu gdje se očekuju najveća diferencijalna slijeganja, prijelazna ploča se ukopa u nasip te joj je uloga da se ublaži nagla denivelacija kolnika. Nije nužno izvesti prijelazne ploče na onim građevinama gdje je cesta niže kategorije s nasipom koji je niži od 6m ili na građevinama koje imaju nadsloj (kod njih iznad rasponskog sklopa postoji

nasip određene debljine). Potrebno je poštovati preporuku prema kojoj se nagib prilaza mostu ne smije promijeniti za više 0,35% kod autocesta te 0,5% kod svih ostalih prometnica. Duljina ploče se određuje proračunom slijeganja odnosno usvaja se iskustveno, a u Europi su uvriježene duljine od 4 do 12 m. Preporučena debljina ploče je između 25 i 30 cm. Nagib prijelazne ploče bi trebao biti 10% veći od nagiba nivelete. Na slici 19 se može vidjeti primjer prijelazne ploče iza zida upornjaka [5].



Slika 19: Primjer prijelazne ploče iza zida upornjaka [5]

### 3.5.9 Hidroizolacija

Kod cestovnih građevina, hidroizolacija ima zadatak spriječiti pristup vode određenim dijelovima konstrukcije. Kada se radi o mostovima, najbitnija je horizontalna hidroizolacija kolničke ploče. Svi sustavi hidroizolacije sastoje se od osnovnog premaza koji ima ulogu podloge, izolacijskog sloja te zaštitnog sloja.

Najprije se ugrađuje hidroizolacija ispod hodnika i uz prostor za odvodnju te potom beton pješačke staze. Tada na red dolazi hidroizolacija kolničke ploče. Cilj je što manje ju izlagati prijelazu vozila i drugim mogućim oštećenjima. Ukoliko je potrebno, izvodi se posebni prijeklop na spoju između izolacije pješačke staze i kolnika, dodatno se uređuje hidroizolacija oko slivnjaka. Prije ugradnje hidroizolacije je potrebno dobro očistiti podlogu od većih komada i ostataka, od slabije vezanih zrna agregata te mrlja od ulja. Površina betona treba biti u

potpunosti suha ukoliko se ugrađuje hidroizolacija koja se lijepi s pločom kolnika, dok za plivajuću nije potrebno [5].

Osnovni premaz može biti: bitumenski premaz, premaz reakcijskim smolama s kamenim posipom, drugi atestirani premazi. Tehnološke uvjete nanošenja premaza, poput granice temperature i vlažnosti, definira proizvođač. Kod jače opterećenih kolnika se ne preporuča bitumenski premaz, dok se kao najbolje rješenje često navodi reakcijska smola s kamenim posipom. Središnji elementi sustava mogu biti: bitumenske trake za varenje, bitumenski mastiks, bitumenske trake za lijepljenje, polimerom modificirani bitumen, polimerne folije ili tekući polimeri za špricanje [5].

### **3.6 Provizoriji**

Provizoriji, odnosno privremeni čelični mostovi, su rasponski sklopovi i oslonci čija je uloga privremeno premošćenje u posebnim slučajevima. Primjeri takvih su oštećenje ili rušenje pružnih građevina pri [3]:

- 1) izvanrednim željezničkim događajima poput prevrtanja, sudara i iskliznuća,
- 2) djelovanju prirodnih nepogoda poput bujica, klizanja, poplava i potresa
- 3) ratnim uvjetima
- 4) uvjetima gradnje, adaptacije i sanacije pružnih građevina
- 5) prolasku vodova ispod pruge.

S obzirom na broj ugradnji, privremeni čelični mostovi su najčešće primjenjivani željeznički mostovi. To proizlazi iz činjenice da željeznički promet ne trpi dulje prekide prometa, a ispružena željeznička trasa ne dopušta oštra izmicanja, pa je za mnogobrojne radove koji se izvode ispod pruge najučinkovitija ugradnja provizorija na postojećoj trasi [3].

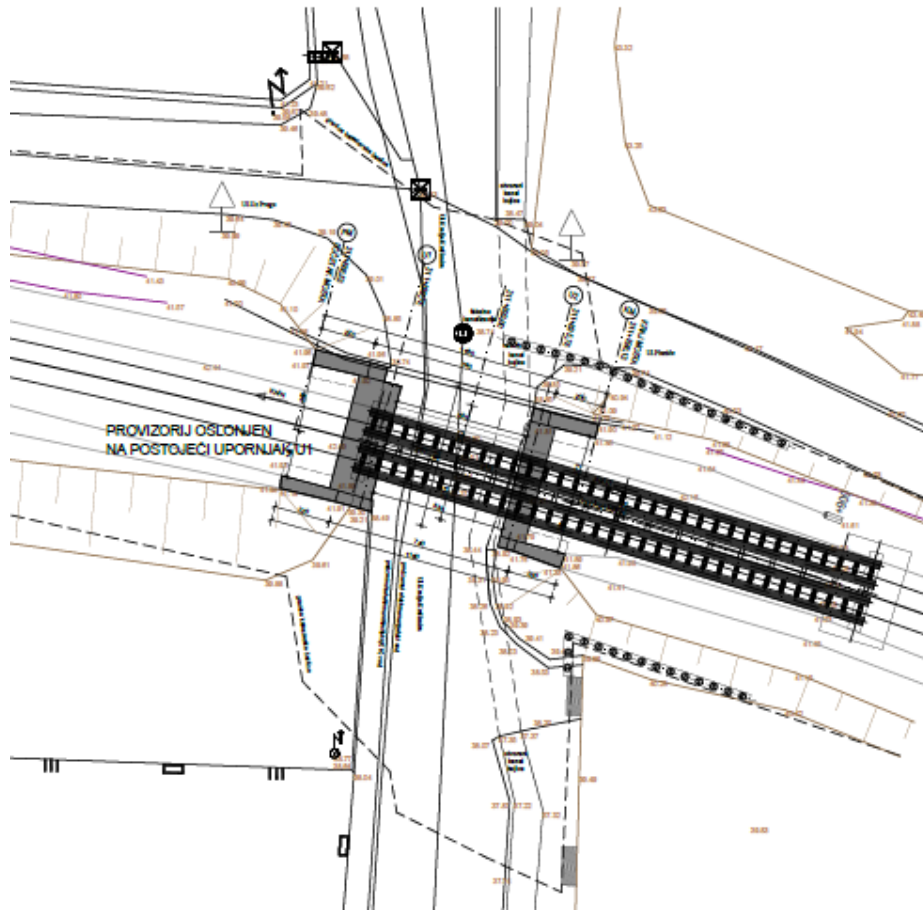
Provizoriji se mogu graditi od različitih materijala, poput čelika, betona, drva i armiranog betona. Danas se redovito grade od čeličnih rasponskih sklopova te oslonaca od betona, drveta, armiranog betona i čelika. Uporaba privremenih mostova je kratkotrajna (najčešće tjedan, mjesec ili koja godina), stoga se za njih ne primjenjuju isti zakoni kao za trajne mostove. Po njima se vozi usporenom vožnjom od 20 do 60 km/h te su pod stalnim stručnim i čuvarskim nadzorom. Proračun se provodi na stvarno opterećenje teretnih vlakova tj. lokomotiva + n vagona i to prema kategoriji pruge po nosivosti. Danas je to najčešće 20 t osovinskog opterećenja i 8 t/m jednolično raspoređeno. Kao i za stalne mostove, uzimaju se za proračun

stalna, privremena i izvanredna opterećenja. Faktori sigurnosti za sve vidove stabilnosti, poput odizanja, klizanja pokosa i prevrtanja, ne bi smio biti manji od 1,3.

Podjela privremenih rasponskih sklopova po rasponu je sljedeća [3]:

- 1) mali – rade se do raspona 5,0 m i to za manje prokope ispod kolosijeka, manje popravke na mostovima itd. Nekoć ću se radili od složenih tračničkih paketa, neparnog broja u visećoj i poduprtoj izvedbi te do raspona od 5,0 m. Potom se prešlo na prikladnije i sigurnije sklopove
- 2) srednji – najčešće primjenjivani rasponski sklopovi s rasponom od 5,0 do 20,0 m.
- 3) veliki – rasponski sklopovi preko 20 m se redovito rade od punostijenih rešetkastih ili limenih čeličnih glavnih nosača. To su rasponski sklopovi gotovo jednaki stalnim čeličnim mostovima.

Oslonci za privremene mostove su najčešće plošni, napravljeni najčešće od betonskih ploča položenih na podlogu ili od složenih drvenih pragova. Drveni oslonci su normalnih pružnih pragova (16x26x260 cm – najmanje u dva reda), imaju neravnomjernija i veća slijeganja stoga se primjenjuju za vozne brzine do 20 km/h. Za veće brzine (50-80 km/h) i veće raspone primjenjuju se betonski oslonci. Osim navedenih oslonaca, mogu se primijeniti i druge vrste plošnih oslonaca od čeličnih ploča i armiranog betona, u posebnim slučajevima. U slučaju obnove porušenih i oštećenih mostova, privremeni rasponski sklop može biti oslonjen na privremene stupove. Takvi se stupovi rade od čeličnih ili drvenih jarmova te vitlova od kolosiječnih pragova [3]. Primjer provizornog mosta kakav će se koristiti u projektu zamjene mosta Kambelovac se može vidjeti u situaciji na slici 20.



*Slika 20: Situacija provizornog mosta [6]*

## 4 PROJEKT ZAMJENE MOSTA KAMBELOVAC

Željeznički most Kambelovac je izrađen od betona, čeličnih valjanih profila i kamena, svijetlog otvora  $Lo=5.3$  m i ukupne dužine 11.6 m. Na njemu je niveleta u uzdužnom padu koji iznosi 10.87‰ i nalazi se u horizontalnoj krivini radijusa  $R=300$  m. Početak postojećeg mosta je u stacionaži km 311+886,53 dok je kraj mosta u stacionaži km 311+898,13 pruge M604. Pristup samom mostu osim prugom M604 omogućen je sa sjevera Ulicom kralja Krešimira (k.č. 1749/3, k.o. Kaštel Kambelovac); s juga također Ulicom kralja Krešimira (k.č. 1749/2, k.o. Kaštel Kambelovac); sa zapada Ulicom uz prugu (k.č. 1762/3, k.o. Kaštel Kambelovac); s istoka Ulicom Planiče (k.č. 1761/4, k.o. Kaštel Kambelovac) [6]. Položaj mosta je vidljiv na slici 21.



Slika 21: Položaj mosta Kambelovac [6]

Na mostu se nalazi jednokolosiječna pruga, s kolosiječnom rešetkom sastavljenom od betonskih pragova i tračnica UIC 60 s pričvrstnim priborom SKL1. Budući da je pruga u horizontalnoj krivini radijusa  $R=300$  m, lijeva tračnica je viša od desne za  $h=150$  mm na mostu. Također svaki treći prag na lokaciji mosta je opremljen spravom protiv poprečnog pomicanja. Os pruge na početku postojećeg mosta je udaljena 1.88 m od desnog i 2.67 m od lijevog parapeta. Os

pruge u sredini postojećeg mosta je udaljena 2.14 m od desnog i 2.53 m od lijevog parapeta. Os pruge na kraju postojećeg mosta je udaljena 2.00 m od desnog i 2.73 m od lijevog parapeta. Parapetni zidići su široki 70 cm, a ukupna korisna širina između parapeta mosta je 4.25 m, što je manje od propisanih 4.40 m. Na mostu se na oba parapeta nalaze čelične ograde od cijevnih profila visine 1.10 m [6].

Željeznički most Kambelovac je most s rasponskim sklopom s ubetoniranim čeličnim valjanim profilima. Po statičkom sustavu most je prosta greda, svijetlog otvora  $L_o=5.3$  m i raspona  $L_r=6.0$  m. Širina nosivog dijela rasponskog sklopa je 4.25 m. U rasponski sklop je ugrađeno 8 čeličnih valjanih I profila visine 0.35 m, oko i iznad kojih je beton rasponskog sklopa. Najmanja debljina pružnog nasipa ispod nižeg ruba praga nad rasponskim sklopom mosta 0.28 m, što je manje od propisanih 0.40 m. Konstruktivna visina mosta (visina od dna sklopa do gornjeg ruba niže tračnice) varira od 1.43 m do 1.54 m. Rasponski sklop mosta je oslonjen na betonske upornjake obložene klesanim kamenom. Upornjaci su plitko temeljeni i imaju krila paralelna s osi željezničke pruge. Upornjak U2 u stacionaži 311+895,78 na splitskoj strani je ostao u izvornom obliku od prvotne gradnje mosta 1877. g., osim ležajne klupe koja je izbetonirana za prihvat čeličnih valjanih profila koji su ugrađeni prilikom rekonstrukciji mosta 1945. g. Debljina zida tog upornjaka je 1.0 m, a slobodna visina zida upornjaka (visina od dna rasponskog sklopa do vrha asfalta ceste) varira od 2.28 m i 2.42 m. Duljina krila na tom upornjaku je 2.00 m. Upornjak U1 u stacionaži 311+886,53 na kninskoj strani je nadograđen u odnosu na izvorni oblik od prvotne gradnje mosta 1877. g. Naime, dograđen je novi betonski zid upornjaka debljine 0.7 m i širine 4.55 m ispred postojećeg zida upornjaka za prihvat čeličnih valjanih profila koji su ugrađeni prilikom rekonstrukcije mosta 1945. g. Debljina izvornog zida tog upornjaka je 1.0 m, a slobodna visina zida upornjaka (visina od dna rasponskog sklopa do vrha asfalta ceste) varira od 2.18 m i 2.36 m. Duljina krila na tom upornjaku je 2.20 m. Čunjevi pružnog nasipa uz most su obloženi kamenom oblogom, a s desne strane mosta pružni nasip je na donjem dijelu pridržan betonskim potpornim zidom visine 0.6 m na kninskoj strani, te kamenim zaobljenim potpornim zidom visine cca 0.6 m na splitskoj strani [6].

Most je izvorno građen 1877. g. u betonskoj izvedbi donjeg ustroja i oblagan je klesanim kamenom. Prilikom rekonstrukcije mosta 1945. izvorni rasponski sklop je zamijenjen rasponskim sklopom s ubetoniranim čeličnim valjanim profilima, te je dograđen betonski zid upornjaka na kninskoj strani i time je prvotni svijetli otvor mosta od  $L_o=6.0$  m smanjen za 0.7 m na  $L_o=5.3$  m. Most je trenutno u iznimno lošem stanju. Rasponski sklop mosta izrađen je iz valjanih čeličnih „I“ profila i betona. Zbog nepouzdanje veze između čeličnih nosača i betona teško se može svrstati u spregnute konstrukcije. Loša veza može se pretpostaviti temeljem



zapaženog procjeđivanja vode između betona i čeličnih profila. Donji pojasevi čeličnih profila su korodirali i presjek im je oslabljen. Sanacijski radovi su neisplativi posebno iz razloga što bi ih trebalo izvoditi pod funkcioniranjem željezničkog prometa, a pod takvim uvjetima kvaliteta sanacije teško da može biti zadovoljavajuća posebno u pogledu trajnosti [6].

Kroz otvor mosta uz upornjak na splitskoj strani, ispod asfalta prolazi natkriveni kanal oborinske bujične odvodnje. Kroz sredinu otvora mosta prolazi zakopana u trupu ceste kanalizacijska cijev  $\phi$  250 mm. Na udaljenosti veličine trećine otvora mosta od upornjaka na kninskoj strani u trupu ceste položeni su na dubini cca 0,8 m podzemni elektroenergetski vod i telekomunikacijski (EK) vod [6].

Mostovi koji imaju rasponske konstrukcije armirane krutom armaturom potrebno je zamijeniti novim armiranobetonskim mostovima za koje je preporuka da budu istog tipa radi ubrzanja procesa izgradnje, smanjenja troškova izgradnje te troškova održavanja. Radove poput uklanjanja postojećih mostova te izgradnje novih potrebno je planirati na način da smanji na minimum laganu vožnju i zatvore pruge. Projektna dokumentacije je izrađena u skladu sa Zakonom o gradnji, Zakonom o prostornom uređenju, Zakonom o arhitektonskim i inženjerskim poslovima i djelatnostima u prostornom uređenju i gradnji. Potrebno je ishoditi sve potrebne suglasnosti i dozvole [6].

#### **4.1 Provizorni most u projektu**

Privremeni provizorni most izgrađen je od čelika S355 J2+N. Na njemu je niveleta pruge u padu koji iznosi 10,87 promila i nalazi se u horizontalnoj krivini radijusa  $R=300$  m. Budući da je pruga u navedenom radijusu, lijeva tračnica je viša od desne za  $h=150$  mm na mostu. Privremeni provizorni most ukupne je duljine  $L=21$  m s djelomično upuštenim tračnicama (GRT je 5,6 cm viši od gornjeg ruba pojasnice glavnog nosača u polju, a 10,6 cm viši na upornjaku) je u uzdužnom smjeru slobodno poduprta greda sastavljena od 4 glavna uzdužna nosača HEM 1000, ojačanih lamelama  $300 \times 50$  mm na gornjem i lamelama  $300 \times 30$  mm donjem pojasu na središnjih 14,7 m nosača. Prvotno je bila planirana ugradnja provizornog mosta od 25 m, ali s obzirom na nemogućnost primjene takvog provizornog mosta na radijuse manje od 400 m, odluka je ipak pala na most od 21 m [7].

Dva glavna uzdužna nosača razmaknuti su na širinu od 801 mm te su povezani u čvrstu cjelinu sa zavarenim poprečnim nosačima. Poprečni nosači su na uzdužnom razmaku od 612,5 mm i imaju na gornjem pojasu odgovarajuće šliceve za pričvršćenje podložne tračničke pločice, a zajedno sa zavarenim ukrućenjima čine polu-okvire za stabilizaciju paketa. Središnji glavni uzdužni nosači su međusobno razmaknuti 715 mm. Oba paketa su povezana na svakom drugom poprečnom nosaču (1225 mm) u cjelinu i stabilizirana dijagonalama L 150/75/11 mm [7].

Na upornjaku U1 ispod središnjeg desnog glavnog uzdužnog nosača se nalazi uzdužno pomični, a poprečno nepomični usidreni elastomerni ležaj, dok ispod ostala tri glavna uzdužna nosača se nalaze tri svestrano pomična usidrena elastomerna ležaja. Na upornjaku U2 ispod središnjeg desnog glavnog uzdužnog nosača se nalazi uzdužno i poprečno nepomični usidreni elastomerni ležaj, dok ispod ostala tri glavna uzdužna nosača se nalaze tri svestrano pomična usidrena elastomerna ležaja [7].

Privremeni most se oslanja na privremene upornjake izvedene od betona C30/37 koji se gotovi dopremaju na gradilište i montiraju se na pripremljenu šljunčanu podlogu. Privremeni upornjaci se sastoje od temeljne ploče dimenzija  $d/\text{š}/v=300/400/50$  cm. Ispod ležaja se izvode ležajni kvadri koji moraju osigurati nadvišeni položaj vanjske tračnice privremenog mosta, budući da se most nalazi u horizontalnoj krivini [7].

## **4.2 Tri tehnologije ugradnje rasponske konstrukcije**

Postoje tri načina ugradnje rasponske konstrukcije:

- a) In-situ metoda
- b) Metoda naguravanja
- c) Montaža dizalicom.

Kroz sljedeće podpodpoglavlje će biti riječ o načinu na koji je došlo do odabira upravo te tehnologije ugradnje rasponske konstrukcije.

#### 4.2.1 Odabir tehnologije ugradnje rasponske konstrukcije mosta

S obzirom na unaprijed zadane kriterije, u tablici 4 dane su ocjene za tri tehnologije ugradnje rasponske konstrukcije mosta. Ocjene imaju sljedeće značenje:

0 – nemogućnost izvedbe

1 – najnepovoljnija varijanta (loš omjer cijene i troška izvedbe)

2 – povoljna varijanta (dobar omjer cijene i troška izvedbe)

3 – najpovoljnija varijanta (najbolji omjer cijene i troška izvedbe)

*Tablica 4: Rangiranje i ocjenjivanje tehnologija ugradnje*

<b>Kriteriji</b>	<b>In-situ metoda</b>	<b>Metoda naguravanja</b>	<b>Montaža dizalicom</b>
Zemljani radovi	2	2	2
Upornjaci – AB radovi	2	2	2
Rasponska konstrukcija – AB radovi	2	1	2
Potrebna mehanizacija	3	1	2
Cijena	2	1	2
Način izvođenja – pristup mehanizacije lokalitetu	2	0	0
Dodatni provizorni most L=14,8 m	1	3	3
<b>Ukupna ocjena:</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>13</b>

S obzirom na krajnje rezultate u gorenavedenoj tablici, odabrana je in-situ metoda. Najviše utjecaja na konačnu odluku je imala činjenica da nije moguće pristupiti lokalitetu sa mehanizacijom, potrebnom za metodu naguravanja i montažu dizalicom. U sljedećim podpoglavljima će se opisati sve tri tehnologije ugradnje, s naglaskom na in-situ metodu zbog njene upotrebe u ovom projektu.

#### 4.2.2 Metoda naguravanja i montaža dizalicom

Metoda naguravanja i montaža dizalicom su po mnogim karakteristikama slične metode, stoga će biti obrađene kroz isti odjeljak.

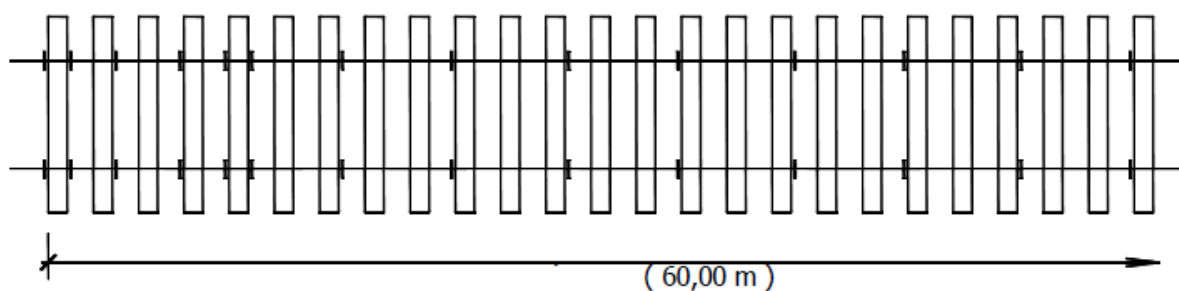
Faze ugradnje ovim metodama su sljedeće [8]:

Prvenstveno se demontira ugrađeni privremeni provizorni most. Potom se prelazi na izradu betonske ploče sa unaprijed odabrane strane samog mosta, kako bi željeznički promet i dalje mogao neprekidno teći. Montiraju se vertikale teške nosive skele te izrađuje armiranobetonska konstrukcija. Izrađuju se oslonci koji će potom biti smješteni ispod mosta. Kada cijeli pripremljeni dio završi slijede razlike u načinu montiranja ovakve vrste ploče. Metodom naguravanja se novoizrađena ploča jednostavno gurne ka mjestu gdje treba biti ugrađena, dok se u drugoj metodi ona podigne dizalicom te smjesti na prikladno mjesto ugrađivanja [8].

#### 4.2.3 In-situ metoda

Ova metoda je namijenjena za korištenje u projektu koji je tema ovog rada. Predviđa se monolitna izvedba novog mosta. Kako bi se izvedba mosta odvijala bez dugotrajnog prekida prometa predviđena je gradnja pod privremenom provizornom čeličnom rasponskom konstrukcijom koja se oslanja na privremene oslonce – upornjake [7].

Faza 1: Za vrijeme zatvora pruge (maksimalno 54 sata) se izrezuje kolosijek na duljini predmetnog zahvata i privremeno se uklanja kolosiječna rešetka s pragovima. Prije samog izrezivanja kolosijeka potrebno je u kolosijek ugraditi *Mathe* sprave protiv uzdužnog putovanja tračnice, čiji prikaz je moguće vidjeti na slici 22. Prilikom rasporeda i ugradnje sprava protiv pomicanja (putovanja) tračnica potrebno je pridržavati se važećih propisa, normi i sheme ugradnje. Sprave se ugrađuju kod potrebnog stupnja temperature, uz dozvoljenu toleranciju  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ . Potreban stupanj temperature za ovo klimatsko područje je  $t_p = +17,5^{\circ}\text{C}$ .



Slika 22: Prikaz Mathe sprave protiv uzdužnog putovanja tračnice [7]

Lokacija ugrađivanja sprava može se vidjeti u tablici 5. Potrebno je pojačati i nabiti zastor na dužini 80 m od početka ili kraja lokacija ugrađivanja sprava. *Mathe* sprave moraju biti ugrađene za čitavo vrijeme odvijanja radova odvijanja radova do konačnog varenja kolosijeka u DTT.

Tablica 5: Lokacija ugrađivanja Mathe sprava [7]

Od km	Do km	Duljina (m)	Komada	Napomena
311+809,00	311+869,00	60	88	Ispred iskopa za upornjak U1
311+913,00	311+973,00	60	88	Iza iskopa za upornjak U2

Nakon toga se pristupa iskopu i uklanjanju tucaničke zastorne prizme i pružnog nasipa do dubine od cca 1.65 m ispod GRT-a, tj. do razine dna temelja privremenih upornjaka. Iskop i uklanjanje tucaničke zastorne prizme i pružnog nasipa do dubine od cca 2,0 m ispod GRT-a, tj. do razine pripreme tla za temelj privremenog upornjaka na splitskoj strani. Zatim se uklanja rasponski sklop postojećeg mosta. Potom se vrši doprema i postavljanje privremenog provizornog mosta u 1. položaj (preko drvenih greda provizorij je oslonjen na ležajnu gredu upornjaka U1, a na kninskoj strani na montažni temelj). Ispitivanje provizorija L=21 m probnim opterećenjem. Kolosijek na privremenom mostu se povezuje vezicama na kolosijek pruge ispred i iza i pruga se pušta u promet uz napomenu lagane vožnje preko privremenog mosta s ograničenjem brzine na 20 km/h i zabranom kočenja na mostu [7].

Nakon puštanja u promet privremenim mostom, slijede sljedeće faze:

Faza 2: Otkapanje ispune oko postojećeg upornjaka U2 na splitskoj strani i rušenju postojećeg upornjaka U2 pod privremenim provizornim mostom - redom rušenju krila, zidova i temelja upornjaka [7].

Faza 3: Počinje sa zatvorom pruge od 36 sati zbog premještanja privremenog provizornog mosta u 2. položaj. Za vrijeme zatvora pruge se izrezuje kolosijek na duljini predmetnog zahvata i privremeno se uklanja kolosiječna rešetka s pragovima. Iskop i uklanjanje tucaničke zastorne prizme i pružnog nasipa do dubine od cca 4,40 m ispod GRT-a, tj. do razine dna montažnih temelja provizorija upornjaka na strani iza kninskog upornjaka.

Privremeni most se premješta u 2. položaj prema splitskoj strani (na splitskoj strani provizorij je preko drvenih greda oslonjen na ležajnu gredu novog upornjaka U2, a na kninskoj strani na montažne temelje). Kolosijek na privremenom mostu se povezuje vezicama na kolosijek pruge ispred i iza i pruga se pušta u promet uz napomenu lagane vožnje preko privremenog mosta s ograničenjem brzine na 20 km/h i zabranom kočenja na mostu.

Nakon puštanja u promet privremenim mostom kreće otkapanje ispune oko postojećeg upornjaka U1 na kninskoj strani i rušenje postojećeg upornjaka U1 pod privremenim provizornim mostom - redom rušenju krila, zidova i temelja upornjaka.

Faza 4: Iskop i stabilizacija pokosa iskopa za izvedbu temelja novog upornjaka U1 na kninskoj strani. Nakon iskopa može se pristupiti monolitnoj izvedbi novog armiranobetonskog upornjaka U2 na splitskoj strani pod privremenim provizornim mostom. Nakon njegove izvedbe se vrši nasipanje i zbijanje nove ispune iza zida i krila novog upornjaka [7].

Faza 5: Za vrijeme zatvora pruge od 48 sati treba napraviti: demontažu provizorija  $L = 21$  m, dopunu i zbijanje nasipa do kote montažnih temelja novog provizorija, montažu provizorija  $L=14,8$  m te montažu kolosiječne rešetke i spajanje na postojeći kolosijek vezicama. Provodi se potom ispitivanje provizorija  $L=14,8$  m probnim opterećenjem te se pruga pušta u promet uz napomenu lagane vožnje preko privremenog mosta s ograničenjem brzine na 20 km/h i zabranom kočenja na privremenom mostu.

Nakon puštanja prometa u Fazi 5, pristupa se monolitnoj izvedbi rasponske konstrukcije uključujući hidroizolaciju rasponske konstrukcije i zaštitu hidroizolacije.

Faza 6: Zatvor pruge na 36 sati, gdje se: demontira provizorij  $L=14,8$  m, radi dopuna i zbijanje nasipa oko upornjaka, izrađuje zaštitni sloj, radi dopuna tučenca te se montira kolosiječna rešetka i spaja na postojeći kolosijek [7]. U priložima 1, 2 i 3 mogu se vidjeti uzdužni presjeci mosta kroz sve navedene faze izgradnje.

### **4.3 Dinamički plan zatvora pruge**

S obzirom na specifičnost procesa zatvora pruge u kojem se pruga na određeni broj sati zatvara za promet zbog ugradnje privremenog provizornog mosta, u prilogu x je dan dinamički plan zatvora po satima, izrađen od strane izvođača odnosno Cenoze promet d.o.o. Posebnost ovakvog dinamičkog plana naspram drugih u struci je svakako njegova podjela po satima, naspram uobičajene podjele plana na dane. Primjer takvog dinamičkog plana kod prvog zatvora pruge na mostu Kambelovac, može se vidjeti u prilogu 4.

### **4.4 Pokusno opterećenje privremenog mosta**

Pokusnom opterećenju može se pristupiti tek kad se prikupe svi dokazi o kakvoći ugrađenih materijala. Prije, za vrijeme i nakon provedbe pokusnog opterećenja obavezno se obavlja pregled konstruktivnog sklopa i veza. Po završenom pokusnom opterećenju institucija koja ga je obavila dužna je izraditi elaborat u kojem će biti svi navedeni dobiveni podaci, komentari i konačna ocjena građevine. Pokusno opterećenje provodi ustanova akreditirana za metodu ispitivanja *HRN U.MI.046:1984 - Ispitivanje mostova pokusnim opterećenjem* [9].

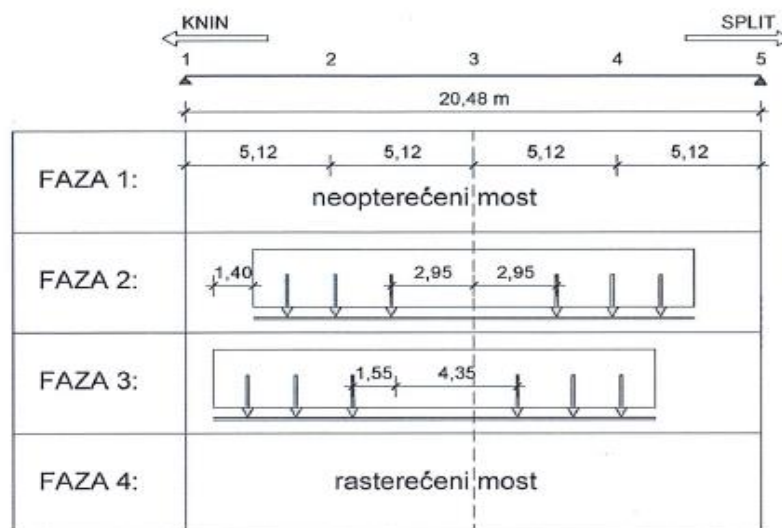
Ispitivanje nosive konstrukcije čeličnog željezničkog provizorija duljine 21,0 m, provedeno je 28. travnja 2024. godine na lokaciji izgradnje novog mosta Kambelovac u km 311+893 pruge M604 Oštarije-Gospić-Knin-Split u Kaštel Kambelovcu. Uvjeti okoliša za vrijeme provedbe ispitivanja pokusnim opterećenjem: temperatura zraka 23 C, sunčano, povjetarac brzine do 3 m/s.

Prema vrstama pokusnih opterećenja ovo ispitivanje svrstavamo u:

- Prema učestalosti ispitivanja           **redovno**
- Prema veličini tereta                   **normalno**
- Prema prirodi opterećenja           **statičko i dinamičko**
- Prema trajanju opterećenja           **kratkotrajno**

Ispitivanje se provodi s ciljem usporedbe ponašanja konstrukcije pri pokusnom opterećenju u odnosu na projektom propisno prometno opterećenje te u svrhu određivanja sposobnosti mosta za preuzimanje projektom predviđenih prometnih opterećenja [9].

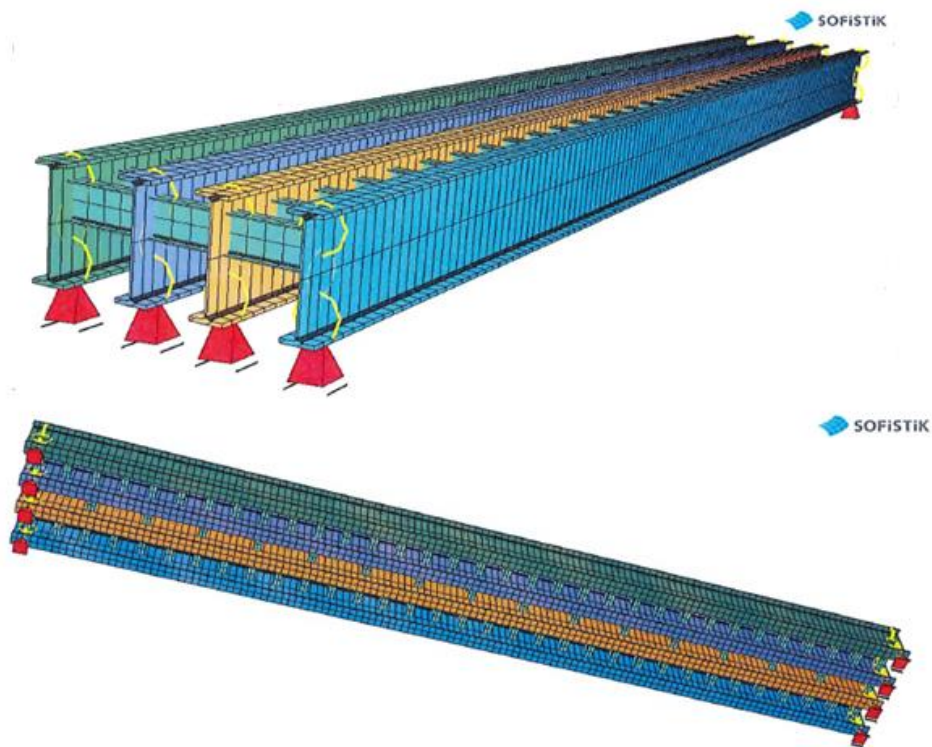
Najprije se provelo statičko ispitivanje mosta, a potom i dinamičko. Statičko ispitivanje je provedeno prema programu ispitivanja u 4 faze. U svakoj od navedenih faza se opterećenje nalazi u drugom položaju. Tijek ispitivanja po fazama prikazan je na slici 22.



Slika 23: Tijek ispitivanja po fazama s položajem opterećenja na mostu i oznakama mjernih mjesta u uzdužnom smjeru [9]

Također, na slici 23 može se vidjeti model provizornog mosta s opterećenjem pri pokusnom ispitivanju u programu SOFiSTiK.





*Slika 24: Model provizorija s opterećenjem pri pokusnom ispitivanju [9]*

Dinamičko ispitivanje mosta obavljeno je uz pobudu prijelazom lokomotive preko mosta s brzinom od cca 20 km/h, radi utvrđivanja dinamičkih svojstava konstrukcije. Mjerenje je provedeno preko vremenskih funkcija titranja [9].

## 5 ZAKLJUČAK

Željeznice danas teško konkuriraju drugim oblicima prometa zbog visokog stupnja izgrađenosti autocesta, morfologije teritorija te postojanja međunarodnih zračnih luka. Također, javni prijevoz u globalu bilježi popriličan pad u proteklim godinama zbog pojačanog korištenja osobnih automobila. Republika Hrvatska je dala Strategiju prometnog razvoja kroz koju su određene smjernice kojima bi željeznički promet trebao postati jednako konkurentan drugim vidovima prometa. Svakako je prvo potrebno unaprijediti samu željezničku infrastrukturu jer se na čak 37,5% željeznica u RH ne može postići brzina veća od 60 km/h. Osim problema niske brzine, probleme stvara i udaljenost među stajalištima te zastarjeli signalizacijski sustav i prometna kontrola. Prednosti željezničkog prometa su brojne od smanjenja buke i emisije stakleničkih plinova do racionalnije potrošnje energije te povećanja efikasnosti.

Cilj projekta zamjene mosta Kambelovac je svakako osuvremenjivanje tj. osposobljavanje postojećih mostova da mogu prihvatiti veća opterećenja i brzine. Takav projekt se uvijek smatra investicijom, a treba ponajprije razmotriti zadovoljava li građevina po sljedećim uvjetima: po nosivosti, gabaritu i starosti. Svako povećanje nosivosti pruge se provjerava računski pomoću statičkog proračuna, prema odredbama Pravilnika o opterećenju i razradbi nosivosti željezničkih mostova i ostalih pružnih građevina na temelju postojeće tehničke dokumentacije ili snimljenog stanja na terenu [3].

## LITERATURA

- [1] Stipetić, A.: Infrastruktura željezničkog prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1999.
- [2] <https://www.hzinfra.hr/naslovna/mreza-hrvatskih-pruga/> (pristup: 20.06.2024.)
- [3] Mikulić, J.; Stipetić, A.: Željezničke pružne građevine, Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb 1999.
- [4] Skripta iz kolegija Mostovi, Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu
- [5] Radić, J.; Mandić, A.; Puž, G.: Konstruiranje mostova, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2005.
- [6] Građevinski projekt novog mosta Kambelovac na pruzi M604 u km 311+893, Granova d.o.o.
- [7] Građevinski projekt privremenog mosta na pruzi M604 u km 311+893, Granova d.o.o.
- [8] Građevinski projekt za most „Moštani“ u km 10+790,55 pruge M303 Vrpolje-Slavonski Šamac – Državna granica
- [9] Izvještaj o ispitivanju pokusnim opterećenjem, Granova d.o.o.

## **PRILOZI**

Prilog 1: Faze izgradnje; Faze 0-2, M 1:200

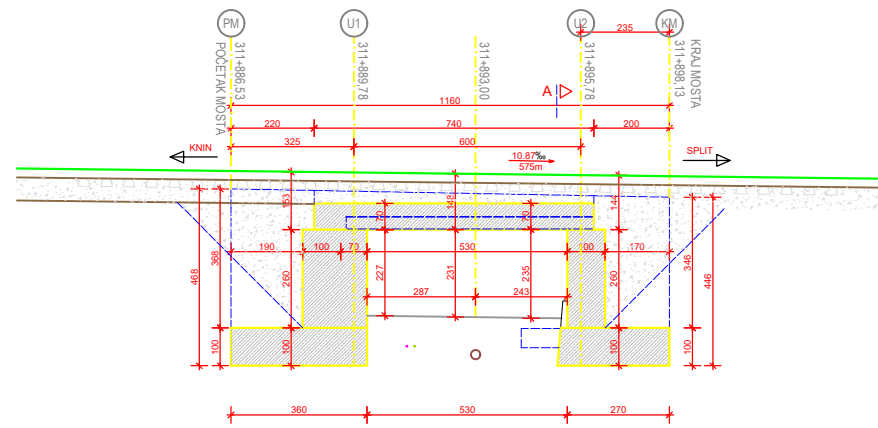
Prilog 2: Faze izgradnje; Faze 3-4, M 1:200

Prilog 3: Faze izgradnje, Faza 5, M 1:200

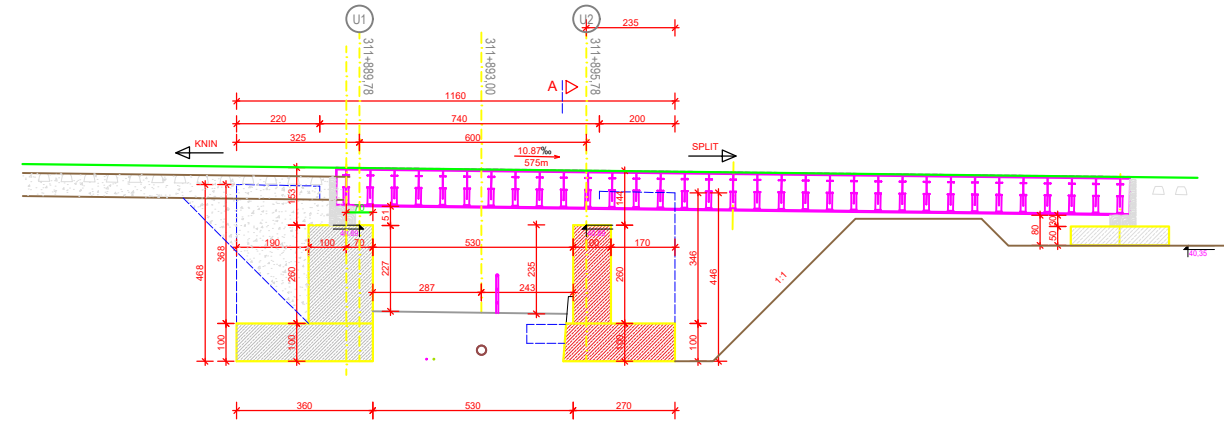
Prilog 4: Dinamički plan zatvora pruge na mostu Kambelovac

# FAZE IZGRADNJE MJ 1:200

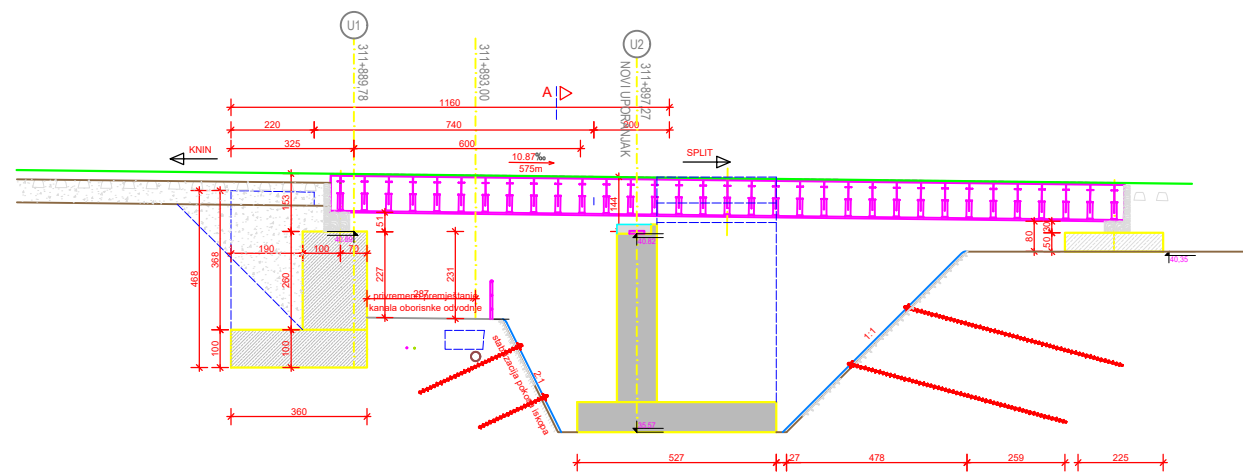
FAZA 0 - postojeće stanje  
Uzdužni presjek



FAZA 1 - provizorij 21 m - pozicija 1  
Uzdužni presjek



FAZA 2 - provizorij 21 m - pozicija 1 - novi upornjak U2  
Uzdužni presjek



investitor

**HŽ INFRASTRUKTURA d.o.o.**  
10000 Zagreb, Mihanovićeveva 12

naziv građevine

**MOST KAMBELOVAC NA PRUZI M604  
u km 311+893 - ZAMJENA**

projektant

dr.sc. Marin Franetović, mag.ing.aedif.

suradnici

Boris Filipčić, geod. tehn.

razina razrade

**GLAVNI PROJEKT**

strukovna odrednica projekta  
**GRAĐEVINSKI**

redni broj mape i naziv projektiranog dijela građevine

**1. GRAĐEVINSKI PROJEKT NOVOG MOSTA  
KAMBELOVAC NA PRUZI M604 u km 311+893**



**Direktor :**  
Ivan Nosaj, dipl.ing.građ.

*Ivan Nosaj*

Bolnička 51 / 3  
10 090 Zagreb - Susedgrad  
tel.: 01 / 3436 510  
fax.: 01 / 3436 515  
MB: 0815853  
OIB: 39632230563  
www.granova.hr  
granova@granova.hr



sadržaj nacrtu

**Faze izgradnje -  
Faze 0 - 2**

mjerilo

1:200

datum

veljača, 2017.

zajednička oznaka svih mapa

ZM-M604-123KK-GP

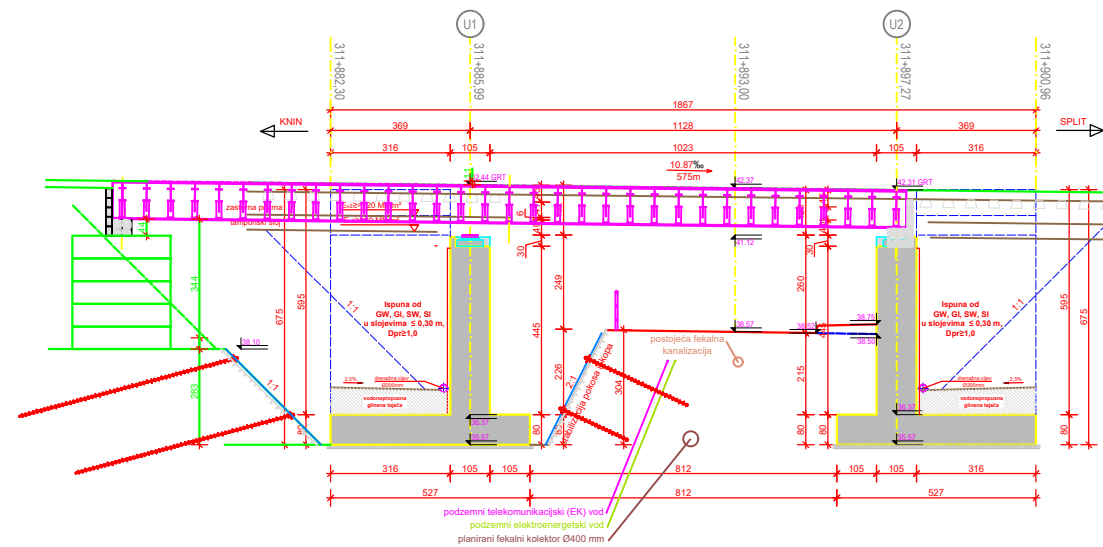
oznaka mape

ZM-M604-123KK-GP-GR/01

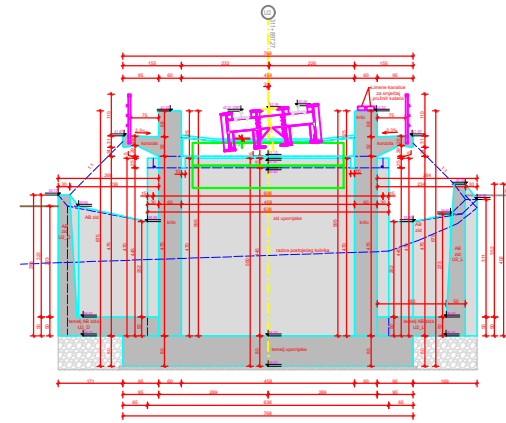
list

# FAZE IZGRADNJE MJ 1:200

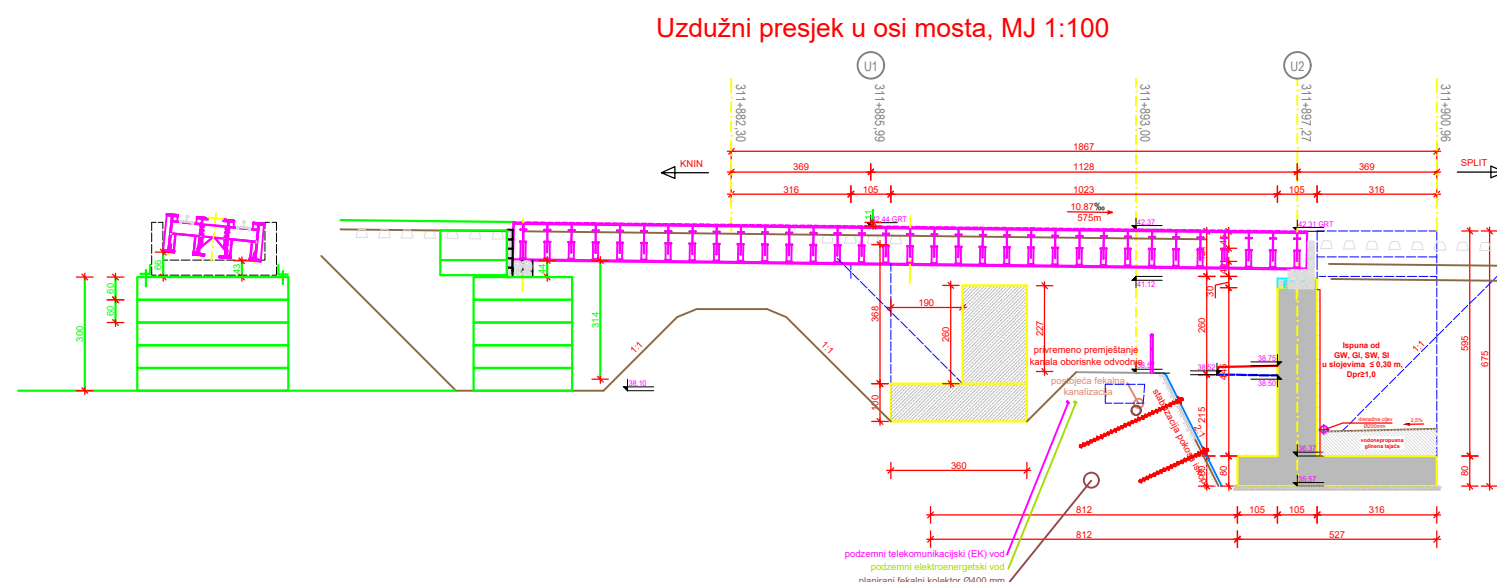
FAZA 4 - provizorij 21 m - pozicija 2 - novi upornjaci U1 i U2  
Uzdužni presjek



Pogled E-E na upornjak U2 straga; MJ 1:100



FAZA 3 - provizorij 21 m - pozicija 2 - novi upornjak U2  
Uzdužni presjek



investitor

**HŽ INFRASTRUKTURA d.o.o.**  
10000 Zagreb, Mihanovićeveva 12

naziv građevine

**MOST KAMBELOVAC NA PRUZI M604**  
u km 311+893 - ZAMJENA

projektant

dr.sc. Marin Franetović, mag.ing.aedif.

suradnici

Boris Filipčić, geod. tehn.

razina razrade

**GLAVNI PROJEKT**

strukovna odrednica projekta  
**GRAĐEVINSKI**

redni broj mape i naziv projektiranog dijela građevine

**1. GRAĐEVINSKI PROJEKT NOVOG MOSTA**  
KAMBELOVAC NA PRUZI M604 u km 311+893



**Direktor :**  
Ivan Nosal, dipl.ing.grad.

*Ivan Nosal*

Bolnička 51 / 3  
10 090 Zagreb - Susedgrad  
tel.: 01 / 3436 510  
fax.: 01 / 3436 515  
MB: 0815853  
OIB: 39632230563  
www.granova.hr  
granova@granova.hr



sadržaj nacrtu

**Faze izgradnje -**  
**Faze 3 - 4**

mjerilo

1:200; 1:100

datum

veljača, 2017.

zajednička oznaka svih mapa

ZM-M604-123KK-GP

oznaka mape

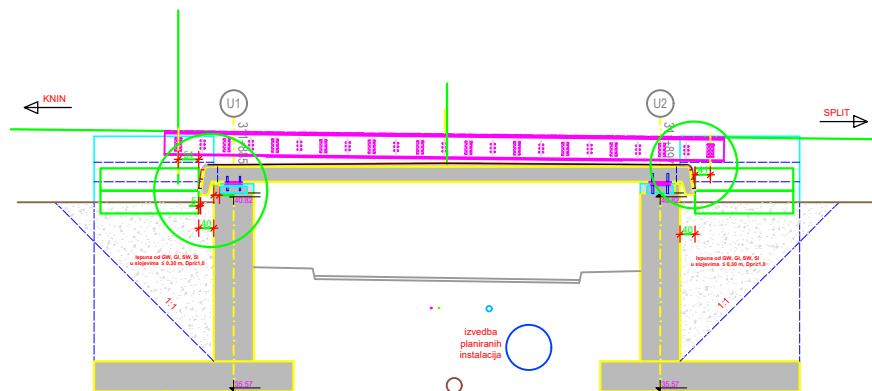
ZM-M604-123KK-GP-GR/01

list

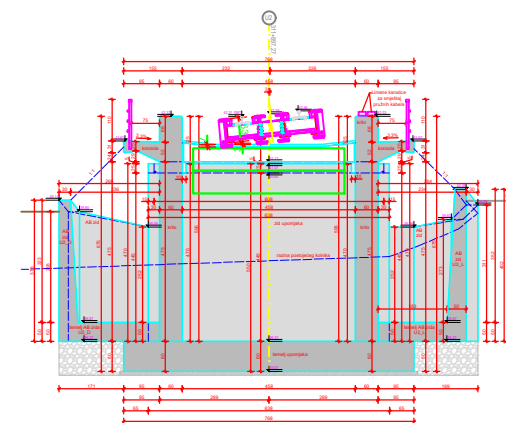
# FAZE IZGRADNJE MJ 1:200

FAZA 5 - provizorij 14,8 m - izrada rasponske konstrukcije  
Uzdužni presjek

"Zub" na kraju rasponske se ne može izbaciti jer je dio zidića upornjaka prekinut na mjestu ležajnog kvadera - ne bi bilo naštite od osipavanja na ležajnu klupu.



Pogled E-E na upornjak U2 straga; MJ 1:100



investitor

**HŽ INFRASTRUKTURA d.o.o.**  
10000 Zagreb, Mihanovićeveva 12

naziv građevine

**MOST KAMBELOVAC NA PRUZI M604**  
u km 311+893 - ZAMJENA

projektant

dr.sc. Marin Franetović, mag.ing.aedif.

suradnici

Boris Filipčić, geod. tehn.

razina razrade

GLAVNI PROJEKT

strukovna odrednica projekta  
GRAĐEVINSKI

redni broj mape i naziv projektiranog dijela građevine

1. GRAĐEVINSKI PROJEKT NOVOG MOSTA  
KAMBELOVAC NA PRUZI M604 u km 311+893



**Direktor :**  
Ivan Nosaj, dipl.ing.građ.

*Ivan Nosaj*

Bolnička 51 / 3  
10 090 Zagreb - Susedgrad  
tel.: 01 / 3436 510  
fax.: 01 / 3436 515  
MB: 0815853  
OIB: 39632230563  
www.granova.hr  
granova@granova.hr



sadržaj nacрта

**Faze izgradnje -**  
**Faza 5**

mjerilo

1:200

datum

veljača, 2017.

zajednička oznaka svih mapa

ZM-M604-123KK-GP

oznaka mape

ZM-M604-123KK-GP-GR/01

list

