

Prijelazne naprave na betonskim mostovima manjih raspona

Kanižaj, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:947020>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-08**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN



DIPLOMSKI RAD br. 97/GRD/2024

PRIJELAZNE NAPRAVE NA BETONSKIM
MOSTOVIMA MANJIH RASPONA

Ivan Kanižaj

Varaždin, listopad 2024.

SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN
Studij Graditeljstvo



DIPLOMSKI RAD br. 97/GRD/2024

**PRIJELAZNE NAPRAVE NA BETONSKIM
MOSTOVIMA MANJIH RASPONA**

Student:

Ivan Kanižaj, 0082059194

Mentor:

doc. dr. sc. Goran Puž

Varaždin, listopad 2024.

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJSKI diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo

KRISTUPNIK Ivan Kanižaj

MATIČNI BROJ 0082059194

DATUM 11. travanj 2024.

KOLEGIJ Mostovi

NASLOV RADA Prijelazne naprave na betonskim mostovima manjih raspona

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Expansion Joints on Small Span Concrete Bridges

MENTOR dr. sc. Goran Puž

ZVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. izv.prof.dr.sc. Bojan Đurlin
2. doc. dr. sc. Goran Puž
3. prof.dr.sc. Božo Soldo
4. doc. dr. sc. Aleksej Aniskin
- 5.

Zadatak diplomskog rada

BROJ 97/GRD/2024

OPIS

Manji betonski mostovi i nadvožnjaci čine većinu mostova na našim cestama. Pregledi otkrivaju da su prijelazne naprave na njima slaba mjesta na kojima se inciraju oštećenja, najčešće uslijed prodora vode s kolnika prema ležajima i rasponskom sklopu. U teorijskom dijelu rada potrebno je prikazati tipove naprava s naglaskom na rješenja za male pomake prema važećim specifikacijama. U praktičnom dijelu istraživanja treba pregledati prelaznice na desetak naših manjih mostova i utvrditi njihovo stanje, kao i preporuke za održavanje. U drugom dijelu rada potrebno je načiniti idejni projekt manjeg betonskog mosta preko potoka ili rijeke. Rad treba sadržavati:

- podatke o prijelaznim napravama za manje pomake i odabir tehničkih rješenja iz prakse
- rezultate terenskog istraživanja
- tehnički opis mosta s obrazloženjem odabranog rješenja s posebnim osvrtom na prijelazne naprave
- dispozicijske nacрте mosta u preglednom mjerilu
- osnovni statički proračun rasponskog sklopa
- opis radova, troškovnik radova
- literaturu.

ZADATAK URUČEN 11. travnja 2023.

POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE
SIEVER

Goran Puž

Sažetak

Diplomski rad bavi se tematikom manjih mostova od armiranog betona na našim cestama, u prvom dijelu kroz obradu detalja prijelazne naprave, a u drugom dijelu primjerom idejnog projekta jedne karakteristične građevine – manjeg mosta.

U teorijskom dijelu rada, koji se bavi prijelaznim napravama za manje pomake (dakle, za manje mostove) detaljno su opisani zahtjevi na naprave, kao i tipovi naprava koji su na tržištu i koji se najčešće ugrađuju u Hrvatskoj. Također je izvršen pregled stanja naprava na nekolicini mostova Čakovcu i okolici, kako bi se ustanovila najčešća oštećenja i izazovi u održavanju naprava.

U praktičnom dijelu rada načinjen je projekt armiranobetonskog grednog mosta preko manjeg vodotoka, s tri raspona. Rasponski sklop je ploča. Analizirana su djelovanja od stalnih i pokretnih opterećenja, te je načinjena skica armature i dokaznica mjera. Priloženi su nacrti mosta s detaljima opreme.

Ključne riječi: prijelazne naprave, rasponi konstrukcije, betonski most, statički proračun, dimenzioniranje.

Summary

This thesis addresses the topic of small reinforced concrete bridges on our roads. The first part focuses on the analysis of expansion joints, while the second part presents a conceptual design of a characteristic structure – a small bridge.

In the theoretical part, which deals with expansion joints for small displacements (i.e., for small bridges), the requirements for expansion joints are described in detail, along with the types of joints available on the market that are most commonly installed in Croatia. Additionally, a review of the condition of expansion joints on several bridges in Čakovec and the surrounding area was conducted to determine the most common damages and maintenance challenges.

In the practical part, a design for a reinforced concrete girder bridge over a small watercourse, with three spans, was created. The span structure is a slab. The effects of permanent and moving loads were analyzed, and reinforcement drawings and a calculation report were prepared. Drawings of the bridge, including equipment details, are attached.

Keywords: expansion joints, structural spans, reinforced concrete bridge, permanent and moving loads, calculation report.

Popis korištenih kratica

AB	armirani beton
mm	milimetar
cm	centimetar
m	metar
km	kilometar
km/h	kilometar na sat
g	stalno opterećenje
p	prometno opterećenje
Q	pokretno opterećenje
w	širina kolnika

Sadržaj

1.	Uvod	1
2.	Obrada zadatka	2
2.1.	Osnovni uvjeti na napravu	4
2.2.	Podjela prijelaznih naprava na tipove	6
2.3.	Uređenje prijelaza za minimalne pomake	7
2.4.	Prijelazne naprave za male pomake	8
2.5.	Prijelazne naprave za srednje pomake	10
2.6.	Prijelazne naprave za velike i vrlo velike pomake	11
2.7.	Prijelazne naprave za željezničke mostove	13
2.8.	Proračun pomaka za dimenzioniranje prijelaznih naprava	14
2.9.	Raspoložive prijelazne naprave na tržištu	18
2.10.	Pregled prijelaznih naprava na manjim mostovima	29
3.	Idejni projekt mosta	39
3.1.	Općenito	39
3.1.1.	<i>Značajke temelja i tla</i>	<i>39</i>
3.1.2.	<i>Donji ustroj</i>	<i>40</i>
3.1.3.	<i>Gornji ustroj</i>	<i>41</i>
3.1.4.	<i>Odvodnja</i>	<i>42</i>
3.1.5.	<i>Zaštitna oprema</i>	<i>42</i>
3.2.	Definiranje konstrukcije	43
3.2.1.	<i>Definiranje prometnog profila</i>	<i>43</i>
3.2.2.	<i>Definiranje raspona AB pune ploče</i>	<i>43</i>
3.3.	Statički proračun i dimenzioniranje rasponskog sklopa	43
3.3.1.	<i>Analiza opterećenja</i>	<i>43</i>
3.3.2.	<i>Vlastita težina mosta (g)</i>	<i>44</i>
3.3.3.	<i>Dodatno stalno (g_1 i g_2)</i>	<i>45</i>
3.3.4.	<i>Prometno i pokretno opterećenje (p, Q)</i>	<i>46</i>
3.4.	Statički proračun rasponskog sklopa na računalu	49
3.4.1.	<i>Proračunski model – opterećenja</i>	<i>50</i>
3.4.2.	<i>Opterećenja i kombinacije opterećenja</i>	<i>52</i>
3.4.3.	<i>Unutarnje sile iz softvera Dlubal RFEM 5.0</i>	<i>53</i>
3.4.4.	<i>Ručna provjera unutarnjih sila</i>	<i>63</i>
3.4.5.	<i>Mjerodavne sile za ručno dimenzioniranje</i>	<i>65</i>
4.	Dimenzioniranje	66
4.1.	Ručno	66
4.2.	Računalna provjera armature	68
4.2.1.	<i>Potrebna armatura</i>	<i>68</i>

4.3. Dokaznice mjera	69
4.3.1. <i>Donji ustroj</i>	69
4.3.2. <i>Gornji ustroj</i>	72
4.3.3. <i>Oprema mosta i ostalo</i>	73
5. Zaključak.....	75
6. Literatura.....	76

1. Uvod

Prijelazne naprave na mostovima poznate i kao dilatacijske naprave, bitni su elementi opreme mosta. One omogućuju različite vrste pomaka (poprečne, uzdužne i okretne) koji mogu nastati zbog temperaturnih promjena, korisnog opterećenja, potresa, vjetra ili drugih sila koje djeluju na most. Glavne funkcije prijelaznih naprava su sljedeće: omogućavanje pomaka, apsorpcija vibracija i udara, te osiguravanje kontinuiteta kolnika. Pravilno odabrane i održavane prijelazne naprave produžuju vijek trajanja mosta i osiguravaju sigurnost korisnika. Kod omogućavanja termalnih pomaka bitno je spomenuti da se mostovi šire i skupljaju pod utjecajem temperaturnih promjena. Prijelazne naprave omogućuju tim promjenama da se dogode bez stvaranja naprezanja u konstrukciji. Nadalje, kada vozila prolaze preko mosta, stvaraju se dinamička opterećenja koja se prenose kroz konstrukciju. Prijelazne naprave pomažu u apsorpciji tih sila i sprječavaju njihovo prenošenje na druge dijelove mosta. Razlikujemo nekoliko vrsta prijelaznih naprava: klizne, gumene, metalne te modularne prijelazne naprave. Fiksne se koriste kod kraćih mostova ili mostova s malim termalnim promjenama i minimalnim pomacima. Ove naprave omogućuju samo vrlo ograničene pomake. Klizne omogućuju klizanje i pomicanje dilatacijskih spojeva, omogućavajući veće pomake uzrokovane toplinskim širenjem i skupljanjem. Gumene su izrađene od elastičnih materijala poput gume ili polimera i omogućuju značajne pomake uz minimalno trošenje. Često se koriste za apsorpciju vibracija i smanjenje buke. Metalne su izrađene od čelika, ove naprave mogu izdržati veća opterećenja i čvršće su, ali su sklonije trošenju i koroziji. Modularne se sastoje od više elemenata i mogu podnijeti vrlo velike pomake i opterećenja, često se koriste na dugim mostovima ili mostovima na lokacijama s velikim sezonskim promjenama temperature. Održavanje prijelaznih naprava je ključno za dugovječnost mosta. Redoviti pregledi i održavanje pomažu u sprječavanju oštećenja koja bi mogla nastati zbog korozije, trošenja ili mehaničkih kvarova. To uključuje čišćenje, podmazivanje, zamjenu oštećenih dijelova i kontrolu funkcionalnosti tijekom cijelog životnog vijeka mosta. [1], [2]

2. Obrada zadatka

Pomaci koji nastanu u rasponskom sklopu dovode do promjena veličine raspora, između rasponskoga sklopa i upornjaka ili između dva dijela gornjeg ustroja. Na tim se mjestima, dakle, ugrađuju prijelazne naprave koje omogućuju međusobne pomake dijelova rasponskoga sklopa bez otpora ili sa zanemarivim otporom, a da pri tom ne postoji opasnost narušavanja udobnosti prometovanja. Prijelaz preko naprave mora biti gladak – bez udara, odnosno s mirnim i tihim voženjem preko sklopa. Prema tehničkim načelima dobru prijelaznu napravu lako je zamijeniti, popraviti i pregledati. Pored svega toga preporučuju se vodonepropusne prijelazne naprave, koje sprečavaju prodor prema donjem ustroju. Zbog trošenja dijelova prijelaznih naprava mora se omogućiti brza i jednostavna zamjena. Prijelaz preko naprave koja nije dobro pričvršćena može izazvati dinamičke udare na konstrukciju. Kada vozilo nailazi na prijelaznu napravu, opterećenje se prenosi u vrlo kratkom vremenskom periodu, naprava se kratko opterećuje dok je vozilo na njoj, a zatim se brzo rasterećuje nakon što vozilo prođe. Zbog tih brzih promjena opterećenja, ključno je pravilno pričvrstiti prijelaznu napravu kako bi se osigurala njezina funkcionalnost i dugotrajnost. Pravilno pričvršćenje sprječava oštećenja i povećava sigurnost i pouzdanost naprave u uvjetima promjenjivih opterećenja. Problem pričvršćavanja prijelaznih naprava rješava se na dva načina, ovisno o veličini naprave i vrsti pomaka koji se očekuju:

1. Naprave za male pomake: ove naprave su sidrene ili pričvršćene izravno u sklop, što osigurava trajno nepomičnu vezu. To znači da se naprava čvrsto veže za podlogu ili strukturu na kojoj je postavljena, omogućujući stabilnost i sprječavajući bilo kakvo kretanje ili pomicanje tijekom prolaska vozila.
2. Veće suvremene naprave: ove naprave, koje su dizajnirane da podnose veće dinamičke impulse, koriste elastične ležajeve za oslonac. Elastični ležajevi djeluju kao amortizeri koji apsorbiraju i ublažavaju udarce i vibracije uzrokovane prolaskom vozila. To omogućuje prijelaznim napravama da se prilagode dinamičkim opterećenjima bez trajnog pomicanja ili oštećenja, povećavajući tako njihovu dugotrajnost i funkcionalnost.

Oba pristupa osiguravaju stabilnost i pouzdanost prijelaznih naprava, prilagođavajući se specifičnim zahtjevima različitih prometnih uvjeta i veličina naprava. Konstrukcija prijelazne naprave treba ispuniti slijedeće zahtjeve:

- Kapacitet ostvarivanja proračunatih pomaka
- Nosivost s obzirom na statička i dinamička djelovanja

- Vodonepropusnost
- Omogućiti miran prijelaz bez buke
- Prometnu sigurnost.

Izvedbene nacрте ugradnje prijelazne naprave obično izrađuje isporučitelj naprave. Međutim, projektant mora osigurati određene preduvjete kako bi instalacija bila uspješna. Ključni zadatak projektanta uključuje:

1. Osiguranje dovoljno prostora za ugradnju i sidrenje: projektant mora pažljivo planirati prostor potreban za pravilno postavljanje i sidrenje prijelazne naprave. To znači osigurati da postoji adekvatan prostor na mostu ili strukturi za ugradnju naprave prema specifikacijama isporučitelja.
2. Odabir prijelaznih naprava i ležajeva: prijelazne naprave, kao i ležajevi, obično se biraju iz kataloga gotovih rješenja koja su dostupna na tržištu. Ponekad je moguće i potrebno posebno naručiti napravu prilagođenu specifičnim potrebama projekta.
3. Poznavanje preduvjeta za ugradnju i priključak na most: projektant mora imati detaljno znanje o tehničkim zahtjevima i preduvjetima koji su potrebni za pravilnu ugradnju naprave. To uključuje razumijevanje načina na koji će se naprava pričvrstiti na strukturu mosta, kao i bilo kakvih posebnih uvjeta ili ograničenja koja bi mogla utjecati na instalaciju.
4. Pravilno definiranje zahtjeva proizvođaču naprave: projektant treba jasno i precizno definirati zahtjeve prema proizvođaču prijelazne naprave. To uključuje specifikacije kao što su dimenzije, kapacitet opterećenja, dinamičke karakteristike i druge tehničke uvjete koji će osigurati da naprava ispunjava sve potrebne funkcionalne i sigurnosne standarde.

Uloga projektanta je dakle, ključna u osiguravanju da prijelazna naprava bude pravilno integrirana u strukturu mosta, ispunjavajući sve tehničke zahtjeve i osiguravajući dugotrajnost i funkcionalnost instalacije. Prijelazne naprave se u principu ne projektiraju već se kupuju od proizvođača kao građevinski proizvod. [3]

2.1. Osnovni uvjeti na napravu

Da bi se ispunili prometni i ekološki zahtjevi, važno je održati kontinuitet prometne plohe na mjestima gdje dolazi do diskontinuiteta konstrukcije, kao što su dilatacijski spojevi. U tom kontekstu, prijelazne naprave moraju zadovoljiti određene preporuke i standarde:

1. Prilagodba različitim prometnim uvjetima: prijelazne naprave trebaju biti prilagođene specifičnim uvjetima prometa. Promet na pješačkim stazama značajno se razlikuje od prometa na cestama, što znači da naprave moraju biti dizajnirane tako da zadovolje potrebe sigurnosti i udobnosti svih korisnika. Prijelazne naprave na željezničkim mostovima također imaju različite zahtjeve u usporedbi s onim na cestovnim mostovima, zbog težih opterećenja i specifičnih tehničkih uvjeta
2. Preporučeni nagibi i dimenzije: da bi se osigurala sigurnost i udobnost prometa, preporučuje se izbjegavanje nagiba većih od 3% i okomitih stepenica između elemenata većih od 8 mm. Osim toga, čelični rubovi preko kojih se odvija promet trebaju biti zaobljeni s minimalnim polumjerom zakrivljenosti od 3 mm kako bi se spriječilo oštećenje vozila i povećala sigurnost.
3. Dimenzije dilatacijskih raspورا: svjetla širina proreza (raspora) dilatacije treba biti najmanje 5 mm i ne smije prelaziti 60 mm. Manji i veći raspori utječu na dizajn i trajnost naprava te se trebaju pažljivo razmotriti prilikom projektiranja.
4. Posebni zahtjevi za pješačke staze: reške na prekidu hodnika treba pokriti limovima od nehrđajućeg čelika debljine najmanje 10 mm. Ovaj zahtjev je važan za sigurnost i udobnost pješačkog prometa, jer sprječava klizanje i smanjuje rizik od ozljeda.
5. Hidroizolacija: svi tipovi prijelaznih naprava moraju imati jasno definiran detalj završetka hidroizolacije ispred i iza naprave kako bi se spriječilo prodiranje vode i oštećenje strukture mosta.
6. Minimiziranje broja prijelaznih naprava: pri projektiranju mosta, idealno je težiti konceptu koji zahtijeva minimalan broj prijelaznih naprava. Raspore (dilatacije) konstrukcije treba projektirati tako da prijelazne naprave djeluju u smjeru pomaka ležaja, s glavnim smjerom pomaka okomitim na napravu. Međutim, to nije uvijek moguće ili isplativo zbog drugih tehničkih i ekoloških zahtjeva koje most mora ispuniti.

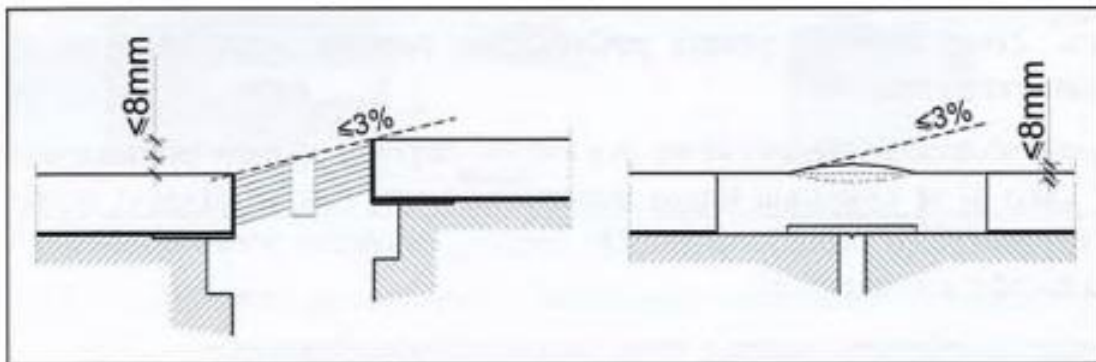
Sve ove preporuke i zahtjevi osiguravaju sigurnost, funkcionalnost i dugotrajnost mostova, kao i udobnost i sigurnost za sve korisnike.

Prijelazne naprave na mostovima postavljaju se u skladu s uzdužnim i poprečnim nagibom kolnika, a također su prednamještene za preuzimanje deformacija rasponskog sklopa uzrokovanih svim relevantnim djelovanjima, kao što su temperaturne promjene, opterećenja od prometa i druge dinamičke sile. Ako temperatura mosta tijekom ugradnje značajno odstupa od proračunski predviđene temperature, potrebno je prilagoditi prednamještanje prijelazne naprave kako bi se osigurala njezina ispravna funkcionalnost i dugotrajnost. Prijelazne naprave izložene su različitim vrstama onečišćenja i potencijalnim oštećenjima uzrokovanim materijalima i predmetima koji dolaze s kolnika, poput kamenja i sipine. Zbog toga brtveni elementi trebaju biti dizajnirani tako da:

1. Otporni na oštećenja: moraju biti dovoljno izdržljivi da se ne oštete od većih komada materijala, poput kamenja, koje može dospjeti na kolnik i udariti u napravu
2. Samoočišćujući: prilikom zatvaranja prijelazne naprave, brtveni elementi trebaju biti konstruirani tako da izbacuju nakupljeni sipinu i druge nečistoće natrag na kolnik, sprječavajući tako zadržavanje materijala koji bi mogao uzrokovati daljnja oštećenja ili ometati funkcionalnost naprave.
3. Jednostavna zamjena: trebaju biti dizajnirani tako da se mogu lako zamijeniti kada dotraju, čime se olakšava održavanje i smanjuju troškovi tijekom vijeka trajanja mosta.

S aspekta trajnosti i održavanja, treba uzeti u obzir da prijelazna naprava obuhvaća sve povezane komponente, uključujući spojna sredstva, sidrene limove, okapnice, pokrovne limove, te žlijebove na kolniku i pješačkoj stazi. Elementi koji su teško dostupni ili su jako izloženi agresivnim uvjetima iz okoliša trebali bi biti izrađeni od materijala koji su otporni na koroziju, poput nehrđajućeg čelika ili čelika otpornog na koroziju. Time se osigurava dugotrajnost prijelazne naprave i smanjuju troškovi održavanja.

Pri odabiru prijelazne naprave treba biti posebno oprezan i uzeti u obzir ukupne troškove kroz cijelo razdoblje eksploatacije mosta. To uključuje ne samo početni trošak nabave, već i troškove zamjene, održavanja i potencijalnih popravaka, viša cijena kvalitetnijih naprava može biti opravdana, jer neprikladne naprave mogu prouzročiti značajne troškove popravaka i dodatnog održavanja, kao i smanjiti sigurnost i funkcionalnosti mosta. Stoga je dugoročno gledano isplativije ulagati u kvalitetnije prijelazne naprave koje će smanjiti rizik od problema u eksploataciji. [3]



Slika 1 Maksimalni vertikalni elementi na prijelaznici, [3]

2.2. Podjela prijelaznih naprava na tipove

Tip i složenost prijelaznih naprava raste s veličinom pomaka koje treba omogućiti. U skladu s tim, prijelazne naprave mogu se klasificirati prema rasponu pomaka koje omogućuju.

Pored toga, prijelazne naprave se razlikuju i po mogućnosti preuzimanja vertikalnih i poprečno usmjerenih pomaka. Načelno, svi tipovi prijelaznih naprava trebali bi biti sposobni preuzeti poprečne prepreke do 5 mm te vertikalne pomake u rasponu od najmanje 1 mm do 5 mm. Ovo osigurava da naprave mogu kompenzirati male pomake u svim smjerovima, što je ključno za održavanje kontinuiteta i sigurnosti prometne plohe.

Odabir odgovarajućeg tipa prijelazne naprave ne ovisi samo o potrebnom rasponu pomaka, već i o važnosti mosta te iskustvima investitora s održavanjem sličnih naprava. Na primjer, mostovi s većim prometnim opterećenjem ili važnosti za infrastrukturu mogu zahtijevati složenije i dugotrajnije naprave, dok se za manje važna prometna čvorišta može birati jednostavniji i jeftiniji tip.

Analizom različitih tipova prijelaznih naprava može se zaključiti da za iste pomake postoje naprave različite složenosti. To znači da postoje značajne razlike u cijeni između tih naprava, što dodatno komplicira proces odabira. Veće složenosti obično podrazumijevaju veće početne troškove, ali mogu rezultirati i manjim troškovima održavanja ili duljim vijekom trajanja, što je važan faktor za investitore i projektante.

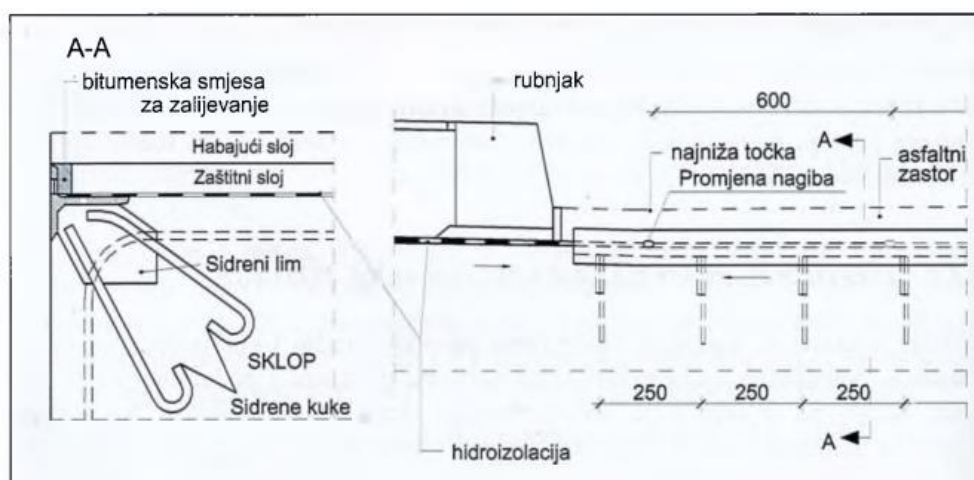
Zbog toga je potrebno pažljivo procijeniti sve faktore – od tehničkih zahtjeva i raspona pomaka, preko troškova nabave i održavanja, do specifičnih uvjeta i važnosti mosta – kako bi se odabrao najprikladniji tip prijelazne naprave koji zadovoljava sve potrebne kriterije. [3]

2.3. Uređenje prijelaza za minimalne pomake

Prijelaz s terena ili nasipa na sklop posebno se treba urediti i kod propusta i malih mostova. Najizloženiji dio pri prijelazu s podatnijeg nasipa na kruti sklop nalazi se na samome mjestu gdje inače uvijek nastaje denivelacija kolnika. Na takvom mjestu nailazak na vozila izaziva dinamički udar na sklop, čiji utjecaj treba smanjiti prikladnom ugradnjom završnog profila konstrukcije. Pravilno izveden detalj istodobno omogućuje uredan završetak horizontalne hidroizolacije kolničke plohe.

Vrsta prijelazne naprave	Okvirna duljina dilatacije (m)	Ostvarivi pomaci u smjeru osi x (mm)	Prijelazna naprava (najčešći tipovi)
za minimalne pomake	do 20	20 (±10)	čelični završni profil + bitumenska smjesa
za male pomake	do 50	50 (±25)	polimerizirana bitumenska smjesa (modificirani asfalt)
za srednje pomake	do 150	150 (±75)	elastomerni profil u ubetoniranim čeličnim profilima
za velike pomake	do 300	300 (±150)	mehanizam u ubetoniranoj kutiji, čelični profili
za vrlo velike pomake	više od 300	≥300 (±150)	elastomerni profili

Slika 2 Pregled prijelaznih naprava prema veličini, [3]

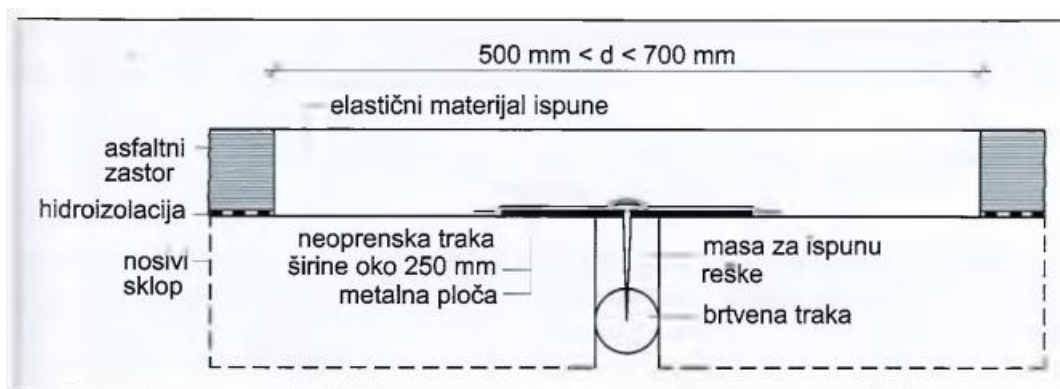


Slika 3 Uređenje kraja mosta rubnim profilom, bez prijelazne naprave, [3]

Prilikom ugradnje rubnog profila na asfaltni zastor može doći do stvaranja pukotina, pa je važno to područje unaprijed zaštititi trajnoelastičnom masom. Završni profil se koristi kao zaštita tijekom zbijanja nasipa iza sklopa prilikom izvođenja građevinskih radova. Svi čelični dijelovi završnog profila trebaju biti zaštićeni pocinčavanjem. Ako postoji sumnja u djelotvornost ovog rješenja zbog velikog intenziteta prometa i predviđenih pomaka, potrebno je razmotriti upotrebu bitumenske prijelazne naprave. [3]

2.4. Prijelazne naprave za male pomake

Za preuzimanje manjih pomaka najčešće se koriste naprave s ispunom od modificiranog asfalta ili naprave s čeličnim profilima povezanim elastomernim brtvenim uloškom. Prijelaznice od asfaltne ili elastobitumenske smjese, izrađene od polimeriziranog bitumena, imaju prednost u jednostavnosti ugradnje jer ne zahtijevaju sidrenje u konstrukciji, za razliku od prijelaznica s čeličnim profilima. Međutim, tijekom uporabe se često pokazuju manje izdržljivima i pouzdanima, iako se to djelomično kompenzira njihovom jednostavnom zamjenom. Asfaltne prijelaznice izvode se ulijevanjem specijalne asfaltne smjese u utor u prethodno postavljenom asfaltnom zastoru, čime postaju sastavni dio kolničke konstrukcije. Njihovo pričvršćivanje postiže se prijanjanjem uz podlogu i otporom na slojeve asfaltne podloge. Ispod sloja za ispunu postavlja se metalna ploča, na koju dolazi neoprenska gumena traka. Kako bi se spriječilo ispadanje brtvene trake, ona se pričvršćuje za metalnu ploču posebnim čavličima.



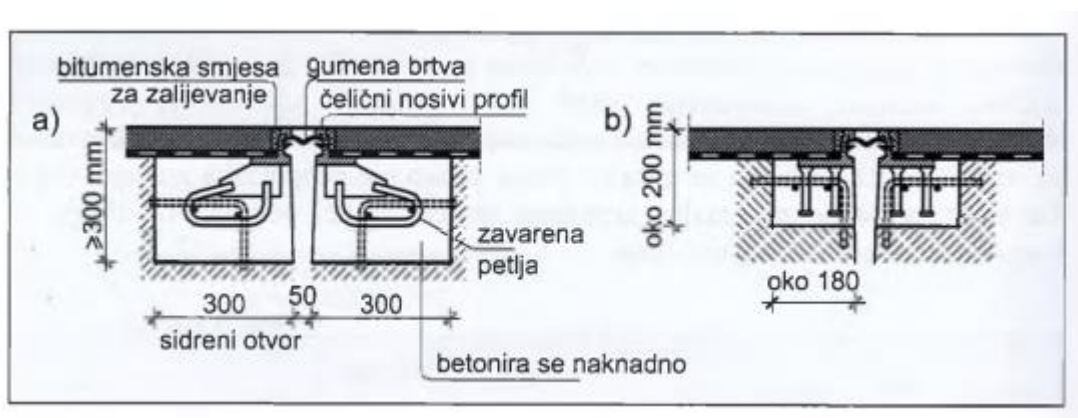
Slika 4 Asfaltna ili elastobitumenska prijelaznica, [3]

Preuzimanje pomaka ovakvih naprava ovisi o debljini kolničkog zastora, tako se npr. deklarirani pomaci od cca 25 mm mogu realizirati pri visini sloja od 100 mm, a ako su slojevi manji ostvarivi su i manji pomaci.

Kod hidroizolacije betonskog sklopa bitno je da se završi prije ugradbe prijelaznice, kako bi se osigurala prionljivost elastične ispune s hrapavom podlogom. Sami proizvođač deklarira najveću i najmanju širinu prijelaznice, na kojoj dakako mora biti osiguran kontakt s podlogom.

Takve prijelaznice nisu povoljne kada je uzdužni nagib jednak ili veći od 5%, radi moguće pojave tečenja u ljetnim mjesecima. S toga ih ne treba predviđati za građevine na kojima se u osi prijelaznice vertikalni pomaci veći od 1 mm ili poprečni pomaci veći od 10 mm.

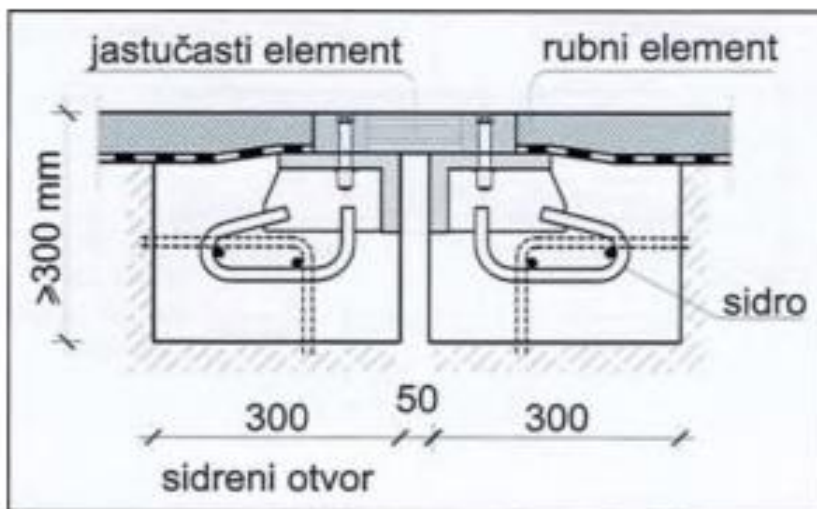
Naprave s čeličnim profilima sastoje se od 2 elementa; čelične letve čeljustima usidrene u betonsku ploču kolnika i elastomernog uložka ugrađenog nakon asfaltiranja kolnika. Posebno je profiliran elastomerni uložak tako da se lako može utisnuti u metalne čeljusti te pritom ostvaruje pouzdano brtvljenje koje osigurava vodonepropusnost.



Slika 5 Prijelazne naprave s čeličnim profilima povezanim elastomernim brtvenim uloškom, [3]

U osnovnoj izvedbi, čelična letva sidri se u beton povezivanjem zavarenih petlji od betonskog željeza s armaturom kolničke ploče. Za ispravnu ugradnju ovakvih naprava važno je unaprijed predvidjeti i izvesti otvor za ugradnju u betonu konstrukcije ili upornjaka, koji se naknadno betonira. Ovisno o vrsti sklopa i tehnologiji izvedbe mosta, ponekad nije moguće ostaviti dovoljno veliki otvor za standardna sidra. U tom slučaju naprava se može usidriti i u manjem prostoru, no takvo rješenje se ne preporučuje za mostove s većim prometnim opterećenjem. Za sidrenje u manjem prostoru razvijeni su posebni betoni koji omogućuju elastičnu vezu s čeličnim letvama prijelazne naprave. Varijanta s vijčanim sidrenjem pruža još manju sigurnost zbog mogućnosti popuštanja veze, stoga se koristi samo u slučaju sanacija ili kada nije moguće primijeniti druga rješenja. Način sidrenja može biti i kombiniran, različit sa svake strane naprave. Određeni nedostatak ovih naprava je što ostavljaju prorez na kolničkoj površini. Novi tipovi jastučastih elastomernih uložaka ublažuju ovaj problem. Budući da ove naprave nisu ograničene uvjetima

koji ograničavaju širinu zazora, razvijeni su umeci koji omogućuju pomake veće od 40 mm, pa čak i više. [3]

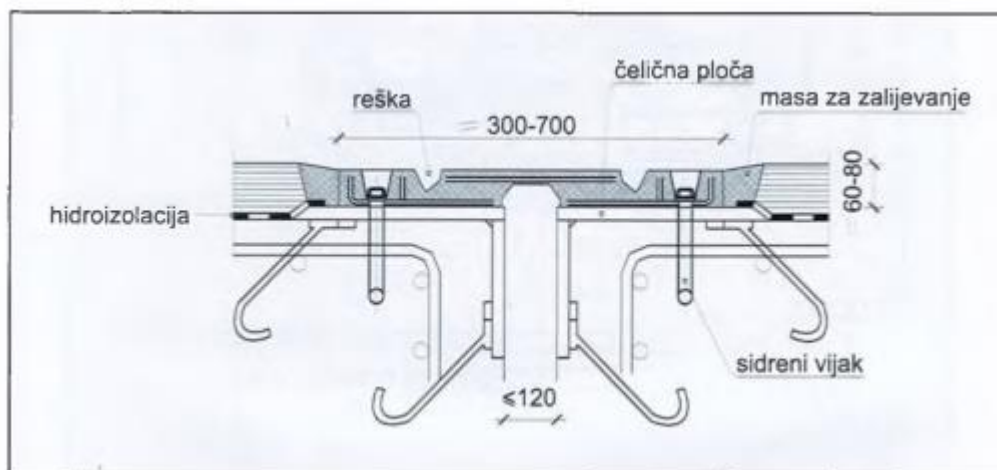


Slika 6 Naprava s elastičnim jastučastim umetkom, [3]

2.5. Prijelazne naprave za srednje pomake

Naprave za srednje pomake omogućuju pomake do 150 mm. Kao i kod prethodnog tipa za male pomake, također i ovdje postoje dva osnovna tipa. To su mehanički i elastični tip. Mehanički tip sadrži rubne profile s čeličnim letvama između njih, dok s druge strane elastični tipovi zamjenjuju kolnik nad rasporem sa elastomernim elementom s vulkaniziranim čeličnim profilima. Također, kod mehaničkih naprava pomak se raspodjeljuje na više sekundarnih međureški, koje se otvaraju između letava. Sastoje se od: međuletava, poprečnih nosača, dviju rubnih letava, zamjenjivih elastomernih brtvenih profila. Međuletve se oslanjaju na poprečne nosače koji se ugrađuju u posebne kutije na određenom razmaku te su postavljeni na klizne ležajeve. Poprečni nosači su povezani elementi koji omogućuju ravnomjerno otvaranje razmaka između letava. Oni također moraju preuzeti horizontalne sile koje nastaju tijekom kočenja na prijelaznoj napravi. Zbog tih zahtjeva, proizvođači su razvili više sustava oslanjanja. S obzirom na složenost takvih sklopova i poboljšana svojstva elastomera, za srednje pomake nastoji se osmisliti sustav koji zahtijeva manje prostora za ugradnju. Kod elastičnog tipa naprave, pomaci se postižu deformacijom elastomera, odnosno otvaranjem dviju reški na gornjoj površini. Vertikalnu krutost naprave osiguravaju čelične ploče, slično kao kod elastomernih ležajeva. Pričvršćenje može biti vijčano ili putem ubetoniranih sidara. Kako bi se omogućila jednostavna zamjena, naprava se obično postavlja na čeličnu ploču koja je usidrena u sklop. Ovakve elastične naprave, kao i

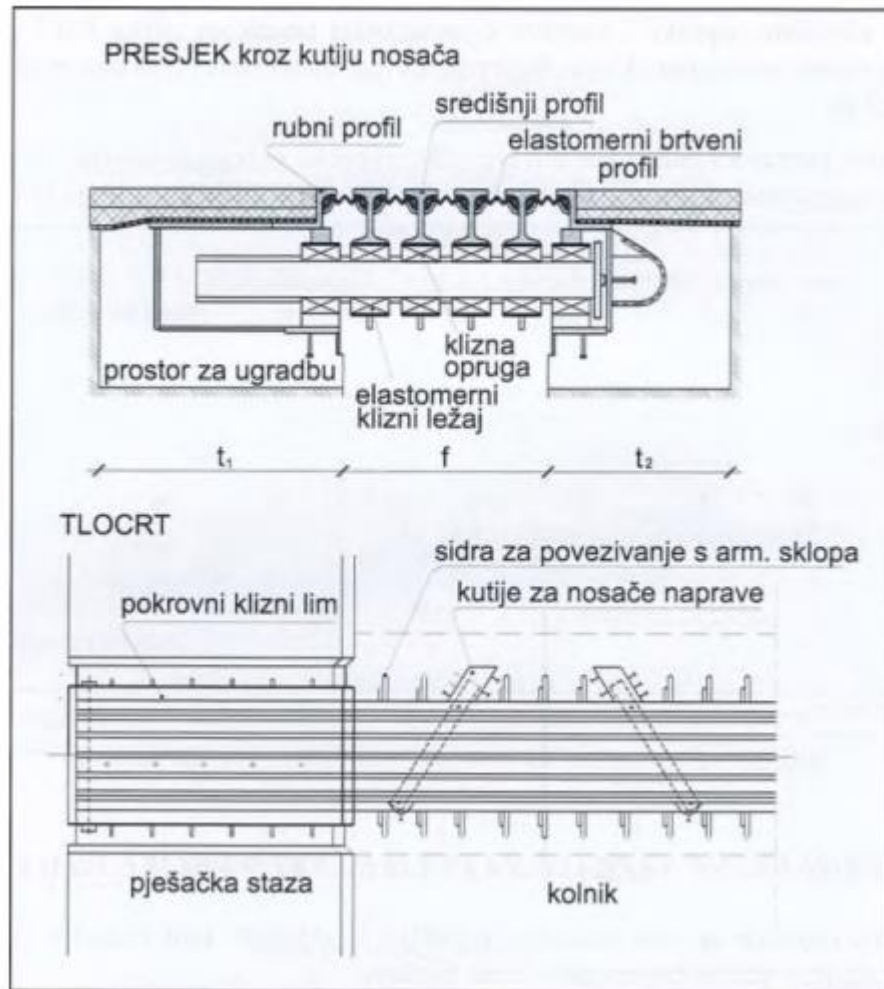
naprave s jastučastim umetkom, pružaju određeni otpor pomacima sklopa koji nije uvijek zanemariv, reakcije mogu doseći do 20 kN/m. Nedostatak naprava s elastomernim elementom preko kojeg se odvija promet je u tome što se on troši, a posebno je izložen oštećenju prilikom čišćenja snijega ralicama. [3]



Slika 7 Elastomerni tip prijelazne naprave za srednje pomake, [3]

2.6. Prijelazne naprave za velike i vrlo velike pomake

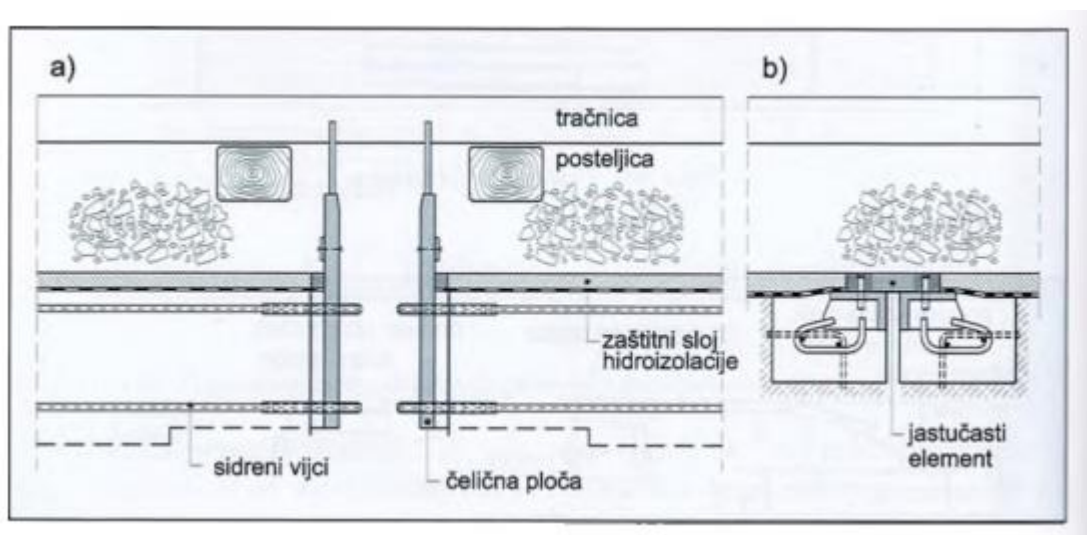
S obzirom na prijelazne naprave za male i srednje pomake, kod prijelaznih naprava za veće pomake zahtjevniji su sklopovi koji zadiru u područje strojogradnje, s uvećanim brojem pomičnih dijelova. Sustav s brtvenim profilima i međuletva prikladan je i za veće pomake, ali s povećanim brojem međuletvi. Veličina ostvarivog pomaka ovisi o broju međuletvi: jedna međuletva osigurava dva raspora kojima je kapacitet plus minus 60 mm (80 mm), dvije su za tri raspore standardne veličine i tako dalje. Veličina i smještaj prostora za mehanizam varira i prilagodljiv je svakoj vrsti mosta. Mehanizam se može postaviti na mjesto na mostu gdje su ugradbeni problemi manji. Kod prstastih prijelaznih naprava konstrukcijski dio je daleko najjednostavniji zbog smanjenog prostora za ugradnju, te je jeftinija od naprava sa složenim mehanizmom. Kao i sve, sadrži neku manu, a to je što nije vodonepropusna. Odvodnja se osigurava gumenim brtvama koje se postavljaju ispod naprave. Između ostalog, ovakve naprave mogu preuzeti vrlo male poprečne pomake. Kod vertikalnih pomaka između nekih dijelova naprave nastaje stepenica koja je jako opasna za prometnu sigurnost. [3]



Slika 8 Prijelazna naprava za veće pomake s međuletovima i brtvenim profilima, [3]

2.7. Prijelazne naprave za željezničke mostove

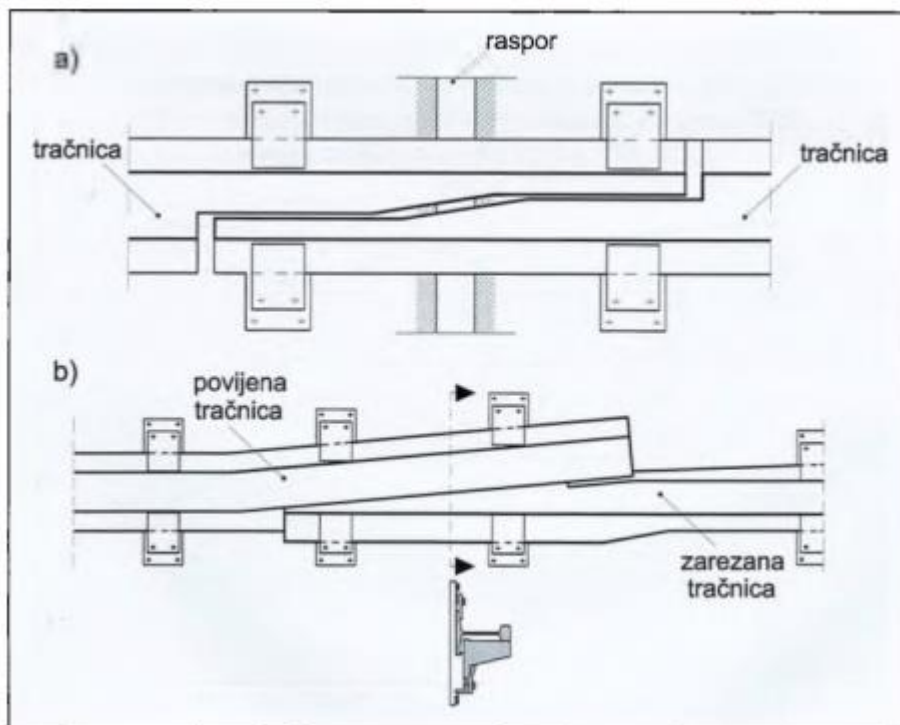
Kod željezničkim mostova razmatraju se dva elementa, to su dilatacija mosta i dilatacija tračnica. Prijelazne naprave kod željezničkih mostova mogu biti jednostavnije od onih cestovnih mostova, jer je kontinuitet prometnice osiguran sa neprekinutošću tračnica. Dva su načina polaganja kolosijeka na most: otvoreni kolosijek koji je vezan izravno za nosač mosta i zatvoren kolosijek na mostu na kojem se prevode pragovi i tračnice položene na posteljicu, slično kao i kod prilaza na most. Kod tipova mostova s otvorenim kolosijekom raspор između upornjaka i mosta se ne prekriva. Što se tiče zatvorenih kolosijeka, može se izvesti prijelaznica koja štiti zastor od osipanja, ostavljajući raspор otvorenim. Kao i kod cestovnih mostova gumeni profili koji formiraju koritu služe za odvodnju, kako se voda ne bi slijevala preko ležajeva. Rješenje sa zatvorenim raspорom pruža se preko posteljica koja je bolja po pitanju održavanja, jer stroj ne prekida rad.



Slika 9 Lijevo: otvorena prijelazna naprava željezničkog mosta s kolosiječnim zastorom, desno: zatvorena prijelazna naprava s elastomernim jastukom, [3]

Mnoge željezničke uprave preferiraju izvedbu zavarenog dugog tračničkog traka, bez prijelaznica, pa moderni mostovi danas u svijetu nemaju prijelaznih uređaja za tračnice. Eurokod 1 daje pravila za najveću duljinu neprekinutih tračnica. Središte temperaturnih pomaka i kraja sklopa ne smije prijeći preko 60 metara za čelične konstrukcije. S druge strane betonski ili spregnuti mostovi s kolosiječnim zastorom na mostu ne smije prijeći 90 metara. Ukoliko duljina dilatacije prelazi te vrijednosti, moraju se koristiti prijelazne naprave. Prijelazni uređaj ne nalazi se direktno nad raspорom mosta, već se nalazi na nasipu, u blizini mosta. To mjesto može biti iza upornjaka. Uglavnom se koriste dva tipa prijelaznih naprava. Jedan tip sastoji se od dviju

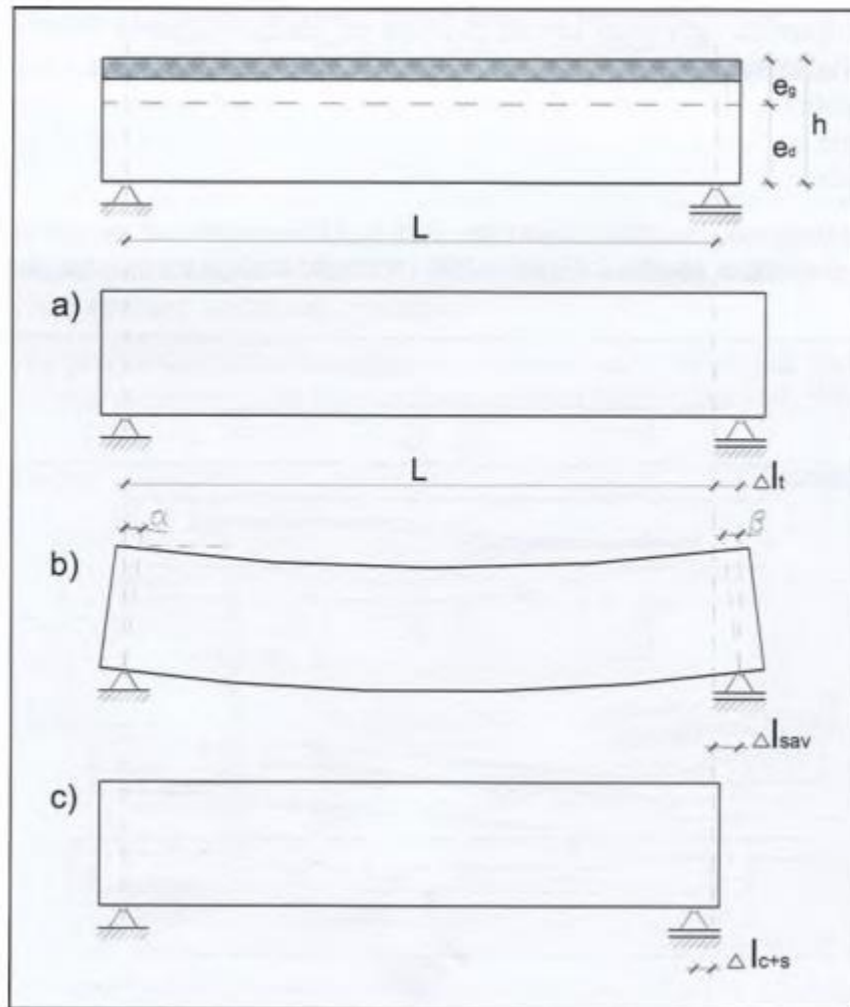
zareznih tračnica među kojima je prorez. Nedostatak tog tipa je upravo u tome što postoji prorez između tračnica. Opterećenje od željezničkih vozila predaju se preko smanjenog profila tračnica. Prijelazna naprava za brzu željeznicu sastoji se od tračnice koja je u nagibu 1:70 do 1:100 i tračnice koja je povijena u jednakom nagibu. [3]



Slika 10 Prijelazne naprave za tračnice željezničkih mostova, [3]

2.8. Proračun pomaka za dimenzioniranje prijelaznih naprava

Glavna djelovanja koja se uzimaju u obzir preko dimenzioniranja naprave uzrokuju dominantne uzdužne pomake sklopa. U slučaju jačeg potresa, mogu se dopustiti oštećenja naprave, ali ona bi trebala biti takva da omogućuju brzo i jednostavno ponovno uspostavljanje nužnog prometa. Neki tipovi naprava konstruirani su na način da se, u slučaju iznimnih pomaka, pojedini dijelovi kontrolirano lome, pri čemu oštećenja omogućuju prolaz interventnih vozila neposredno nakon potresa.



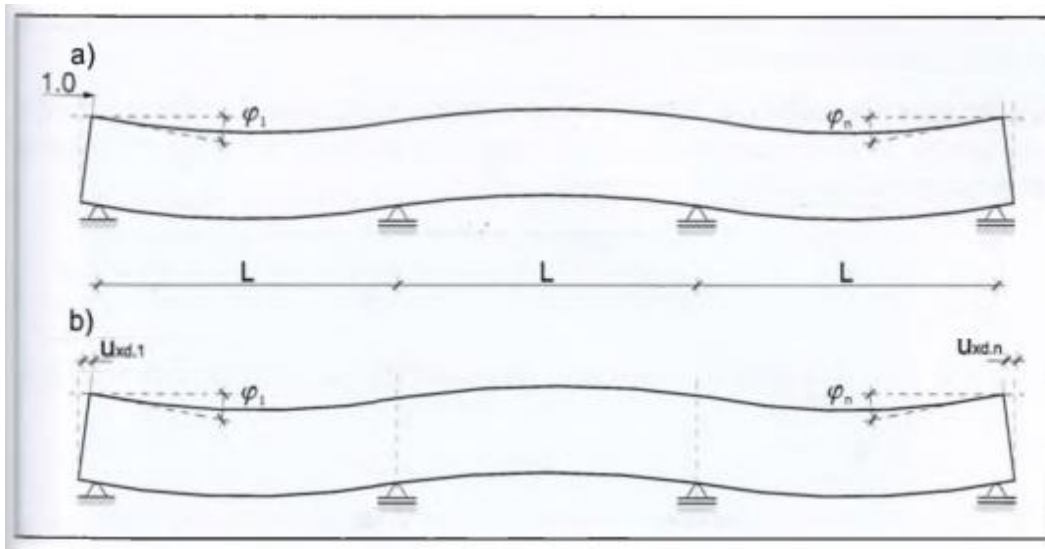
Slika 11 Učinak nekih djelovanja bitnih za dimenzioniranje naprave, [3]

a) Jednolika temperatura

b) Korisno opterećenje

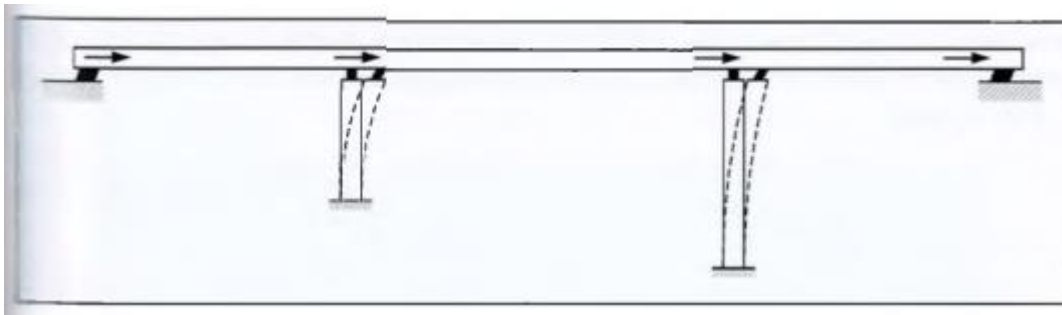
c) Skupljanje i puzanje

Pomaci koji nastaju uslijed deformacija uzrokovanih djelovanjem opterećenja treba računati tako da se uzima u obzir visina konstrukcije uz postavljanje korisnog opterećenja prema utjecajnim linijama za uzdužni pomak.



Slika 12 a) utjecajna linija za uzdužni pomak kraja sklopa, b) uzdužni pomaci kontinuiranog sklopa uslijed djelovanja vertikalnog opterećenja, [3]

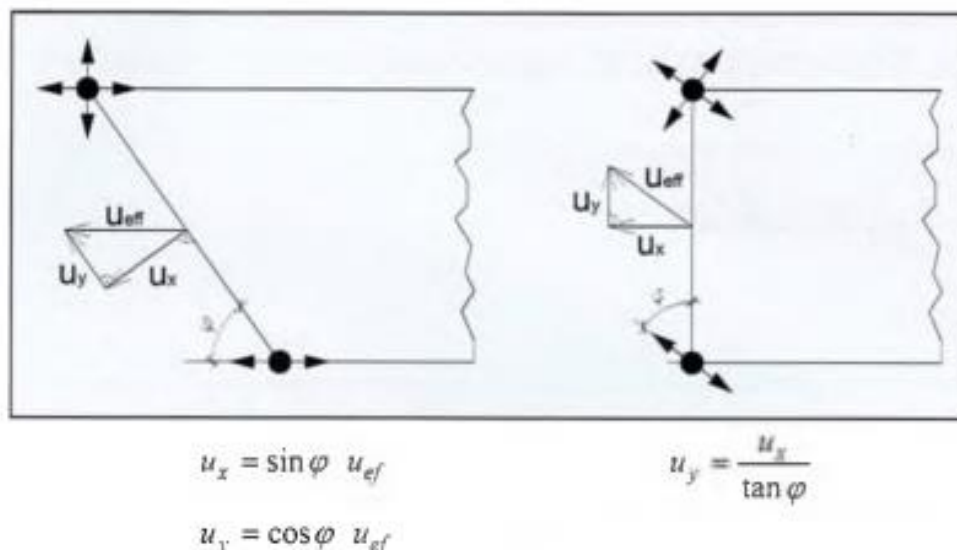
Proračun uzdužnih pomaka na prijelaznim napravama posebno je složen kada se čitav rasponski sklop oslanja na elastomerne ležajeve. Zbog uzdužnih sila na takvim mostovima dolazi do pomaka koje je potrebno proračunati uzimajući u obzir krutost svih elemenata donjeg ustroja.



Slika 13 Pomaci uslijed djelovanja horizontalne sile, [3]

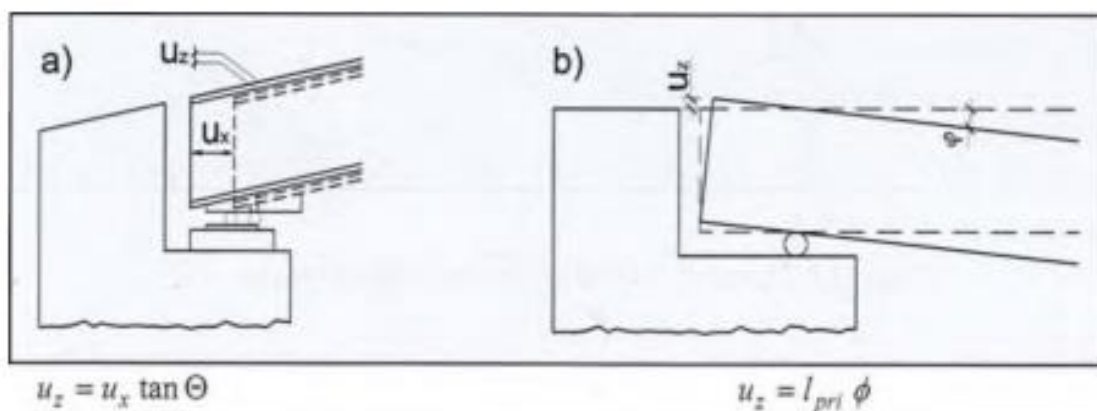
Kod prijelaznih naprava posebno je važno provjeravati pomake koji se ne odvijaju u uzdužnome smjeru mosta, jer poprečni i vertikalni pomaci mogu imati ključan utjecaj na odabir i funkcioniranje naprave. Ovi pomaci mogu biti presudni za dugoročnu stabilnost i učinkovitost sustava. Bitnu ulogu kod ocjene pomaka koji će se realizirati na mjestu prijelazne naprave ima orijentacija ležaja. Kod kosih mostova često se događa situacija da uzdužne pomake na konstrukciji uzrokuje poprečni pomak na prijelaznoj napravi. Sama veličina poprečnog pomaka ovisi o iznosu uzdužnog pomaka i kutu kosine mosta. Slična je situacija

kada diktirani pomaci ležaja nisu usmjereni u pravcu osi mosta. To se događa kod mostova u krivini s polarnim rasporedom ležaja.



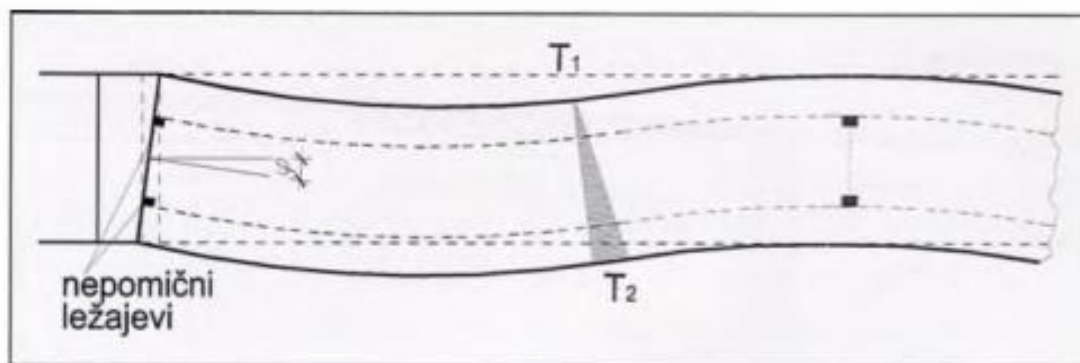
Slika 14 Pomaci na prijelaznoj napravi kod kosog mosta - lijevo i kod mosta s kosom postavom ležaja - desno, [3]

Vertikalni pomaci javljaju se na kosim mostovima kada je oslonac izveden s horizontalnim pomičnim ležajem. Određeni vertikalni pomak također nastaje zbog deformacije sklopa pod utjecajem opterećenja. Vertikalni pomaci mogu se pojaviti i prilikom podizanja sklopa tijekom zamjene ležajeva, pa je potrebno prijelazne naprave dimenzionirati uzimajući u obzir i taj utjecaj.



Slika 15 a) most u nagibu s horizontalnim pomakom, b) most s kratkom konzolnom istakom na upornjaku, [3]

Pomaci s obzirom na vertikalnu os nastaju uslijed djelovanja nejednolike temperature i djelovanja vjetra. [3]



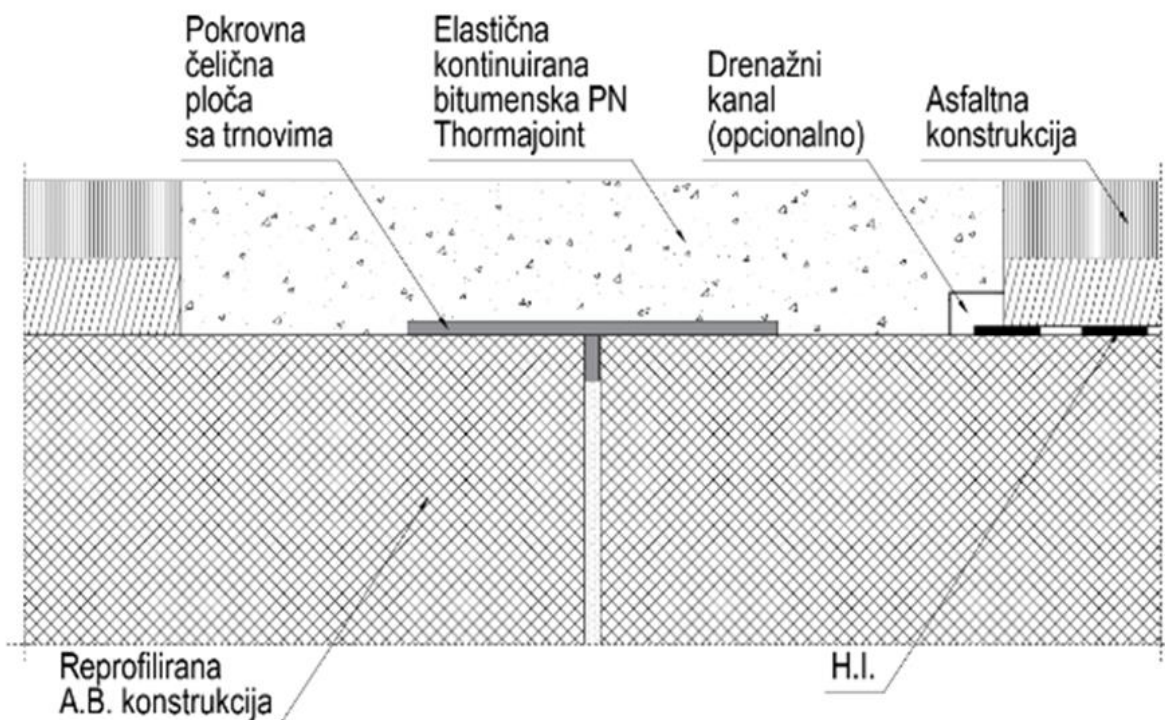
Slika 16 Nejednoliko djelovanje temperature kao uzrok zaokretanja mosta oko vertikalne osi, [3]

2.9. Raspoložive prijelazne naprave na tržištu

Prijelazne naprave koje se najčešće koriste na tržištu diljem svijeta su: bitumenska kontinuirana prijelazna naprava, poliuretanska kontinuirana prijelazna naprava, jednoprofilna prijelazna naprava sa polimer betonom, jednoprofilna čelična prijelazna naprava, čelična češljasta prijelazna naprava, modularna prijelazna naprava te armirano elastomerna prijelazna naprava.

1. Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava

Prijelazna naprava je razvijena da omogući vodonepropusnu, tihu, otpornu, pouzdanu te neprimjetnu prijelaznu napravu. Pogodna je za sve vremenske uvjete, što omogućava vrlo niske i visoke temperature te je to u rasponu od -30°C do $+60^{\circ}\text{C}$ zbog 5 različitih receptura koje odgovaraju svim klimatskim promjenama. Ta prijelazna naprava razvijena je krajem 70-tih godina prošlog stoljeća, te je tako primijenjena u 60 zemalja diljem svijeta sa ukupnim referencama preko milijun dužnih metara. Odobrena je u mnogim zemljama u svijetu te posjeduje odobrenje kod investitora u Ujedinjenom Kraljevstvu i Njemačkoj. Osnovne karakteristike bitumenske kontinuirane prijelazne naprave su: komfor prilikom prijelaza, nema buke uslijed prometa, životni vijek kao i okolno kolnička konstrukcija, horizontalni pomak do 50mm, a vertikalni 3mm. [4]



Slika 17 Poprečni presjek bitumenske kontinuirane prijelazne naprave, [4]

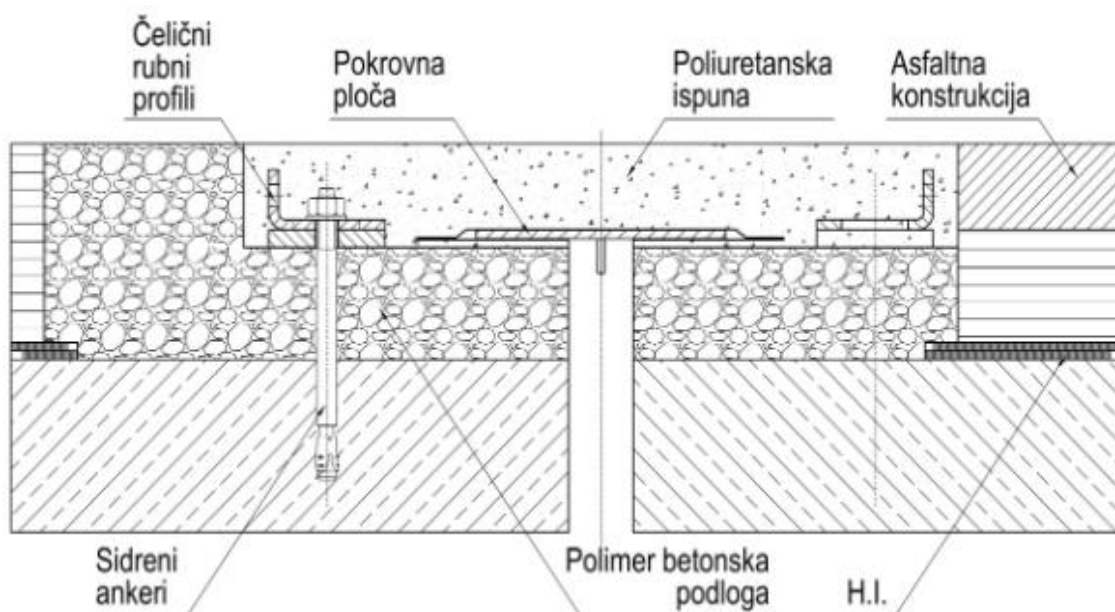


Slika 18 Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava, [4]

2. Poliuretanske kontinuirane prijelazne naprave

Poliuretanska kontinuirana prijelazna naprava najudobnija je za promet, vodonepropusna te otporna na trošenje. Razvijena je u svrhu kao naprednija verzija kontinuiranih naprava koja uvelike omogućava svojim karakteristikama instalaciju na pozicijama koje su se pokazale

riskantne prilikom ugradnje bitumenske naprave. To se najprije odnosi na pozicije kojih je potrebno savladati velike kočione sile te je uz omogućene pomake do 90 mm potrebno zadovoljiti uvjete smanjenje buke. Kutnici koji su ugrađeni od perforiranog čelika u potpunosti su prekriveni poliuretanskim materijalom koji omogućava sigurne bokove na kolničkim zastoru od pucanja i reaktivnih sila. Osnovne karakteristike poliuretanske kontinuirane prijelazne naprave su: nema buke uslijed prometa, komfor prilikom prijelaza, bez održavanja, životni vijek kao i okolna kolnička konstrukcija, nema brazdanja – kolotruga, visoka otpornost na abraziju kao što su zaustavne trake, planinske oblasti i slično. Horizontalni pomak je ukupno 90 mm, a vertikalni do 5 mm. [4]



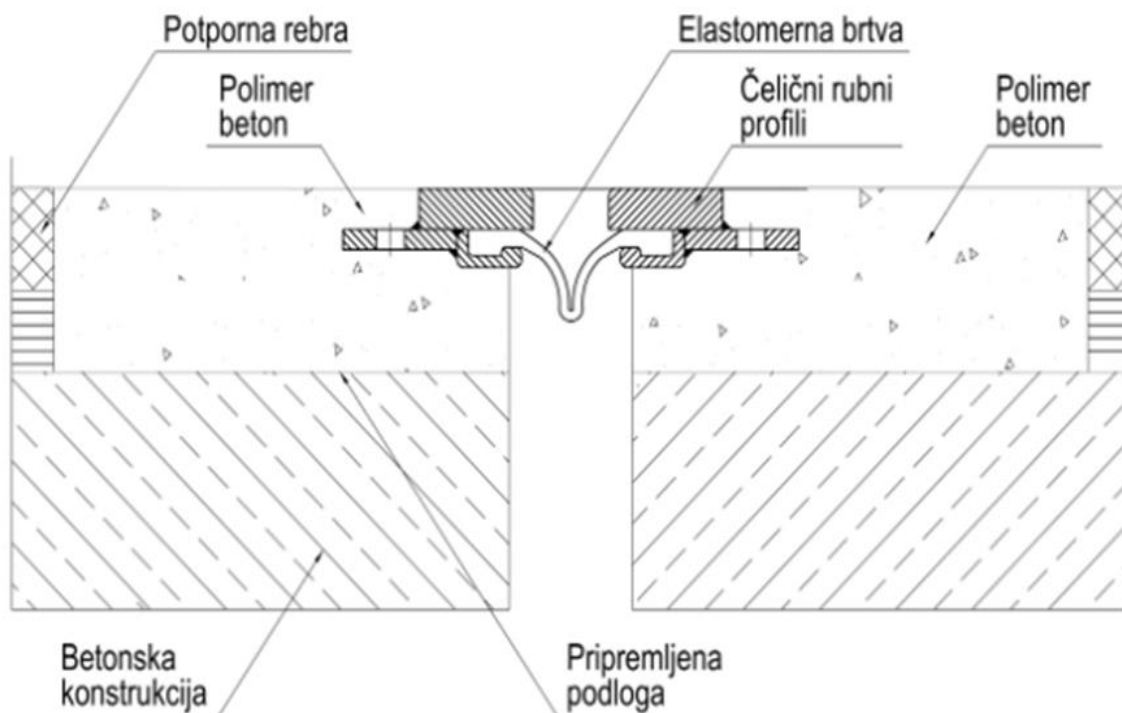
Slika 19 Poprečni presjek poliuretanske kontinuirane prijelazne naprave, [4]



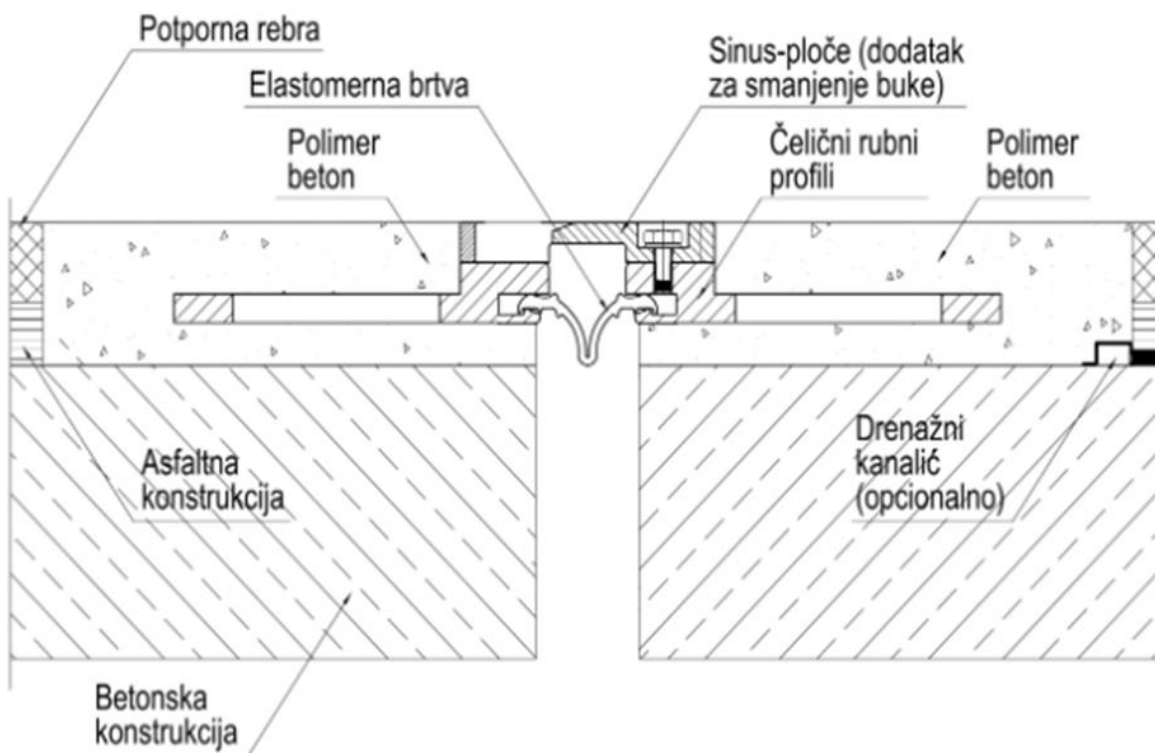
Slika 20 Poliuretanska kontinuirana prijelazna naprava, [4]

3. Jednoprofilna prijelazna naprava sa polimer betonom

Jednoprofilne prijelazne naprave sa polimer betonom omogućuju maksimalne pomake do 80 mm (+/- 40 mm), a ako su opremljene sinus pločama za smanjenje buke povećava im se ukupni kapacitet do 100 mm (+/- 50 mm). Prilikom korištenja sinus ploča smanjuje se buka prilikom prelaza vozila i do 80% s obzirom da je zbog dizajna sinus ploče vozilo u pokretu u stalnom kontaktu s podlogom te se na taj način eliminira buka nastala udarcima u rubne profile. Taj tip naprave je usidren za konstrukciju mosta pomoću brzo stvrdnjavajućeg i vodonepropusnog polimernog betona bez upotrebe dodatnih ankeri i sidrenih vijaka. Ovim pristupom omogućena je brza instalacija bez zadiranja u konstrukciju, čime se značajno smanjuje potrebno vrijeme zatvaranja prometnice. Poseban dizajn i tehničke karakteristike ovih naprava čine ih pogodnim za projekte sanacije prijelaznih naprava, gdje se traži iznimno brza ugradnja i minimalno zatvaranje prometnica. Naprave su izrađene od masivnih rubnih profila i zamjenjive gumene brtve koja osigurava vodonepropusnost tijekom pomaka konstrukcije. Ovaj tip naprava prikladan je za ugradnju na mostove s teškim prometnim opterećenjem, a otporan je na oštećenja koja obično nastaju prilikom čišćenja snijega ralicama. Osnovne karakteristike jednoprofilne prijelazne naprave sa polimer betonom su: pomaci su mogući u svim trima osima i rotacije mosta bez ograničenja, širine otvora, ovisno o standardu do 80 i 100 mm, moguća je ugradnja tak po trak što smanjuje zastoje u prometu, potrebno je kratko vrijeme očvršćivanja betona s mogućnošću puštanja prometa nakon samo 4 do 6 sati poslije ugradnje, jednostavna prilagodba na različite materijale i debljine susjednih konstrukcijskih elemenata, naprave su 100% vodotijesne, otporne na habanje i kemikalije, do 80% smanjenje buke uz upotrebu sinus ploča. [4]



Slika 21 Poprečni presjek - Tensa Crete RE 80, [4]



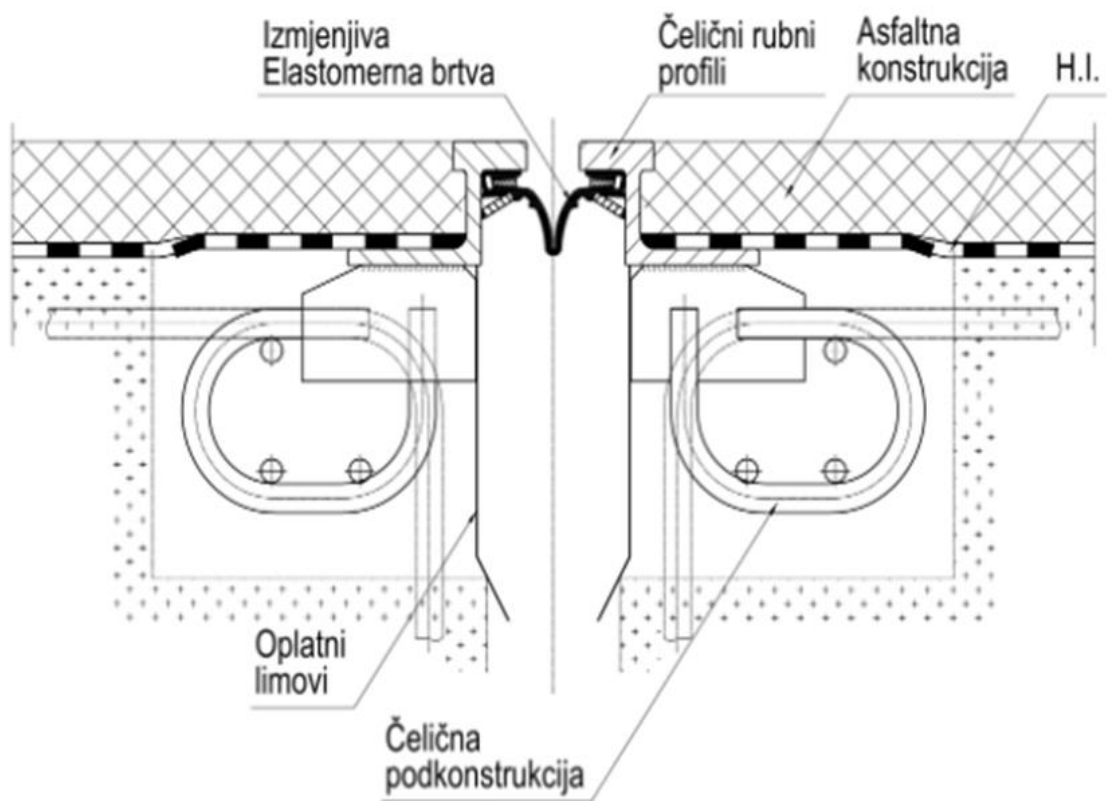
Slika 22 Poprečni presjek - Tensa Crete RE LS 100, [4]



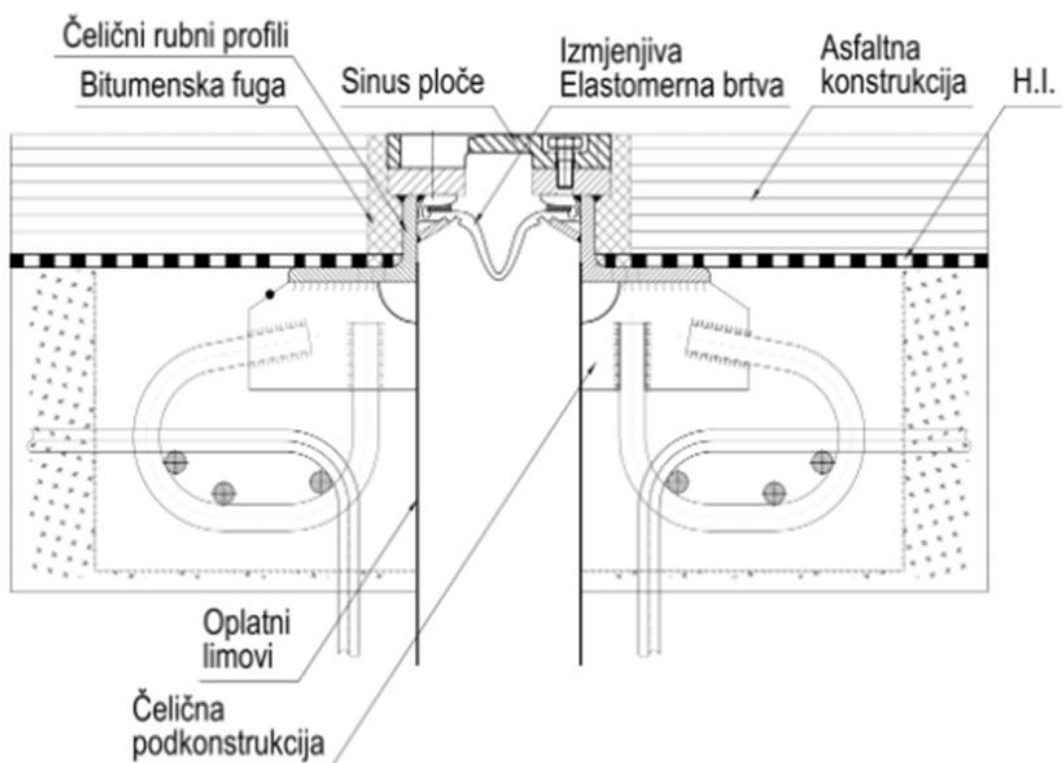
Slika 23 Jednoprofilna prijelazna naprava sa polimer betonom, [4]

4. Jednoprofilna čelična prijelazna naprava

Jednoprofilne čelične prijelazne naprave pogodne su za asfaltirane i betonirane podloge cesta, a njihovi učvršćivači su dizajnirani da bi se prilagodile tim istim podlogama. Razvijene su za korištenje na mostovima s teškim opterećenjem prometa i spremne su izdržati opterećenja s iznimno teškim teretom i ralice. Omogućuju pomake do 200 mm uz pomoć specijalnih izolirajućih profila. Naprave se mogu prilagoditi asfaltnoj površini bilo koje debljine zahvaljujući zatvorenom dizajnu. Isto kao i jednoprofilne prijelazne naprave sa polimer betonom i čelične sadrže sinus ploče koje smanjuju buku od prometa. Osnovne karakteristike jednoprofilnih čeličnih prijelaznih naprava jesu: rubni profili sadrže izbočine za spajanje s hidroizolacijskom membranom kolnika, dokazane, učvršćivačke karike testirane pod opterećenjem. [4]



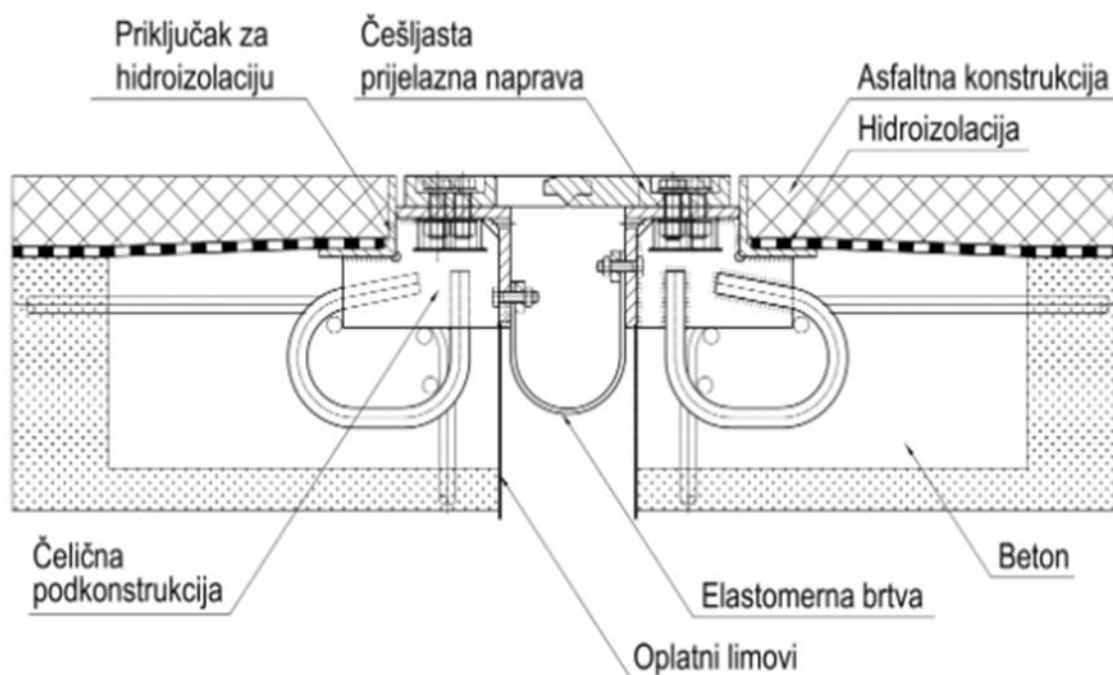
Slika 24 Poprečni presjek - Tensa Grip 80, [4]



Slika 25 Poprečni presjek - Tensa Grip 100, [4]

5. Čelična češljasta prijelazna naprava

Čelične češljaste prijelazne naprave su robusne, pouzdane i tihe. Češljasta naprava s konzolnim prstima dokazala se za uporabu na mostovima s teškim opterećenjem i za pomake od 60 do 500 mm. Robusni rubni profili naprave opremljeni su snažnim sidrenim ukosnicama za povezivanje s betonom glavne konstrukcije, što osigurava otpornost na zamor materijala. Ploče s konzolnim prstima povezane su s čeličnim profilima pomoću prednapetih vijaka visoke čvrstoće. Vodonepropusni drenažni kanal, smješten ispod ploče s prstima i dimenzioniran kako bi omogućio sve pomake naprave, spojen je s rubnim profilima. Češljasta prijelazna naprava prikladna je za asfaltne i betonirane kolnike te je površinski određena za smanjenje buke. Geometrija konzolnih prstiju sprječava stvaranje poprečnih otvora na površini kolnika, omogućujući kotačima vozila stalan kontakt s površinom naprave. Time se smanjuje buka uzrokovana udarima u rubove otvora. Rezultat je niska razina buke i visoka udobnost vožnje. Prijelazne naprave s konzolnim prstima koriste se za primjenu na mostovima u blizini stambenih naselja ili u drugim područjima osjetljivima na buku. Osnovne karakteristike čelične češljaste naprave su sljedeće: robusna i trajna izvedba naprave s dokazanim oblikovanjem, poboljšana zaštita od buke zahvaljujući zaključavanju prstima, 100% - tna vodotjesnost zahvaljujući posebno razvijenom drenažnom kanalu i lako se prilagođava različitim debljinama površinskog sloja kolnika. [4]



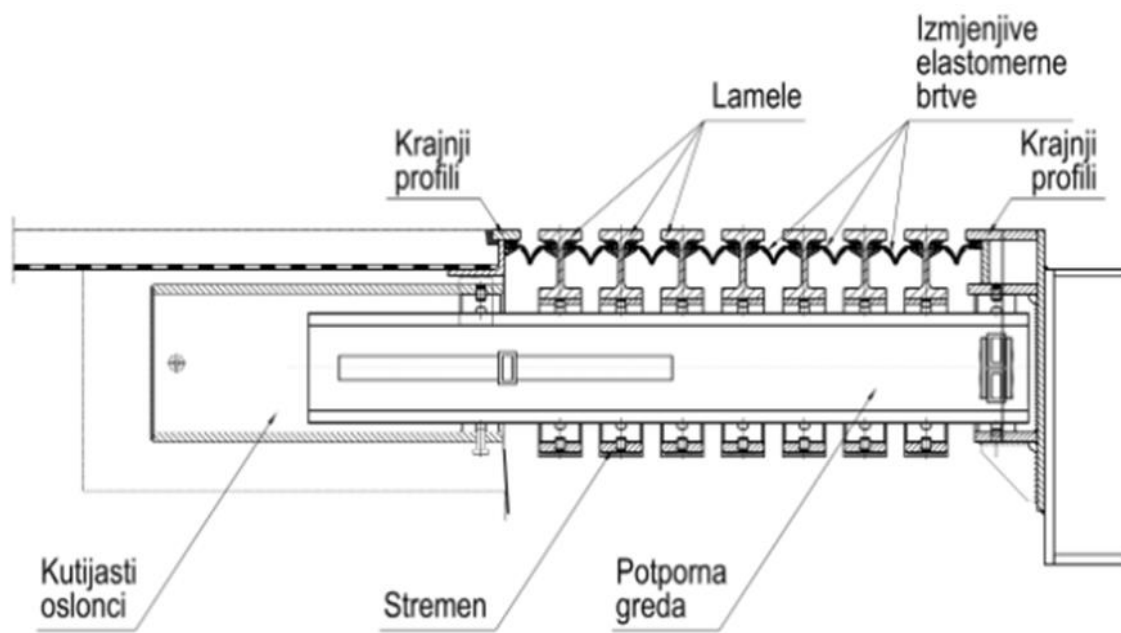
Slika 26 Poprečni presjek čelične češljaste prijelazne naprave, [4]



Slika 27 Čelična češljasta prijelazna naprava, [4]

6. Modularne prijelazne naprave

Modularne prijelazne naprave temelje se na konceptu u kojem je dilatacijski razmak na kraju kolničke ploče podijeljen na manje pojedinačne razmake horizontalnim grednim lamelama. Takav koncept omogućuje pomake kolničke ploče većim od 2000mm. Također, mogu se omogućiti zakretanja oko svih osi. Višeprofilne prijelazne naprave omogućuju pomake u svim smjerovima i stoga predstavljaju najkompleksnije proizvode u segmentu prijelaznih naprava. Ovim tipom naprava moguće je premostiti konstrukcije s ukupnim pomacima do 2400mm. Pojedinačni čelični profili povezani su vodonepropusnom gumenom brtvom, dok su pomaci pojedinih profila u potpunosti regulirani posebnim elastičnim kontrolnim sustavom. Opremanje modularnih naprava sinusnim pločama omogućuje prolazak vozila uz smanjenje buke do 80%, čime se povećava udobnost vožnje. Modularna prijelazna naprava razvijena je kao sustav koji se prilagođava specifičnim potrebama, koristeći provjerene sastavne dijelove. Osnovne karakteristike modularne prijelazne naprave su: omogućuju slobodne pomake u svim smjerovima i zakretanja oko svih osi, potpuno vodonepropustan sustav s površinskom odvodnjom, svestrano i slobodno prilagodljiv da zadovolji želje kupca, može se upotrijebiti na svim tipovima mostova, osnovan na dokazanim i pažljivo ispitanim sastavnim dijelovima i tih u slučaju da je opremljen sinus pločama. [4]



Slika 28 Poprečni presjek modularne prijelazne naprave, [4]



Slika 29 Modularna prijelazna naprava, [4]

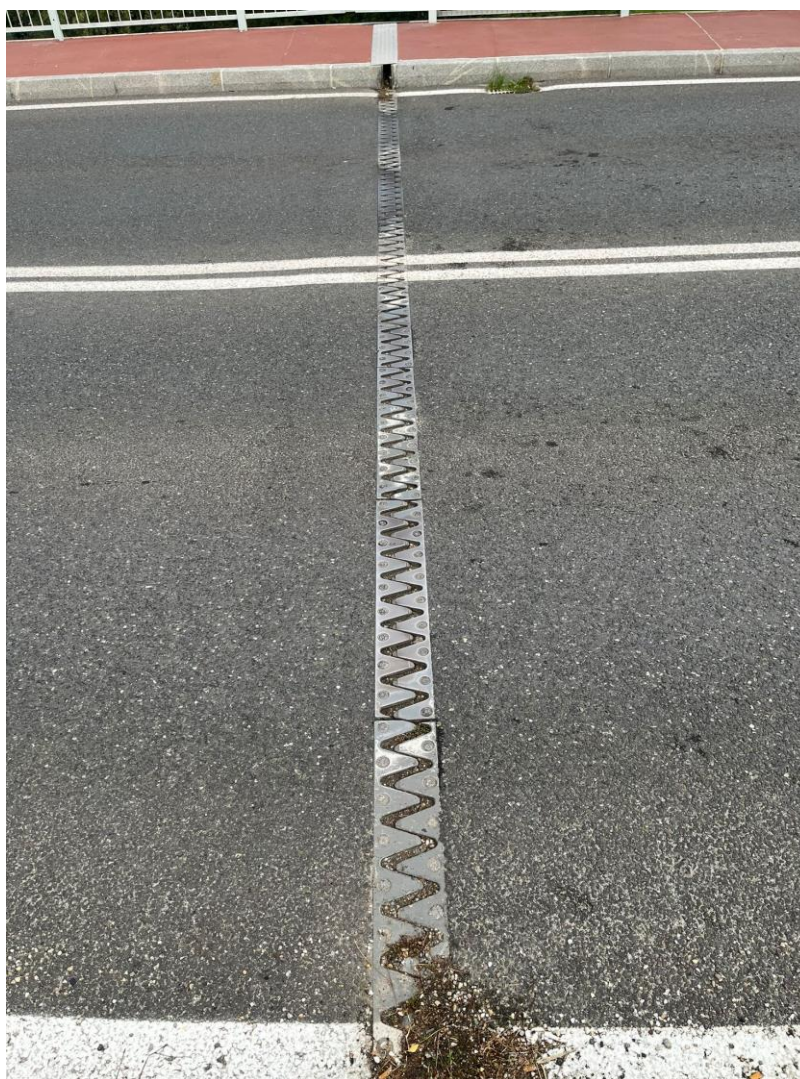
7. Armirano elastomerne prijelazne naprave

Armirano elastomerne prijelazne naprave proizvedene su za kapacitete pomaka do 330 mm (+/- 165 mm). Sidrenje ovih naprava je putem sidrenih vijaka koji su odabrani ovisno o tipu naprave. Ovaj tip naprava moguće je ugrađivati u debljini asfaltnog zastora, te ne zahtjeva veće intervencije u konstrukciji mosta. Osnovne karakteristike armirano elastomernih prijelaznih naprava su da je moguća segmentna ugradnja, sidrenje naprave bez zadiranja u konstrukciju, ugradnja u debljini asfaltnog zastora, dodatna brtva za osiguranje vodonepropusnosti, svi metalni dijelovi su vulkanizirani što znači da nema korozije, horizontalni pomaci su do 330 mm, a vertikalni pomak do 10 mm. [4]

2.10. Pregled prijelaznih naprava na manjim mostovima

Lokacija nadvožnjaka: Kalnička ulica, Čakovec

Nadvožnjak ide preko željezničke pruge u Čakovcu u Kalničkoj ulici i duljina mu je oko 400 metara. Nadvožnjak sadržava dvije prijelazne naprave jednoprofilnog tipa. Nalaze se na početku i kraju mosta. Prijelazne naprave su u dobrom stanju no moglo bi se razmišljat o maloj sanaciji na rubovima prijelaznih naprava gdje prodire biljni pokrov te na pojedinim mjestima dolazi to izvijanja prijelazne naprave.



Slika 30 Jednoprofilna prijelazna naprava na nadvožnjaku u Čakovcu, (10.10.2024.)



Slika 31 Jednoprofilna prijelazna naprava na nadvožnjaku u Čakovcu, (10.10.2024.)

Lokacija nadvožnjaka: Ulica Alojzija Stepinca, Mala Subotica

Nadvožnjak ide preko autoceste A4 Goričan – Zagreb i duljina mu je otprilike 250 metara. Pregledani nadvožnjak ima dvije prijelazne naprave, a tip je bitumenska kontinuirana prijelazna naprava. Prijelaznu napravu bi trebalo obnovit zbog rupa koje su izbile na površinu od atmosferilija i biljnog pokrova koji se nalazi u neposrednoj blizini nadvožnjaka.



Slika 32 Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava na nadvožnjaku u Maloj Subotici, (10.10.2024.)



Slika 33 Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava na nadvožnjaku u Maloj Subotici, (10.10.2024.)

Lokacija nadvožnjaka: Čakovečka ulica, Palovec

Pregledani nadvožnjak u Palovcu u Čakovečkoj ulici ide preko autoceste A4 Goričan – Zagreb. Duljina mu je oko 450 metara, a sami nadvožnjak ima dvije bitumenske kontinuirane prijelazne naprave. Naprave su u dobrom stanju te ne treba sanacija zbog nedavne obnove samog nadvožnjaka koji se odvijao 2022. godine.



Slika 34 Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava na nadvožnjaku u Palovcu, (10.10.2024.)



Slika 35 Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava na nadvožnjaku u Palovcu, (10.10.2024.)

Lokacija nadvožnjaka: Strelec, Držimurec

Nadvožnjak u Držimurcu ide preko autoceste A4 Goričan – Zagreb. Dug je oko 150 metara i sadrži dvije bitumensko kontinuirane prijelazne naprave. Prijelazne naprave trebalo bi sanirati zbog rupa koje su nastale na rubovima naprave te nisu više pogodne za prijelaz automobila i drugih prijelaznih sredstava. Također nastale su rupe i na samim krajevima prijelazne naprave i došlo je do prodora biljnog pokrova.



Slika 36 Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava na nadvožnjaku u Držimurcu, (10.10.2024.)



Slika 37 Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava na nadvožnjaku u Držimurcu, (10.10.2024.)

Lokacija mosta: Most hrvatskog bana Josipa Jelačića, Međimurska ulica, Varaždin

Most hrvatskog bana Josipa Jelačića nalazi se u Varaždinu te je to most preko rijeke Drave na ulazu u Varaždin iz smjera Čakovca, na državnoj cesti D3. Duljina mosta je oko 300 metara i sadrži 6 prijelaznih naprava. Most je obnovljen 2021. godine te su prijelazne naprave i asfaltni dio u vrlo pogodnom stanju te u nadolazećim godinama neće trebati skora obnova samog mosta.



Slika 38 Most hrvatskog bana Josipa Jelačića



Slika 39 Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava na mostu u Varaždinu, (10.10.2024.)

3. Idejni projekt mosta

3.1. Općenito

Predmetni most se izgrađuje zbog potrebe izgradnje novog cestovnog prelaza preko odvodnog kanala širine 12 m. Most je širine 8,50 metara, slobodnog profila 4,0 metra.

Most se izvodi kao pločasti debljine 85 cm, kontinuiranog raspona. Ima četiri raspona od 18,50 m. Rasponi su projektirani u skladu sa pravilima i propisima, te estetskim i funkcionalnim zahtjevima, jer most osim što mora zadovoljiti konstruktivne uvjete mora biti i estetsko-vizualna kompaktna cjelina koja se u potpunosti uklapa u okoliš.

Preko mosta prolazi prometni koridor sa dva prometna traka, te dvije pješačke staze.

Prometni koridor je širine 6,50 m, a pješački koridor je širine 0,50 m na lijevoj strani te 1,50 m na desnoj strani mosta. Na rubu pješačkih traka postavlja se zaštitna ograda.

Osim ograde, na rubu pješačkog koridora postavljaju se također i vijenci, radi ukupne vizure mosta. Taj ukupni prometni koridor nastavlja se direktno na cestu sa oba dvije strane mosta, a nalazi se u nagibu nivelete (padu) od 2,00%. Taj pad je potreban da bi se s mostom funkcionalno povezale dvije strane, te se omogućilo nesmetano odvijanje prometa.

Ukupna dužina mosta iznosi 55,50 m, a prometni koridor povezan je sa prometnicom uz pomoć prelaznih naprava.

3.1.1. Značajke temelja i tla

ZNAČAJKE TLA

Most se izvodi na podlozi gline i pijeska, koja je prethodno ispitana istražnom geotehničkim radovima, kojima je utvrđeno da podloga zadovoljava projektne zahtjeve.

RAZINA PODZEMNE VODE

Podzemne voda se nalazi na dubini koja nije kritična za normalno temeljenje stupova.

Razina je povišena u blizini vodotoka, gdje se prilikom iskopa zemlje za temelj koriste pumpe za ispumpavanje vode. Koriste se također i dodatne mjere zaštite radnika od prodora vode u iskop.

TEMELJENJE

Temeljenje stupišta radi se kao plitko temeljenje, jer je podloga stabilna, te može nositi zahtjevna opterećenja.

Temelji stupišta ukopavaju se 1 m u zemlju ispod zone smrzavanja , a visina samih temelja iznosi također 1 m. Temelji upornjaka su također ukopani 1 m, a visina im je ista kao i temeljima stupišta. Ni jedan temelj, niti jedan njegov dio, ne smije biti iznad površine (ova iznimna situacija dopuštena je jedino u stijeni).

Ispod temelja radi se tanki podložni sloj od betona C15, debljine 10 cm. Zadatak tog sloja je da izravna moguće neravnine u iskopu, te omogućuju ispravno nalijeganje temelja na podlogu.

3.1.2. Donji ustroj

UPORNJACI, KRILA

Upornjaci i krila izvode se betonom klase C40/50 i kvalitetom armature B500B.

Upornjak se radi neposredno iznad temelja upornjaka, a izvodi se tako da se nakon zatrpavanja zemljom dio upornjaka nalazi ispod razine tla, a dio je iznad razine tla te je vidljiv. Upornjak je od temelja do ležaja visok 2,17 m (lijevi), te 2,10 m (desni), a širok je 1,30 m. Pri vrhu upornjaka izvodi se istak, a paralelno do njega, na ravnu podlogu vrha postavlja se ležaj.

Iza upornjaka izvode se krila upornjaka dužine 2,90 m (lijevo), te 2,90 m (desno).

Upornjak i krila zaštićuju se od prodora vlage, i to na način da se odgovarajuće površine upornjaka i krila oblažu hidroizolacijom. Hidroizolacija se postavlja pažljivo , i na stručan način da ne bi došlo do njenog oštećenja tokom postavljanja, zbog kojeg bi ona izgubila svoju funkciju.

STUPOVI

Stupovi se također izvode betonom klase C40/50 i kvalitetom armature B500B.

Postavljaju se neposredno na temelj stupišta i to na način da na jedno stupište idu dva paralelna stupa (na svaki stup naliježe se jedno rebro). Dio stupa je pod zemljom, i to prvih 1m stupa od temelja, a ostali dio je iznad zemlje te je vidljiv. Visina svih stupova varira od položaja stupa na mostu, a proporcionalna je nagibu nivelete. Visina stupova iznosi 7,23 m, 6,88 m, 6,54 m. Stupovi su pravokutnog presjeka stranice 60/160 cm, dok su na vrhu proširenja za preše prilikom postavljanja ili zamjene ležajeva.

Prilikom betoniranja stupova izvodi se skela koja se radi prema projektu skele.

VIDLJIVE PLOHE

Oplata se radi od dasaka i gredica, koje su obrađene u tesarskom pogonu. Oplata se oslanja na skelu.

Vidljivi dio stupova ostaje od betona nakon skidanja oplata, dok se vidljivi dio upornjaka oblaže dekorativnim kamenim pločama. Upornjaci se oblažu kamenim pločama prvenstveno iz dekorativnih razloga.

3.1.3. Gornji ustroj

RASPONSKI SKLOP

Gornji ustroj izvodi se betonom klase C30/37 i kvalitetom armature B500B.

Most u poprečnom presjeku ima širinu od 8,50 m. Konstruktivna visina ploče iznosi 85 cm.

U poprečnom presjeku ploča je iskonstruirana u nagibu 2,0%. Konzolni dio ploče je širine 0,5 m s lijeve te 1,50 m s desne strane. Rasponski sklop projektiran je tako da štedi beton, a omogućuje maksimalnu nosivost.

LEŽAJI

Cijeli rasponski sklop oslanja se preko ležaja na stupove i upornjake. Ležaji su projektirani i izvedeni na način da u potpunosti udovolje statičkim uvjetima, te uvjetima prenosa sila. Širina ležaja u donjem dijelu iznosi 60 cm, a visina 20 cm. Ležaji se izvode od čelika u specijaliziranim pogonima, te se kao gotove jedinice dovoze na gradilište gdje se vrši montaža.

PRIJELAZNE NAPRAVE

Prijelazne naprave postavljaju se na krajevima mosta između kolnika na nasipu i kolnika na mostu, i to između krila upornjaka. Izvode se tako da omogućе kvalitetan prijelaz sa prometnice na most i obratno. Omogućuju male vertikalne pomake tako da ustvari obavljaju i funkciju dilatacione reške između prometnice i mosta. Prelazne naprave također se izvode od čelika i to u specijaliziranim pogonima te se dovoze na gradilište gdje se samo montiraju.

HIDROIZOLACIJA, ZASTOR

Betonska ploha ispod kolnika prekriva se hidroizolacijom radi sprječavanja prodora vlage na zastor.

Zastor se izvodi od asfalta i to u dva sloja. Prvi nosivi sloj debljine je 3,0 cm, a drugi habajući sloj je 4 cm.

3.1.4. Odvodnja

RASPONSKI SKLOP

Odvodnja na rasponskom sklopu rješava se preko sustava slivnika koji su postavljeni na razmacima od 12 m i 14 m. Cijevi za odvodnju idu ispod pješačkih staza, a izvedene su od plastike. Cijeli rasponski sklop izveden je u padu od 2,5% na jednu stranu, i to prema slivnicima. Pješačka staza je izvedena u padu od 2,0% prema slivnicima, tako da su sve oborinske vode koje padnu na rasponski sklop obuhvaćene sustavom odvodnje na mostu.

Cijevi odvodnje vode do kraja mosta, i to onog koji se nalazi na nižoj koti (u smjeru pada nivelete), te se tu dalje ispuštaju u vanjsku kanalizacijsku mrežu.

UPORNJACI

Iza upornjaka radi sa drenaža koja odvodi vodu iza upornjaka u vanjsku kanalizacijsku mrežu.

3.1.5. Zaštitna oprema

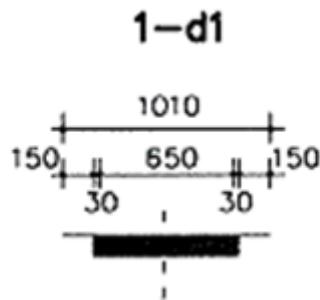
Na most se postavljaju zaštitne ograde, izrađene od željeza i premazane bojom i zaštitnim lakom tako da su u potpunosti zaštićene od hrđe. Visina im je 1 m, a rupe u ogradi su postavljene na razmaku od 20 cm.

Na prometnom koridoru nalaze se svi potrebni prometni znakovi, te obilježja na cesti koja omogućuju siguran promet kako za vozila tako i za pješake.

3.2. Definiranje konstrukcije

3.2.1. Definiranje prometnog profila

1. kategorija 1-d1



Slika 40 Pravilnik [5]

3.2.2. Definiranje raspona AB pune ploče

Odabrani raspon 18,50 m.

Debljina ploče određena je na temelju raspona i iskustvenih preporuka:

$$L/22 = 1850 / 22 = \text{cca } 85 \text{ cm} = 850 \text{ mm}$$

3.3. Statički proračun i dimenzioniranje rasponskog sklopa

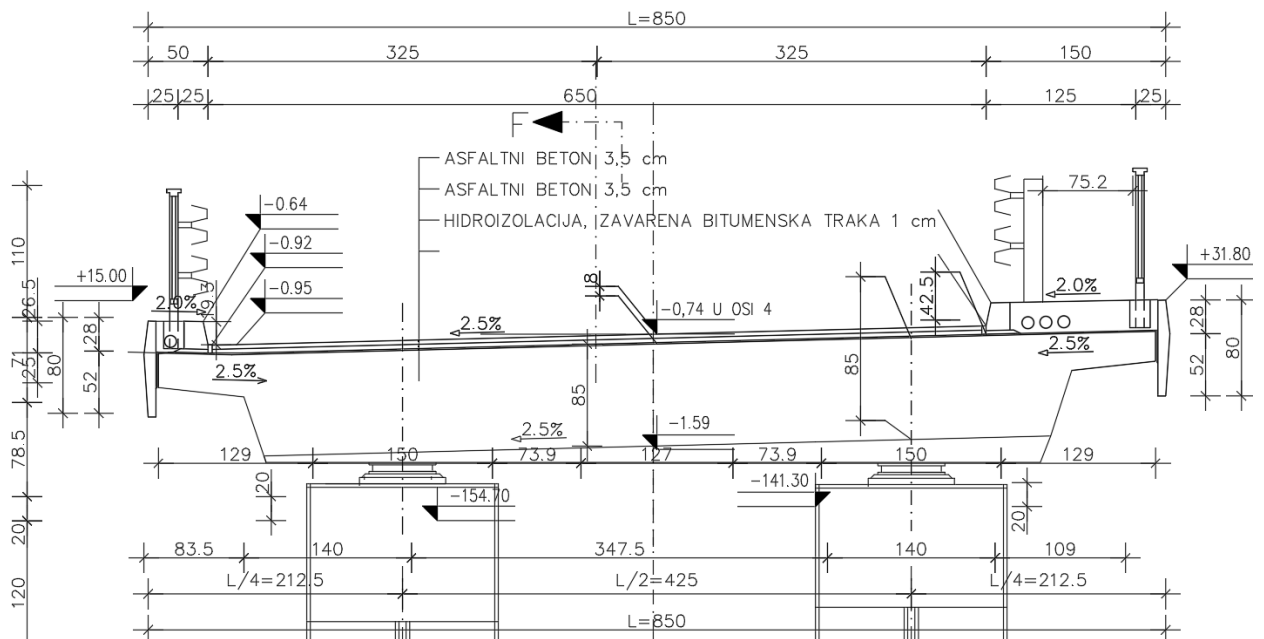
3.3.1. Analiza opterećenja

Opterećenja:

- Vlastita težina mosta po fazama građenja (G_1)
- Dodatno stalno - asfalt, ograda, izolacija, (G_2)
- Prometna anvelopa (simetrično i nesimetrično) (Q)
- Potres

Opterećenja vlastite težine mosta po fazama građenja, dodatna stalna (asfalt, ograda, izolacija, instalacije), prometna anvelopa i potres biti će obrađeni u ovom proračunu.

3.3.2. Vlastita težina mosta (g)



Slika 41 Prikaz mosta sa osnovnim dimenzijama

- Širina glavne prometne trake $L=3.25+3.25=6.50$ m

- AB ploča $d=85$ cm

Računa se traka širine 1,0 m

VI. težina (po m^2) $g=0,85m \cdot 25kN/m^3=21.25 kN/m^2$

VI. težina (po m^1) $g=21,25 kN/m^2 \cdot 6.50 m=138,13 kN/m^1$

$g=138,13 kN/m^1$

3.3.3. Dodatno stalno (g_1 i g_2)

Kolnik (po m^1)

- asfalt $6.5 \cdot 0.07 \cdot 22$ 10,01 kN/ m^1
- izolacija $8,5 \cdot 0.01 \cdot 21$ 1,79 kN/ m^1

$$\Delta g_1 = 11,80 \text{ kN}/m^1$$

Hodnik (po m^1)

- konzole $(0,30m^2 + 0,32m^2) \cdot 25 \text{ kN}/m^3$ 15.50 kN/m
- pješačka staza $(0.50m+1,50m) \cdot 0.28m \cdot 25kN/m^3$ 18,0 kN/m
- ograda $0.50 \text{ kN}/m^1 \cdot 2$ 1,0 kN/m
- vijenac $0.062m^2 \cdot 25kN/m^3 \cdot 2$ 3.10 kN/m

$$\Delta g_2 = 37,60 \text{ kN}/m$$

$$\Delta g = \Delta g_1 + \Delta g_2 = 49,40 \text{ kN}/m^1$$

Stalno opterećenje po dužnom metru nosača:

$$g + \Delta g = 138,13 + 49,40 = 187,53 \text{ kN}/m^1$$

Proračunsko stalno opterećenje na mostu po metru širine ploče (nosača):

$$g = 187,53 / 6,50 = 28,85 \text{ kN}/m \text{ širine ploče}$$

3.3.4. Prometno i pokretno opterećenje (p, Q)

Prema: HRN EN 1991-2

Eurokod 1 : Djelovanja na konstrukcije – 2.dio : Prometna opterećenja mostova

Tablica 1 Djelovanje na konstrukcije, [6]

Carriageway width w	Number of notional lanes	Width of a notional lane w_l	Width of the remaining area
$w < 5,4 m$	$n_l = 1$	3 m	$w - 3m$
$5,4m \leq w < 6m$	$n_l = 2$	$\frac{w}{2}$	0
$6m \leq w$	$n_l = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right)$	3 m	$w - 3 \times n_l$

NOTE For example, for a carriageway width equal to 11m, $n_l = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right) = 3$, and the width of the remaining area is $11 - 3 \times 3 = 2m$.

w (širina kolnika) = 6,5 m

broj prometnih trakova : $n = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right) = \left(\frac{6,5}{3}\right) = 2$

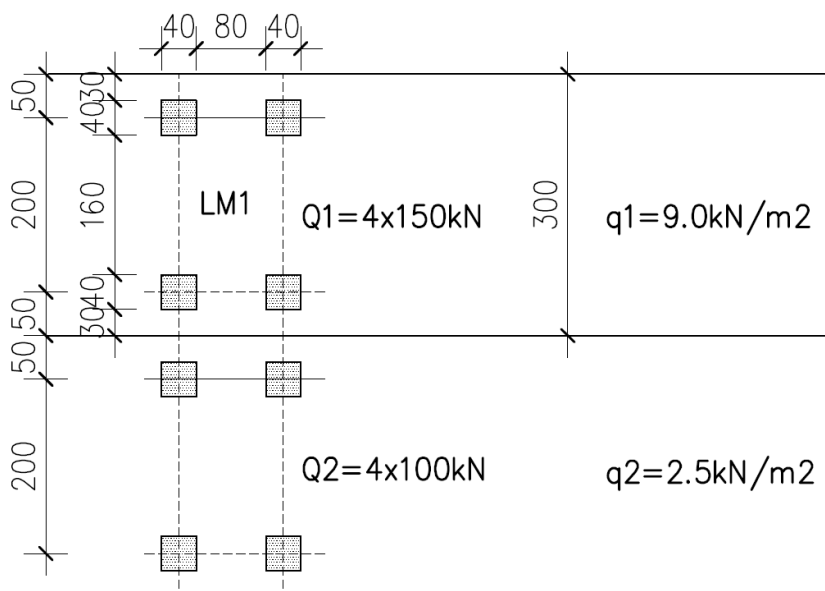
preostala širina kolnika : 0,5 m

širina prometnog traka : 3m

b)) Odabir modela opterećenja (Tablica HRN EN 1991-2)

MODEL 1

- glavni sustav opterećenja
- za koncentrirana i jednoliko raspoređena opterećenja
- svaki prometni trak opterećuje se s dva osovinska tereta Q_{ik} na razmaku 1,2 m i s kontinuiranim opterećenjem q_{ik}
- preostala ploha opterećuje se s kontinuiranim opterećenjem q_{rk}
- kotač vozila je pretpostavljenih dimenzija 40x40cm

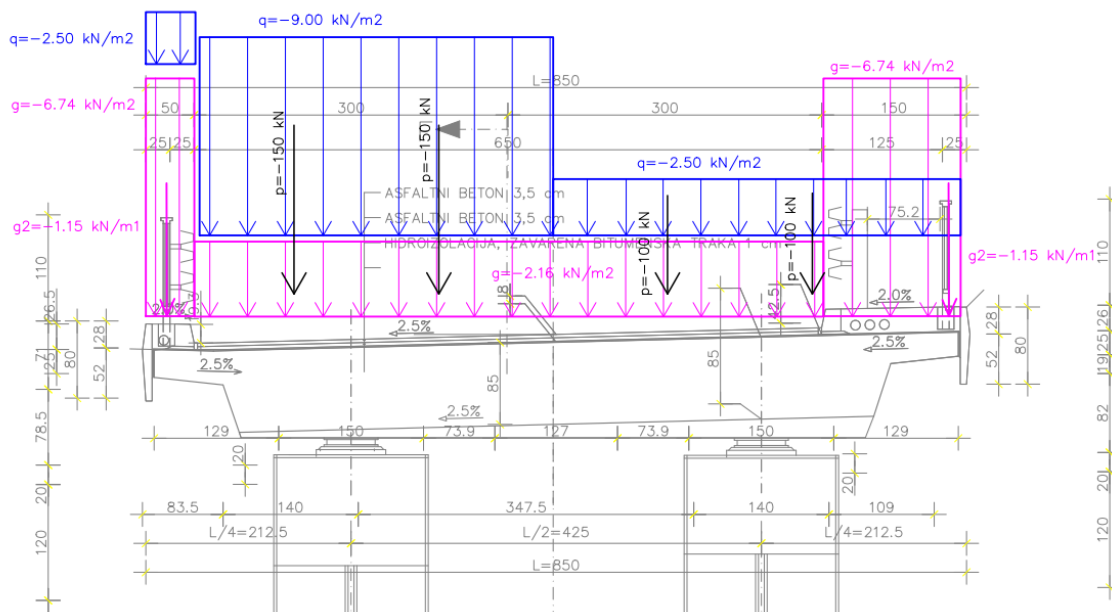


Slika 42 Odabir prometnog opterećenja, [6]

Prometno opterećenje (opterećenje vozilom) uzet će se u svemu prema HRN EN 1991-2

4 x 150 kN

4 ´ 100 kN

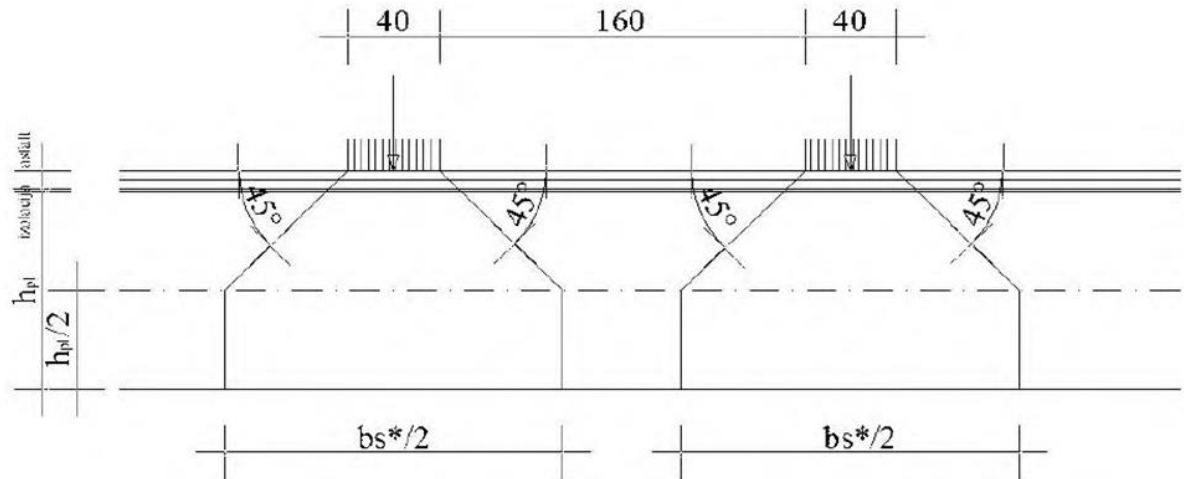


Slika 43 Raspodjela prometnog opterećenja na nosaču

Kontinuirano prometno opterećenje za linijski štapni nosač

$$q = (2,5 \cdot 0,5 + 9 \cdot 3,00 + 2,5 \cdot 4,50) / 6,50 = 6,58 \text{ kN/m}$$

c) Poprečna razdioba koncentriranih sila od kotača



Slika 44 Poprečna razdioba koncentriranih sila od kotača, [7]

Pločasti nosač – l_x = raspon 18.5m

$$\frac{b_s}{2} = 40 + 2 \times \left(\frac{h_{pl}}{2} + \text{asfalt} + \text{izolacija} \right) = 40 + 2 \times (85/2 + 7 + 1) = 141 \text{ cm} = 1,41 \text{ m}$$

$$b_s/2 \cdot 2 = 2,82 \text{ m}$$

Koncentrirano prometno opterećenje za linijski štapni nosač:

$$Q = \sum \frac{Q_{ik}}{b_s}$$

$$b_s = b_1 + 0,2 \cdot l_x = 2,82 + 0,2 \cdot 18,5 = 21,52 \text{ m}$$

$$b_s \geq \frac{l_y}{2}$$

$$21,52 \geq 6,50/2 = 3,25 \text{ m} \rightarrow \text{mjerodavna je vrijednost } b_s = 3,25 \text{ m}$$

$$Q = \frac{Q_{1k}}{b_s} + \frac{Q_{2k}}{b_s}$$

$$Q = \frac{150,00}{3,25} + \frac{150,00}{3,25} = 92,30 \text{ kN} \text{ dobivena koncentrirana sila zamjenjuje djelovanje dva kotača}$$

(jedne osovine) na proračunsku traku širine 1 m.

3.4. Statički proračun rasponskog sklopa na računalu

Pretpostavke:

- pojednostavljen linijski model;
- broj štapova jednak je broju raspona mosta (3 polja);
- broj oslonaca jednak je broju raspona mosta +1, odnosno linijski model ima 4 oslonaca;
- duljina pojedinih raspona odgovara duljini od osi do osi ležaja.

Statički proračun napravljen je u softveru DLUBAL RFEM 5.0

Opterećenja za proračun

- stalno (djeluje uvijek) $g = 28,25 \text{ kN/m}$
- pokretno (postaviti na nosač tako da izazove najnepovoljniji utjecaj)
 - kontinuirano prometno $q = 6,58 \text{ kN/m}$
 - koncentrirano prometno od vozila $Q = 92,30 \text{ kN/m}$

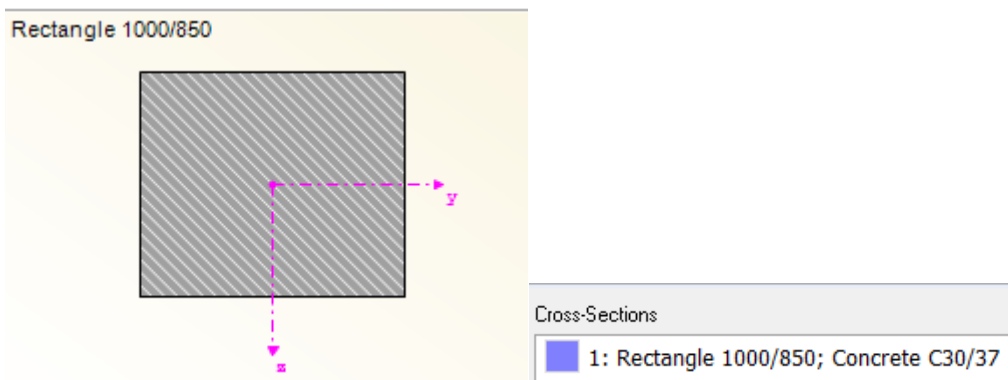
pokretno opterećenje od vozila postavlja se po položajima od početka do kraja mosta:

- 1 m od oslonca nosača, za najveću poprečnu silu uz oslonac;
- u četvrtini raspona;
- u polovici raspona, za najveće momente.

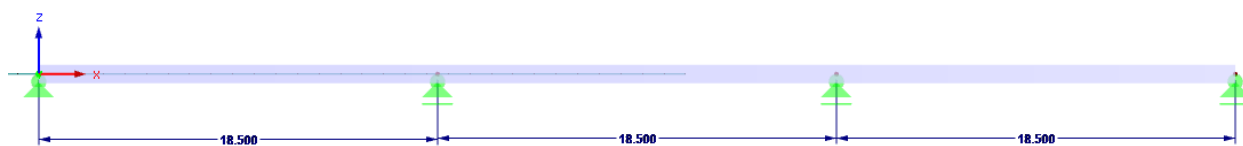
Ostala proračunska opterećenja (npr., horizontalne sile od potresa, vjetra, jednolike i nejednolike promjene temperature, sila kočenja i polaska vozila, te vertikalne sile, npr. od nejednolikog slijeganja oslonaca) nisu uzeta u obzir. Dobivena opterećenja postavljena su na poprečni presjek $1,0 \times 0,85 \text{ m}$ ($\text{š} \times \text{d}$), odnosno za 1m širine ploče.

3.4.1. Proračunski model – opterećenja

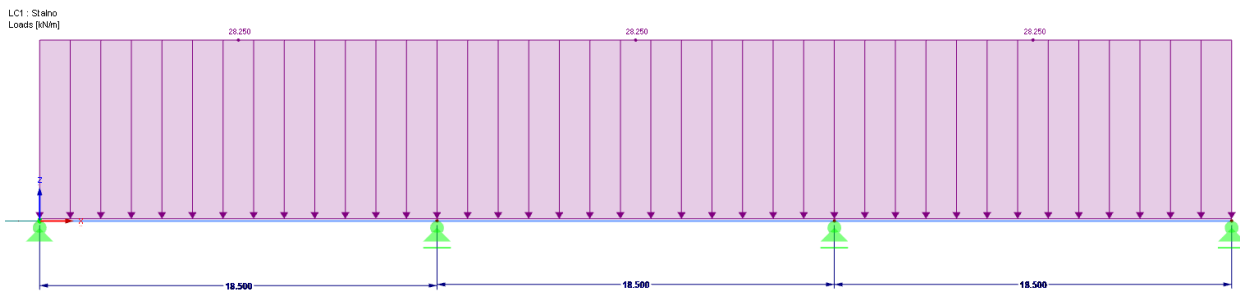
Poprečni presjek: $b/h = 1000/850$ mm, klasa betona C30/37



Slika 45 Poprečni presjek, pravokutnik 1000/850, klasa betona C30/37



Slika 46 2D model



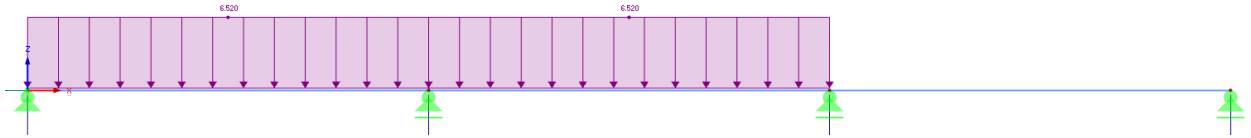
Slika 47 Stalno opterećenje

Kontinuirana pokretna (korisna) opterećenja – 4 kombinacije tako da se ostvare najveći utjecaji u svakoj točki nosača, odnosno najveće apsolutne vrijednosti unutarnjih sila.



Slika 48 1. kombinacija korisnog opterećenja

LC3 : Korisno 2
Loads [kN/m]



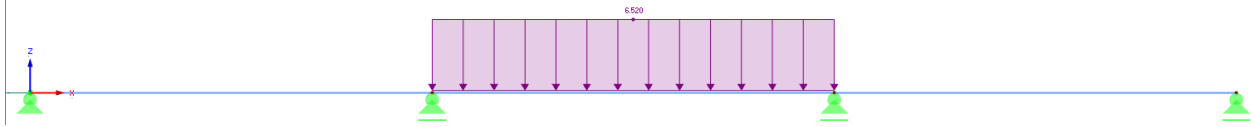
Slika 49 2. kombinacija korisnog opterećenja

LC4 : Korisno 3
Loads [kN/m]



Slika 50 3. kombinacija korisnog opterećenja

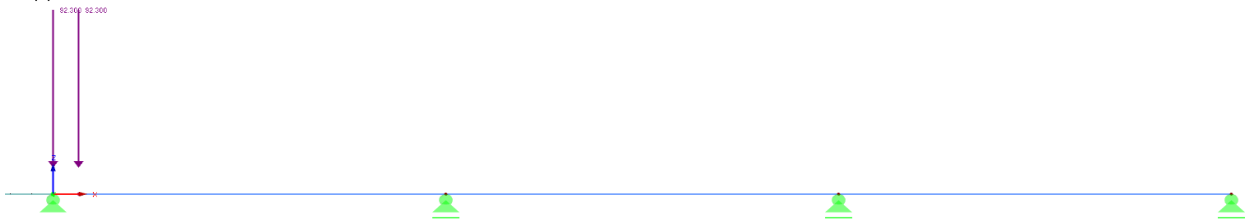
LC5 : Korisno 4
Loads [kN/m]



Slika 51 4. kombinacija korisnog opterećenja

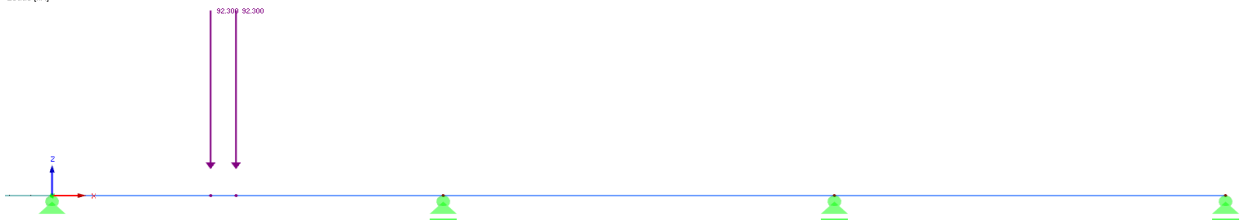
Prometno koncentrirano

LC7 : Moving load x = 0.000 m, CA1 - Generation of moving loads
Loads [kN]



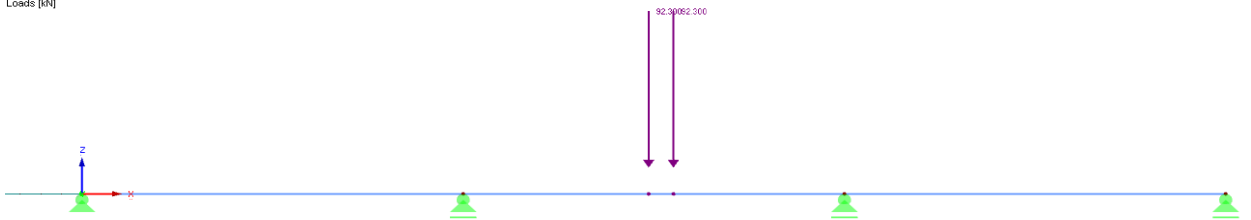
Slika 52 Pokretno opterećenje x = 0,00 m

LC22 : Moving load x = 7.500 m, CA1 - Generation of moving loads
Loads [kN]



Slika 53 Pokretno opterećenje x = 7,500 m

LC62 : Moving load x = 27.500 m, CA1 - Generation of moving loads
Loads [kN]



Slika 54 Pokretno opterećenje x = 27,500 m

Prometna koncentrirana opterećenja zadana su automatski po duljini nosača za svaku pojedinu kombinaciju na pomaku svakih 0,5 m. Najopterećeniji dijelovi po deformaciji i momentima će se zasebno izvući za dimenzioniranje iz envelope prometnog opterećenja. Tražimo najveće iznose unutarnjih sila u nosaču, kako bismo na temelju istih dimenzionirali armaturu.

3.4.2. Opterećenja i kombinacije opterećenja

Existing Load Cases		
G	LC1	Stalno
Qi F	LC3	Pokretno1
Qi F	LC4	Pokretno2
Qi E	LC5	Pokretno3
Qi F	LC6	Pokretno4

Slika 55 Opterećenja

Existing Load Combinations		
STR	CO1	$1.35G + 1.5Q_{iF1}$
STR	CO2	$1.35G + 1.5Q_{iF2}$
STR	CO3	$1.35G + 1.5Q_{iE}$
STR	CO4	$1.35G + 1.5Q_{iF3}$
STR	CO5	$1.35G + 1.5Q_{iE} + 1.5Q_{i16}$
STR	CO6	$1.35G + 1.5Q_{iF3} + 1.5Q_{i16}$
STR	CO7	$1.35G + 1.5Q_{iF2} + 1.5Q_{i56}$
STR	CO8	$1.35G + 1.5Q_{iE} + 1.5Q_{i56}$
STR	CO9	$1.35G + 1.5Q_{iF1} + 1.5Q_{i94}$
STR	CO10	$1.35G + 1.5Q_{iF3} + 1.5Q_{i94}$
S Ch	CO11	$G + Q_{iF1} + Q_{i16}$
S Ch	CO12	$G + Q_{iF2} + Q_{i56}$
S Ch	CO13	$G + Q_{iF3} + Q_{i94}$

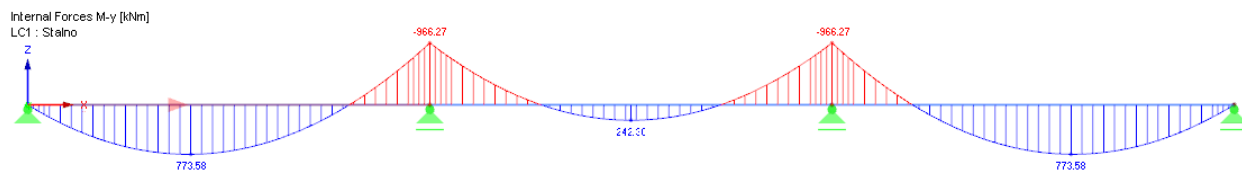
Slika 56 Kombinacije opterećenja za GSN i GSU stanje

3.4.3. Unutarnje sile iz softvera Dlubal RFEM 5.0

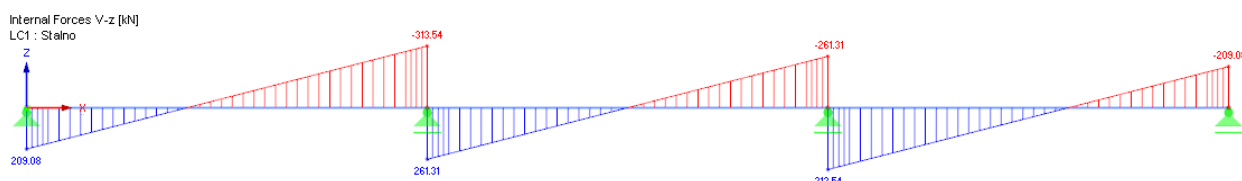
Prikaz unutarnjih sila, deformacija i reakcija po opterećenjima:

- Za potrebe ispunjavanja tablice mjerodavnih nefaktoriziranih mjerodavnih sila za dimenzioniranje nosača.

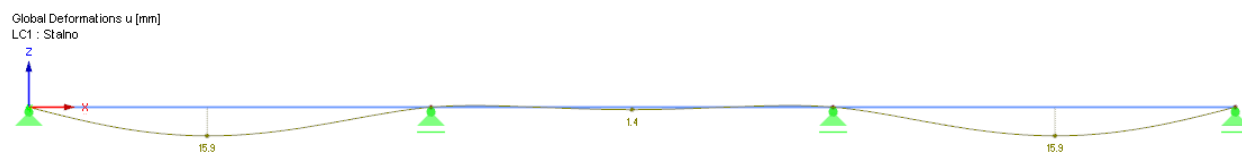
Stalno



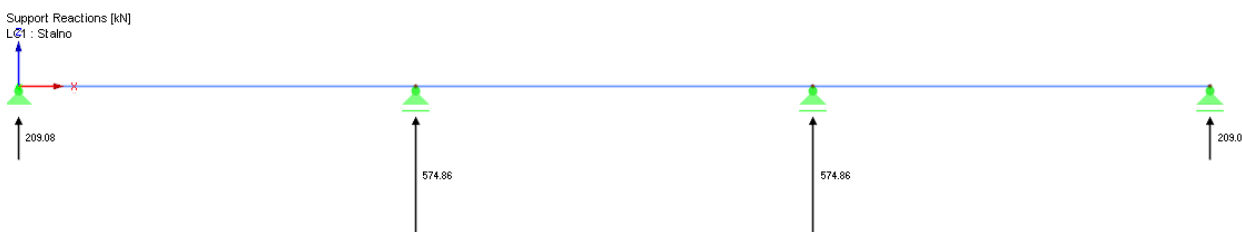
Slika 57 Unutarnje sile M-y [kNm]



Slika 58 Unutarnje sile V-z [kN]

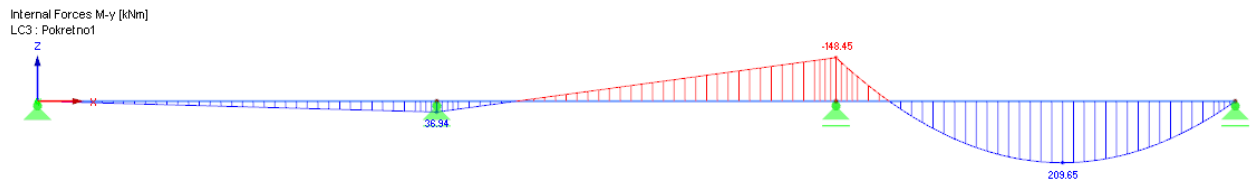


Slika 59 Deformacije [mm]

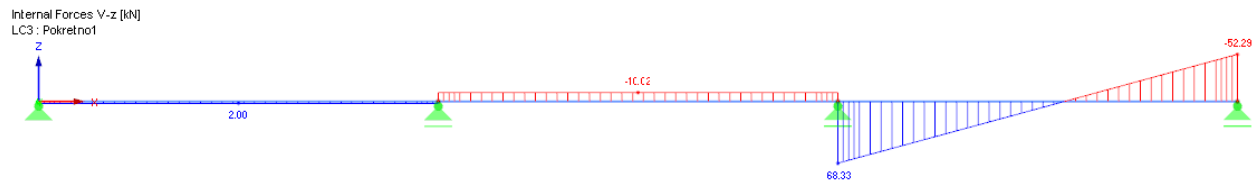


Slika 60 Reakcije oslonca [kN]

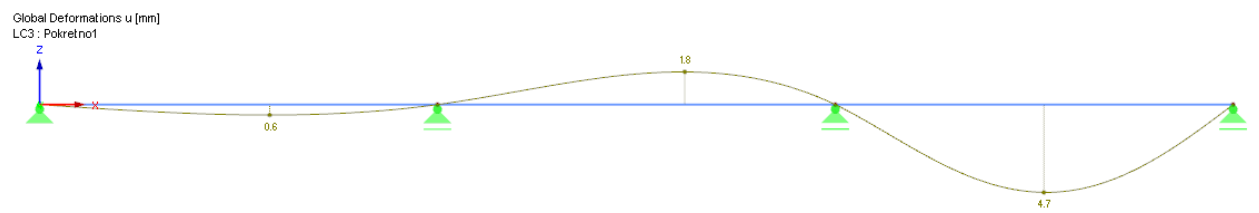
Pokretno



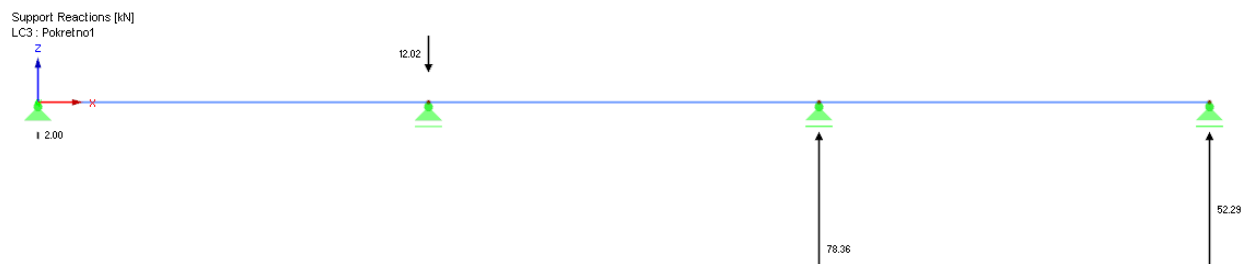
Slika 61 Unutarnje sile M-y [kNm]



Slika 62 Unutarnje sile V-z [kN]

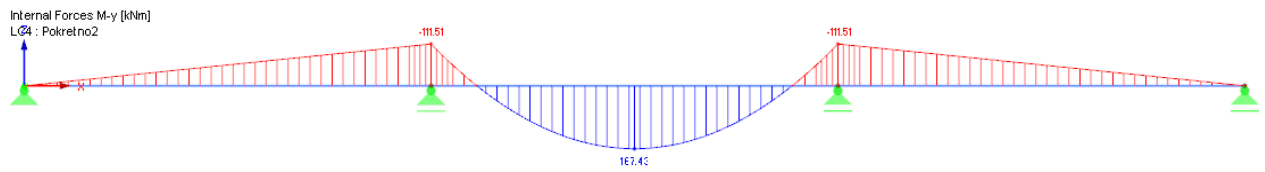


Slika 63 Deformacije [mm]

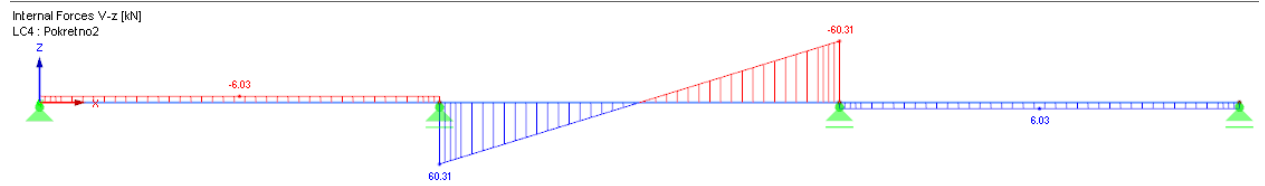


Slika 64 Reakcije oslonca [kN]

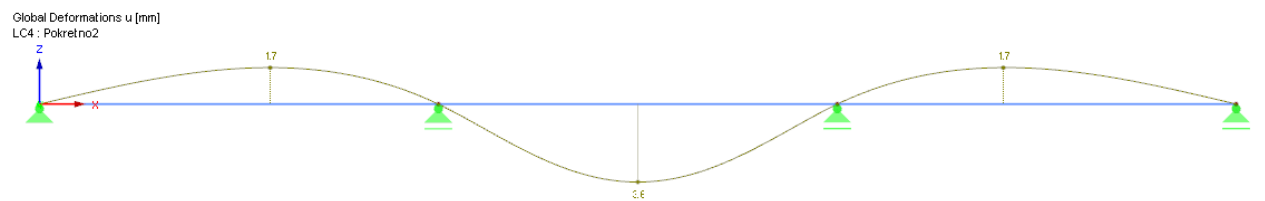
Pokretno 2



Slika 65 Unutarnje sile M-y [kNm]



Slika 66 Unutarnje sile V-z [kN]

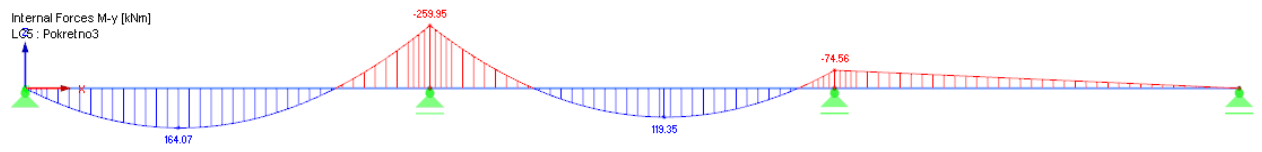


Slika 67 Deformacije [mm]

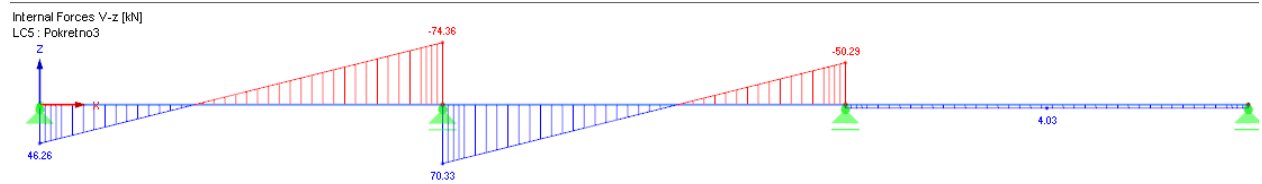


Slika 68 Reakcije oslonca [kN]

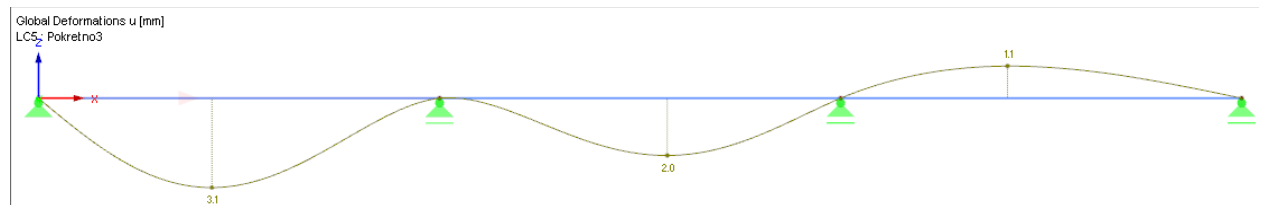
Pokretno 3



Slika 69 Unutarnje sile M-y [kNm]



Slika 70 Unutarnje sile V-z [kN]

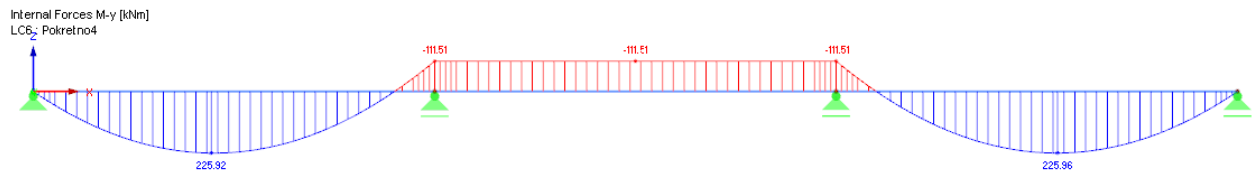


Slika 71 Deformacije [mm]



Slika 72 Reakcije oslonca [kN]

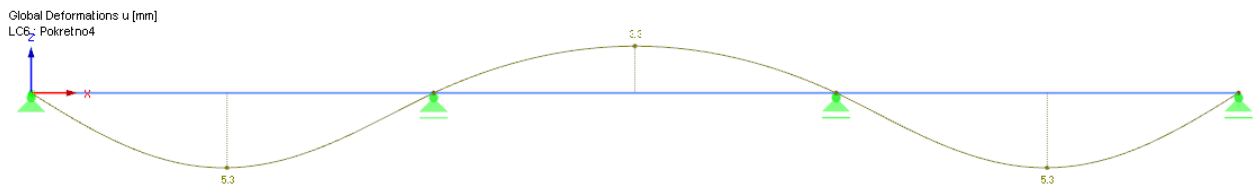
Pokretno 4



Slika 73 Unutarnje sile M-y [kNm]



Slika 74 Unutarnje sile V-z [kN]



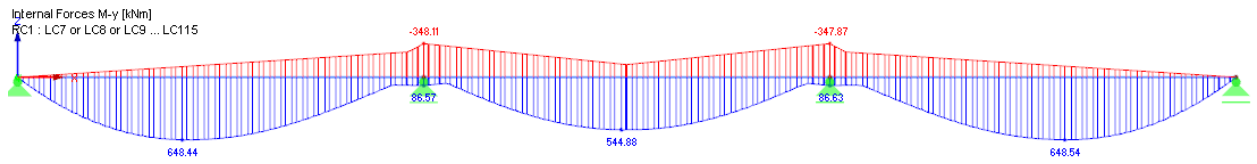
Slika 75 Deformacije [mm]



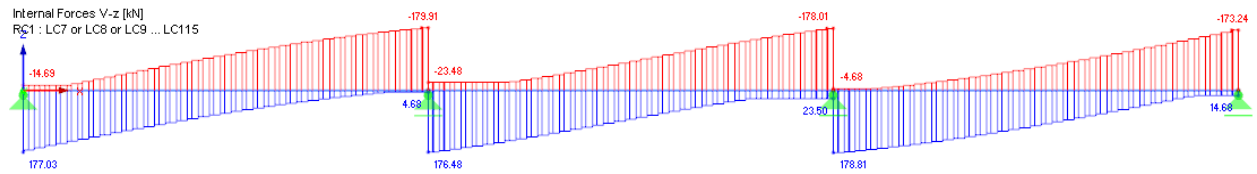
Slika 76 Reakcije oslonca [kN]

Prometno opterećenje vozilom

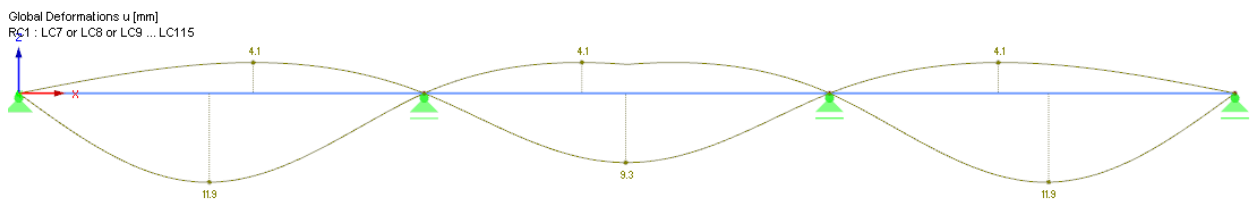
Envelopa prometnog opterećenja (maksimalni iznosi)



Slika 77 Unutarnje sile M-y [kNm]

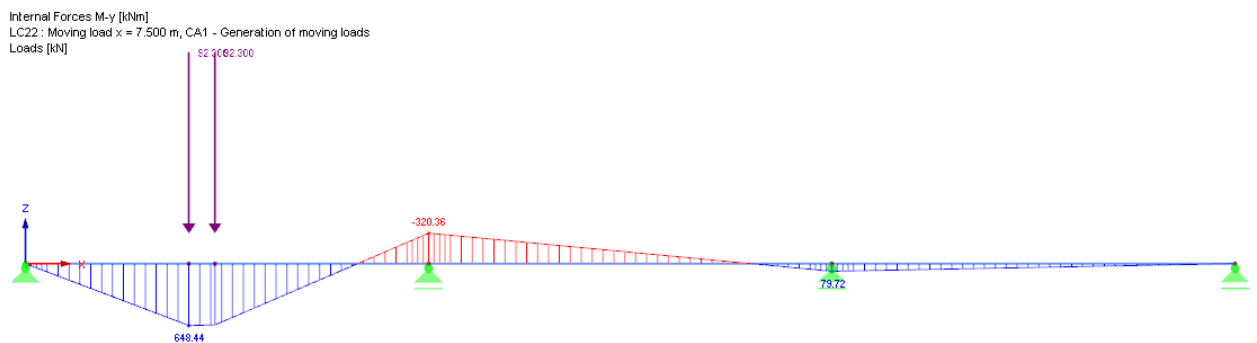


Slika 78 Unutarnje sile V-z [kN]



Slika 79 Deformacije [mm]

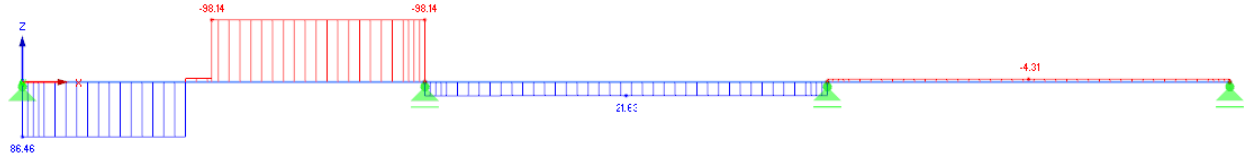
Prikaz prometnog opterećenja po slučajevima:



Slika 80 Unutarnje sile M-y [kNm]

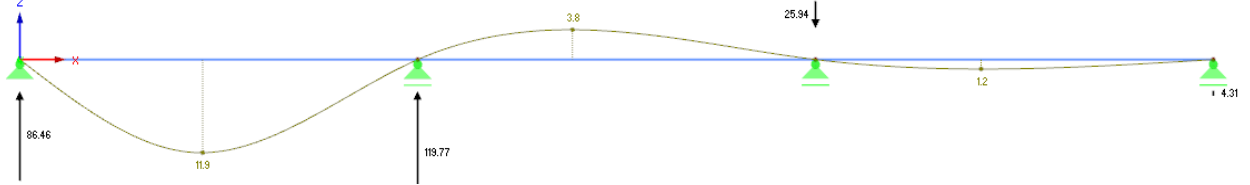
Maksimalni moment u prvom polju (648,44 kNm)

Internal Forces V-z [kN]
 LC22 : Moving load x = 7.500 m, CA1 - Generation of moving loads



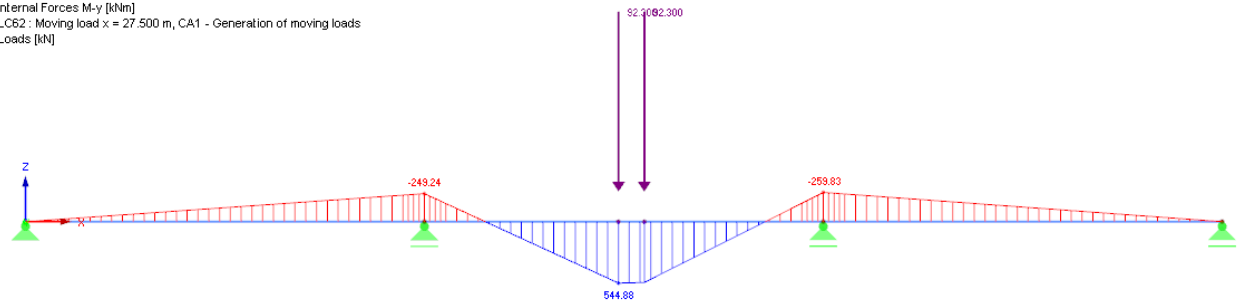
Slika 81 Unutarnje sile V-z [kN]

Global Deformations u [mm]
 Support Reactions [kN]
 LC22 : Moving load x = 7.500 m, CA1 - Generation of moving loads



Slika 82 Deformacije [mm]

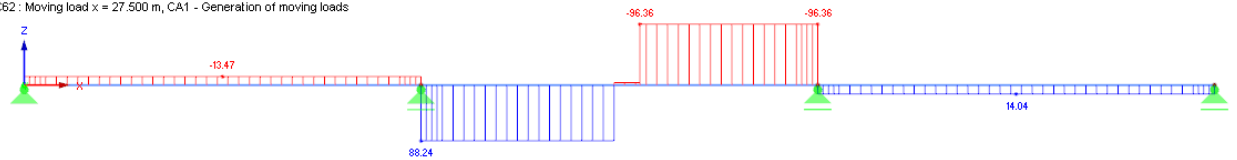
Internal Forces M-y [kNm]
 LC62 : Moving load x = 27.500 m, CA1 - Generation of moving loads
 Loads [kN]



Slika 83 Unutarnje sile M-y [kNm]

Maksimalni moment u drugom polju (544,88 kNm)

Internal Forces V-z [kN]
 LC62 : Moving load x = 27.500 m, CA1 - Generation of moving loads



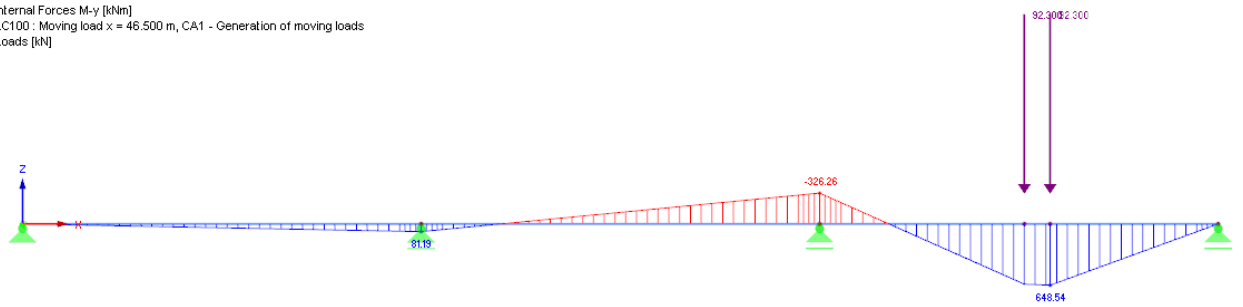
Slika 84 Unutarnje sile V-z [kN]

Global Deformations u [mm]
 Support Reactions [kN]
 LC62 : Moving load x = 27.500 m, CA1 - Generation of moving loads



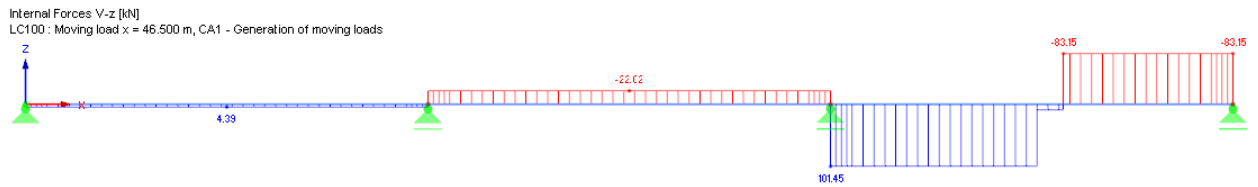
Slika 85 Deformacije [mm]

Internal Forces M-y [kNm]
 LC100 : Moving load x = 46.500 m, CA1 - Generation of moving loads
 Loads [kN]

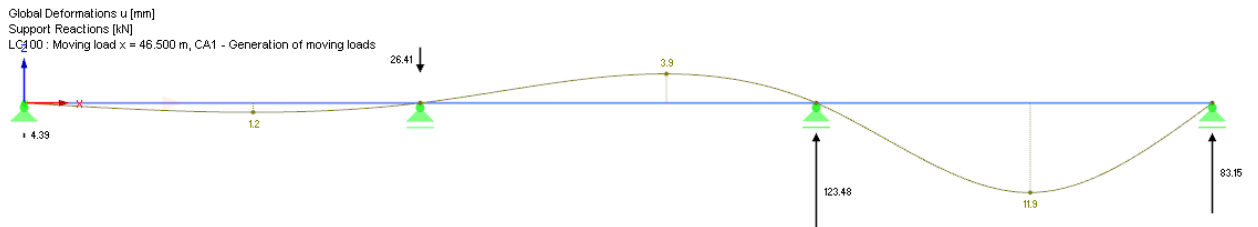


Slika 86 Unutarnje sile M-y [kNm]

Maksimalni moment u trećem polju (648,54 kNm)



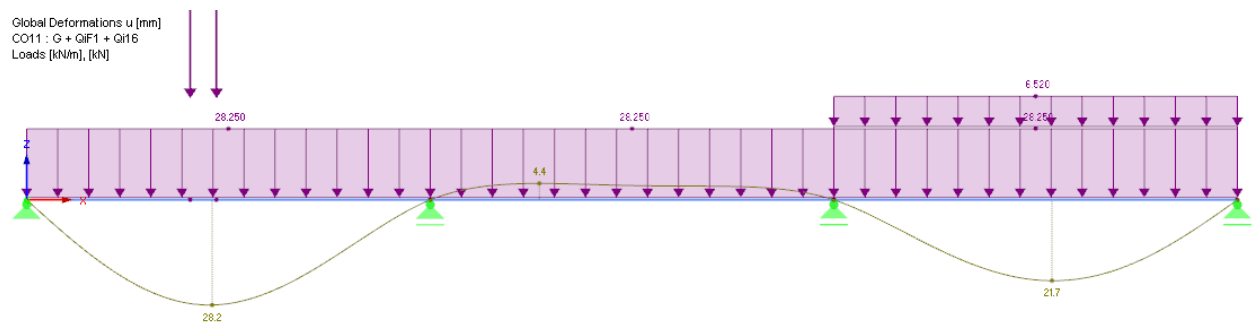
Slika 87 Unutarnje sile V-z [kN]



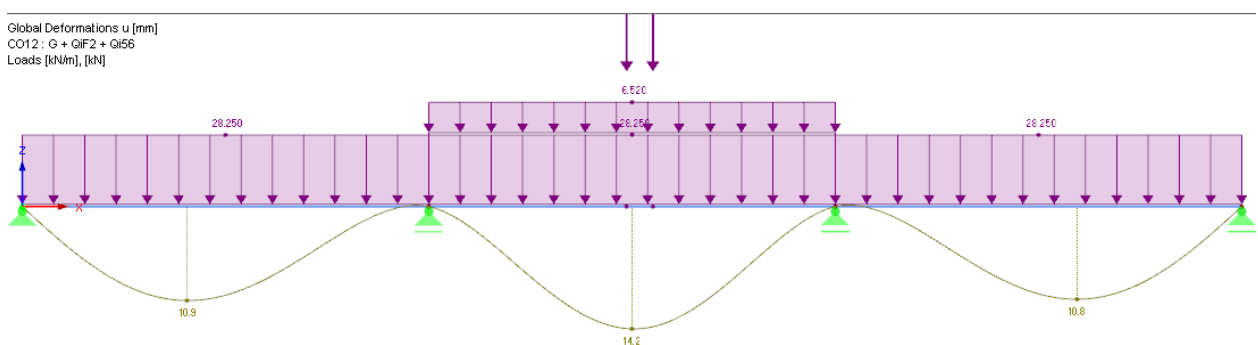
Slika 88 Deformacije [mm]

Deformacije – progibi - kombinacije

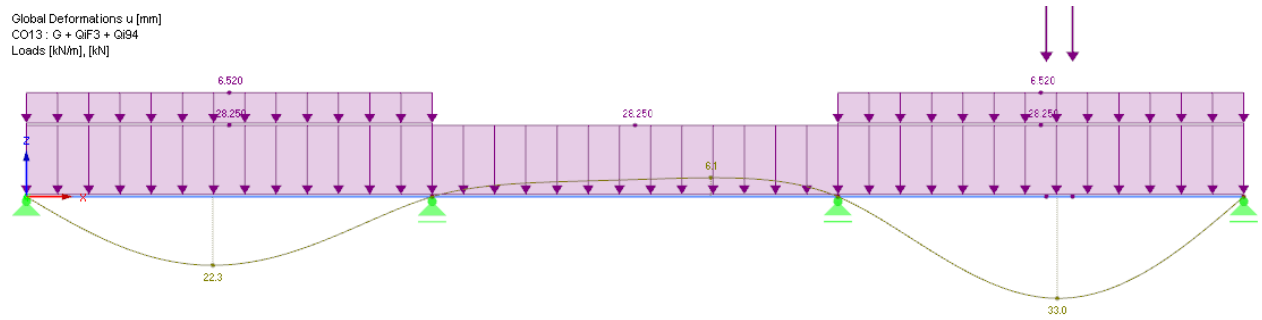
Kombinacije opterećenja (nefaktorirano) – za progib



Slika 89 Deformacije [mm]



Slika 90 Deformacije [mm]



Slika 91 Deformacije [mm]

Najveći mjerodavni progib = kombinacija 13 u trećem polju (33 mm)

Dopušteni progib $L/250$

$1850/250 = 7,40 \text{ cm} = 74 \text{ mm}$

$33 \text{ mm} < 74 \text{ mm}$ ZADOVOLJAVA!

3.4.4. Ručna provjera unutarnjih sila

Ručnom provjerom želimo spriječiti mogućnost grube pogreške u softverskom proračunu, preko tablica iz Betonskih konstrukcija.[7]

Tablica 2 Tablica za proračun nosača preko tri jednaka raspona, [7]

Način opterećenja	Stetička veličina	Način opterećenja u opterećenom polju								
		$x = (0,4 \div 0,5)L$	$\frac{P}{1/2} \quad \frac{P}{1/2}$	$\frac{P}{1/3} \quad \frac{P}{1/3} \quad \frac{P}{1/3}$	$\frac{P}{1/4} \quad \frac{P}{1/2} \quad \frac{P}{1/4}$	$\frac{P}{1/4} \quad \frac{P}{1/4} \quad \frac{P}{1/4} \quad \frac{P}{1/4}$	$\frac{P}{1/5} \quad \frac{P}{1/3} \quad \frac{P}{1/3} \quad \frac{P}{1/5}$	$\frac{1/2, 1/2}{K=0,5 \cdot q \cdot l}$	$\frac{0,41, 0,21, 0,4}{K=0,6 \cdot q \cdot l}$	$\frac{0,31, 0,41, 0,31}{K=0,7 \cdot q \cdot l}$
	$M_{11 \text{ min}}$	$-0,025 pl^2$	$-0,038 Fl$	$-0,044 Fl$	$-0,028 Fl$	$-0,047 Fl$	$-0,026 Fl$	$-0,028 Kl$	$-0,028 Kl$	$-0,027 Kl$
	$M_{12 \text{ min}}$			$-0,089 Fl$	$-0,084 Fl$	$-0,094 Fl$	$-0,079 Fl$			
	$M_{13 \text{ min}}$					$-0,141 Fl$	$-0,132 Fl$			
	$M_{21 \text{ max}}$	$0,075 pl^2$	$0,175 Fl$	$0,200 Fl$	$0,138 Fl$	$0,188 Fl$	$0,092 Fl^*$	$0,104 Kl$	$0,102 Kl$	$0,096 Kl$
	$M_{22 \text{ max}}$			$0,200 Fl$	$0,138 Fl$	$0,313 Fl$	$0,258 Fl$			
	$M_B \text{ min}$	$-0,117 pl^2$	$-0,175 Fl$	$-0,311 Fl$	$-0,263 Fl$	$-0,438 Fl$	$-0,369 Fl$	$-0,146 Kl$	$-0,145 Kl$	$-0,142 Kl$
	M_C	$-0,033 pl^2$	$-0,050 Fl$	$-0,099 Fl$	$-0,075 Fl$	$-0,125 Fl$	$-0,106 Fl$	$-0,041 Kl$	$-0,041 Kl$	$-0,041 Kl$
	$R_B \text{ max}$	$1,200 pl$	$1,300 F$	$2,533 F$	$2,450 F$	$3,750 F$	$3,633 F$	$1,251 K$	$1,249 K$	$1,244 K$
	$Q_{1B \text{ min}}$	$-0,617 pl$	$-0,675 F$	$-1,311 F$	$-1,263 F$	$-1,937 F$	$-1,869 F$	$-0,646 K$	$-0,645 K$	$-0,642 K$
	$Q_{2B \text{ max}}$	$0,583 pl$	$0,625 F$	$1,222 F$	$1,188 F$	$1,813 F$	$1,764 F$	$0,605 K$	$0,604 K$	$0,602 K$
	$M_B \text{ max}$	$0,017 pl^2$	$0,025 Fl$	$0,044 Fl$	$0,038 Fl$	$0,063 Fl$	$0,053 Fl$	$0,022 Kl$	$0,021 Kl$	$0,021 Kl$
	M_C	$-0,067 pl^2$	$-0,100 Fl$	$-0,178 Fl$	$-0,150 Fl$	$-0,250 Fl$	$-0,211 Fl$	$-0,083 Kl$	$-0,083 Kl$	$-0,081 Kl$
	$Q_{1B \text{ max}}$	$0,017 pl$	$0,025 F$	$0,044 F$	$0,038 F$	$0,063 F$	$0,053 F$	$0,022 K$	$0,021 K$	$0,021 K$
	$Q_{2B \text{ min}}$	$-0,083 pl$	$-0,125 F$	$-0,222 F$	$-0,188 F$	$-0,313 F$	$-0,264 F$	$-0,105 K$	$-0,104 K$	$-0,102 K$

Tablica 3 Tablica za proračun nosača preko tri jednaka raspona, [7]

Način opterećenja	Stetička veličina	Način opterećenja u opterećenom polju								
		$x = (0,4 \div 0,5)L$	$\frac{P}{1/2} \quad \frac{P}{1/2}$	$\frac{P}{1/3} \quad \frac{P}{1/3} \quad \frac{P}{1/3}$	$\frac{P}{1/4} \quad \frac{P}{1/2} \quad \frac{P}{1/4}$	$\frac{P}{1/4} \quad \frac{P}{1/4} \quad \frac{P}{1/4} \quad \frac{P}{1/4}$	$\frac{P}{1/5} \quad \frac{P}{1/3} \quad \frac{P}{1/3} \quad \frac{P}{1/5}$	$\frac{1/2, 1/2}{K=0,5 \cdot q \cdot l}$	$\frac{0,41, 0,21, 0,4}{K=0,6 \cdot q \cdot l}$	$\frac{0,31, 0,41, 0,31}{K=0,7 \cdot q \cdot l}$
	M_{11}	$0,080 pl^2$	$0,175 Fl$	$0,244 Fl$	$0,194 Fl$	$0,281 Fl$	$0,197 Fl$	$0,108 Kl$	$0,107 Kl$	$0,102 Kl$
	M_{12}			$0,156 Fl$	$0,081 Fl$	$0,313 Fl$	$0,258 Fl$			
	M_{13}					$0,094 Fl$	$-0,014 Fl$			
	M_{21}	$0,025 pl^2$	$0,100 Fl$	$0,067 Fl$	$0,025 Fl$	0	$-0,067 Fl$	$0,042 Kl$	$0,040 Kl$	$0,063 Kl$
	M_{22}			$0,067 Fl$	$0,025 Fl$	$0,125 Fl$	$0,100 Fl$			
	M_B	$-0,100 pl^2$	$-0,150 Fl$	$-0,267 Fl$	$-0,225 Fl$	$-0,375 Fl$	$-0,317 Fl$	$-0,125 Kl$	$-0,124 Kl$	$-0,121 Kl$
	$R_A = Q_{1A}$	$0,400 pl$	$0,350 F$	$0,733 F$	$0,775 F$	$1,125 F$	$1,183 F$	$0,375 K$	$0,376 K$	$0,379 K$
	R_B	$1,100 pl$	$1,150 F$	$2,267 F$	$2,225 F$	$3,375 F$	$3,317 F$	$1,125 K$	$1,124 K$	$1,121 K$
	Q_{1B}	$-0,600 pl$	$-0,650 F$	$-1,267 F$	$-1,225 F$	$-1,875 F$	$-1,817 F$	$-0,625 K$	$-0,624 K$	$-0,621 K$
	$Q_{2B} = -Q_{2C}$	$0,500 pl$	$0,500 F$	$1,000 F$	$1,000 F$	$1,500 F$	$1,500 F$	$0,500 K$	$0,500 K$	$0,500 K$
	$M_{11 \text{ max}}$	$0,101 pl^2$	$0,213 Fl$	$0,289 Fl$	$0,222 Fl$	$0,326 Fl$	$0,224 Fl$	$0,136 Kl$	$0,134 Kl$	$0,128 Kl$
	$M_{12 \text{ max}}$			$0,244 Fl$	$0,166 Fl$	$0,406 Fl$	$0,338 Fl$			
	$M_{13 \text{ max}}$					$0,234 Fl$	$0,118 Fl$			
	$M_{21 \text{ min}}$	$-0,050 pl^2$	$-0,075 Fl$	$-0,133 Fl$	$-0,113 Fl$	$-0,188 Fl$	$-0,158 Fl^*$	$-0,063 Kl$	$-0,062 Kl$	$-0,061 Kl$
	$M_{22 \text{ min}}$			$-0,133 Fl$	$-0,113 Fl$	$-0,188 Fl$				
	M_B	$-0,050 pl^2$	$-0,075 Fl$	$-0,133 Fl$	$-0,113 Fl$	$-0,188 Fl$	$-0,158 Fl$	$-0,063 Kl$	$-0,062 Kl$	$-0,061 Kl$
	$R_A = Q_{1A \text{ max}}$	$0,450 pl$	$0,425 F$	$0,867 F$	$0,886 F$	$1,313 F$	$1,342 F$	$0,375 K$	$0,376 K$	$0,379 K$

Ručna provjera:

Stalno

Moment u prvom polju:

$$M_{11} = 0.080pl^2 = 0.080 \cdot 28,25 \cdot 18,5^2 = 773,50 \text{ kNm} - \text{odgovara računalnom izračunu!}$$

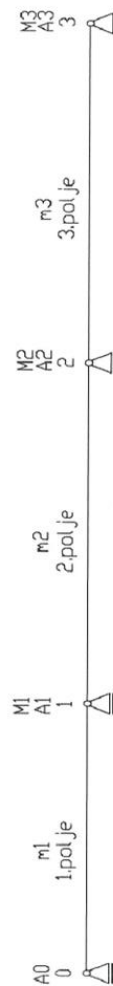
Moment nad ležajem:

$$M_{11} = -0.10pl^2 = 0.10 \cdot 28,25 \cdot 18,5^2 = 966,85 \text{ kNm} - \text{odgovara računalnom izračunu!}$$

3.4.5. Mjerodavne sile za ručno dimenzioniranje

Tablica 4 Prikaz mjerodavnih sila za dimenzioniranje

MJERODAVNE SILE ZA DIMENZIONIRANJE	Reakcije				Momenti nad lež.			Momenti u polju			Poprečne sile						
	kN				kNm			kNm			kN						
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	M ₁	M ₂	M ₃	m ₁	m ₂	m ₃	T ₀	T ₁₁	T _{1d}	T _{2l}	T _{2d}	T ₃	
opterećenje																	
stalno	209	575	575	209	-967	-967	774	774	242	774	209	-314	261	-261	314	-209	
kont. korisno					-112	112	165	165	120	210							
					-260	149	226	226	168	226							
konc. sile od kotača					87	87					-15	-180	-24	-178	-5	-173	
					-348	-348	648	648	545	648	177	5	177	235	179	15	



4. Dimenzioniranje

4.1. Ručno, [8], [9]

Materijal:

Beton: C 30/37

Čelik: B500B

Visina presjeka: $h = 85,00 \text{ cm}$

Zaštitni sloj betona: $c = 5,00 \text{ cm}$ – za suhi okoliš

Udaljenost od težišta armature: $d_1 = c + \Phi + \frac{\Phi_{arm}}{2} = 5 + 1,2 + \frac{2,8}{2} = 7,60 \text{ cm}$

Statička visina presjeka: $d = h - d_1 = 85 - 7,6 = 77,40 \text{ cm}$

Proračunska širina presjeka: $b = 100 \text{ cm}$

f_{cd} – računski čvrstoća betona

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,00}{1,50} = 20,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = 2,00 \text{ kN/cm}^2$$

f_{yd} – računski čvrstoća čelika

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Presjek u polju prvog i četvrtog raspona mosta

$$M_{sd} = 1,35 \cdot M_g + 1,5 \cdot (M_q + M_Q) = 1,35 \cdot 773,58 + 1,5 \cdot (86,46 + 648,54) = 2146,83 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni moment savijanja

$$\mu_{ed} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{214683}{100 \cdot 77,40^2 \cdot 2} = 0,179$$

Tablica 5 Tablica za dimenzioniranje AB pravokutnih presjeka prema EC2, [10]

Očitano iz tablice : za $\mu_{ed} = 0,183$

- koeficijent kraka unutrašnjih sila $\zeta = 0,874$
- koeficijent položaja neutralne osi $\xi = 0,304$
- relativna deformacija betona $\epsilon_{c2} = 8,0 \text{ ‰}$
- relativna deformacija čelika $\epsilon_{s1} = -3,5 \text{ ‰}$

Potrebna površina armature

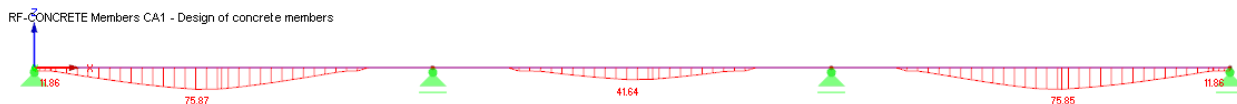
$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{214683}{0,874 \cdot 77,40 \cdot 43,5} = 72,96 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Tablica 6 Prikaz računalne i ručne provjere

	Armatura u rasponu
<i>računalno</i>	75,87 cm ²
<i>ručna provjera</i>	72,96 cm ²

4.2. Računalna provjera armature

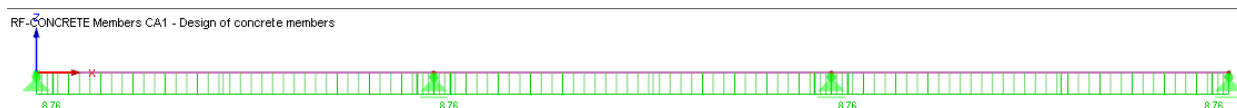
4.2.1. Potrebna armatura



Slika 92 Donja zona - uzdužna armatura (75,87 kNm)



Slika 93 Gornja zona - uzdužna armatura (69,21 kNm)



Slika 94 Poprečna armatura - vilice (8,76 kNm)

Uzdužna armatura u 1 i 3 polju u donjoj zoni iznosi $75,87 \text{ cm}^2$, a u gornjoj nad ležajem $69,21 \text{ cm}^2$.

Odabrana donja zona – šipka $10\phi 32\text{mm} = 80,42 \text{ cm}^2 > 75,87 \text{ cm}^2$

Odabrano gornja zona - šipka $10\phi 32\text{mm} = 80,42 \text{ cm}^2 > 69,21 \text{ cm}^2$ – odabran isti broj radi smještaja i preklopa armature.

U 2. Polju u donjoj zoni iznosi $41,46 \text{ cm}^2$, a u gornjoj zoni $11,86 \text{ cm}^2$.

Odabrano donja zona - šipka $10\phi 24\text{mm} = 42,24 \text{ cm}^2 > 41,64 \text{ cm}^2$

Odabrano gornja zona - šipka $10\phi 14\text{mm} = 15,33 \text{ cm}^2 > 11,86 \text{ cm}^2$ – odabran isti broj radi smještaja i preklopa armature.

Poprečna armatura – $8,76 \text{ cm}^2$

Odabrano $8\phi 10 \text{ cm}$ – radi veličine presjeka $1000 \times 850 \text{ mm}$, stavljaju se 3 vilice sa preklopima.

Po visini presjeka stavlja se konstruktivna armatura $12\phi 15 \text{ cm}$.

4.3. Dokaznice mjera

4.3.1. Donji ustroj

Tablica 7 Dokaznica mjera za donji ustroj

Stavka	Opis radova	Jed. mj.	Količina
1	Pripremni radovi		
1.1	Jarci za odvodnju drenaže iza upornjaka	m'	$15 \text{ m} \cdot 2 = 30\text{m}$
1.2	Izvedba drenažnog sloja uz zidove i krila upornjaka.	m ³	$0,45 \cdot 0,8 \cdot 9,0 \cdot 2 = 6,48 \text{ m}^3$
1.3	Izvedba drenaže upornjaka drenažnim PVC cijevima $\Phi=200$ mm.	m'	$2,9 \cdot 2 + 10 \text{ m} \cdot 2 = 25,8 \text{ m}'$
1.4	Izvedba odvodnje sa zida upornjaka PVC cijevima $\Phi=80$ mm.	m'	$0,5 \text{ m} \cdot 2 = 1,0 \text{ m}$
2	Zemljani radovi		
2.1.1	Široki iskop do gornje kote temelja (u suhom)	m ³	Iskop se vrši pod kutem od 45° a dolazi do gornjeg ruba temelja proširenog za po 0.5 m na svaku stranu, zbog kasnijeg umetanja oplata. $3,6\text{m}^2 \cdot 7,70\text{m} \cdot 2 \text{ stupova} = 28\text{m}^3$
2.1.2	Iskop za temelje	m ³	Volumen samih temelja, uvećanih za 0.5 m na svaku stranu, radi umetanja oplata. Iskop je produbljen za 10 cm (podložni sloj betona). $3,8 \cdot 1,0 \cdot 8,70 \cdot 2 \text{ stupova} = 67\text{m}^3$
2.2	Zatrpavanje temelja	m ³	Volumen stavki 2.1.1 + 2.1.2 - volumen betona temelja $303,9 \text{ m}^3 - 111,20 \text{ m}^3$
2.3	Izrada nasipa iza zida upornjaka	m ³	$(5,12\text{m}^2 \cdot 9 - 0,579 \cdot 9) \cdot 2 = 81,738 \text{ m}^3$
2.4	Izrada pokosa nasipa uz upornjake	m ³	$V = (16,00^2 \cdot \pi/3) + (4,81/4)$ $V = 269,29 \text{ m}^3$

3	Betonski i armiranobetonski radovi		Upisane su najčešće marke betona za pojedinu stavku, prema potrebi treba ih promijeniti
3.1	Izrada sloja podložnog betona	m ³	sloj od 10 cm ispod svih temelja $0,1 \cdot 2,8 \cdot 7,90 \cdot 2 = 5\text{m}^3$
3.2	Betoniranje temelja upornjaka i stupova u suhom	m ³	$V = 2 \cdot (2,90 \cdot 1 \cdot 9,0) + 5 \cdot (2,60 \cdot 1 \cdot 7,70)$ $V = 152,30 \text{ m}^3$
3.4	Izrada zidova i krila upornjaka	m ³	$V = 2 \cdot (1,30 \cdot 2,17 \cdot 9,00) + 2 \cdot (0,30 \cdot 1,50 \cdot 8,50) + 5 \cdot 2,45$ $V = 65,41 \text{ m}^3$
3.5	Izrada AB prijelaznih ploča na upornjacima	m ³	$V = 2 \cdot (9,00 \cdot 3,60 \cdot 0,30)$ $V = 19,44 \text{ m}^3$
3.6	Izrada stupova od arm. betona	m ³	$V = (7,2 \cdot 1,60 \cdot 1,0) + (6,83 \cdot 1,60 \cdot 1,0) =$ $V = 25 \text{ m}^3$
3.7	Izrada ležajnih kvadera ispod ležaja od specijalnog morta	m ³	$V = 16 \cdot (0,62 \cdot 0,72 \cdot 0,20)$ $V = 1,43 \text{ m}^3$
4	Metalni radovi na betonskim mostovima		Količine armature iskazane su u kg/m ³ betona, u skladu s nekim prosječnim utroškom za standardne elemente.
4.1.1	Armatura temelja upornjaka do Φ 12mm (uključivo i Φ 12mm)	kg	$TA = 49,30 \cdot 25$ $TA = 1232,50 \text{ kg/m}^3$
4.1.2	Armatura temelja upornjaka preko Φ 12mm	kg	$DA = 49,30 \cdot 80$ $DA = 3944,00 \text{ kg/m}^3$
4.2.1	Armatura temelja stupova do Φ 12mm (uključivo i Φ 12mm)	kg	^s $TA = 154,70 \cdot 30$ $TA = 4641,00 \text{ kg/m}^3$
4.2.2	Armatura temelja stupova preko Φ 12mm	kg	$DA = 154,70 \cdot 85$ $DA = 13149,50 \text{ kg/m}^3$
4.3.1	Armatura zidova i krila upornjaka do Φ 12mm (uključivo i Φ 12mm)	kg	$TA = 65,407 \cdot 30$ $TA = 1962,21 \text{ kg/m}^3$
4.3.2	Armatura zidova i krila upornjaka preko Φ 12mm	kg	$DA = 65,407 \cdot 60$ $DA = 3924,42 \text{ kg/m}^3$
4.4.1	Armatura prijelaznih ploča do Φ 12mm (uključivo i Φ 12mm)	kg	$TA = 21,51 \cdot 50$ $TA = 1057,50 \text{ kg/m}^3$
4.4.2	Armatura prijelaznih ploča preko Φ 12mm	kg	$DA = 21,51 \cdot 85$ $DA = 1797,75 \text{ kg/m}^3$

4.5.1	Armatura stupova do Φ 12mm (uključivo i Φ 12mm)	kg	TA = $239,70 \cdot 35$ TA = 8389,50 kg/m ³
4.5.2	Armatura stupova preko Φ 12mm	kg	DA = $239,70 \cdot 80$ DA = 60006,00 kg/m ³
4.6.1	Armatura naglavnih greda stupova do Φ 12mm (uključivo i Φ 12mm)	kg	TA = $1000,10 \cdot 45$ TA = 45004,50 kg/m ³
4.6.2	Armatura naglavnih greda stupova preko Φ 12mm	kg	DA = $1000,10 \cdot 60$ DA = 60006,00 kg/m ³
4.7.1	Armatura bušenih pilota, do ϕ 12mm (uključivo i ϕ 12mm)	kg	TA = $447,50 \cdot 20$ TA = 8950,00 kg/m ³
4.7.2	Armatura bušenih pilota preko ϕ 12mm.	kg	DA = $447,50 \cdot 80$ DA = 35800,00 kg/m ³
4.8.1	Armatura naglavne ploče pilota do ϕ 12mm (uključivo i ϕ 12mm)	kg	TA = $0,80 \cdot 20$ TA = 16,00 kg po istaci
4.8.2	Armatura naglavne ploče pilota preko ϕ 12mm.	kg	TA = $49,30 \cdot 25$ TA = 1232,50 kg/m ³
4.9	Armatura ležajnih istaka (kvadera) do Φ 12mm	kg	DA = $49,30 \cdot 80$ DA = 3944,00 kg/m ³
5	Završni i ostali radovi		
5.1	Vertikalna hidroizolacija zidova i krila upornjaka	m ²	P = $2 \cdot (1,30 \cdot 8,50)$ P = 22,10 m ²
5.2	Horizontalna hidroizolacija konzola krila, te vrha upornjaka	m ²	P = $2 \cdot (9,60 \cdot 11,00)$ P = 211,20 m ²
5.3	Hidroizolacija prijelaznih ploča	m ²	P = $2 \cdot (3,60 \cdot 0,30)$ P = 211,20 m ²
5.4.1	Neoprenski ležaji obostrano, pomični	kom	14 komada.

4.3.2. Gornji ustroj

Tablica 8 Dokaznica mjera za gornji ustroj

Stavka	Opis radova	Jed. mj.	Količina
6.	Betonski i armiranobetonski radovi		<i>(Marke betona usporediti s onima koje su eventualno već odabrane ranije u programu!)</i>
6.1	Poprečni nosači izvedeni na licu mjesta, MB 40	m ³	$V = 8 \cdot (0,5 \cdot 0,8 \cdot 8,50)$ $V = 27,2 \text{ m}^3$
6.2	Kolnička ploča nad nosačima, izvedena na licu mjesta, MB 40	m ³	$V = 7,00 \cdot 103,49 \cdot 0,25$ $V = 181,11 \text{ m}^3$
6.3	Izrada armiranobetonskog rasponskog sklopa mosta na skeli, MB 30	m ³	$A = \text{pov. pop presjeka iz Autocada} = 6,22 \text{ m}^2$ $V = 56,2 \text{ m} \cdot 6,22 \text{ m}^2$ $V = 350 \text{ m}^3$
7.	Metalni radovi (RA 400/500-2)		<i>Stavke 7.1 do 7.3 odnose se na prednapeti a 7.4 na armiranobetonski sklop</i>
7.1	Armatura poprečnih nosača do Φ 12mm (uključivo i Φ 12mm)	kg	$TA = 27,2 \cdot 80$ $TA = 2176,00 \text{ kg/m}^3$
7.2.1	Armatura kolničke ploče do Φ 12mm (uključivo i Φ 12mm)	kg	$TA = 215,75 \cdot 80$ $TA = 17260,00 \text{ kg/m}^3$
7.2.2	Armatura kolničke ploče preko Φ 12mm	kg	$DA = 279,71 \cdot 70$ $DA = 15102,50 \text{ kg/m}^3$
7.3.1	Armatura betonskog rasponskog sklopa do Φ 12mm (uključivo i Φ 12mm)	kg	$TA = 1305 \cdot 50$ $TA = 62250,00 \text{ kg/m}^3$
7.3.2	Armatura betonskog rasponskog sklopa preko Φ 12mm	kg	$DA = 1305 \cdot 150$ $DA = 195750,00 \text{ kg/m}^3$
7..1	Armatura poprečnih nosača do Φ 12mm (uključivo i Φ 12mm)	kg	$TA = 27,2 \cdot 80$ $TA = 2176,00 \text{ kg/m}^3$
7.2.1	Armatura kolničke ploče do Φ 12mm (uključivo i Φ 12mm)	kg	$TA = 215,75 \cdot 80$ $TA = 17260,00 \text{ kg/m}^3$

4.3.3. Oprema mosta i ostalo

Tablica 9 Dokaznica mjera za opremu mosta

Stavka	Opis radova	Jed. mj.	Količina
11.	Betonski i armiranobetonski radovi		
11.	Armiranobetonski montažni vijenac. Beton MB 40	m ³	$V = (0,87 \cdot 0,1 \cdot 103,49) \cdot 2$ $V = 18,00 \text{ m}^3$
11.2	Armiranobetonski montažni rubnjak. Beton MB 40	m ³	$V = (0,28 \cdot 0,22 \cdot 103,49) \cdot 2$ $V = 12,74 \text{ m}^3$
12.	Metalni radovi		
12.1.1	Armatura montažnog vijenca do Φ 12mm (uključivo i Φ 12mm)	kg	20 kg/m ³
12.1.2	Armatura vijenca, mrežasta, MAR 500/560	kg	10 kg/m ³
12.2.1	Armatura hodnika mosta do Φ 12mm (uključivo i Φ 12mm)	kg	40 kg/m ³
13	Izrada prijelaznih naprava		<i>kod malih mostova se ne ugrađuje prijelazna naprava već završni čelični profil za asfalt i hidroizolaciju, koji zamjenjuje ove stavke</i>
13.1	Bitumenska prijelazna naprava Thorma - Joint, širine 550 mm.	m'	$D = 9,00 \cdot 2$ $D = 18,00 \text{ m}$
14	Izradba i ugradnja slivnika za odvodnju		
14.1	Slivnik za odvodnju oborinske vode s kolnika mosta	kom	10 komada
14.2	Slivnik za odvodnju s kolnika iza mosta	kom	2 komada
15	Ugradnja cijevi za odvodnju		(posebno se obračunavaju samo kod zatvorenog sustava odvodnje, kod otvorenog sustava cijev je u cijeni slivnika)
15.1	Čelične cijevi od lijevanog željeza, Φ 150 mm	m	$D = 11\text{m} \cdot 4 = 44 \text{ m}$

16	Izrada i ugradba čelične ograde		
16.1	Ograda sa štapnom ispunom prema detaljnom nacrtu, 40 kg/m'	m'	$2 \cdot 103,49 = 206,98 \text{ m}$
17	Izrada hidroizolacije kolnika i hodnika		
17.1	Izrada hidroizolacije sa zavarenim bitumenskim trakama	m ²	$P = 103,49 \cdot 9 = 931,41 \text{ m}^2$
18	Izrada asfaltnog zastora		
18.1.1	Asfalt-beton, zaštitni sloj, 4 cm (navesti tip asfalta, npr BN 11)	m ²	$P = 103,49 \cdot 7,5 = 776,175 \text{ m}^2$
18.1.2	Asfalt-beton, habajući sloj, 3 cm	m ²	$P = 103,49 \cdot 7,5 = 776,175 \text{ m}^2$
19	Masa za zalijevanje reški		
19.1	Zalijevanje uzdužnih reški na spoju zastora i rubnjaka	m'	$D = 103,49 \cdot 2 = 206,98 \text{ m}$
20	Završni i ostali radovi		
20.1	Izvedba otvora za instalacije u mostu - polietilenske cijevi u pješačkoj stazi	m'	$D = 6 \cdot 103,49 = 620,94 \text{ m}$
20.2	Nabava i postavljanje rasvjetnih stupova na mostu	kom.	7 komada
20.3	Postavljanje električne instalacije rasvjete	m'	103,49 m
20.4	Postavljanje repera za geodetsko praćenje konstrukcije	kom.	$K = 5 \cdot 2 + 3 = 13 \text{ komada}$
20.5	Nepredviđeni radovi	pauš.	Paušalno
21	Ispitivanje mosta probnim opterećenjem		
21.1	Ispitivanje	pauša	paušalno

5. Zaključak

U okviru ovog diplomskog rada dobivamo pregled primjene prijelaznih naprava. Rad, podijeljen na teorijski i praktični dio, analizira različite tipove prijelaznih naprava, njihovu ulogu u očuvanju funkcionalnosti mostova, te doprinos u trajnosti mostova. U praktičnom dijelu prikazan je idejni projekt malog betonskog mosta, uključujući tehničke značajke poput odvodnje, tla, razine podzemne vode, temeljenja, kako se betoniraju upornjaci, krila, te prijelazne naprave koja su ujedno i glavna tema ovog diplomskog rada. Time je zaokruženo cjelovito razumijevanje ove važne komponente mostovnih konstrukcija, uz dodatak tehničkih crteža koji pružaju vizualnu potporu analiziranom sadržaju.

6. Literatura

- [1] J. Radić: Uvod u mostarstvo, Zagreb, 2009.
- [2] Sveučilište u Splitu, GRAĐEVINSKO – ARHITEKTONSKI FAKULTET, Katedra za betonske konstrukcije i mostove, Kolegij Mostovi
- [3] J. Radić, A. Mandić, G. Puž: Konstruiranje mostova, Zagreb, 2005.
- [4] [Prijelazne naprave - Synteks](#), (pristupljeno 23.08.2024.)
- [5] Narodne novine (2001.) Zakon o sigurnosti prometa na cestama, Zagreb: Narodne novine d.d. 59/69
- [6] EN 1991 – 2: Eurocode I: Actions on structures. Part 2: Traffic loads on bridges
- [7] J. Galić: NOSIVE KONSTRUKCIJE II, Zagreb, 2016.
- [8] G. Puž: Vježbe iz kolegija Mostovi, Pločasti gredni most, proračun, Sveučilište Sjever, Odjel za Graditeljstvo
- [9] G. Puž: Vježbe iz kolegija Mostovi, Skripta za vježbe, Sveučilište Sjever, Odjel za Graditeljstvo
- [10] HRN EN 1992: Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – 1. dio: Opća pravila i pravila za zgrade

Popis slika

Slika 1 Maksimalni vertikalni elementi na prijelaznici, [3]	6
Slika 2 Pregled prijelaznih naprava prema veličini, [3]	7
Slika 3 Uređenje kraja mosta rubnim profilom, bez prijelazne naprave, [3]	7
Slika 4 Asfaltna ili elastobitumenska prijelaznica, [3]	8
Slika 5 Prijelazne naprave s čeličnim profilima povezanim elastomernim brtvenim uloškom, [3].	9
Slika 6 Naprava s elastičnim jastučastim umetkom, [3]	10
Slika 7 Elastomerni tip prijelazne naprave za srednje pomake, [3]	11
Slika 8 Prijelazna naprava za veće pomake s međuletva i brtvenim profilima, [3]	12
Slika 9 Lijevo: otvorena prijelazna naprava željezničkog mosta s kolosiječnim zastorom, desno: zatvorena prijelazna naprava s elastomernim jastukom, [3]	13
Slika 10 Prijelazne naprave za tračnice željezničkih mostova, [3]	14
Slika 11 Učinak nekih djelovanja bitnih za dimenzioniranje naprave, [3] a) Jednolika temperatura b) Korisno opterećenje c) Skupljanje i puzanje	15
Slika 12 a) utjecajna linija za uzdužni pomak kraja sklopa, b) uzdužni pomaci kontinuiranog sklopa uslijed djelovanja vertikalnog opterećenja, [3]	16
Slika 13 Pomaci uslijed djelovanja horizontalne sile, [3]	16
Slika 14 Pomaci na prijelaznoj napravi kod kosog mosta - lijevo i kod mosta s kosom postavom ležaja - desno, [3]	17
Slika 15 a) most u nagibu s horizontalnim pomakom, b) most s kratkom konzolnom istakom na upornjaku, [3]	17
Slika 16 Nejednoliko djelovanje temperature kao uzrok zaokretanja mosta oko vertikalne osi, [3]	18
Slika 17 Poprečni presjek bitumenske kontinuirane prijelazne naprave, [4]	19
Slika 18 Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava, [4]	19
Slika 19 Poprečni presjek poliuretanske kontinuirane prijelazne naprave, [4]	20
Slika 20 Poliuretanska kontinuirana prijelazna naprava, [4]	20
Slika 21 Poprečni presjek - Tensa Crete RE 80, [4]	22
Slika 22 Poprečni presjek - Tensa Crete RE LS 100, [4]	22
Slika 23 Jednoprofilna prijelazna naprava sa polimer betonom, [4]	23
Slika 24 Poprečni presjek - Tensa Grip 80, [4]	24
Slika 25 Poprečni presjek - Tensa Grip 100, [4]	24

Slika 26 Poprečni presjek čelične češljaste prijelazne naprave, [4].....	25
Slika 27 Čelična češljasta prijelazna naprava, [4]	26
Slika 28 Poprečni presjek modularne prijelazne naprave, [4]	27
Slika 29 Modularna prijelazna naprava, [4]	27
Slika 30 Jednoprofilna prijelazna naprava na nadvožnjaku u Čakovcu, (10.10.2024.).....	29
Slika 31 Jednoprofilna prijelazna naprava na nadvožnjaku u Čakovcu, (10.10.2024.).....	30
Slika 32 Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava na nadvožnjaku u Maloj Subotici, (10.10.2024.).....	31
Slika 33 Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava na nadvožnjaku u Maloj Subotici, (10.10.2024.).....	32
Slika 34 Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava na nadvožnjaku u Palovcu, (10.10.2024.)	33
Slika 35 Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava na nadvožnjaku u Palovcu, (10.10.2024.)	34
Slika 36 Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava na nadvožnjaku u Držimurcu, (10.10.2024.)	35
Slika 37 Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava na nadvožnjaku u Držimurcu, (10.10.2024.)	36
Slika 38 Most hrvatskog bana Josipa Jelačića	37
Slika 39 Bitumenska kontinuirana prijelazna naprava na mostu u Varaždinu, (10.10.2024.).....	38
Slika 40 Pravilnik [5].....	43
Slika 41 Prikaz mosta sa osnovnim dimenzijama	44
Slika 42 Odabir prometnog opterećenja, [6]	47
Slika 43 Raspodjela prometnog opterećenja na nosaču	47
Slika 44 Poprečna razdioba koncentriranih sila od kotača, [7]	48
Slika 45 Poprečni presjek, pravokutnik 1000/850, klasa betona C30/37.....	50
Slika 46 2D model	50
Slika 47 Stalno opterećenje	50
Slika 48 1. kombinacija korisnog opterećenja	50
Slika 49 2. kombinacija korisnog opterećenja	51
Slika 50 3. kombinacija korisnog opterećenja	51
Slika 51 4. kombinacija korisnog opterećenja	51
Slika 52 Pokretno opterećenje $x = 0,00$ m	51
Slika 53 Pokretno opterećenje $x = 7,500$ m	51
Slika 54 Pokretno opterećenje $x = 27,500$ m	51

Slika 55 Opterećenja.....	52
Slika 56 Kombinacije opterećenja za GSN i GSU stanje.....	52
Slika 57 Unutarnje sile M-y [kNm].....	53
Slika 58 Unutarnje sile V-z [kN]	53
Slika 59 Deformacije [mm]	53
Slika 60 Reakcije oslonca [kN]	53
Slika 61 Unutarnje sile M-y [kNm].....	54
Slika 62 Unutarnje sile V-z [kN]	54
Slika 63 Deformacije [mm]	54
Slika 64 Reakcije oslonca [kN]	54
Slika 65 Unutarnje sile M-y [kNm].....	55
Slika 66 Unutarnje sile V-z [kN]	55
Slika 67 Deformacije [mm]	55
Slika 68 Reakcije oslonca [kN]	55
Slika 69 Unutarnje sile M-y [kNm].....	56
Slika 70 Unutarnje sile V-z [kN]	56
Slika 71 Deformacije [mm]	56
Slika 72 Reakcije oslonca [kN]	56
Slika 73 Unutarnje sile M-y [kNm].....	57
Slika 74 Unutarnje sile V-z [kN]	57
Slika 75 Deformacije [mm]	57
Slika 76 Reakcije oslonca [kN]	57
Slika 77 Unutarnje sile M-y [kNm].....	58
Slika 78 Unutarnje sile V-z [kN]	58
Slika 79 Deformacije [mm]	58
Slika 80 Unutarnje sile M-y [kNm].....	58
Slika 81 Unutarnje sile V-z [kN]	59
Slika 82 Deformacije [mm]	59
Slika 83 Unutarnje sile M-y [kNm].....	59
Slika 84 Unutarnje sile V-z [kN]	60
Slika 85 Deformacije [mm]	60
Slika 86 Unutarnje sile M-y [kNm].....	60
Slika 87 Unutarnje sile V-z [kN]	61

Slika 88 Deformacije [mm]	61
Slika 89 Deformacije [mm]	61
Slika 90 Deformacije [mm]	61
Slika 91 Deformacije [mm]	62
Slika 92 Donja zona - uzdužna armatura (75,87 kNm)	68
Slika 93 Gornja zona - uzdužna armatura (69,21 kNm)	68
Slika 94 Poprečna armatura - vilice (8,76 kNm)	68

Popis tablica

Tablica 1 Djelovanje na konstrukcije, [6]	46
Tablica 2 Tablica za proračun nosača preko tri jednaka raspona, [7]	63
Tablica 3 Tablica za proračun nosača preko tri jednaka raspona, [7]	63
Tablica 4 Prikaz mjerodavnih sila za dimenzioniranje	65
Tablica 5 Tablica za dimenzioniranje AB pravokutnih presjeka prema EC2, [10]	67
Tablica 6 Prikaz računalne i ručne provjere.....	67
Tablica 7 Dokaznica mjera za donji ustroj	69
Tablica 8 Dokaznica mjera za gornji ustroj	72
Tablica 9 Dokaznica mjera za opremu mosta	73



IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski/specijalistički rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, IVAN KANIŽAJ pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor diplomskog rada pod naslovom PRIJELAZNE NAPRAVE NA BETONSKIM MOSTOVIMA MANJIH RASPONA te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student:
IVAN KANIŽAJ

(vlastoručni potpis)

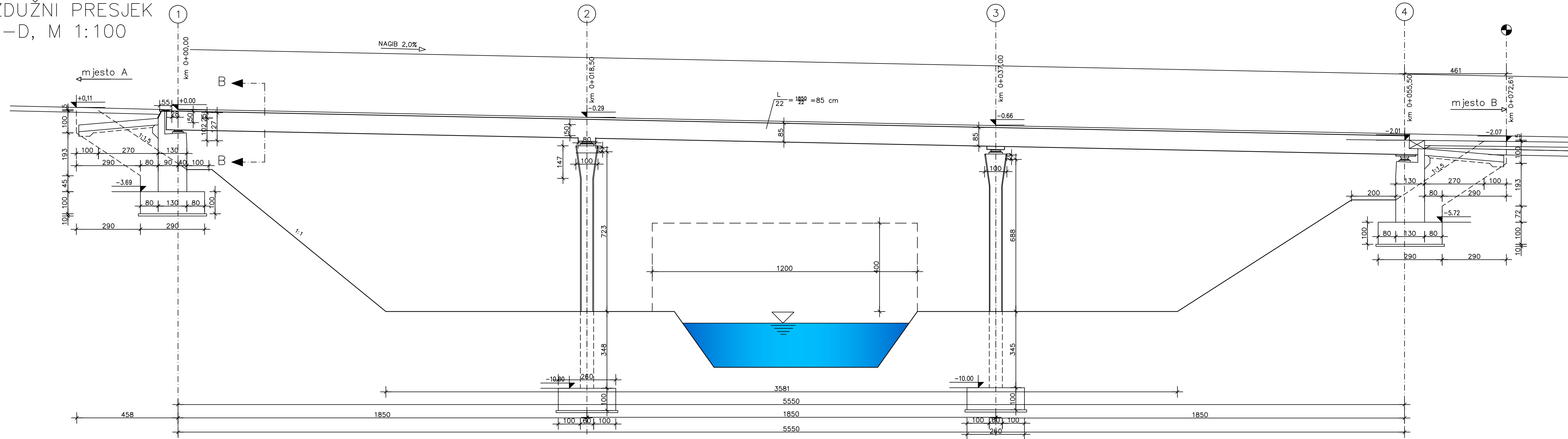
Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

Sukladno članku 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.

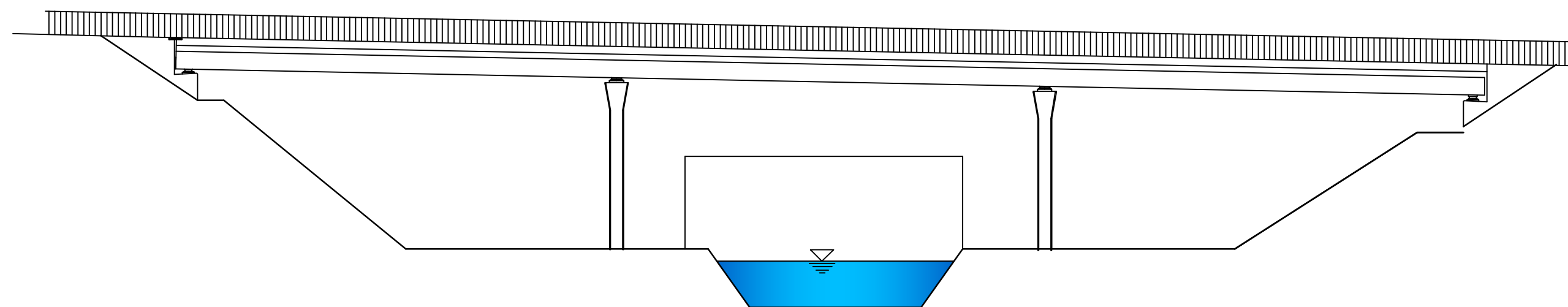
Prilozi

1. UZDUŽNI PRESJEK, M 1:100, POGLED, M 1:200
2. TLOCRT GORNJEG USTROJA, M 1:200, TLOCRT DONJEG USTROJA M 1:200, RASPORED LEŽAJA
3. POPREČNI PRESJEK A-A, M 1:50, POPREČNI PRESJEK B-B, M 1:50
4. ARMATURA PRESJEK, M 1:100
5. ARMATURA DONJA ZONA, M 1:100
6. ARMATURA GORNJA ZONA, M 1:100

UZDUŽNI PRESJEK
D-D, M 1:100

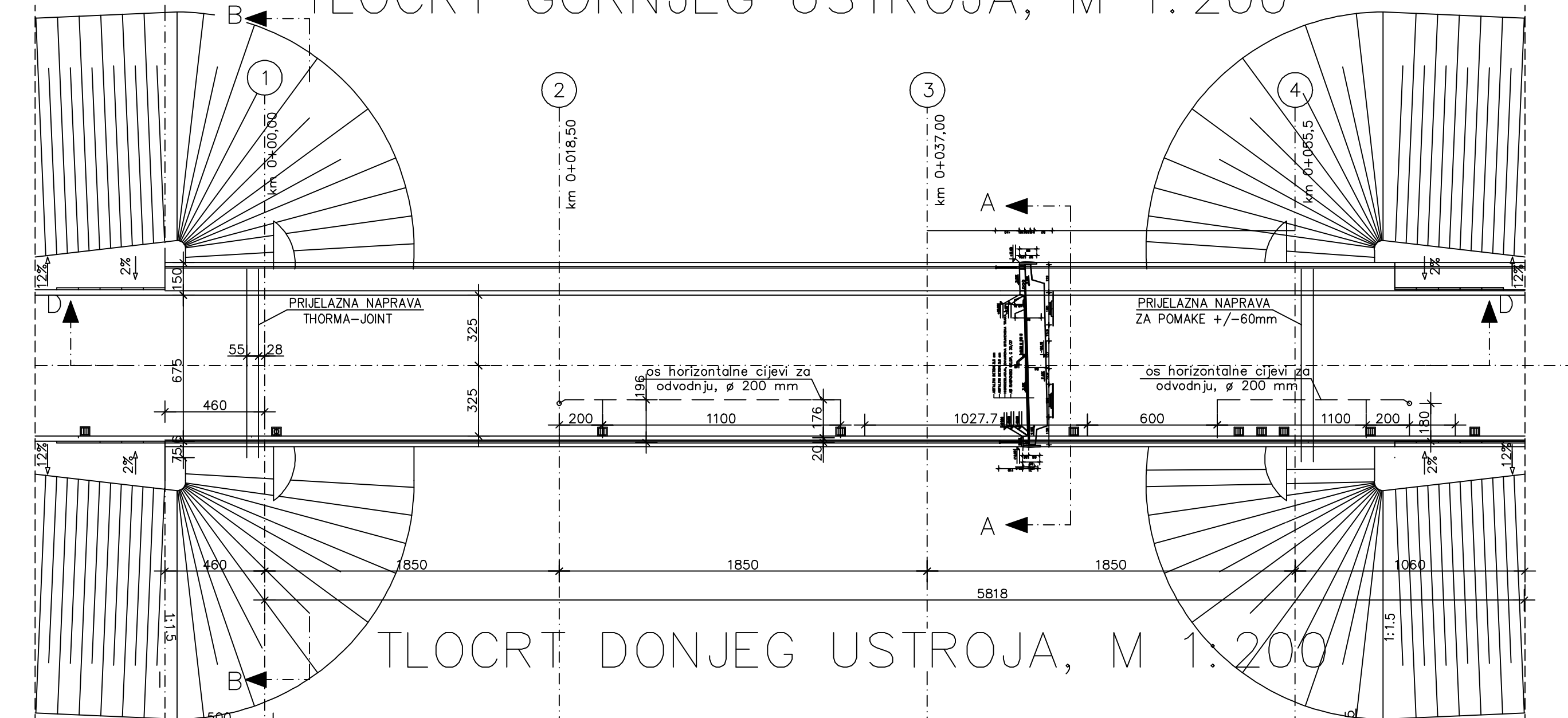


POGLED, M 1:200

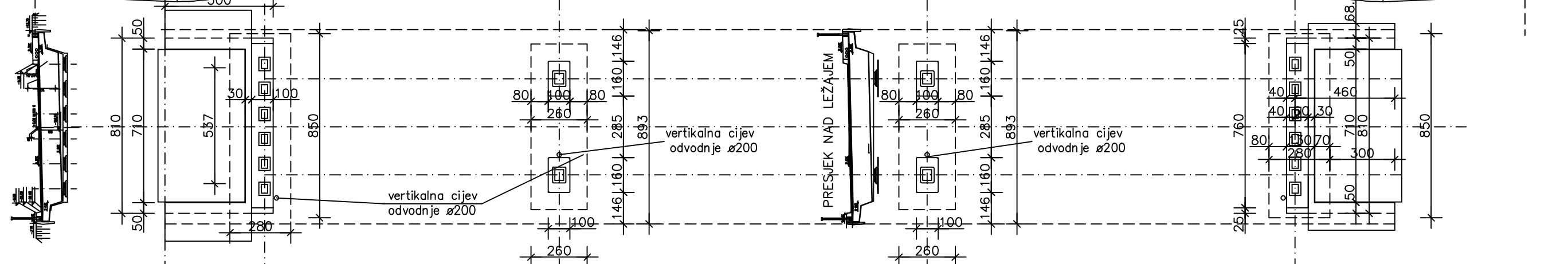


SADRŽAJ NACRTA: Tipski nadvožnjak Pogled na most, uzdužni presjek		 Sveučilište Sjever	
KOLEGIJ: MOSTOVI			
RAZINA OBRADE: PROGRAMSKI ZADATAK – idejni projekt		MJEILO: 1:200, 1:100	
DATUM: 01.07.2024.	IZRADIO: IVAN KANIŽAJ		
AKADEMSKA GODINA: 2023./2024.			SMJER: GRADITELJSTVO

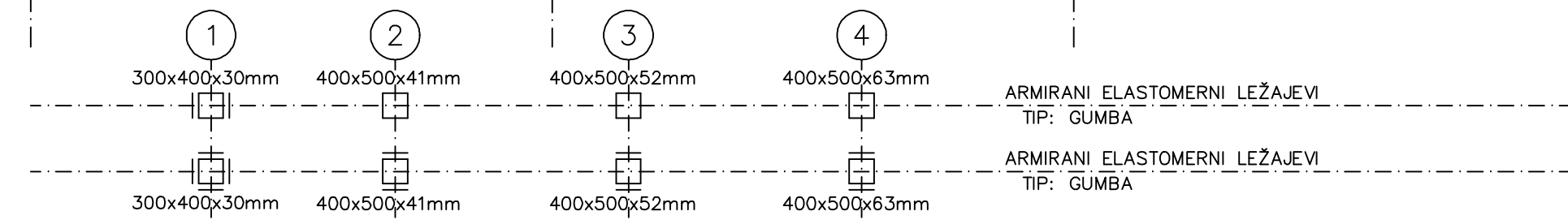
TLOCRT GORNJEG USTROJA, M 1:200



TLOCRT DONJEG USTROJA, M 1:200

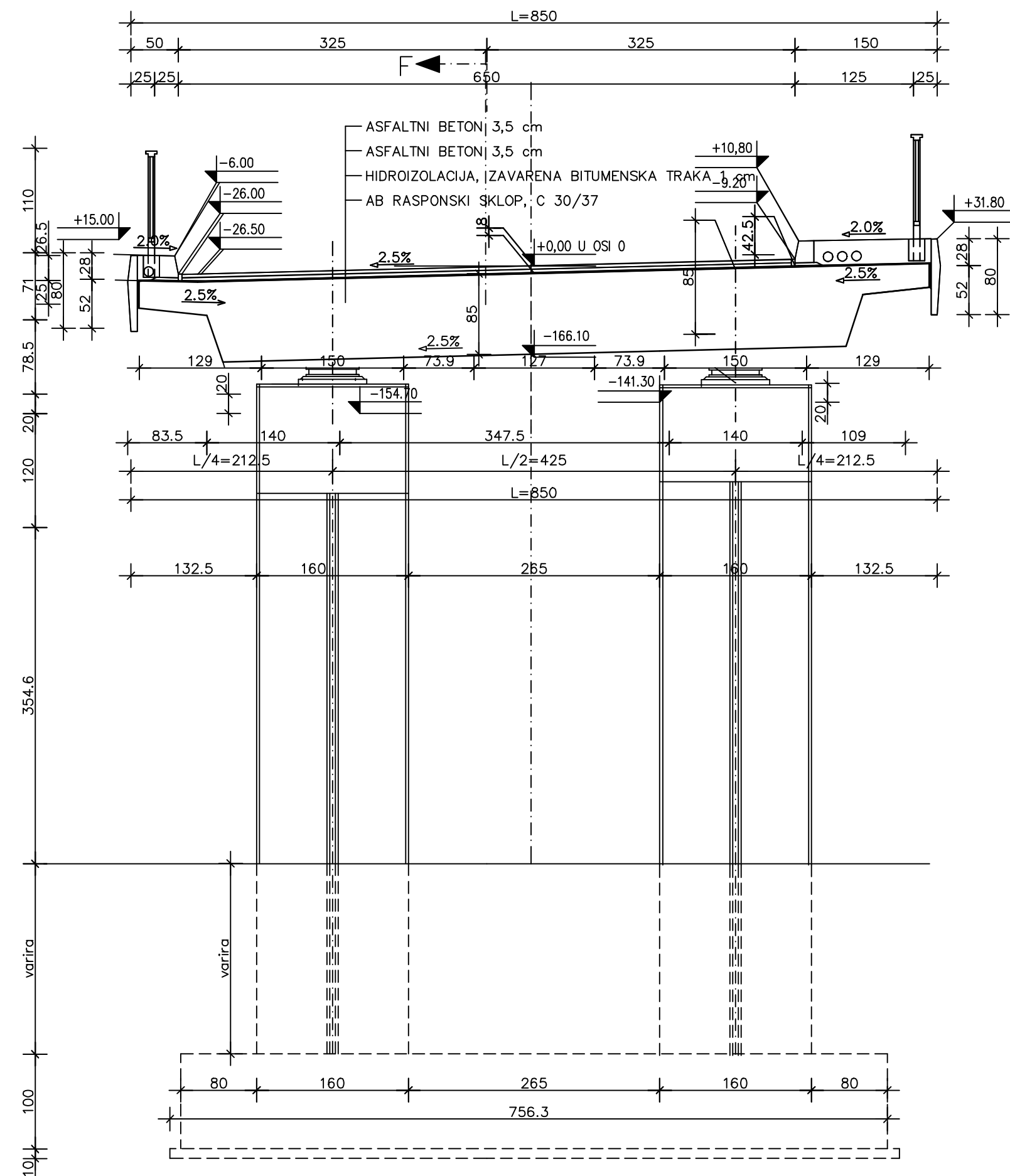


RASPORED LEŽAJA

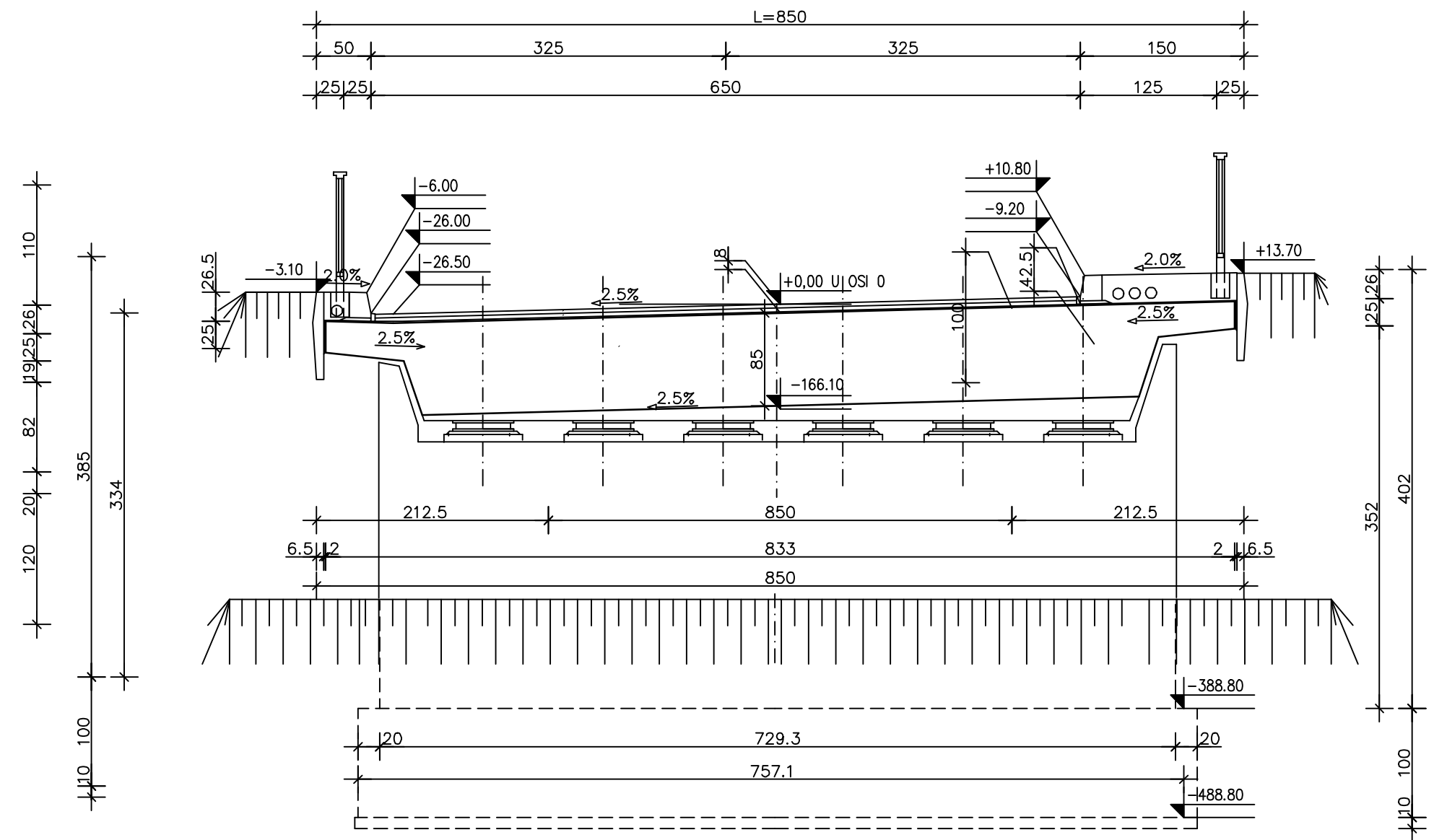


SADRŽAJ NACRTA: Tipski nadvožnjak Tlocrt gornjeg i donjeg ustroja		
KOLEGIJ: MOSTOVI		
RAZINA OBRADE: PROGRAMSKI ZADATAK – Idejni projekt		MJERILO: 1:200
DATUM: 01.07.2024.		
IZRADIO: IVAN KANIŽAJ		
AKADEMSKA GODINA: 2023./2024.		SMJER: GRADITELJSTVO

POPREČNI PRESJEK A-A, M 1:50



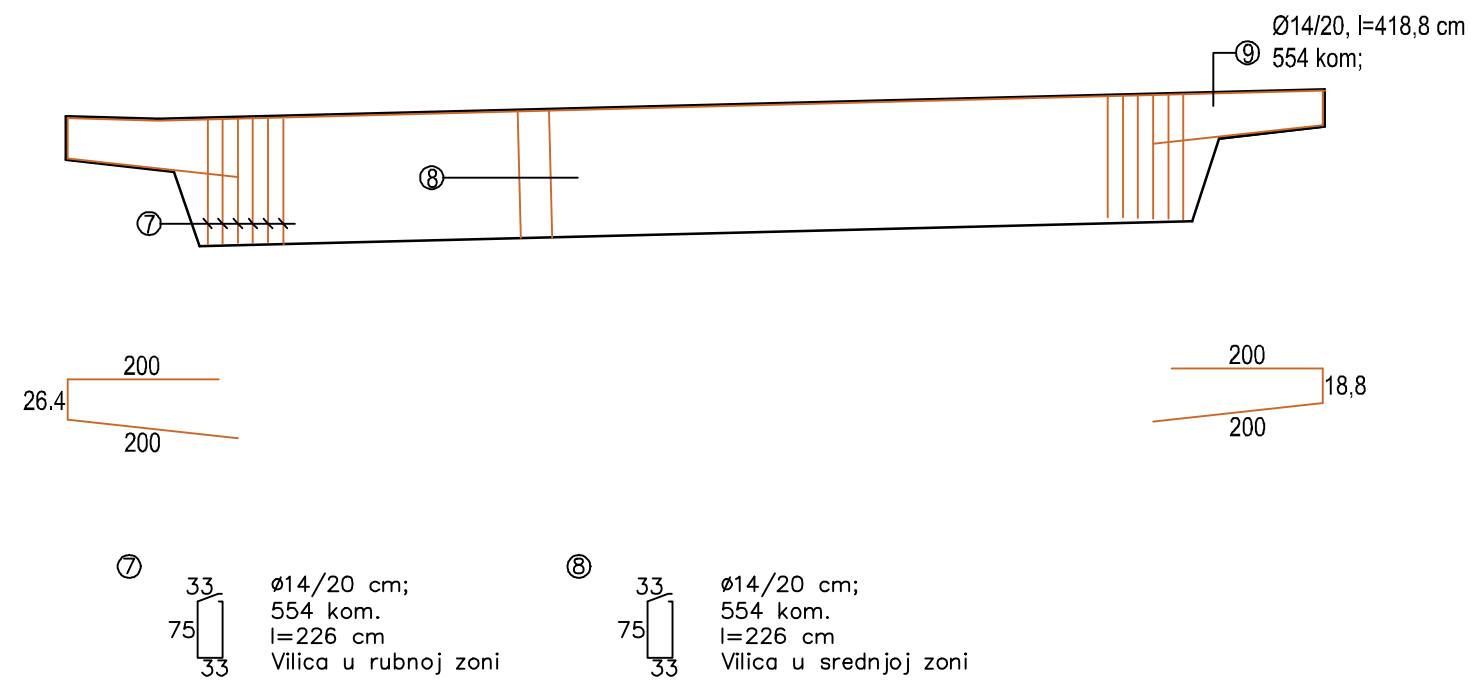
POPREČNI PRESJEK B-B, M 1:50



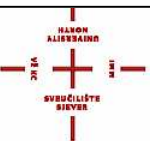
SADRŽAJ NACRTA:
Tipski nadvožnjak
Poprečni presjeci



KOLEGIJ:	MOSTOVI	
RAZINA OBRADE:	PROGRAMSKI ZADATAK - Idejni projekt	
DATUM:	01.07.2024.	MJERILO:
AKADEMSKA GODINA:	2023./2024.	1:50, 1:100
IZRADIO:	IVAN KANIŽAJ	SMJER: GRADITELJSTVO



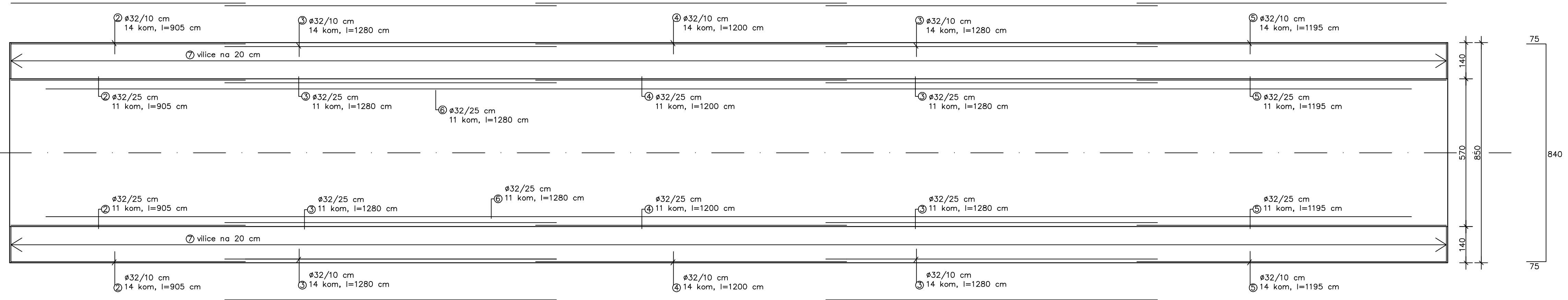
SADRŽAJ NACRTA:
Tipski nadvožnjak
Armatura – presjek



**Sveučilište
Sjever**

KOLEGIJ:	MOSTOV	
RAZINA OBRADE:	PROGRAMSKI ZADATAK – idejni projekt	
DATUM:	01.07.2024.	MJERILO: 1:100
AKADEMSKA GODINA:	2023./2024.	
IZRADIO:	IVAN KANIŽAJ	SMJER: GRADITELJSTVO

DONJA ZONA



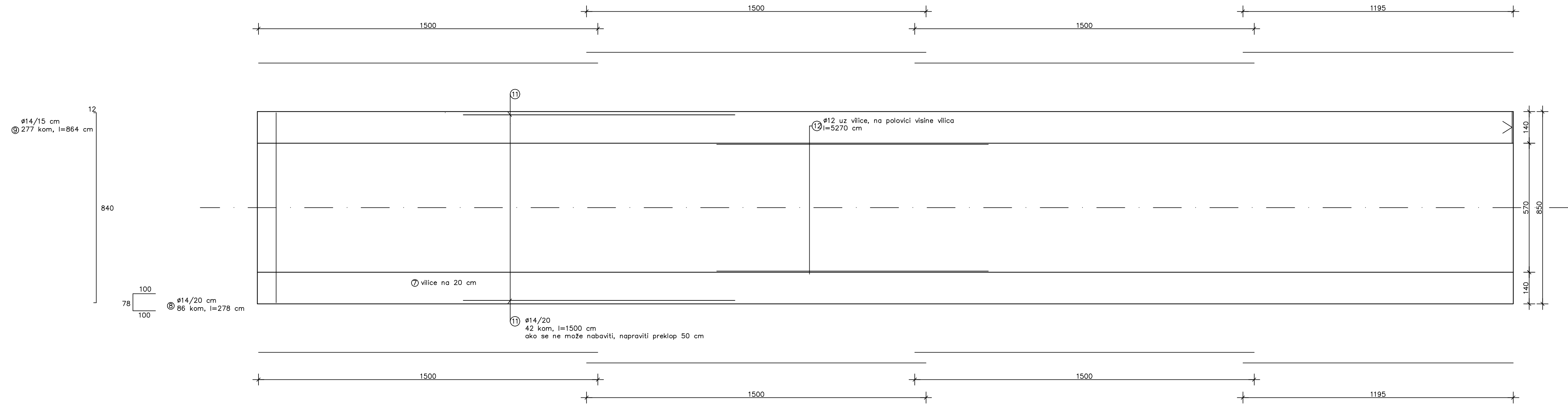
⑦ $\frac{33}{75}$
 $\frac{33}{33}$ Ø14/20 cm;
 554 kom.
 l=226 cm

Ø32/25 cm
 22 kom, l=5270 cm
 Plivajuća šipka

① Ø14, 4 kom/m², 468 kom.
 l=990 cm

SADRŽAJ NACRTA: Tipski nadvožnjak Armatura – donja zona		
KOLEGIJ: MOSTOVI		
RAZINA OBRADE: PROGRAMSKI ZADATAK – idejni projekt		Sveučilište Sjever
DATUM: 01.07.2024.	MJERILO: 1:100	
IZRADIO: IVAN KANIŽAJ	SMJER: GRADITELJSTVO	

GORNJA ZONA



SADRŽAJ NACRTA: Tipski nadvožnjak Armatura – gornja zona		 Sveučilište Sjever
KOLEGIJ:	MOSTOVI	
RAZINA OBRADE:	PROGRAMSKI ZADATAK – idejni projekt	
DATUM:	01.07.2024.	MJERILO: 1:100
AKADEMSKA GODINA:	2023./2024.	
IZRADIO:	IVAN KANIŽAJ	SMJER: GRADITELJSTVO