

# Karakteristični cestovni vijadukti u Hrvatskoj

---

**Krušec, Marta**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:277979>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-17**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



DIPLOMSKI RAD br. 53/GRD/2022

**KARAKTERISTIČNI CESTOVNI VIJADUKTI U  
HRVATSKOJ**

Marta Krušec, 1177/336D

Varaždin, listopad 2022.

**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Studij Graditeljstvo**



DIPLOMSKI RAD br. 53/GRD/2022

**KARAKTERISTIČNI CESTOVNI VIJADUKTI U  
HRVATSKOJ**

Student:  
Marta Krušec, 1177/336D

Mentor:  
doc. dr. sc. Goran Puž

Varaždin, listopad 2022.

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Marta Krušec

MATIČNI BROJ 1177/336

DATUM 01. travnja 2022.

KOLEGIJ Mostovi

NASLOV RADA Karakteristični cestovni vijadukti u Hrvatskoj

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Typical road viaducts in Croatia

MENTOR dr. sc. Goran Puž

ZVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

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

## Zadatak diplomskog rada

BROJ 53/GRD/2022

OPIS

U teorijskom dijelu rada potrebno je prikazati karakteristične tipove vijadukata na našim cestama - građevine od armiranog i prednapetog betona. Komentirati raspone, širine i propis za opterećenja, uz nekoliko primjera izvedenih građevina.

U praktičnom dijelu rada potrebno je načiniti projekt manjeg vijadukta preko suhe doline. Rasponski sklop građevine biti će kontinuirani nosač od armiranog betona, rebrastog poprečnog presjeka, preko nekoliko raspona. Stupovi i upornjaci biti će također armiranobetonski, a temeljenje plitko. Most prevodi preko prepreke državnu cestu bez pješačkih staza. Rad treba sadržavati:

- tehnički opis s obrazloženjem odabranog rješenja
- dispozicijske nacрте mosta u preglednom mjerilu
- osnovni statički proračun rasponskog sklopa
- dimenzioniranje najopterećenijih presjeka rasponskog sklopa
- skicu armature rasponskog sklopa
- troškovnik radova
- literaturu.

ZADATAK URUČEN

POTPIS MENTORA

Goran Puž

## **Predgovor**

Najveću zahvalu upućujem svojem mentoru, doc.dr.scc Goranu Pužu, koji je svojim iskustvom, znanjem, prijedlozima i savjetima doprinio stvaranju ovog diplomskog rada. Također, želim se zahvaliti svojoj obitelji na pruženoj podršci tijekom studiranja.

## Sažetak

Naslov rada: **KARAKTERISTIČNI CESTOVNI VIJADUKTI U HRVATSKOJ**

Autor rada: **Marta Krušec, 1177/336D**

Mentor: **doc.dr.sc. Goran Puž**

Ovim radom su prikazani primjeri karakterističnih vijadukti od armiranog i prednapetog betona u Hrvatskoj. Tema rada je projektiranje manjeg vijadukta preko suhe doline. Vijadukt se sastoji od tri raspona, gdje je rasponski sklop građevine kontinuirani nosač od armiranog betona, rebrastog poprečnog presjeka. Konstrukcija se oslanja na armiranobetonskim upornjacima i stupovima, čije je temeljenje plitko. Vijadukt prevodi preko doline državnu cestu širine 6,50 m, bez pješačkih staza. Detaljan opis pojedinog dijela konstrukcije dan je u tehničkom opisu, statički proračun je proveden u programu Tower, a dispozicije u programu AutoCad.

Rad sadrži:

- tehnički opis
- osnovni statički proračun rasponskog sklopa
- dimenzioniranje najopterećenijih presjeka rasponskog sklopa
- skicu armature rasponskog sklopa
- troškovnik radova
- dispozicijske nacрте u preglednom mjerilu
- literaturu.

**Ključne riječi:** vijadukt, nosiva konstrukcija, niveleta, raspon, temelj, statički proračun, dispozicijski nacрти

## **Abstract**

Title: **TYPICAL ROAD VIADUCTS IN CROATIA**

Author: **Marta krušec, 1177/336D**

Mentor: **doc.dr.sc. Goran Puž**

This paper presents examples of typical viaducts made of reinforced and prestressed concrete in Croatia. The topic of this paper is the design of a smaller viaduct crossing a dry valley. The viaduct consists of three spans, where the available building assembly is a continuous slab of reinforced concrete, with a ribbed cross section. The structure relies on abutments and columns, made of reinforced concrete, which foundation is shallow. The width of the state road are 6.50 m, without footpaths. Each individual part of the constructure is described in more detail in the technical specifications, the static calculation made in the Tower program, and the dispositions are from the AutoCad program.

The paper consists of:

- technical specifications
- calculation of internal forces
- dimensioning of a bridge's most loaded cross sections
- sketch of span armature
- cost estimate
- technical drawings
- literature

**Keywords:** viaduct, load-bearing structure, level, span, foundation, static calculation, technical drawings

## Popis korištenih kratica

|               |  |
|---------------|--|
| <b>m</b>      | metar  |
| <b>cm</b>     | centimetar   |
| <b>mm</b>     | milimetar  |
| <b>ST</b>     | stacionaža   |
| <b>UX</b>     | upornjak   |
| <b>AB</b>     | armirano-betonski  |
| <b>TPP</b>    | tipski poprečni presjek cesta                                      |
| <b>CX/X</b>   | razred čvrstoće betona   |
| <b>B500B</b>  | čelik armiranja betona vrhunske kvalitete                          |
| <b>NN</b>     | Narodne novine   |
| <b>HRN EN</b> | norme koje su preuzete iz normizacijskih sustava                   |
| <b>XC4</b>    | izmjenično vlažna i suha okolina, površina betona u dodiru s vodom |
| <b>XF4</b>    | visoka zaštićenost vodom sa solima za odmrzavanje                  |
| <b>XD1</b>    | umjereno vlažna okolina  |
| <b>g</b>      | stalno (vlastito) opterećenje                                      |
| <b>Q</b>      | koncentrirano opterećenje u traci (vozilo)                         |
| <b>q</b>      | kontinuirano opterećenje   |
| <b>EC</b>     | Eurokod  |
| <b>lx</b>     | duljina nosača   |
| <b>ly</b>     | širina nosača  |
| <b>w</b>      | širina kolničke konstrukcije                                       |
| <b>A(0-3)</b> | reakcije u osloncima   |



|             |  |
|-------------|--|
| $M_{(1,2)}$ | momenti nad ležajevima                                   |
| $m_{(1-3)}$ | momenti u polju  |
| $T_{(0-3)}$ | poprečne sile  |
| $M_{sd}$    | računski moment savijanja                                |
| $V_{sd}$    | računska poprečna sila                                   |
| $f_{ck}$    | tlačna čvrstoća valjka                                   |
| $f_{cd}$    | računska čvrstoća betona                                 |
| $f_{yd}$    | karakteristična čvrstoća čelika                          |
| $b_{eff}$   | sudjelujuća širina                                       |
| $b_w$       | širina rebra; širina hrpta T presjeka                    |
| $d$         | statička visina presjeka                                 |
| $h$         | visina presjeka  |
| $c$         | zaštitni sloj betona                                     |
| $\mu_{sd}$  | bezdimenzijska veličina za moment                        |
| $\zeta$     | koeficijent kraka unutrašnjih sila                       |
| $\xi$       | koeficijent položaja neutralne osi                       |
| $A_s$       | potrebna armatura  |
| $V_{Rd}$    | računska nosivost na poprečne sile                       |
| $V_{Rd1}$   | nosivost neraspucalog elementa na poprečne sile          |
| $\tau_{Rd}$ | računska čvrstoća na djelovanje glavnih kosih naprezanja |
| $\rho_1$    | koeficijent armiranja                                    |
| <b>OTU</b>  | Opći tehnički uvjeti                                     |

# Sadržaj

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Uvod .....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1. Karakteristični cestovni vijadukti od armiranog i prednapetog betona u Hrvatskoj..... | 3         |
| <b>2. Tehnički opis.....</b>   | <b>9</b>  |
| 2.1. Općenito o konstrukciji .....   | 9         |
| 2.2. Značajke tla i temeljenje.....  | 9         |
| 2.3. Donji ustroj mosta .....  | 10        |
| 2.4. Gornji ustroj mosta .....   | 11        |
| 2.5. Odvodnja .....  | 12        |
| 2.6. Zaštitna oprema .....   | 13        |
| 2.7. Oprema mosta.....   | 13        |
| 2.8. Statički proračun.....  | 14        |
| 2.9. Izvedba.....  | 16        |
| 2.10. Utrošak gradiva.....   | 16        |
| <b>3. Statički proračun rasponskog sklopa.....</b>   | <b>17</b> |
| 3.1. Shema rasponskog sklopa.....  | 17        |
| 3.2. Analiza opterećenja .....   | 18        |
| 3.3. Statički proračun.....  | 24        |
| 3.4. Proračunska situacija .....   | 31        |
| 3.5. Gradiva .....   | 33        |
| 3.6. Dimenzioniranje .....   | 34        |
| <b>4. Troškovnik.....</b>  | <b>50</b> |
| <b>5. Zaključak.....</b>   | <b>58</b> |
| <b>Literatura.....</b>   | <b>59</b> |
| <b>Popis slika .....</b>   | <b>60</b> |

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| <b>Popis tablica.....</b> | <b>61</b> |
| <b>Popis priloga.....</b> | <b>62</b> |

## 1. Uvod

Svjedoci smo svakodnevnih velikih promjena i napredovanja diljem svijetu još od davnih vremena. Povećanje urbanizacije popraćeno je jačanjem postojeće i stvaranjem nove putne infrastrukture, koja proizlazi iz ljudske potrebe za proširivanjem vlastitih horizonata, te međusobnom povezanošću. Za povezivanje mjesta, neophodan je učinkovit i održiv prometni sustav, koji uvelike doprinosi gospodarskom rastu. Izgradnja mostova ima važnu ulogu u prometnom sustavu. Također, i u umjetničkom smislu, gdje predstavlja odraz ljudskog umijeća, sposobnosti i znanja uklapanja ljudskih tvorevina u prirodu, pritom ne narušavajući njezinu izvornu ljepotu i vrijednost. Osnove za interpolaciju mosta u prostor su izbor trase i morfološko-geološko-hidrološke osobine prostora.

Zajedničko svim mostovima je da su to građevine s namjenom da prometnicu prevode preko zapreke, dok njihova ljepota i vrijednost proizlaze iz njihovih različitosti, kao što je lokacija, svojstva materijala, upotreba određene suvremene tehnologije i metoda građenja, te niz drugih relevantnih čimbenika. Most se projektira prema prirodnim uvjetima prepreke. Najvažniji dio mosta u konstrukcijskom smislu je nosiva struktura, dok su prometna ploha i prometna oprema najbitniji dijelovi u prometnom smislu. Most nam je uvelike potreban ako u trasi prometnice postoji zapreka koju nije moguće savladati izravnim oslanjanjem na tlo. Trajnost mosta je važan kriterij koji proizlazi iz značaja, cijene i funkcije. Ljepota i estetika proizlaze iz funkcije, trajnosti, kako se novim volumenom ne bi narušio prirodni ili urbani sklad okoline. Svaka konstrukcija mora zadovoljiti osnovne zahtjeve: zahtjev funkcionalnosti, tehnički zahtjev (sigurnost, mehanička otpornost, stabilnost i trajnost), zahtjev ljepote, te zahtjev ekonomičnosti. Osnovni uvjet postojanja mosta je da podnese sva opterećenja koja ga mogu zadesiti. [1]

U ovom radu je projektiran vijadukt, čija je zadaća premošćivanje suhe doline. Starorimski graditelji su razvili vijadukt. Njihovi vijadukti bili su izvedeni od polukružnih lukova na stupovima od kamena ili opeke. Razvojem željezničkih mostova i uporabom čelika u 18. i 19. stoljeću, dolazi do gradnje željeznih vijadukata. Tek početkom 20. stoljeća dolazi do napretka u izgradnji vijadukata upotrebom armiranog betona. U današnja vremena se u gradnji vijadukta upotrebljava prednapeti beton. Također grade se vijadukti i od čelika ili u spregnutoj izvedbi sa čeličnim nosačima i betonskom kolničkom pločom. Povijest prednapetog betona seže od kraja 19. stoljeća, kada je zabilježen prvi patent prednapetog betona, koji je

registrirao američki inženjer Henry Jackson, iz San Francisca, izgrađivši betonski nadvoj s prednapetim zategama. To je završilo rušenjem nadvoja nakon godinu dana, zbog ne znanja o fenomenu puzanja betona i opuštanju mekog čelika. Zatim je 1928. godine Eugene Freyssinet patentirao prethodno prednapinjanje betona čelikom velike čvrstoće.

Jedan od novijih postupaka gradnje je uzdužno potiskivanje, kod kojeg se segmenti rasponskog sklopa izvode jedan za drugim na platou ispred vijadukta, te se gotovi potiskuju u konačni položaj. Vijadukti su najviše zastupljeni na suvremenim autocestama u brdovitim i planinskim područjima. Sa njima se savladavaju teški morfološki i geološki terenski uvjeti.

Veličina raspona, ukupna dužina, konstrukcija poprečnih presjeka, zatim način oslanjanja i prenošenja opterećenja sa rasponske konstrukcije na potpore, te tehnologija građenja, mijenjali su se tijekom više od 100 godina razvoja betonskih mostova. [2]

Prednapinjanje armiranog betona u mostogradnji razvilo se u domenu grednih nosivih konstrukcija, jer je savijanje, odnosno zatezanje, naponsko stanje koje ne odgovara svojstvima betona kao materijala. Razvoj prednapinjanja kretao se u pravcu savladavanja mostova većih raspona, koji su bili nedostižni za armirani beton. Uspješno izgrađena nosiva konstrukcija od prednapregnutog armiranog betona je ona kod koje je ostvarena optimalna mjera ugrađenih materijala, živog rada, primjena odgovarajuće tehnologije građenja i vrijeme građenja. Beton je materijal velike tlačne, a male vlačne čvrstoće. Kada vlačna naprezanja, izazvana skupljanjem, temperaturom i vanjskim opterećenjem, dosegnu vlačnu čvrstoću betona, dolazi do pucanja u armiranobetonskim konstrukcijama. Nakon nastanka pukotina, vlačna naprezanja prihvaćaju se armaturom. Širina pukotina ograničena je trajanjem opterećenja i agresivnošću okoline. Cilj prednapinjanja je smanjiti vlačna normalna naprezanja u svim presjecima pomoću umjetno izazvanih sila. To su sile prednapinjanja. Na taj način dobivena naprezanja su manja od dopustivih vrijednosti u svim fazama izvedbe i uporabe građevine. [3] Upotrebom prednapregnutog betona smanjuje se opasnost od pojave pukotina i progiba, čime se osigurava trajnost. Također, potrebna je manja količina materijala, pa su moguće vitkije konstrukcije s manjom konstruktivnom visinom. Prednapinjanje može biti prethodno ili naknadno, što je češće. Naknadno prednapregnuti elementi imaju karakteristični „I“ presjek, uski hrbat jer potrebna armatura ne ovisi o njegovoj debljini, te širi donji pojas za instalacije i prihvaćanje tlačnih naprezanja od prednapinjanja. Za manje i srednje mostove ukupne dužine do 100 m u suvremenoj praksi, projektiraju se i grade integralni betonski mostovi. To su mostovi bez

dilatacija i ležajeva. Za mostove raspona preko 200,00 m su u prednosti znatno lakše spregnute i čelične konstrukcije mostova. [1]

### **1.1. Karakteristični cestovni vijadukti od armiranog i prednapetog betona u Hrvatskoj**

Polumontažni prednapeti sklopovi kod nas predstavljaju tipski sustav mostova i vijadukata na umjerenj udaljenosti od tla. Rasponski sklop, sastavljen od predgotovljenih nosača koji su spregnuti s naknadno betoniranom pločom, objedinjuje prednosti monolitne i montažne gradnje nad nosačima. Ploča debljine 25,00 cm lijeva se na licu mjesta preko predgotovljenih nosača. Najčešće su konstrukcije rešetkastog presjeka, sastavljene od montažnih prednapetih betonskih nosača spojenih s pločom i poprečnim nosačima. Takvi presjeci objedinjuju prednosti monolitne i montažne gradnje. Nedostatci u eksploataciji mogu se spriječiti oblikovanjem poprečnog presjeka, opreme, detalja i strožim nadzorom izvedbe. Kod odabira veličine raspona pažnja se posvećuje mogućnosti izvedbe i ekonomiji. [4] Tijekom ubrzane izgradnje autocesta u RH, najčešće su se izvodili vijadukti i mostovi s rasponima od 30,00 m. Produljivanje raspona ostvaruje se izradom naglavnice u obliku nakovnja. Za male raspone izrađuju se lijevane pune ploče. Izgrađeno je samo nekoliko prednapetih ploča, zbog isplativosti. Za jako prometne ceste, ne preporuča se upotreba šupljih ploča zbog loših iskustava iz prakse.

Za standardne raspone predviđeno je projektiranje i izvedba nosača s podebljanom donjom pojasnicom radi osiguranja trajnosti. Poprečni nosači izvode se samo nad osloncima, dok se glavni nosači postavljaju na način da im se gornje pojasnice naočigled dodiruju. Na trajnost i održavanje sustava utječe ostvarivanje protežnosti nad osloncima. Uobičajena je izvedba kontinuitetnih ploča radi diferencijalnog slijeganja. [5]

### 1.1.1. Vijadukt Bukovo

„Lebdeći“ vijadukt Bukovo iznad Bakra čini istočnu dionicu riječke zaobilaznice, koji se na stotinjak metara visine pruža nad cijelim bakarskim zaljevom.



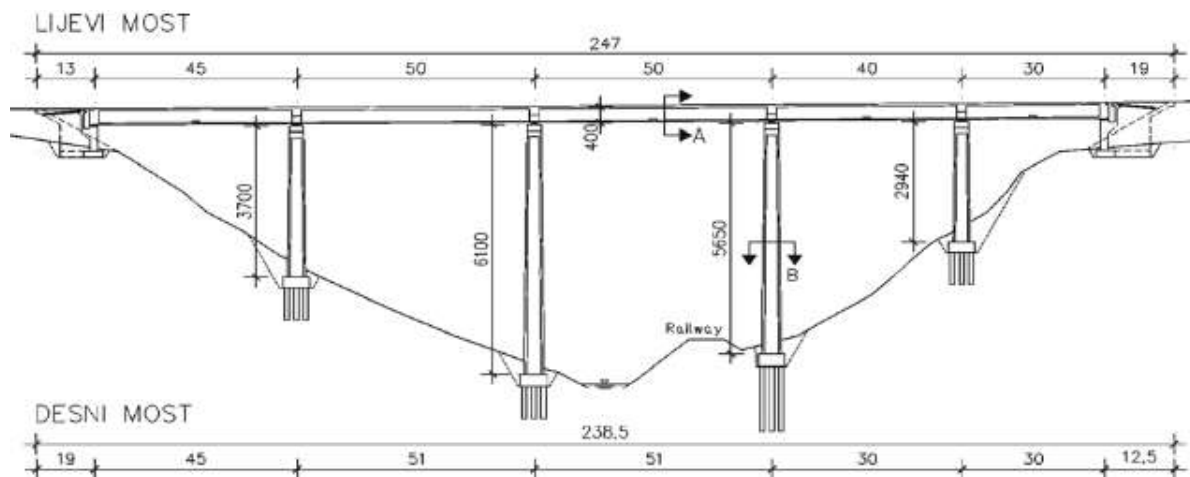
Slika 1.1. Vijadukt Bukovo



Slika 1.2. Vijadukt Bukovo

### 1.1.2. Vijadukt preko Dobre

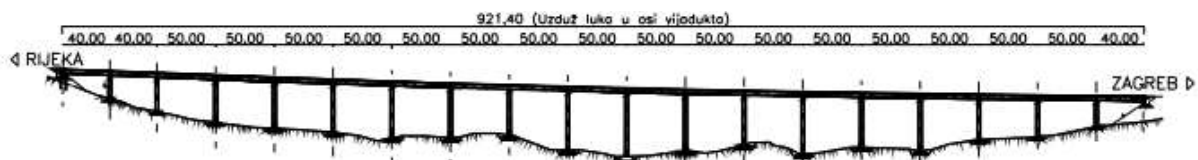
Vijadukt preko rijeke Dobre kod Vrbovskog, na trasi autoceste Karlovac – Rijeka, izgrađen kao dva odvojena sklopa, svaki za svoj smjer. Rasponski sklop je dužine 217,00 m preko 5 raspona. Rasponi dvaju krakova autoceste su različiti. Kod izgradnje ovog vijadukta, u Hrvatskoj, je prvi put primijenjeno istodobno i unutarnje i vanjsko prednapinjanje rasponskog sklopa. Vanjski kabeli, odnosno natege, smještene su unutar sandučastog nosača, dok su unutarnje natege smještene u pojasnim pločama. [6]



Slika 1.3. Uzdužni presjek vijadukta preko rijeke Dobre

### 1.1.3. Vijadukt Zečeve Drage

U izgradnji vijadukta Zečeve Drage, također je primijenjeno istodobno i vanjsko i unutarnje prednapinjanje s jednakim rasporedom natega kao i kod prethodnog vijadukta preko rijeke Dobre. Ovaj vijadukt je zakrivljen tlocrtno i visinski, zbog čega mu je os prostorna krivulja. Rasponski sklop dužine 921,40 metara pruža se preko 19 raspona. [6]



Slika 1.4. Uzdužni presjek vijadukta Zečeve Drage

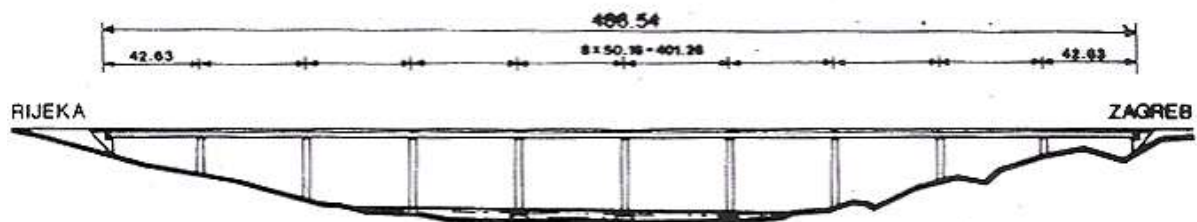


#### 1.1.4. Vijadukt Bajer

Postupak naguravanja prednapetog betonskog sklopa, prvi put u Hrvatskoj je primijenjen na vijaduktu Bajer koji se nalazi na autocesti Karlovac – Rijeka. Dužina mu iznosi 520,00 m, a rasponski sklop se pruža preko 10 polja. [6]



Slika 1.5. Vijadukt Bajer



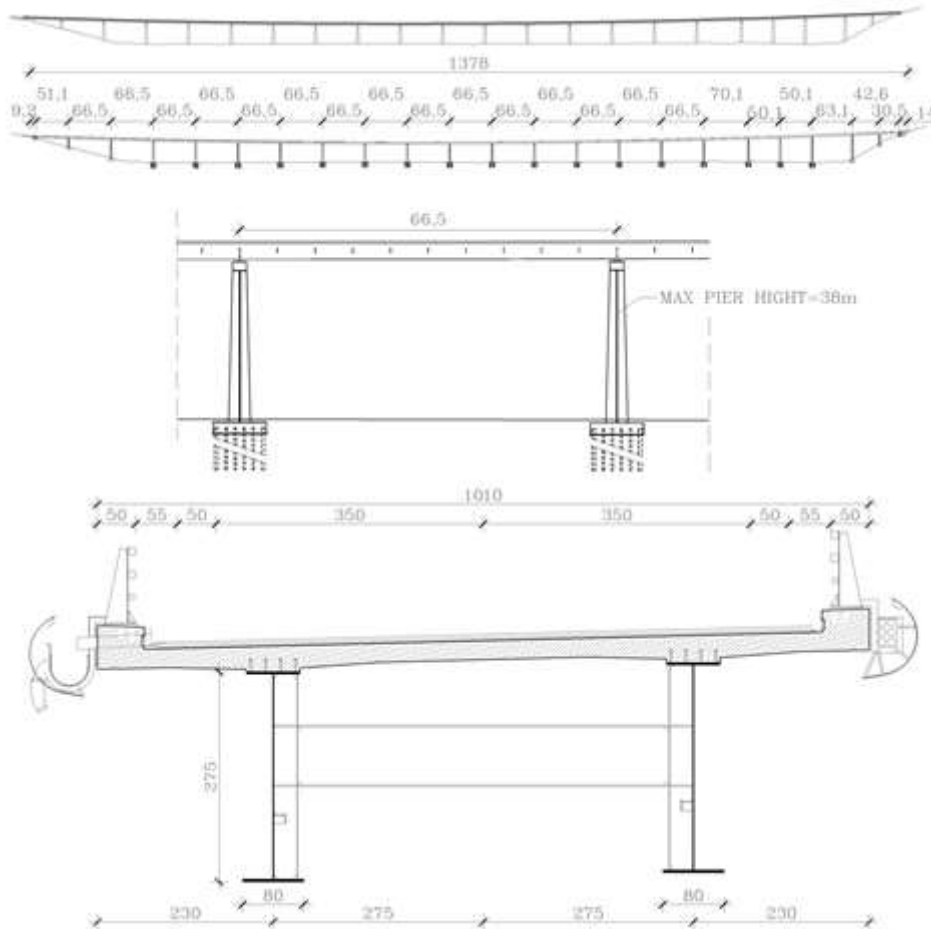
Slika 1.6. Uzdužni presjek vijadukta Bajer

### 1.1.5. Vijadukt preko Mirne

Vijadukt preko rijeke Mirne nalazi se na „Istarskom ipsilonu“. Kod izrade projekta vijadukta velika važnost se davala smanjenju ukupne mase mosta zbog nepovoljnih uvjeta temeljenja, pošto se radi o naplavnoj dolini, što je nadalje uvjetovalo produljivanju raspona radi smanjivanja količine temeljenja. Osim o uvjetima tla, veličina raspona ovisila je i o položaju korita rijeke. Riječ je o naslagama šljunka koje sežu i do dubine od 120,00 m. Vijadukt je dugačak 1378,00 m, širine 1010,00 m i ima 22 raspona od 66,50 m. Stupovi su temeljeni u močvarno tlo s primjesima morske vode, na zabijenim čeličnim pilotima. [5]



Slika 1.7. i 1.8. Vijadukt preko rijeke Mirne



Slika 1.9. Shematski prikaz vijadukta preko rijeke Mirne

Spomenuti primjeri vijadukata u Hrvatskoj imaju rasponski sklop od armiranog i prednapetog betona. Vijadukt Bukovo i vijadukt preko rijeke Dobre su manjih dužina, time broje samo 5 raspona, dok se kod ostalih spomenutih vijadukata, rasponska konstrukcija pruža preko 10 i više raspona. Veličina njihova raspona iznosi otprilike 50,00 metara. U gradnji vijadukata preko rijeke Dobre i Zečeve Draga, primijenjeno je istodobno vanjsko i unutarnje prednapinjanje rasponskog sklopa.

## 2. Tehnički opis

### 2.1. Općenito o konstrukciji

Predmetni vijadukt koji premošćuje plitku dolinu, s obzirom na konfiguraciju terena i prepreke, projektiran je s tri raspona, od kojih je središnji 16,00 m, a dva rubna su po 12,00 m. Početna stacionaža vijadukta je ST1 (km 0+000,00) i predstavlja početak krila upornjaka U1, a krajnja stacionaža je ST6 (km 0+052,27) koja označava kraj krila upornjaka U2, što znači da ukupna duljina vijadukta iznosi 52,27 m. Gledajući tlocrtno, predmetni vijadukt je u pravcu. Niveleta vijadukta je u pravcu s uzdužnim nagibom prometnice u usponu od 2,0%.

Monolitni rasponski sklop sastoji se od dva „T“ nosača nad ležajevima, međusobno povezana AB pločom, s kojom čine jedinstvenu monolitnu cjelinu. Rasponski sklop se oslanja na dva upornjaka i dva stupišta. Visina nosača je stalna cijelom duljinom. Upornjaci i stupovi su od armiranog betona, a temeljenje je plitko. Visina upornjaka iznosi 5,00 i 3,80 m.

Odabran je poprečni profil prometnice TPP 8,5, koji je pretpostavljen na osnovi kategorije ceste i projektne brzine. Odabrani profil je potrebno provjeriti proračunom, može li prihvatiti prognozirano prometno opterećenje i zadovoljava li odabranu razinu usluge ceste, odnosno stupanj iskorištenosti. [6] Širina kolnika iznosi 6,50 m, uz rub kolnika je 0,50 m prostora za odbojnu ogradu, a iza ograde su poslužne staze od po 0,50 m sa svake strane kolnika. Širina poprečnog presjeka vijadukta iznosi 9,00 m. Odbojna i poslužna staza uzdignute su za 20,00 cm iznad razine kolnika, te je nagib 4% prema najnižoj točki koja se nalazi na kolniku. Kolnik ima jednostrešni nagib od 2,5% radi odvodnje vode s kolnika. Projektom je predviđen zatvoren sustav odvodnje.

### 2.2. Značajke tla i temeljenje

Prije same izvedbe vijadukta, potrebno je provesti geotehnička ispitivanja tla. Ovaj vijadukt svojom dužinom spada u skupinu za koju se preporuča da se izvede po jedna bušotina dubine 10 - 15 m kod svakog upornjaka i barem jedna u sredini. U slučaju da geološki sastav tla u potpunosti nije jasan, tada je potrebno povećati broj i dubinu bušenja. Jedan od osnovnih parametara ispitivanja tla je veličina slijeganja temeljnog tla. [1]

Ovim projektom predviđeno nosivo tlo je stijena. Vijadukt se temelji plitkim temeljem. Za iskop temelja vijadukta, primijenit će se široki iskop. Nagib pokosa nasipa je 1:1,5.

Dimenzije temelja:

- temelj upornjaka sa podložnim betonom od 10,00 cm: 9,00 x 1,00 x 3,80 m
- temelj stupa sa podložnim betonom od 10,00 cm: 7,24 x 1,00 x 3,00 m

Ponašanje temelja potrebno je provjeriti kroz dalje navedena tri uvjeta koja su međusobno neovisna: nosivost stjenke mase, koja osigurava da ne dođe do loma same stjenke mase ili njezinog puzanja ispod temelja; slijeganje temelja; te stabilnost temelja u opterećenom području ispod temelja. Također, temelja kao konstrukcija mora zadovoljiti granično stanje nosivosti i granično stanje uporabivosti. [8]

### **2.3. Donji ustroj mosta**

Donji ustroj mosta je dio mosta ispod ležaja glavnih nosača. Čine ga konstruktivni dijelovi koji prenose sva opterećenja od mosta na tlo, prenose dodatne sile koje se javljaju uslijed djelovanja prednapinjanja, temperaturnih promjena; omogućavaju uzdužne pomake rasponske konstrukcije i vlastite pomake od djelovanja prednaprezanja, temperature, skupljanja i puzanja; te omogućavaju deformacije rasponske konstrukcije i vlastite deformacije bez dodatnih sila. Oblici i izmjere im najviše ovise o značajkama tla. Osnovni dijelovi donjeg ustroja mosta koji su korišteni u radu su upornjaci, stupovi i ležajevi.

#### **2.3.1. Upornjaci**

Projektirani su masivni upornjaci sa krilima usporednim s osi mosta, a između zidića upornjaka i kraja rasponskog sklopa ostavljen je slobodni prostor. Upornjak ima svoj vlastiti temelj, tlocrtnih dimenzija 9,00 x 3,80, ispod kojeg se nalazi 10,00 cm podložnog betona klase C12/15. Debljina zida upornjaka iznosi 1,00 m, a visina U1 iznosi 5,00 m, ta visina U2 iznosi 3,80 m. Zidić upornjaka je debljine 30,00 cm, a krila su 50,00 cm. Statički sustav upornjaka promatramo kao plošni element koji je pri dnu upet, a pri vrhu slobodan. Upornjak čine potporni zidovi.

Projektom je predviđena kamena obloga upornjaka.

#### **2.3.2. Stupovi**

Vijadukt ima dva stupišta u uzdužnoj dispoziciji. Stupiše vijadukta sastoji se od dva stupa povezana temeljnom pločom, tlocrtnih dimenzija 3,00 x 7,24 m, ispod koje se nalazi 10,00 cm podložnog betona klase C12/15. svaki stup ima zaseban oslonac. Sva četiri stupa oblikovana su po istoj zakonitosti, a visina im varira od 8,60 m do 9,10 m. Na vrhu stupova su

ležajni kvadri koji služe za postavu ležajeva rasponskog sklopa. Stupovi su kvadratnog poprečnog presjeka, širine 80,00 cm. Njihov poprečni presjek po visini ostaje stalan. Statički sustav stupova promatramo kao štapni element koji je pri dnu upet, a pri vrhu slobodan.

U izgradnji upornjaka i stupišta koristit će se armirani beton i segmentna oplata za upornjake, te potpuna oplata za stupe. Izvest će se na licu mjesta betoniranjem betonom klase C30/37, te će se koristiti armaturni čelik čvrstoće B500B.

Nosači mosta oslanjaju se na po dva ležaja na svakom upornjaku i na po jedan na svakom stupu. Sve ležajeve je potrebno ugraditi u horizontalnom položaju, bez obzira na nagib rasponskog sklopa, na AB kvadre.

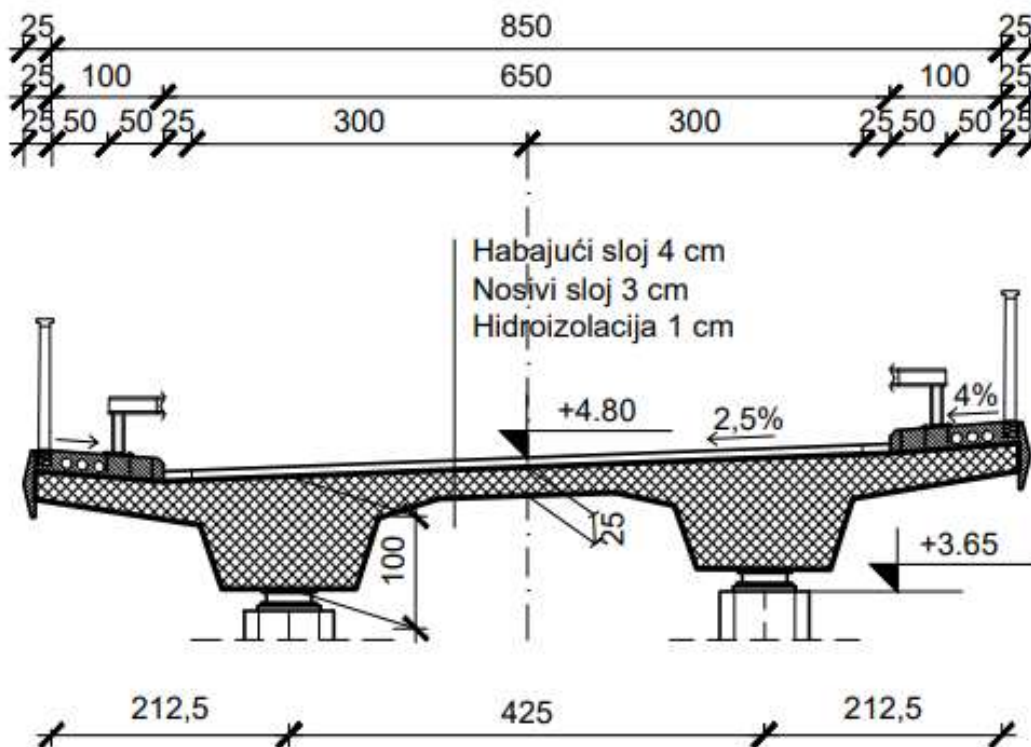
Dijelove donjeg ustroja koji su u direktnom kontaktu s tlom, potrebno je hidroizolirati s dva sloja specijalnog bezbojnog vodonepropusnog premaza na bazi polimera koji penetrira u beton. Također je potrebno osigurati prostor između rasponskog sklopa i upornjaka, i stupišta, radi mogućnosti podešavanja ili izmjene ležajeva tijekom vijeka trajanja vijadukta.

## **2.4. Gornji ustroj mosta**

Gornji ustroj mosta je dio iznad ležajeva glavnih nosača. Glavni nosači su nosivi dijelovi čija je zadaća prenošenje opterećenja s prometne plohe na stupove i upornjake. U našem slučaju su to nosači „T“ presjeka, oblikovani za izvedbu na skeli.

### **2.4.1. Rasponski sklop**

Predmetni vijadukt je rebrastog poprečnog presjeka koji se sastoji od dva „T“ nosača nad ležajevima, međusobno povezanih AB pločom. Ukupna širina rasponskog sklopa iznosi 9,00 m i uključuje dvije prometne trake širine 3,00 m, dva prostora za odbojnu ogradu od po 0,50 m, te dvije poslužne staze širine 0,50 m, i po jedan vijenac sa svake strane. Na samom rubu mosta predviđena je čelična poslužna ograda. Konstruktivna visina sklopa iznosi 100,00 cm, a debljina AB ploče u sredini je 25,00 cm. Na ploču se sa svake strane nastavlja konzola duljine 152,00 cm, promjenjive visine od 25 do 40,00 cm. AB ploča sa „T“ nosačima se oslanja na krajnje upornjake i stupove uz pomoć ležajeva. Ležajevi su elastomerni, armirani, izvest će se prijelazne naprave na krajevima sklopa i omogućiti povremenu zamjenu ležaja. Zamjenu ležajeva omogućuju uzdignuti betonski kvadri na upornjacima. Važno svojstvo elastomernog materijala je da uz pomoć deformacija omogućava translaciju, te rotaciju do dozvoljenog stupnja.



Slika 2.1. Poprečni presjek vijadukta

Za izvedbu rasponskog sklopa koristi će se armirani beton, klase C30/37, razred izloženosti XC4, XF4. Čvrstoća čelika je B500B. Zaštitni sloj armature iznosi 4,00 cm.

Između rasponskog sklopa i upornjaka nalazi se dilatacija na koju se ugrađuju prijelazne naprave koje moraju omogućiti pomake konstrukcije. Za ovaj projekt odabrane su modularne prijelazne naprave s elastomernim vodonepropusnim brtvenim profilom. Linije prijelazne naprave moraju pratiti liniju kolnika i staza u cijeloj širini ploče vijadukta.

## 2.5. Odvodnja

Niveleta vijadukta je u pravcu s uzdužnim nagibom prometnice u usponu od 2,0%, a poprečni nagib iznosi 2,5%. Odvodnja površinske/oborinske vode sa vijadukta je ostvarena poprečnim i uzdužnim nagibima kolnika. Nagibi se spuštaju prema najnižoj točki kolnika koja prati liniju osi slivnika zbog odvodnje. Slivnici su postavljeni približno na razmaku od 10,00 m u uzdužnom smjeru uz rub kolnika, kako je propisano. Projektiraju se na početku i na kraju sklopa. Odabrani su horizontalni slivnici zbog većeg uljevnog profila, koji se nastavljaju u

zatvoreni sustav odvodnje sistemom cijevi kojima se voda odvodi u odvodni šaht. Cijevi su promjera  $\Phi 200$  mm, od nehrđajućeg čelika su, visoke trajnosti, niskog koeficijenta istezanja, te jednostavne ugradnje.

Voda koja teče prema mosta, prije višeg upornjaka, se odvodi betonskim kanalicama niz pokos nasipa, a voda koja teče od mosta se također odvodi kanalicama, nakon nižeg upornjaka. Važno je da sustav odvodnje bude funkcionalan, te da svi elementi budu lako dostupni i zamjenjivi.

## **2.6. Zaštitna oprema**

Vijadukt ima odbojnu ogradu pod koju je podvučen rubnjak. Njezina zadaća je spriječiti pad s mosta vozila nad kojim je izgubljen nadzor. Moraju biti takve da nastane što manja šteta na vozilu. Izvedena je od konstrukcijskog čelika koji štiti od raznih vremenskih uvjeta. Visina odbojne ograde iznosi 65,00 cm nad kolnikom s razmakom stupaca od 1,34 m.

U našem slučaju imamo most bez pješačkog prometa te je izvedena poslužna staza za prolaz obhodara, službene osobe koja povremeno pregledava most, sa čeličnom ogradom sastavljenom od rukohvata, usidrenih stupaca i ispune. Visina ograde iznosi 1,20 m.

## **2.7. Oprema mosta**

### **2.7.1. Ležajevi**

Ležajevi su posebni dio opreme mosta na koji se neposredno oslanja rasponski sklop. Prenose opterećenje s gornjeg ustroja na donji ustroj. Omogućavaju vertikalne i horizontalne pomake, te prenose torziju i momente savijanja. Ležajevi su elastomerni. Jednostavni su za održavanje i izdržljivi su. [1]

### **2.7.2. Rubnjaci**

Rubnjaci su betonski i montažni. Odabrani rubnjaci su dimenzija 10x20x100 cm (širina/visina/dužina).

### **2.7.3. Prijelazne naprave**

Prijelazne naprave ugrađuje se na krajevima rasponskog sklopa, na upornjacima. Kod njihova odabira potrebno je izračunati pomake na mjestima rasejepa, osigurati uvjete realizacije, te uvjete njihove ugradnje. Projektom su predviđene prijelazne naprave od čeličnih



profila za male pomake do 25,00 mm. Izvode se po cijeloj širini kolničke ploče. Sastoje se od čelične letve usidrene u betonsku ploču kolničke konstrukcije i elastomernog uložka.

#### **2.7.4. Vijenac**

Vijenac je rubna istaka na konzoli mosta, te doprinosi njegovoj estetici. Izveden je zajedno s hodnikom u istoj oplati, betonom klase C25/30. Uz pomoć ispuštene armature je spojen je s rasponskim sklopom.

#### **2.7.5. Hodnik**

Projektom je predviđen hodnik širine 1,00 m, betoniran betonom klase C25/30. U njemu su postavljeni otvori za ugradnju cijevi promjera  $\Phi 110$  za provođenje instalacija.

#### **2.7.6. Instalacije**

Sve instalacije moraju biti ugrađene u zaštitne cijevi. Ako će biti potrebno, cijevi će se zaštititi sa izolacijskim materijalima i pričvrstiti za konstrukciju. Instalacije se pričvršćuju na nosivu konstrukciju pomoću elastičnih spojnica. Instalacije treba ugraditi i rasporediti tako da ne ugrožavaju trajnost vijadukta i njegove opreme, također moraju biti ugrađene na lako dostupna mjesta kako bi se omogućilo njihovo nesmetano vođenje, revizija i zamjena.

U našem slučaju, instalacije se ugrađuju u hodnik, visine 20,00 cm. Cijevi za vođenje kablova su promjera 110,00 mm. [9]

## **2.8. Statički proračun**

### **2.8.1. Popis normi za projektiranje građevinskih konstrukcija**

Opterećenja i koeficijenti sigurnosti konstrukcije mosta definirani su odgovarajućim normama [10]:

- Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN, 2017)

Prilog I. – Popis normi za projektiranje građevinskih konstrukcija

I.1 OSNOVE PROJEKTIRANJA, DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJE I  
PLANIRANJE UPORABNOG VIJEKA KONSTRUKCIJA

- 1.1 Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije

- 1) HRN EN 1991-2  
Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – 2. dio: Prometna opterećenja mostova
- 2) HRN EN 1991-2/NA  
Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – 2. dio: Prometna opterećenja mostova – Nacionalni dodatak
- 3) HRN EN 1992-2  
Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – 2. dio: Betonski mostovi – Proračun i pravila razrede detalja
- 4) HRN EN 1992-2/NA  
Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – 2. dio: Betonski mostovi – Proračun i pravila razrede detalja – Nacionalni dodatak

### **2.8.2. Usvojene pretpostavke modeliranja konstrukcije**

Proračunski sklop pojednostavljujemo i prikazujemo kao linijski model, kod kojeg je broj štapova jednak broju raspona mosta, a broj oslonaca jednak je broju raspona +1. u našem slučaju linijski model ima 4 oslonaca. Nagib nosača zanemarujemo radi oblikovanja prema osi prometnice, pretpostavljamo da je nosač ravan i horizontalan. Duljina pojedinih raspona odgovara duljini osi od osi ležaja, što je manje od ukupne duljine sklopa (zanemarujemo dio vlastite težine). Kod svih ležajeva omogućene su rotacije. Krajnji ležaj je uzdužno nepomičan, a ostali su uzdužno pomični. [8]

### **2.8.3. Proračunske situacije**

Proračunska opterećenja se postavljaju na most tako da izazovu najveće djelovanje na promatrani element. Sastoje se od koncentriranih sila koje simuliraju osovine,  $Q$  i površinsko opterećenje,  $q$ . Poprečni presjek se dijeli na trake, širine po 3,00 m, koje nisu povezane s prometnim trakama, a ni s podjelom kolnika. Prva, odnosno glavna traka je ona na kojoj će opterećenje dati najnepovoljniju unutarnju silu za određeni proračun, tj. u njoj su najveća opterećenja. Proračun je rađen prema modelu 1, koji predstavlja glavni sustav opterećenja.

Izračun proračunske situacije izvodi se na način, da stalna djelovanja pomnožimo s parcijalnim faktorom 1,35, a promjenjiva djelovanja ( $q + Q$ ) pomnožimo s parcijalnim faktorom 1,50 i dobivene rezultate zbrojimo.

## **Stalna djelovanja, $G \cdot 1,35$ + Promjenjiva djelovanja, $Q \cdot 1,50$**

Za potrebe idejnog projekta odabrana je samo jedna proračunska situacija, za koju se pretpostavlja da će rezultirati unutrašnjim silama koje su mjerodavne za dimenzioniranje rasponskog sklopa.

### **2.9. Izvedba**

Projektom je određena monolitna gradnja svih dijelova vijadukta. Gradnja počinje izvedbom temelja upornjaka i stupišta. Temelji upornjaka i stupišta izvode se kao plitki temelj zbog povoljnih uvjeta temeljenja. Dno temelja se oslanja na stijenu sa podložnim betonom. Upornjaci se grade na klasičan način od armiranog betona na licu mjesta pomoću oplata. Stupišta će se također graditi od armiranog betona u potpunoj standardnoj oplati na licu mjesta, koja je sastavljena za cijelu visinu stupa. Rasponska konstrukcija se izvodi na licu mjesta, betoniranjem dugi i kratkih elemenata. Koristit će se čelične cijevne skele koje se lako montiraju i demontiraju. Odabrane su ovakve skele jer su pogodne u slučaju ravnog i dobro nosivog tla ispod mosta kao u našem slučaju. [1]

### **2.10. Utrošak gradiva**

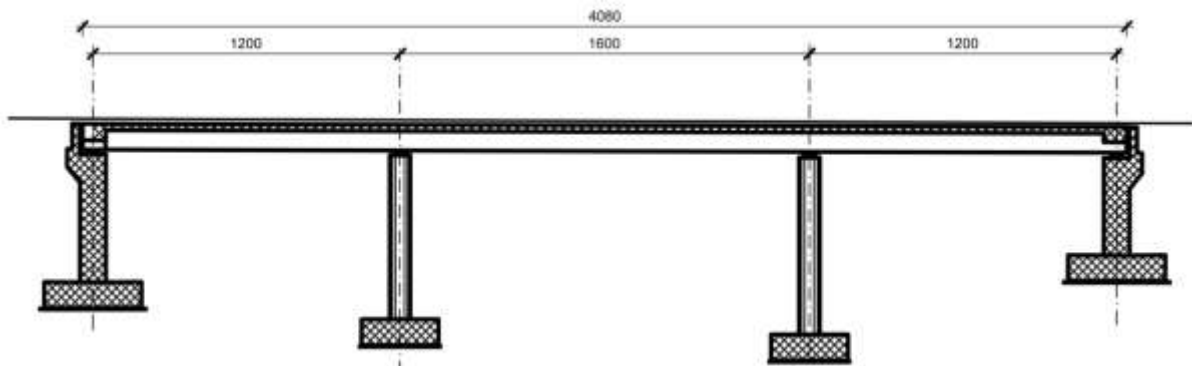
Potrebne količine gradiva koje će se ugraditi u vijadukt prikazane su u troškovniku radova. Troškovnikom radova definirani su svi radovi koje je potrebno izvesti u izgradnji vijadukta. Za izgradnju vijadukta ugradit će se 1820,00 m<sup>3</sup> betona i oko 45,00 tona čelika. Beton i čelik su među skupljim stavkama troškovnika, pa bi bilo poželjno obratiti pažnju prilikom projektiranja.

### 3. Statički proračun rasponskog sklopa

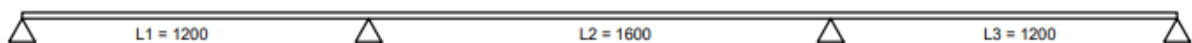
#### 3.1. Shema rasponskog sklopa

Opis konstrukcije:

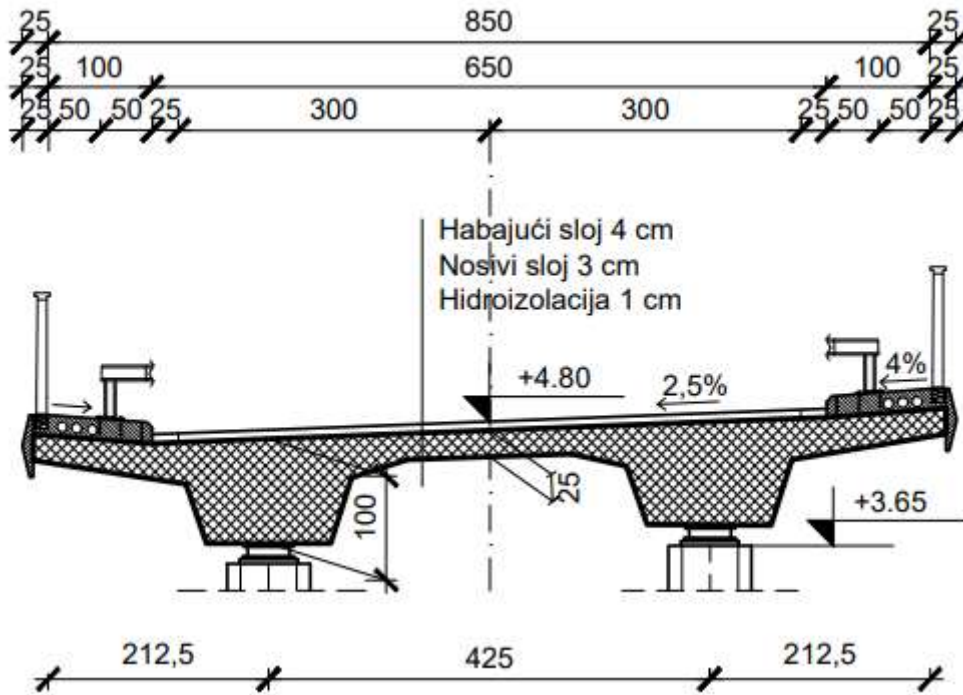
- most s tri raspona: najveći raspon 16,00 m, ostala dva dužine 12,00 m
- ukupna duljina rasponskog sklopa 40,81 m
- poprečni rebrasti presjek, dva rebra u presjeku
- širina sklopa: 8,50 m
- širina rebra: 120,00 cm
- visina rebra: 100,00 cm
- debljina kolničke ploče: 25,00 cm, podebljanje na vutama
- konzole: obostrano 152,00 cm; promjenjive visine od 25,00 do 40,00 cm
- poprečni nosači na krajevima, visine glavnog nosača
- opterećenje: cestovno, EC, model 1
- gradiva: armirani beton



Slika 3.1. Uzdužni presjek vijadukta



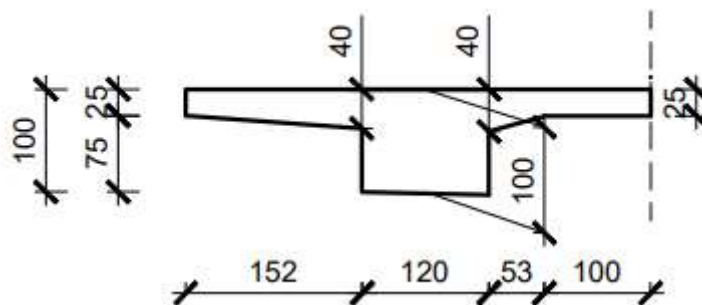
Slika 3.2. Statički sustav glavnog nosača



Slika 3.3. Poprečni presjek vijadukta

### 3.2. Analiza opterećenja

Proračun se provodi za jedno rebro u najnepovoljnijoj kombinaciji opterećenja.



Slika 3.4. Shema rebra

$$1,20 \cdot 1,00 = 1,20$$

$$\left(\frac{0,40 + 0,25}{2} \cdot 1,52\right) \cdot 2 = 0,99$$

$$0,25 \cdot 0,99 = 0,25$$

$$A = 2,44 \text{ m} \rightarrow 2,50 \text{ m}^2$$

Vlastita težina:

$$g = 25 \cdot 2,50 + [(0,53 \cdot 0,75 \cdot 2,12) \cdot 2 \cdot 25] \cdot \frac{1}{40,80} = 64 \text{ kN/m'}$$

Dodatno stalno opterećenje:

-zastor:  $22 \cdot 0,07 \cdot 3,25 = 5 \text{ kN/m'}$

-hidroizolacija:  $0,5 \cdot 0,01 \cdot 4,25 = 0,02 \text{ kN/m'}$

-odbojna ograda:  $1 \text{ kN/m'}$

-poslužna ograda:  $1 \text{ kN/m'}$

-betonska staza:  $(0,60 \cdot 0,25 + 1,00 \cdot 0,20) \cdot 25 = 8,75 \text{ kN/m'}$

---

$$= 15,77 \text{ kN/m'}$$

Dodatno stalno opterećenje uzimamo  $16 \text{ kN/m'}$

**Stalni teret – ukupno:  $80 \text{ kN/m'}$**

**Prometno opterećenje: HRN EN 1991-2**

-w – širina kolnika:  $6,50 \text{ m} > 6 \text{ m}$

-broj prometnih traka:  $n = 2$

-širina prometnog traka:  $3,00 \text{ m}$

-preostala širina kolnika:  $2,50 \text{ m}$

### 3.2.1. Model 1

#### 1.traka

-koncentrirano opterećenje  $Q_{1k} = 300 \text{ kN}$

-kontinuirano opterećenje  $q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$

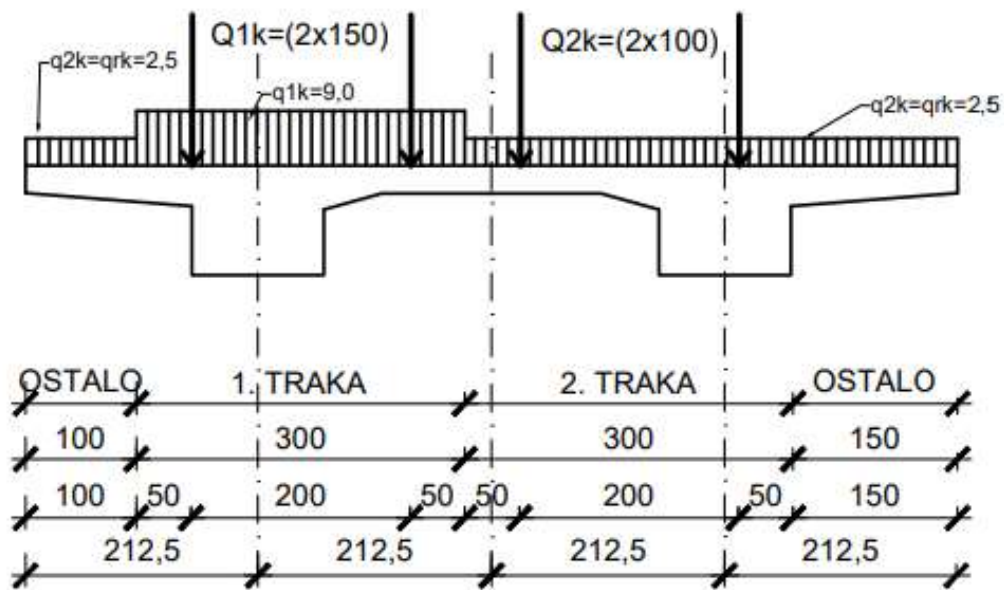
#### 2.traka

- koncentrirano opterećenje  $Q_{2k} = 200 \text{ kN}$

-kontinuirano opterećenje  $q_{2k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$

#### Preostala površina

-kontinuirano opterećenje  $q_{rk} = 2,5 \text{ kN/m}^2$



Slika 3.5. Raspodjela opterećenja

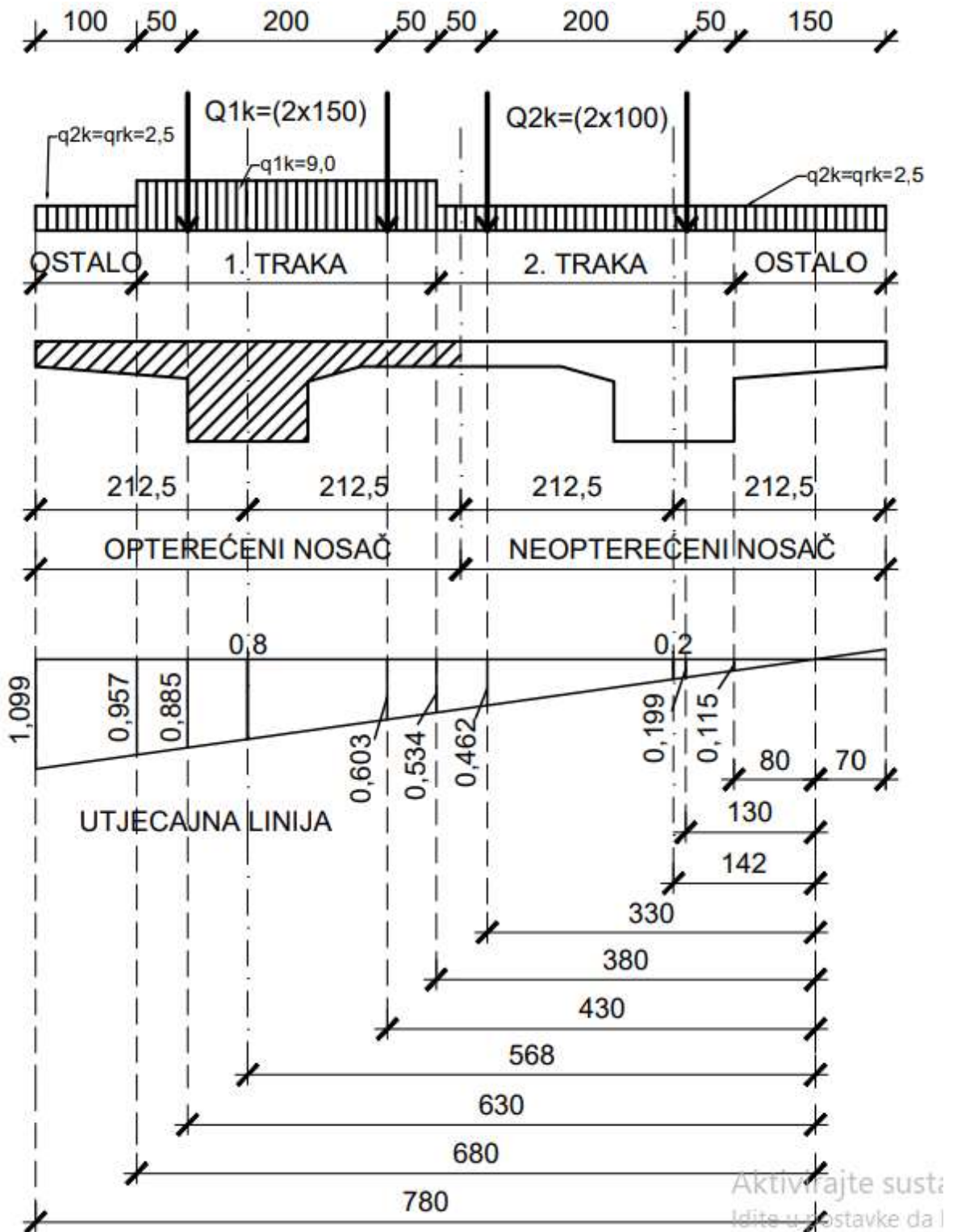
### 3.2.2. Poprečna razdioba prometnog opterećenja

Poprečna razdioba se provodi pomoću utjecajne linije. Kod utjecajne linije zadan je položaj, u našem slučaju os promatranog nosača, u kojem se izračunava promatrana veličina, odnosno poprečna razdioba između dva nosača, uslijed jedinične sile koja se kreće po širini vijadukta. U našem slučaju, ordinata utjecajne linije poprečne razdiobe pokazuje koliki dio sile u predmetnoj točki presjeka preuzima nosač. Više opterećeni nosači predaju dio opterećenja susjednim, odnosno manje opterećenim nosačima. Stupanj poprečne razdiobe varira od slučaja do slučaja, a ovisi o odnosu krutosti glavnih i poprečnih nosača. Za promatrani presjek dominantnu ulogu u poprečnoj razdiobi ima krutost kolničke ploče.

Odabrana linija poprečne razdiobe, utjecajna linija nije proračunata, već je uzeta po preporuci u omjeru 0,8 za izravno opterećeni nosač i 0,2 za neopterećeni nosač. Ovaj odabir se obrazlaže pojednostavljenjem na strani sigurnosti i zbog već poznatih rezultata za ovakve presjeke. [11]

Površinski raspoređeno korisno opterećenje preračunavamo u linijsko za statički model.





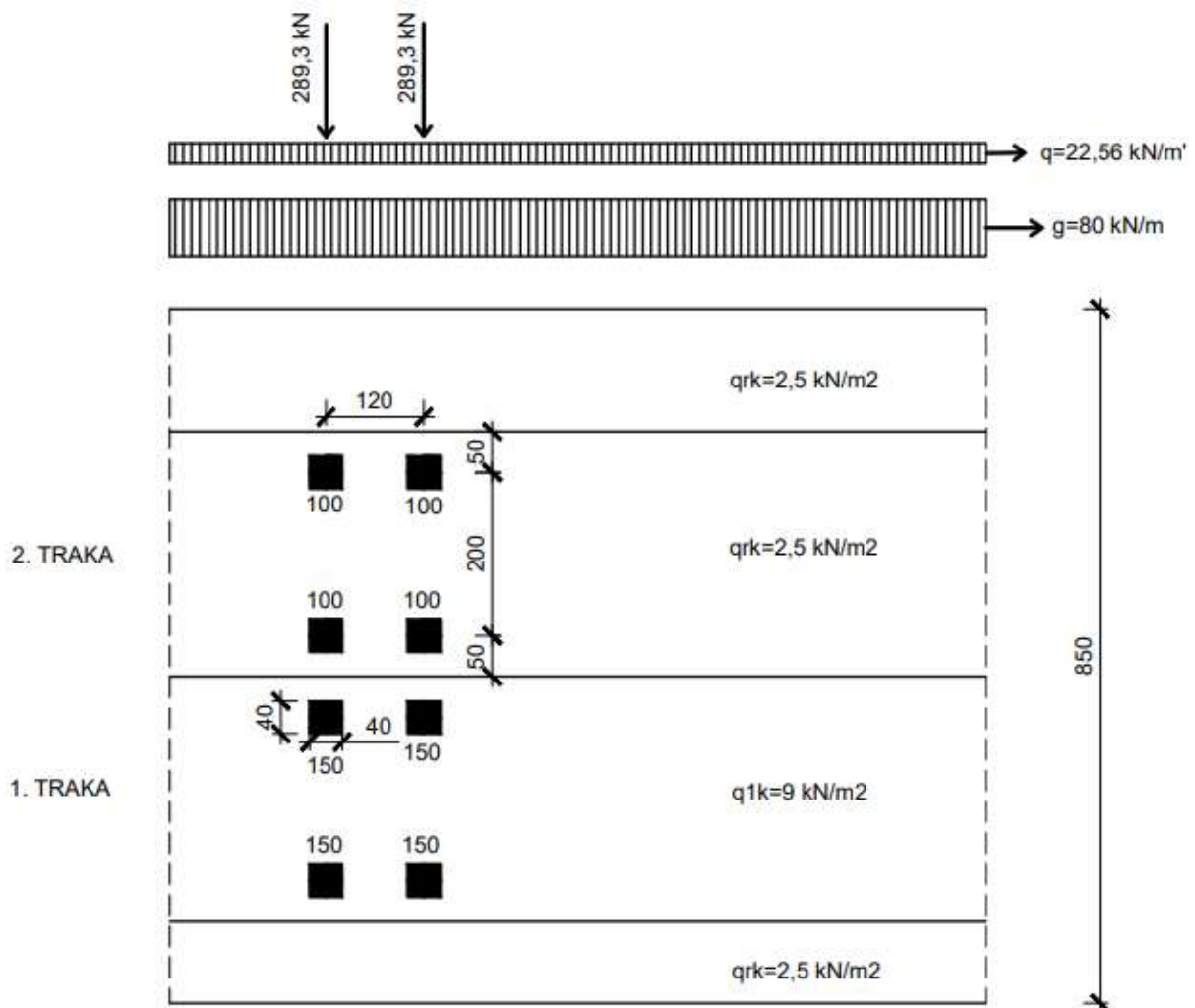
Slika 3.6. Prikaz utjecajne linije

Kontinuirano opterećenje:

$$q = \left( \frac{0,957 + 0,534}{2} \right) \cdot 3 \cdot 9 + \left( \frac{0,534 + 0,115}{2} \right) \cdot 3 \cdot 2,5 = 22,56 \text{ kN/m'}$$

Koncentrirana sila:

$$Q = 150 \cdot (0,885 + 0,603) + 100 \cdot (0,462 + 0,199) = 289,3 \text{ kN}$$



Slika 3.7. Tlocrtna shema opterećenja

Proračunska opterećenja:

-stalno,  $g = 80 \text{ kN/m}$

-pokretno kontinuirano,  $q = 22,56 \text{ kN/m'}$

-opterećenje vozilom, na razmaku od 1,2 m;  $Q = 2 \cdot 289,3 \text{ kN}$

Vozilo se može naći na bilo kojem položaju na mostu.

### 3.3. Statički proračun

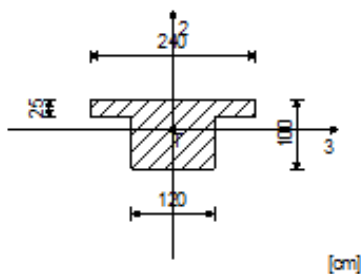
Statički proračun je proveden računalnim programom Tower.

#### 3.3.1. Ulazni podaci - konstrukcija

| Tabela materijala |                  |                       |       |                               |                  |                            |         |
|-------------------|------------------|-----------------------|-------|-------------------------------|------------------|----------------------------|---------|
| No                | Naziv materijala | E[kN/m <sup>2</sup> ] | $\mu$ | $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\alpha t$ [1/C] | $E_m$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $\mu_m$ |
| 1                 | C30/37           | 3.300e+7              | 0.20  | 25.00                         | 1.000e-5         | 3.300e+7                   | 0.20    |

#### Setovi greda

Set: 1 Presjek: T 240/100, Fiktivna eksocentričnost



| Mat.       | A1       | A2       | A3       | I1       | I2       | I3       |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 - C30/37 | 1.500e+0 | 1.088e+0 | 1.354e+0 | 4.445e-1 | 3.980e-1 | 1.353e-1 |

#### Setovi točkastih ležajeva

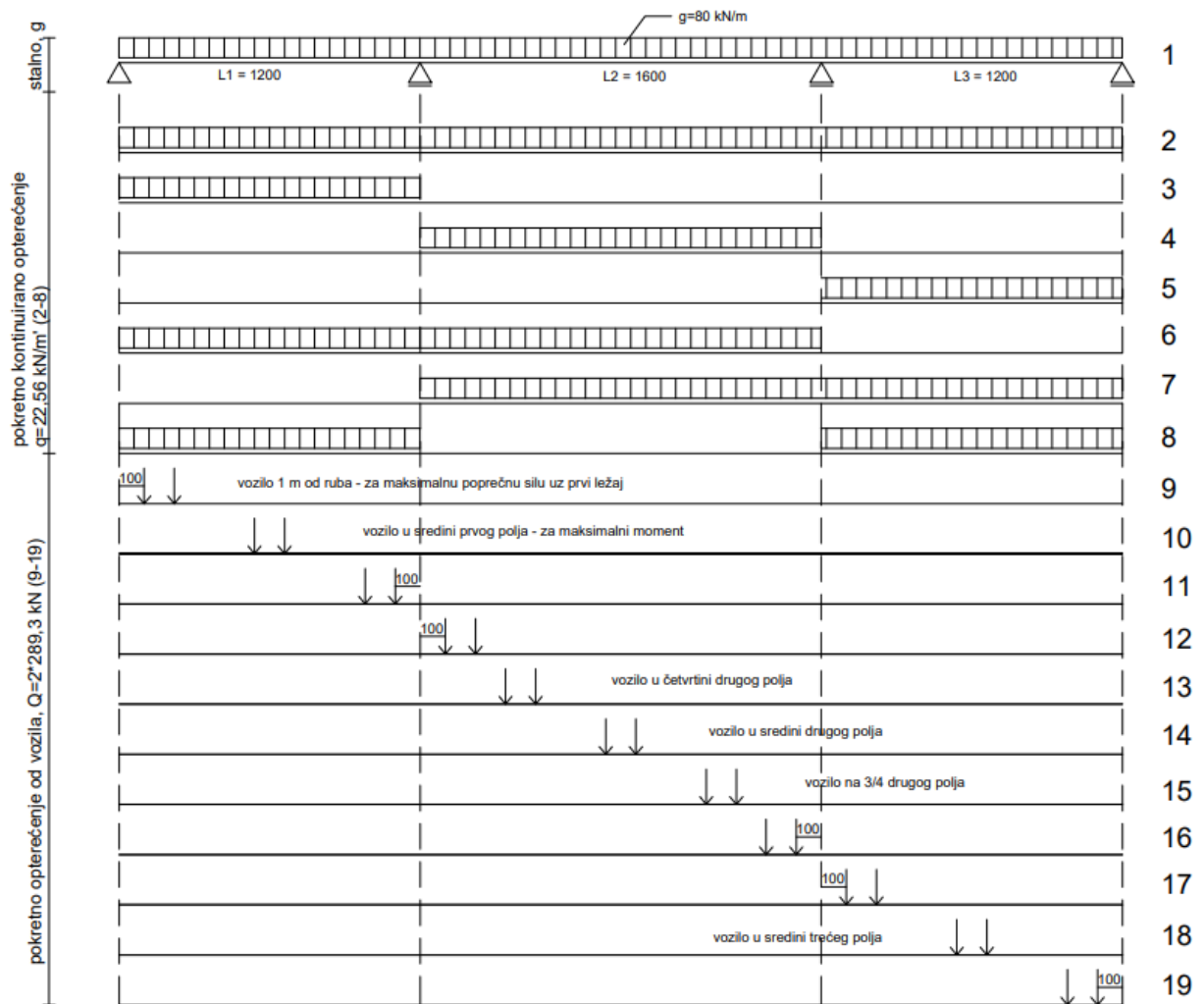
| Set | K,R1      | K,R2      | K,R3      | K,M1 | K,M2 | K,M3 |
|-----|-----------|-----------|-----------|------|------|------|
| 1   | 1.000e+10 | 1.000e+10 | 1.000e+10 |      |      |      |
| 2   |           |           | 1.000e+10 |      |      |      |

#### 3.3.2. Ulazni podaci - opterećenje

##### Lista slučajeva opterećenja

| LC | Naziv  |
|----|--|
| 1  | Vlastito+dodatno stalno                      |
| 2  | Pokretno kontinuirano 1                      |
| 3  | Pokretno kontinuirano 2                      |
| 4  | Pokretno kontinuirano 3                      |
| 5  | Pokretno kontinuirano 4                      |
| 6  | Pokretno kontinuirano 5                      |
| 7  | Pokretno kontinuirano 6                      |
| 8  | Pokretno kontinuirano 7                      |
| 9  | Pokretno od vozila - P1 - 1 m od LL          |
| 10 | Pokretno od vozila - P1 -<br>- sredina polja |
| 11 | Pokretno od vozila - P1 - 1 m od DL          |
| 12 | Pokretno od vozila - P2 - 1 m od LL          |
| 13 | Pokretno od vozila - P2 - 1/4 polja          |
| 14 | Pokretno od vozila - P2 - sredina<br>polja   |
| 15 | Pokretno od vozila - P2 - 3/4 polja          |
| 16 | Pokretno od vozila - P2 - 1 m od DL          |
| 17 | Pokretno od vozila - P3 - 1 m od LL          |
| 18 | Pokretno od vozila - P3 -<br>- sredina polja |
| 19 | Pokretno od vozila - P3 - 1 m od DL          |

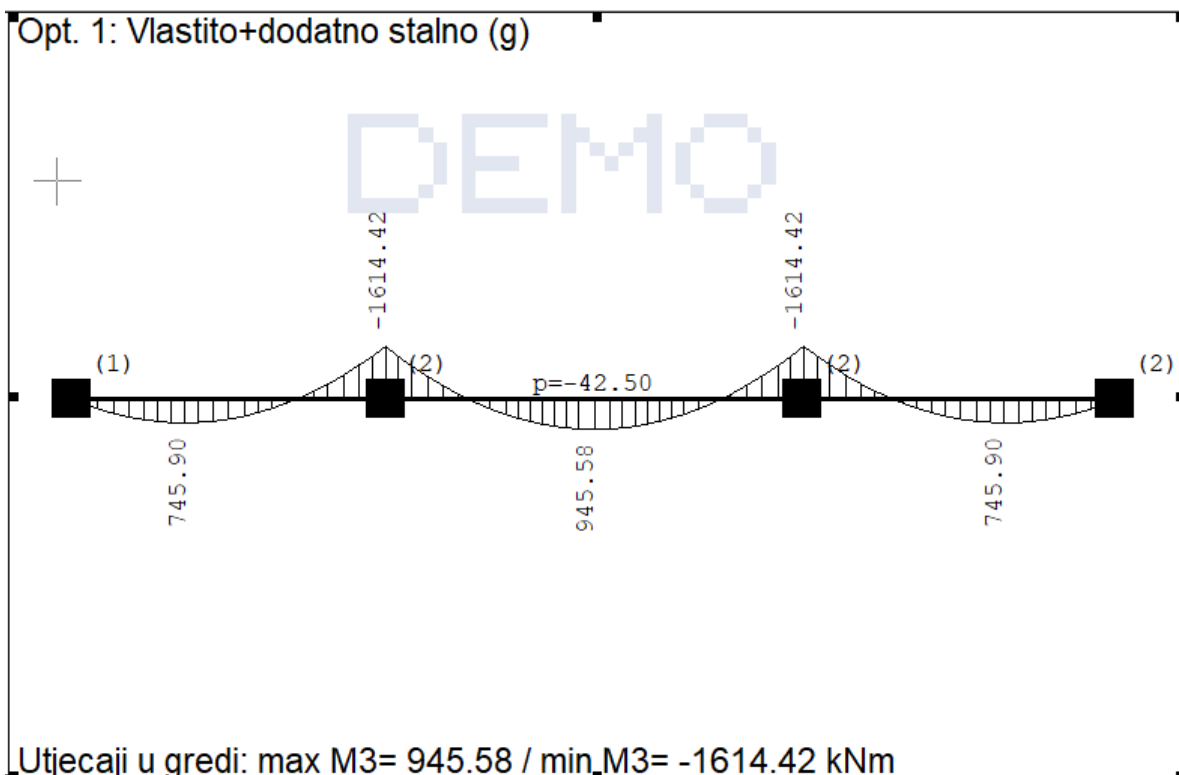
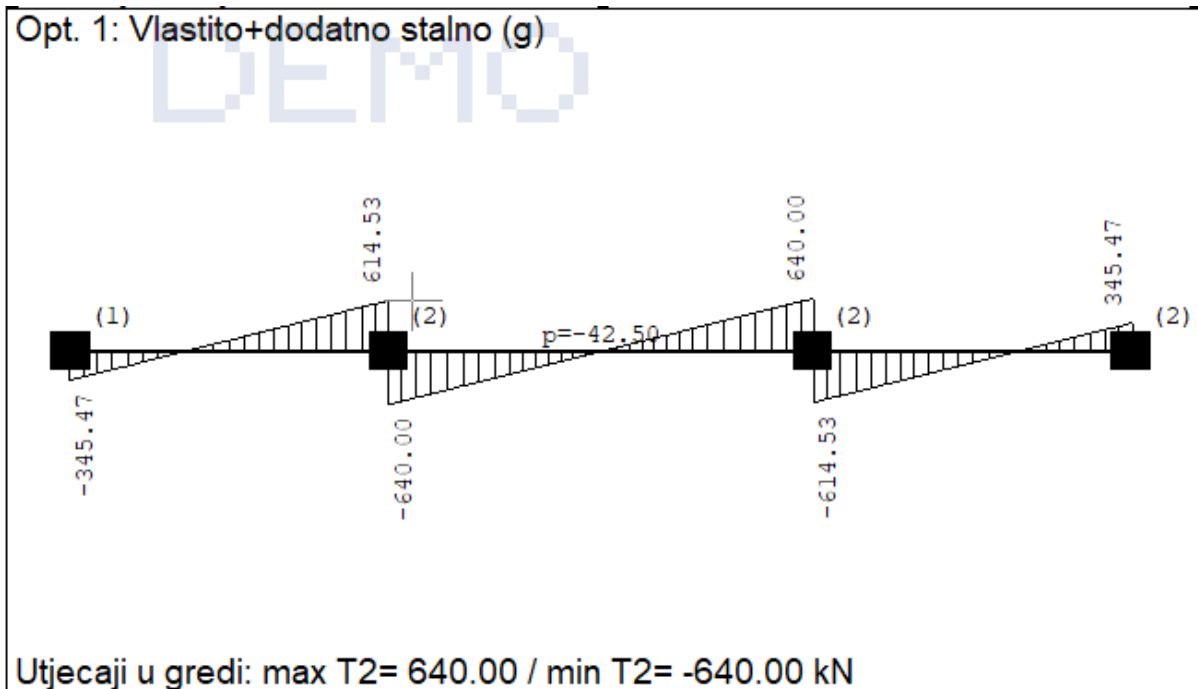
### 3.3.3. Slučajevi opterećenja



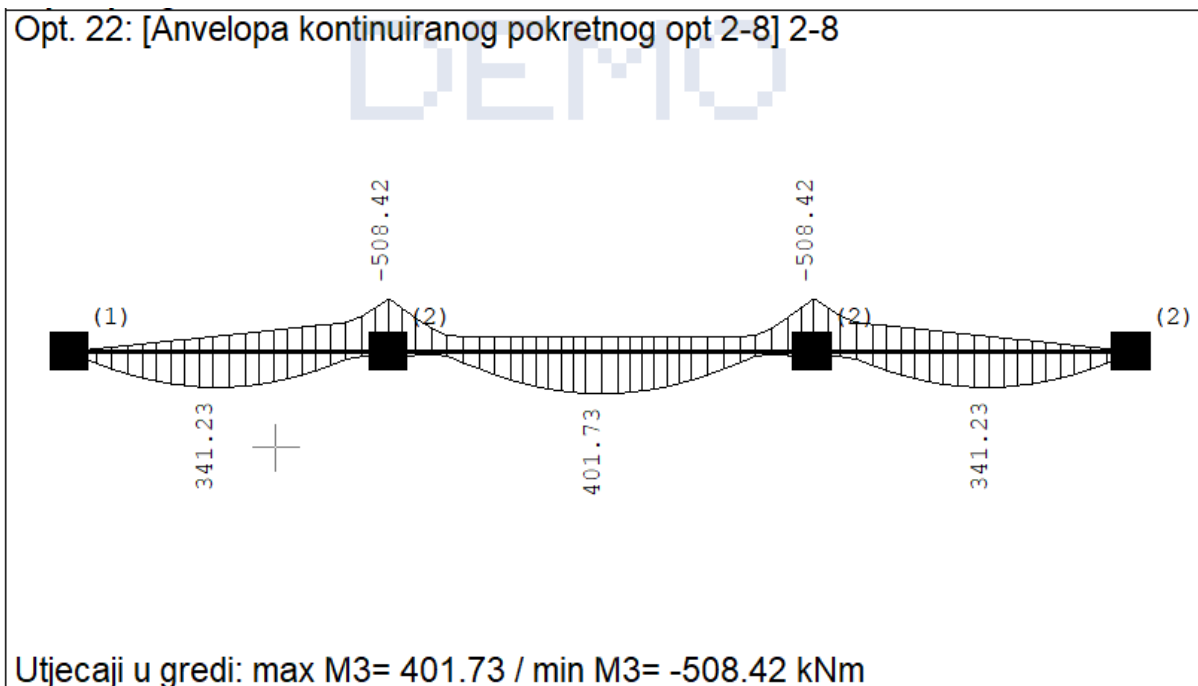
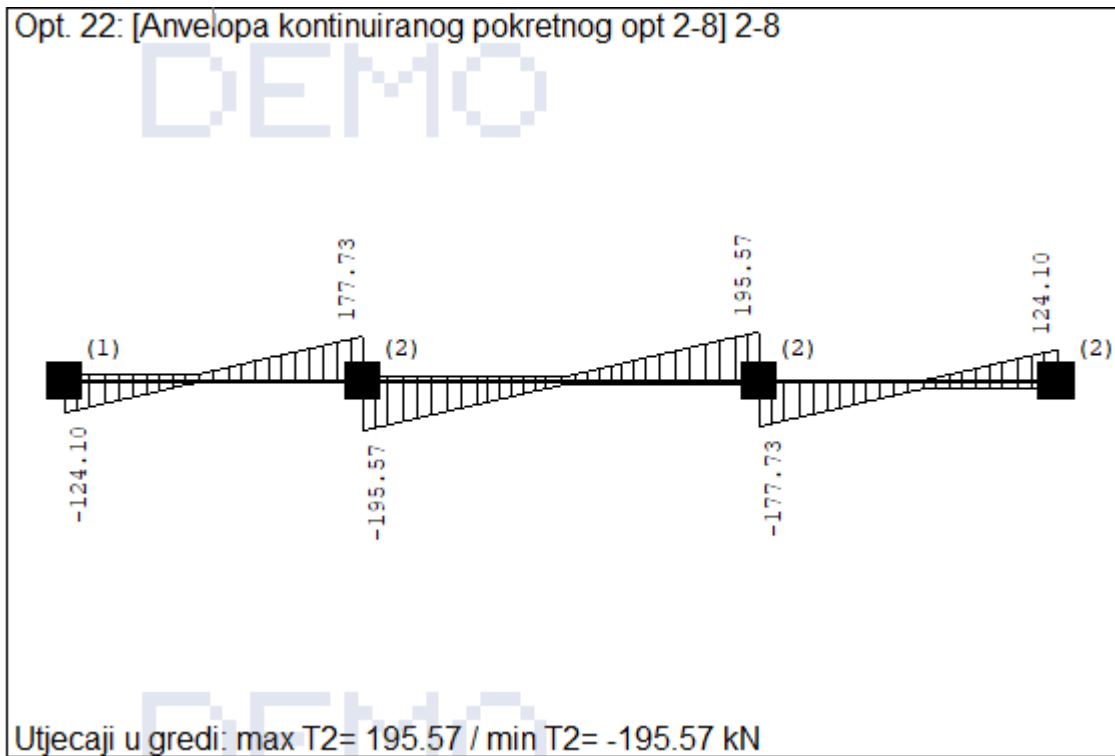
Slika 3.8. Shema slučajeva opterećenja

### 3.3.4. Dijagrami opterećenja

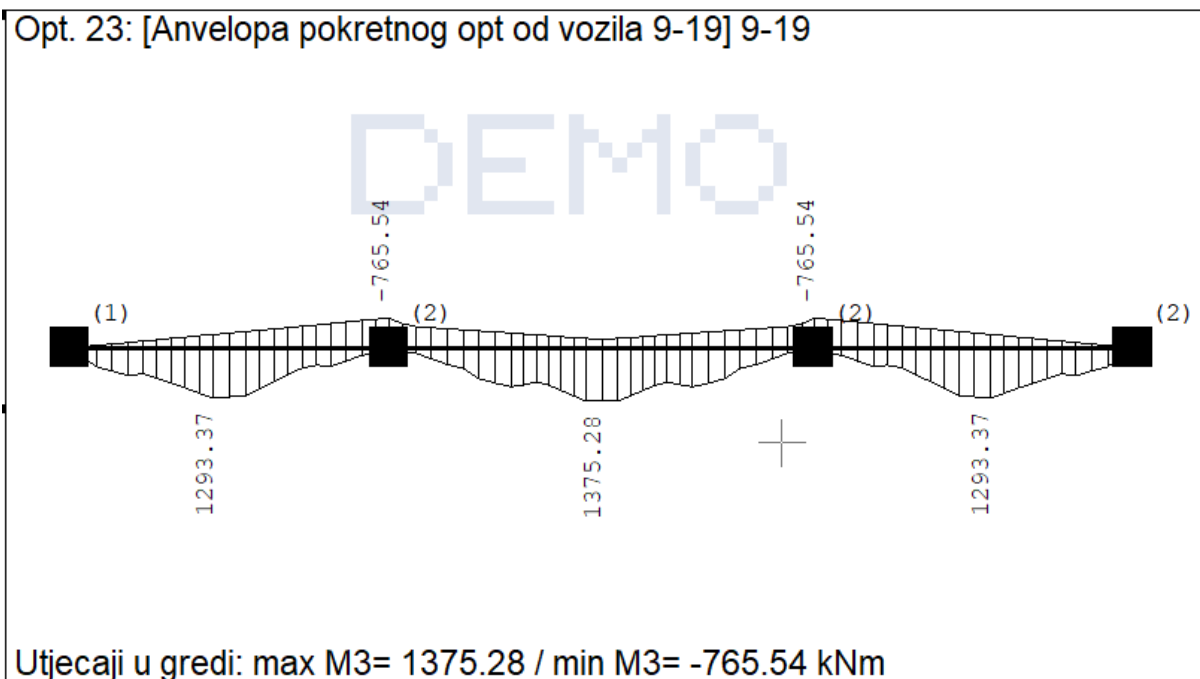
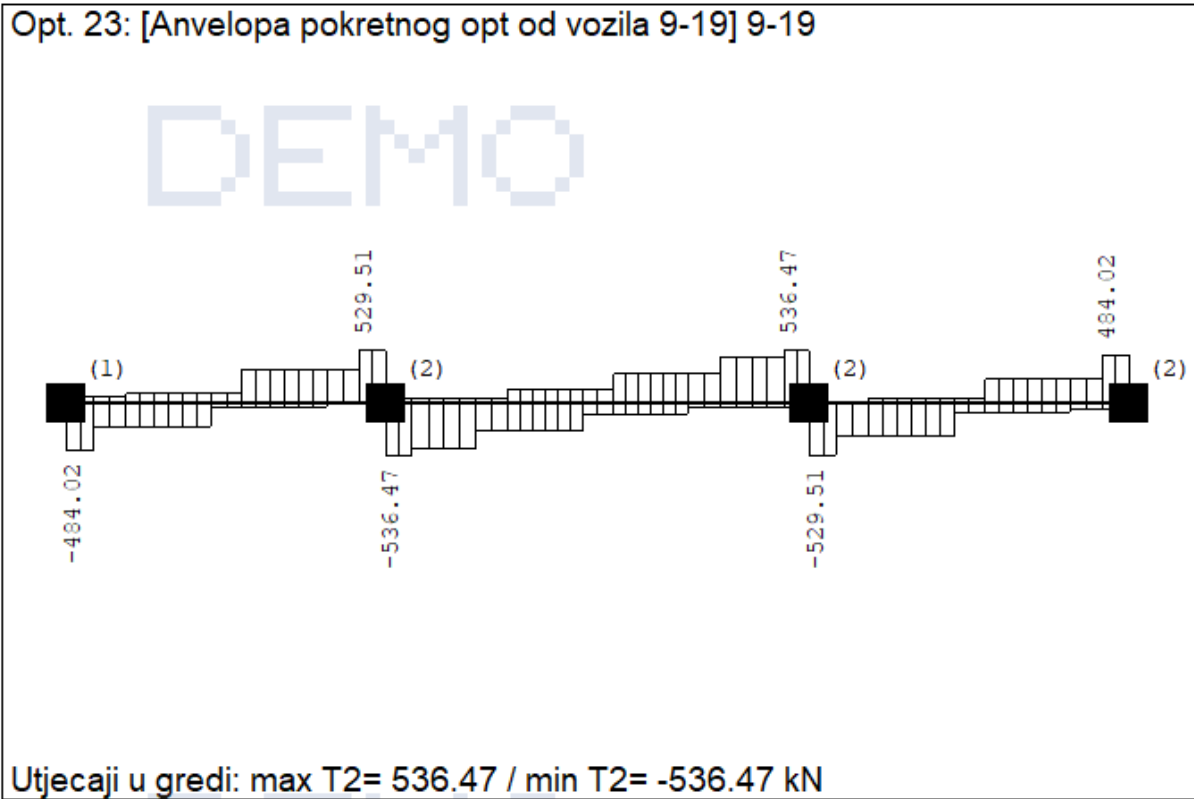
#### 1) Stalno opterećenje



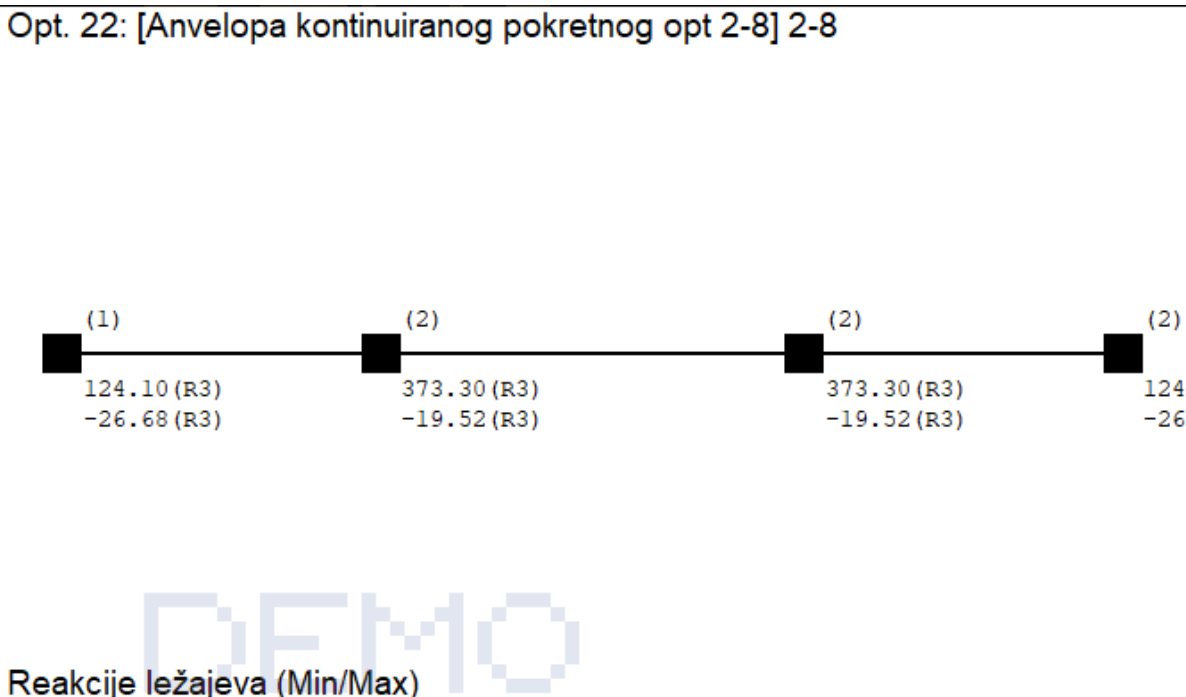
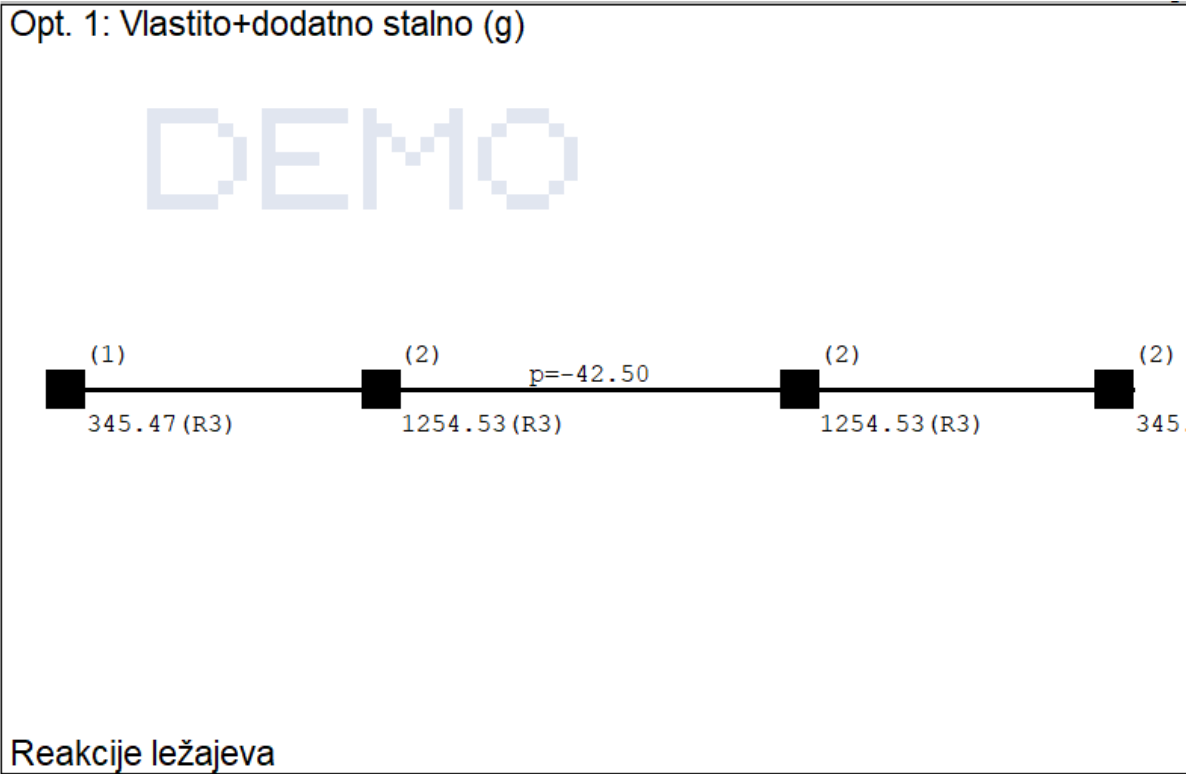
2) Kontinuirano pokretno opterećenje



3) Opterećenje od vozila

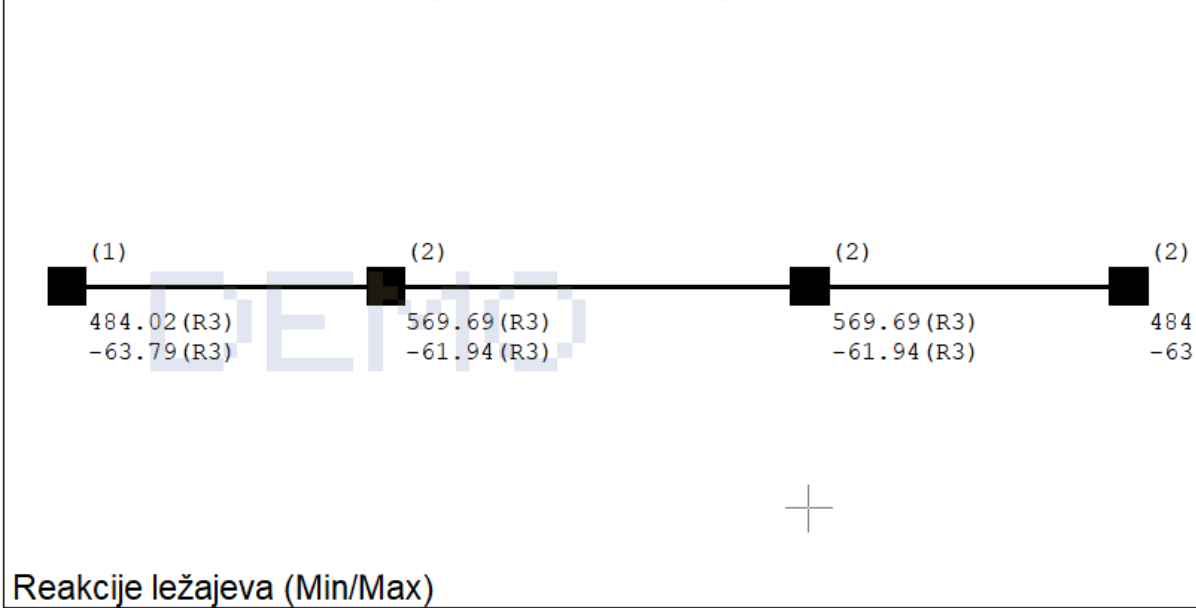


### 3.3.5. Dijagrami unutarnjih sila





Opt. 23: [Anvelopa pokretnog opt od vozila 9-19] 9-19



### 3.3.6. Tablice mjerodavnih nefaktoriziranih (najvećih) sila za dimenzioniranje nosača mosta

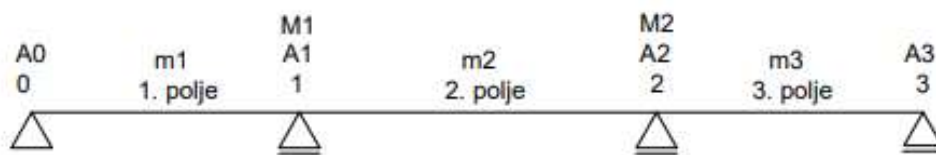
Statičkim proračunom dobivene su ekstremne vrijednosti unutarnjih sila potrebnih za dimenzioniranje armature. Navedene vrijednosti upisane su u Tablicama 1 i 2, a raspodjela unutarnjih sila na nosaču prikazana je Slikom 3.9.

Tablica 1. Mjerodavne reakcije i momenti nad ležajevima za dimenzioniranje

| MJERODAVNE SILE<br>ZA<br>DIMENZIONIRANJE |     | Reakcije<br>kN |                |                |                | Momenti nad<br>ležajima |                |
|--|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|
| opterećenje                              |     | A <sub>0</sub> | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | M <sub>1</sub>          | M <sub>2</sub> |
| stalno                                   |     | 345,47         | 1254,53        | 1254,53        | 345,47         | -1614,42                | -1614,42       |
| kontinuirano<br>korisno                  | min | -26,68         | -19,52         | -19,52         | 26,68          | -508,42                 | -508,42        |
|  | max | 124,10         | 373,30         | 373,30         | 124,10         | 0,00                    | 0,00           |
| konc. sile od<br>kotača                  | min | -63,79         | -61,94         | -61,94         | -63,79         | -765,54                 | -765,54        |
|  | max | 484,02         | 569,69         | 569,69         | 484,02         | 0,00                    | 0,00           |

Tablica 2. Mjerodavni momenti u polju i poprečne sile za dimenzioniranje

| MJERODAVNE SILE<br>ZA<br>DIMENZIONIRANJE |     | Momenti u polju<br>kNm |         |         | Poprečne sile<br>kN |                 |                 |                 |                 |                |
|--|-----|------------------------|---------|---------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| opterećenje                              |     | m1                     | m2      | m3      | T <sub>0</sub>      | T <sub>1L</sub> | T <sub>1D</sub> | T <sub>2L</sub> | T <sub>2D</sub> | T <sub>3</sub> |
| stalno                                   |     | 745,90                 | 945,58  | 745,90  | 345,47              | -614,53         | 640,00          | -640,00         | 614,53          | 345,47         |
| kontinuirano<br>korisno                  | min | /                      | /       | /       | -26,68              | -195,57         | -177,73         | -195,57         | -177,73         | -124,10        |
|  | max | 341,23                 | 401,73  | 341,23  | 124,10              | 177,73          | 195,57          | 177,73          | 195,57          | 26,68          |
| konc. sile od<br>kotača                  | min | /                      | /       | /       | -63,79              | -536,47         | -529,51         | -536,47         | -529,51         | -484,02        |
|  | max | 1293,37                | 1375,28 | 1293,37 | 484,02              | 529,51          | 536,47          | 529,51          | 536,47          | 63,79          |



Slika 3.9. Raspodjela unutarnjih sila na nosaču

### 3.4. Proračunska situacija

#### 3.4.1. Stalna proračunska situacija za prvo polje

Stalna djelovanja · 1,35 + promjenjiva · 1,5

$$M_{Sd} = (M_{G+g_1} \cdot 1,35) + [(M_q + M_{Q,konc}) \cdot 1,5]$$

$$M_{Sd} = (745,90 \cdot 1,35) + (341,23 + 1293,37) \cdot 1,5 =$$

$$M_{Sd} = 3458,87 \text{ kNm}$$

$$V_{SdL} = 345,57 \cdot 1,35 + (124,10 + 484,02) \cdot 1,5 =$$

$$V_{SdL} = 1378,7 \text{ kNm}$$

$$V_{SdD} = 614,53 \cdot 1,35 + (195,57 + 536,47) \cdot 1,5 =$$

$$V_{SdD} = 1927,68 \text{ kNm}$$

### 3.4.2. Stalna proračunska situacija za drugo polje

Stalna djelovanja · 1,35 + promjenjiva · 1,5

$$M_{Sd} = (945,58 \cdot 1,35) + (401,73 + 1375,28) \cdot 1,5 =$$

$$M_{Sd} = 3942,05 \text{ kNm}$$

$$V_{SdL} = 640,00 \cdot 1,35 + (195,57 + 536,47) \cdot 1,5 =$$

$$V_{SdL} = 1961,21 \text{ kNm}$$

$$V_{SdD} = 640,00 \cdot 1,35 + (195,57 + 536,47) \cdot 1,5 =$$

$$V_{SdD} = 1961,21 \text{ kNm}$$

### 3.4.3. Stalna proračunska situacija za treće polje

Stalna djelovanja · 1,35 + promjenjiva · 1,5

$$M_{Sd} = (745,90 \cdot 1,35) + (341,23 + 1293,37) \cdot 1,5 =$$

$$M_{Sd} = 3458,87 \text{ kNm}$$

$$V_{SdL} = 614,53 \cdot 1,35 + (195,57 + 536,47) \cdot 1,5 =$$

$$V_{SdL} = 1927,68 \text{ kNm}$$

$$V_{SdD} = 345,57 \cdot 1,35 + (124,10 + 484,02) \cdot 1,5 =$$

$$V_{SdD} = 1378,7 \text{ kNm}$$

### 3.5. Građiva

BETON: HRN EN 206-1

Razred C30/37

$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$  (karakteristična tlačna čvrstoća valjka)

$f_{ctm} = 3,7 \text{ N/mm}^2$  (vlačna čvrstoća)

Računska čvrstoća:

$$f_{cd} = \frac{30}{1,5} = 20,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 2,00 \text{ kN/cm}^2$$

ČELIK: HRN EN 10080

B500B

Računska čvrstoća (vlačna):

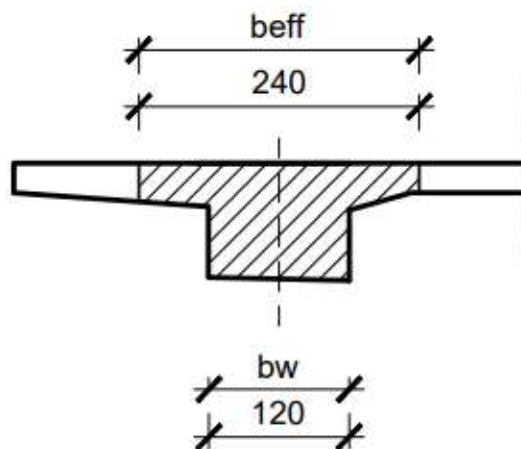
$$f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Presjek nosača: sudjelujuća širina ploče, HRN EN 1992

Rubno rebro:

$$b_{eff} = b_w + 0,1l_0 = 120 + 0,1 \cdot 1200 = 240 \text{ cm}$$

(prosta greda:  $l_0 = \text{raspon} = 12,00 \text{ m}$ )



Slika 3.10. Sudjelujuća širina

Zaštitni sloj betona do armature:

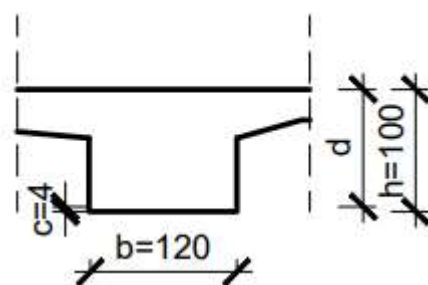
Razred izloženosti XD1:  $c_{\text{mm}} = 40 \text{ mm}$

### 3.6. Dimenzioniranje

#### 3.6.1. Uzdužni presjek – rebrasti presjek – prvo polje

Statička visina d

-udaljenost od težišta vlačne armature do tlačnog ruba presjeka



Slika 3.11. Određivanje statičke visine

-pretpostavka: vilice  $\Phi 14 \text{ mm}$

glavna armatura  $\Phi 36 \text{ mm}$

$$d = h - c - \Phi_{\text{vilica}} - \Phi_{\text{gl.arm}}/2$$

$$d = 100 - 4 - 1,4 - 1,8 = 92,80 \text{ cm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent armiranja:

$$\mu_{\text{SD}} = \frac{M_{\text{SD}}}{b \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{345\,887 \text{ kNcm}}{100 \cdot 92,8^2 \cdot 2} = 0,201$$

-očitano iz tablice za dimenzioniranje AB presjeka:

$$\mu_{\text{SD}} = 0,206; \quad \zeta = 0,854; \quad \xi = 0,350$$

$$\varepsilon_{\text{c}} = -3,5 \text{ ‰}; \quad \varepsilon_{\text{s}} = 6,5 \text{ ‰}$$

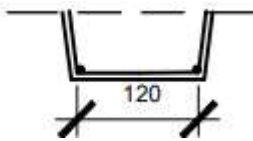
Potrebna armatura:

$$A_s = \frac{M_{SD}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{345\,887}{0,854 \cdot 92,8 \cdot 43,48} = 100,38 \text{ cm}^2$$

→odabrano: **10  $\Phi$ 36**

$$1 \Phi 36 \rightarrow 10,18 \text{ cm}^2, \text{ odabrano } 101,80 \text{ cm}^2$$

Provjera razmaka šipaka:



$$10 \cdot \text{šipka} + 9 \cdot \text{razmak}$$

$$112 = 10 \cdot 3,6 + 9 \cdot x \rightarrow x = 8,44 \text{ cm}$$

Maksimalna armatura u presjeku:

$$A_{s \text{ max}} = \frac{0,85f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_{\text{ploče}} = \frac{0,85 \cdot 2}{43,48} \cdot 240 \cdot 30 \text{ (prosječna)} = 281,51 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ odabrano} < A_s \text{ max} \quad (100,38 < 281,51 \text{ cm}^2)$$

→odabrana armatura je manja od max za zadani presjek

### 3.6.2. Uzdužni smjer – poprečna armatura

$$V_{SD} = 1927,68 \text{ kN}$$

Smanjenje poprečne sile na ležaju

$$\Delta V_{SD} = (1,35g + 1,5q) \cdot \left( \frac{b_{\text{supp}}}{2} + d \right)$$

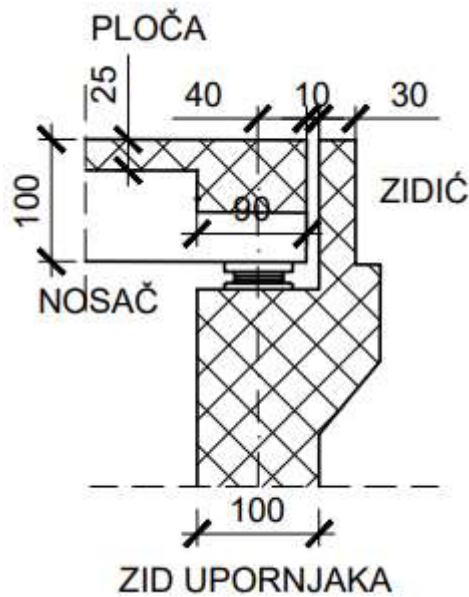
-duljina nosača: 40,80 m

-razmak osi ležaja: 40 m

-prethvat nosača preko ležaja: 0,4 m

-širina ležaja,  $b_{\text{supp}}$ : 0,4 m

-d = 0,93 m



Slika 3.12. Detalj oslonca

### 3.6.2.1. Detalj nad ležajem

$$\Delta V_{SD} = (1,35 \cdot 80 + 1,5 \cdot 22,56) \cdot \left( \frac{0,4}{2} + 0,93 \right) = 160,28 \text{ kN}$$

$$V'_{SD} = V_{SD} - \Delta V_{SD} = 1927,68 - 160,28 = 1767,40 \text{ kN}$$

Računska nosivost grede na poprečne sile bez poprečne armature

$$V_{Rd1} = (\tau_{Rd} \cdot k(1,2 + 40\rho_1) + 0,15\delta_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{Rd} = 0,34 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (C 30/37)} = 0,034 \text{ kN/cm}^2$$

$$k = 1,6 - \alpha \geq 1$$

$$k = 1,6 - 0,93 = 0,67$$

$$b_w = 1,20 = 120 \text{ cm}$$

$$d = 92,80 \text{ cm}$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{33,46}{120 \cdot 92,80} = 0,003 \leq 0,02$$

$A_s$ - površina vlačne armature na ležaju, pretpostavka da se sidri 1/3 armature

$$A_s = \frac{100,38}{3} = 33,46 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rd1} = (0,034 + 0,67 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,003)) \cdot 120 \cdot 92,80 = 10227,30 \text{ kN}$$

$$V'_{SD} = 1767,40 \text{ kN} < V_{Rd1} = 10227,30 \text{ kN}$$

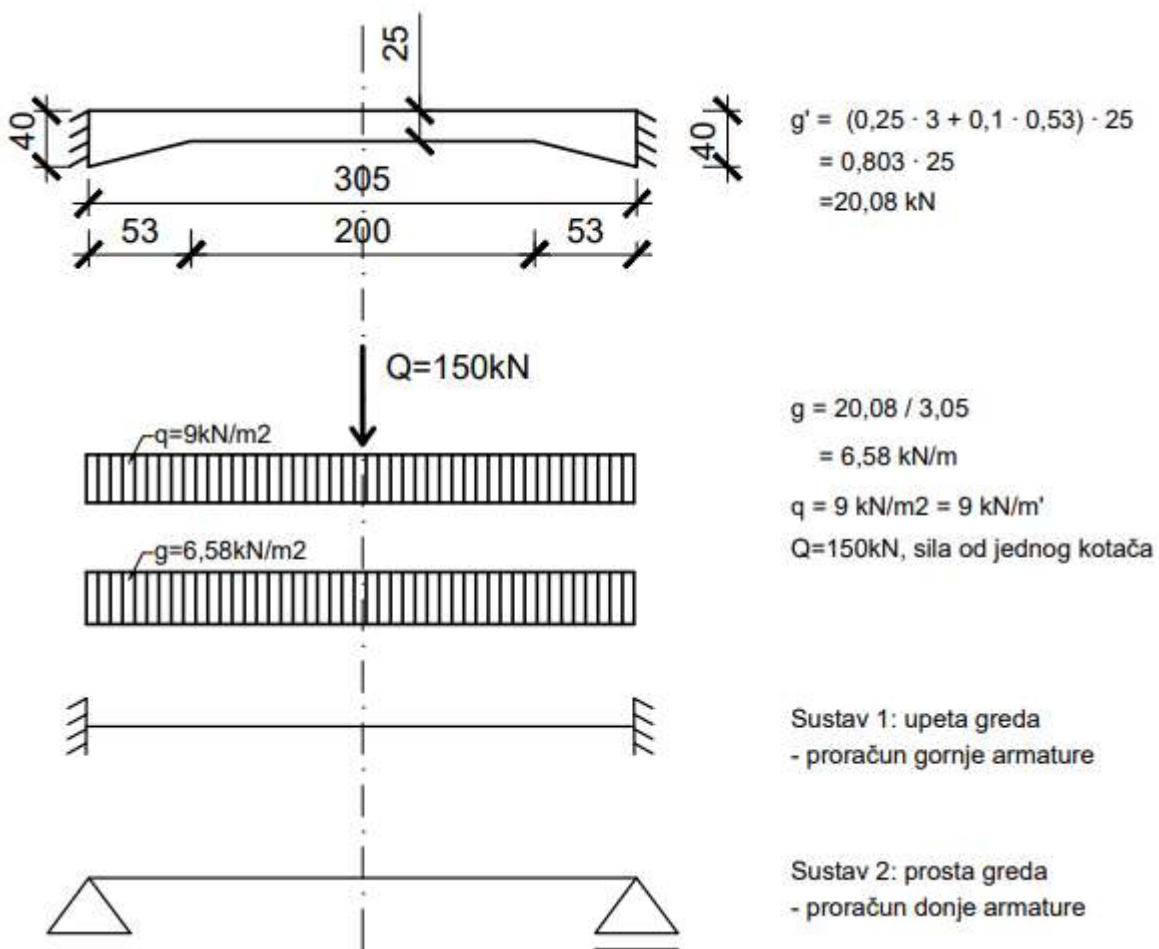
→ nije potreban proračun poprečne armature

### 3.6.2.2. Kolnička ploča između nosača

Raspon ploče:  $425 - 120 = 305,00 \text{ cm}$

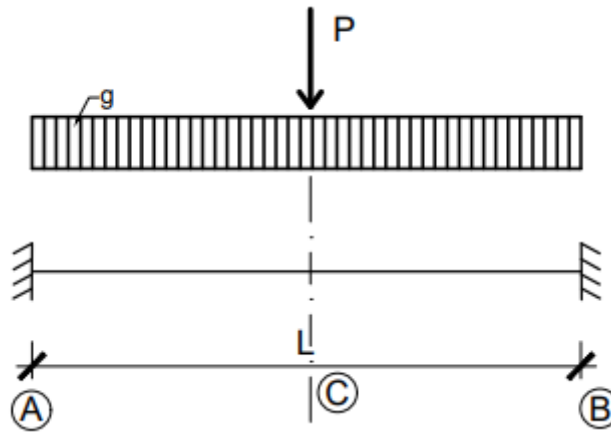
Kolnička ploča u poprečnom smjeru računa se na 1,00 metar širine.

Analiza opterećenja:





### 3.6.2.3. Proračun u poprečnom smjeru – statika upete grede



Moment na ležaju od koncentrirane sile P

$$M_A = M_B = -\frac{Pl}{8}$$

Moment u polju od koncentrirane sile P

$$M_c = \frac{Pl}{8}$$

Moment u polju od kontinuiranog opterećenja

$$M_c = \frac{ql^2}{24}$$

Moment na ležaju od kontinuiranog opterećenja

$$M_A = M_B = \frac{ql^2}{12}$$

$$M_{g \text{ ležaj}} = \frac{6,58 \cdot 3,05^2}{12} = -5,1 \text{ kNm}$$

- $M_g$  polje se ne računa, jer je mjerodavna prosta greda

$$M_{q \text{ ležaj}} = \frac{9 \cdot 3,05^2}{12} = -6,98 \text{ kNm}$$

$$M_{p \text{ ležaj}} = \frac{150 \cdot 3,05}{8} = -57,19 \text{ kNm}$$

Stalna proračunska situacija – momenti na ležaju

$$M_{SD} = -5,1 \cdot 1,35 + (-6,98 - 57,19) \cdot 1,5 = -103,14 \text{ kNm}$$

**3.6.2.4. Proračun u poprečnom smjeru – upeta ploča**

Armature u gornjoj zoni ploče

$$\mu_{SD} = \frac{M_{SD}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{10\,314 \text{ kNcm}}{100 \cdot 21^2 \cdot 2,00} = 0,117$$

$$d = 25 - 4 = 21 \text{ cm}$$

-iz tablice za dimenzioniranje:

$$\mu_{SD} = 0,117; \quad \zeta = 0,923; \quad \xi = 0,184$$

$$\varepsilon_c = -3,5 \text{ ‰}; \quad \varepsilon_s = 15,5 \text{ ‰}$$

$$A_S = \frac{M_{SD}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{10\,314}{0,923 \cdot 21 \cdot 43,48} = 12,24 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**→odabrano: 8  $\Phi$ 14/m širine;  $\Phi$ 14/12,5 cm**

Armatura u donjoj zoni ploče – sustav 2:prosta greda

$$M_{g \text{ polje}} = \frac{6,58 \cdot 3,05^2}{8} = 7,65 \text{ kNm}$$

$$M_{q \text{ polje}} = \frac{9 \cdot 3,05^2}{8} = 10,47 \text{ kNm}$$

$$M_{p \text{ polje}} = \frac{150 \cdot 3,05}{4} = 114,38 \text{ kNm}$$

Stalna proračunska situacija – momenti na ležaju

$$M_{SD} = 7,65 \cdot 1,35 + (10,47 + 114,38) \cdot 1,5 = 197,60 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{SD}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{19\,760 \text{ kNcm}}{100 \cdot 21^2 \cdot 2,00} = 0,224$$

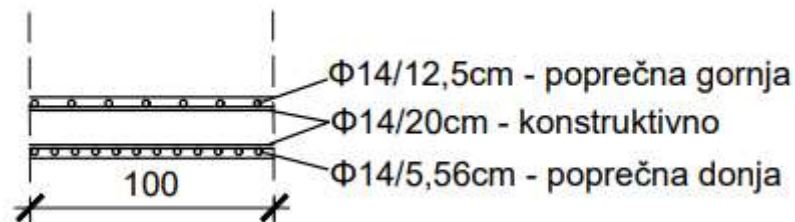
-iz tablice za dimenzioniranje:

$$\mu_{SD} = 0,224; \quad \zeta = 0,838; \quad \xi = 0,389$$

$$\varepsilon_c = -3,5 \text{ ‰}; \quad \varepsilon_s = 5,5 \text{ ‰}$$

$$A_s = \frac{M_{SD}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{19\,760}{0,838 \cdot 21 \cdot 43,48} = 25,82 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

→odabrano: 18  $\Phi 14/\text{m}$  širine;  $\Phi 14/5,56 \text{ cm}$

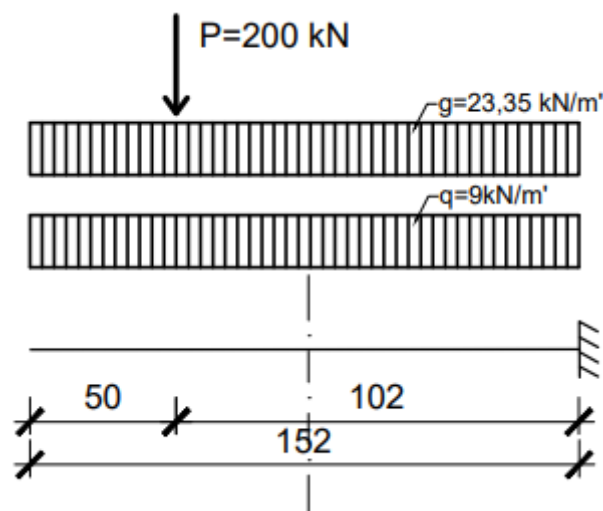


Slika 3.13. Raspored armature

### 3.6.2.5. Proračun u poprečnom smjeru – konzola

$L = 152,00 \text{ cm}$

Analiza opterećenja



$$g = \left( \frac{0,4 + 0,25}{2} \cdot 1,52 \right) \cdot 25 + 10 + 1 = 23,35 \text{ kN/m'}$$

$$q = 9 \text{ kN/m}^2 = 9 \text{ kN/m'}$$

-unutarnje sile:

$$M_g = \frac{23,35 \cdot 1,52^2}{2} = 26,97 \text{ kNm}$$

$$M_q = \frac{9 \cdot 1,52^2}{2} = 10,40 \text{ kNm}$$

$$M_p = P \cdot 1 = 200 \text{ kNm}$$

### Dimenzioniranje

$$M_{SD} = 26,97 \cdot 1,35 + (10,40 + 200) \cdot 1,5 = 352 \text{ kNm}$$

$$d = 40,00 - 4,00 = 36,00 \text{ cm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{SD}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{35\,200 \text{ kNcm}}{100 \cdot 36^2 \cdot 2,00} = 0,136$$

-iz tablice za dimenzioniranje:

$$\mu_{SD} = 0,137; \quad \zeta = 0,909; \quad \xi = 0,219$$

$$\varepsilon_c = -3,5 \text{ ‰}; \quad \varepsilon_s = 12,5 \text{ ‰}$$

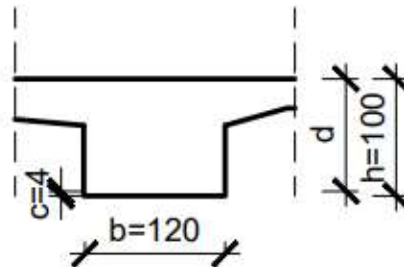
$$A_s = \frac{M_{SD}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{35\,200}{0,909 \cdot 36 \cdot 43,48} = 24,74 \text{ cm}^2$$

**→odabrano: 16 Φ14/m'**

### 3.6.3. Uzdužni presjek – rebrasti presjek – drugo polje

#### Statička visina d

-udaljenost od težišta vlačne armature do tlačnog ruba presjeka



Slika 3.14. Određivanje statičke visine

-pretpostavka: vilice  $\Phi 14$  mm

glavna armatura  $\Phi 36$  mm

$$d = h - c - \Phi_{\text{vilica}} - \Phi_{\text{gl.arm}}/2$$

$$d = 100 - 4 - 1,4 - 1,8 = 92,80 \text{ cm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent armiranja:

$$\mu_{\text{sd}} = \frac{M_{\text{SD}}}{b \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{394\,205 \text{ kNcm}}{100 \cdot 92,8^2 \cdot 2} = 0,229$$

-očitano iz tablice za dimenzioniranje AB presjeka:

$$\mu_{\text{SD}} = 0,235; \quad \zeta = 0,829; \quad \xi = 0,412$$

$$\varepsilon_c = -3,5 \text{ ‰}; \quad \varepsilon_s = 5,0 \text{ ‰}$$

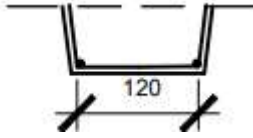
Potrebna armatura:

$$A_s = \frac{M_{\text{SD}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{394\,205}{0,829 \cdot 92,8 \cdot 43,48} = 117,85 \text{ cm}^2$$

**→odabrano: 12  $\Phi 36$**

$$1 \Phi 36 \rightarrow 10,18 \text{ cm}^2, \text{ odabrano } 122,15 \text{ cm}^2$$

Provjera razmaka šipaka:



$$12 \cdot \text{šipka} + 11 \cdot \text{razmak}$$

$$112 = 12 \cdot 3,6 + 11 \cdot x \rightarrow x = 3,93 \text{ cm}$$

Maksimalna armatura u presjeku:

$$A_{s \max} = \frac{0,85 f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_{\text{ploče}} = \frac{0,85 \cdot 2}{43,48} \cdot 240 \cdot 30 \text{ (prosječna)} = 281,51 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ odabrano} < A_{s \max} \text{ (122,15} < \text{281,51 cm}^2\text{)}$$

→ odabrana armatura je manja od max za zadani presjek

#### 3.6.4. Uzdužni smjer – poprečna armatura

$$V_{SD} = 1961,21 \text{ kN}$$

Smanjenje poprečne sile na ležaju

$$\Delta V_{SD} = (1,35g + 1,5q) \cdot \left( \frac{b_{\text{supp}}}{2} + d \right)$$

-duljina nosača: 40,80 m

-razmak osi ležaja: 40 m

-prethvat nosača preko ležaja. 0,4 m

-širina ležaja,  $b_{\text{supp}}$ : 0,4 m

-d = 0,93 m

### 3.6.4.1. Detalj nad ležajem

$$\Delta V_{SD} = (1,35 \cdot 80 + 1,5 \cdot 22,56) \cdot \left( \frac{0,4}{2} + 0,93 \right) = 160,28 \text{ kN}$$

$$V'_{SD} = V_{SD} - \Delta V_{SD} = 1961,21 - 160,28 = 1800,93 \text{ kN}$$

#### Računska nosivost grede na poprečne sile bez poprečne armature

$$V_{Rd1} = (\tau_{Rd} \cdot k(1,2 + 40\rho_1) + 0,15\delta_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{Rd} = 0,34 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (C 30/37)} = 0,034 \text{ kN/cm}^2$$

$$k = 1,6 - \alpha \geq 1$$

$$k = 1,6 - 0,93 = 0,67$$

$$b_w = 1,20 = 120 \text{ cm}$$

$$d = 92,80 \text{ cm}$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{40,72}{120 \cdot 92,80} = 0,003 \leq 0,02$$

$A_s$ - površina vlačne armature na ležaju, pretpostavka da se sidri 1/3 armature

$$A_s = \frac{122,15}{3} = 40,72 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rd1} = (0,034 + 0,67 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,003)) \cdot 120 \cdot 92,80 = 10227,30 \text{ kN}$$

$$V'_{SD} = 1800,93 \text{ kN} < V_{Rd1} = 10227,30 \text{ kN}$$

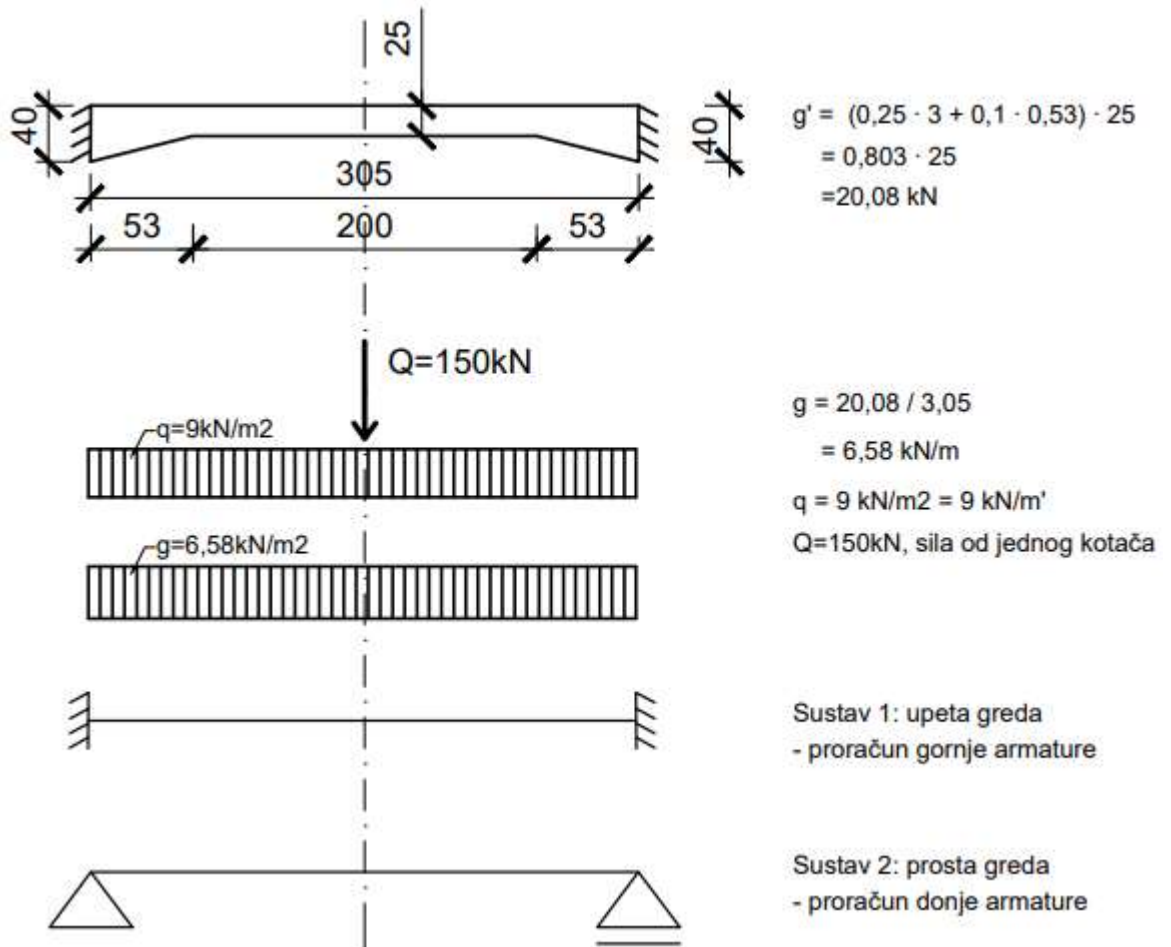
→ nije potreban proračun poprečne armature

### 3.6.4.2. Kolnička ploča između nosača

Raspon ploče:  $425 - 120 = 305,00$  cm

Kolnička ploča u poprečnom smjeru računa se na 1,00 metar širine.

Analiza opterećenja:



### 3.6.4.3. Proračun u poprečnom smjeru – statika upete grede

$$M_{g \text{ ležaj}} = \frac{6,58 \cdot 3,05^2}{12} = -5,1 \text{ kNm}$$

- $M_g$  polje se ne računa, jer je mjerodavna prosta greda

$$M_{q \text{ ležaj}} = \frac{9 \cdot 3,05^2}{12} = -6,98 \text{ kNm}$$



$$M_{p \text{ ležaj}} = \frac{150 \cdot 3,05}{8} = -57,19 \text{ kNm}$$

Stalna proračunska situacija – momenti na ležaju

$$M_{SD} = -5,1 \cdot 1,35 + (-6,98 - 57,19) \cdot 1,5 = -103,14 \text{ kNm}$$

#### 3.6.4.4. Proračun u poprečnom smjeru – upeta ploča

Armature u gornjoj zoni ploče

$$\mu_{sd} = \frac{M_{SD}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{10\,314 \text{ kNcm}}{100 \cdot 21^2 \cdot 2,00} = 0,117$$

$$d = 25 - 4 = 21 \text{ cm}$$

-iz tablice za dimenzioniranje:

$$\mu_{SD} = 0,117; \quad \zeta = 0,923; \quad \xi = 0,184$$

$$\varepsilon_c = -3,5 \text{ ‰}; \quad \varepsilon_s = 15,5 \text{ ‰}$$

$$A_s = \frac{M_{SD}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{10\,314}{0,923 \cdot 21 \cdot 43,48} = 12,24 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**→odabrano: 8  $\Phi$ 14/m širine;  $\Phi$ 14/12,5 cm**

Armatura u donjoj zoni ploče – sustav 2: prosta greda

$$M_{g \text{ polje}} = \frac{6,58 \cdot 3,05^2}{8} = 7,65 \text{ kNm}$$

$$M_{q \text{ polje}} = \frac{9 \cdot 3,05^2}{8} = 10,47 \text{ kNm}$$

$$M_{p \text{ polje}} = \frac{150 \cdot 3,05}{4} = 114,38 \text{ kNm}$$

Stalna proračunska situacija – momenti na ležaju

$$M_{SD} = 7,65 \cdot 1,35 + (10,47 + 114,38) \cdot 1,5 = 197,60 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{SD}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{19\,760 \text{ kNcm}}{100 \cdot 21^2 \cdot 2,00} = 0,224$$

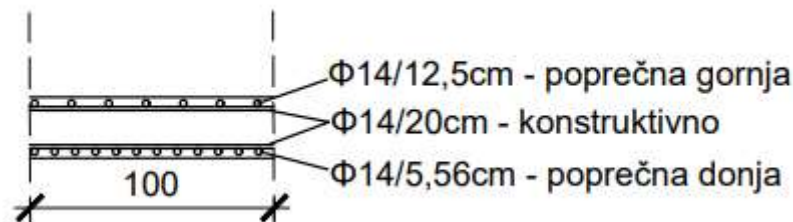
-iz tablice za dimenzioniranje:

$$\mu_{SD} = 0,224; \quad \zeta = 0,838; \quad \xi = 0,389$$

$$\varepsilon_c = -3,5 \text{ ‰}; \quad \varepsilon_s = 5,5 \text{ ‰}$$

$$A_s = \frac{M_{SD}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{19\,760}{0,838 \cdot 21 \cdot 43,48} = 25,82 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

→odabrano: 18  $\Phi 14/\text{m}$  širine;  $\Phi 14/5,56 \text{ cm}$



Slika 3.15. Raspored armature drugog polja

### 3.6.5. Uzdužni presjek – rebrasti presjek – treće polje

Bezdimenzionalni koeficijent armiranja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{SD}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{345\,887 \text{ kNcm}}{100 \cdot 92,8^2 \cdot 2} = 0,201$$

-očitano iz tablice za dimenzioniranje AB presjeka:

$$\mu_{SD} = 0,206; \quad \zeta = 0,854; \quad \xi = 0,350$$

$$\varepsilon_c = -3,5 \text{ ‰}; \quad \varepsilon_s = 6,5 \text{ ‰}$$

Potrebna armatura:

$$A_s = \frac{M_{SD}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{345\,887}{0,854 \cdot 92,8 \cdot 43,48} = 100,38 \text{ cm}^2$$

→odabrano: 10  $\Phi 36$

1  $\Phi 36 \rightarrow 10,18 \text{ cm}^2$ , odabrano  $101,80 \text{ cm}^2$

Maksimalna armatura u presjeku:

$$A_s \max = \frac{0,85f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_{\text{ploče}} = \frac{0,85 \cdot 2}{43,48} \cdot 240 \cdot 30 \text{ (prosječna)} = 281,51 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ odabrano} < A_s \max \text{ (} 100,38 < 281,51 \text{ cm}^2 \text{)}$$

→ odabrana armatura je manja od max za zadani presjek

### 3.6.6. Uzdužni smjer – poprečna armatura

$$V_{SD} = 1378,70 \text{ kN}$$

Smanjenje poprečne sile na ležaju

$$\Delta V_{SD} = (1,35 \cdot 80 + 1,5 \cdot 22,56) \cdot \left( \frac{0,4}{2} + 0,93 \right) = 160,28 \text{ kN}$$

$$V'_{SD} = V_{SD} - \Delta V_{SD} = 11378,70 - 160,28 = 1218,42 \text{ kN}$$

Računska nosivost grede na poprečne sile bez poprečne armature

$$V_{Rd1} = (\tau_{Rd} \cdot k(1,2 + 40\rho_1) + 0,15\delta_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_{Rd} = 0,34 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (C 30/37)} = 0,034 \text{ kN/cm}^2$$

$$k = 1,6 - \alpha \geq 1$$

$$k = 1,6 - 0,93 = 0,67$$

$$b_w = 1,20 = 120 \text{ cm}$$

$$d = 92,80 \text{ cm}$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{40,72}{120 \cdot 92,80} = 0,003 \leq 0,02$$

$A_s$ - površina vlačne armature na ležaju, pretpostavka da se sidri 1/3 armature

$$A_s = \frac{122,15}{3} = 40,72 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rd1} = (0,034 + 0,67 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,003)) \cdot 120 \cdot 92,80 = 10227,30 \text{ kN}$$

$$V'_{SD} = 1218,42 \text{ kN} < V_{Rd1} = 10227,30 \text{ kN}$$

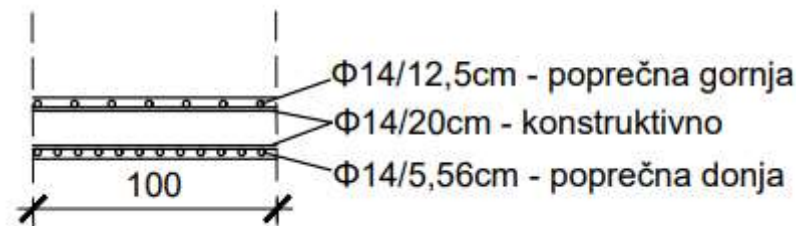
→ nije potreban proračun poprečne armature

Armature u gornjoj zoni ploče

→odabrano: 8  $\Phi 14$ /m širine;  $\Phi 14/12,5$  cm

Armatura u donjoj zoni ploče

→odabrano: 18  $\Phi 14$ /m širine;  $\Phi 14/5,56$  cm



Slika 3.16. Raspored armature trećeg polja

Razmak vilica ne bi trebao biti veći od 30,00 cm, pa odabrani razmak vilica iznosi 25,00 cm po čitavoj dužini nosača. Odabrano je ugraditi po tri vilice u presjek, na način da se preklapaju.

U gornjoj zoni ploče, poprečna armatura trebala bi biti na manjim razmacima od 15,00 cm, kako bi se spriječila pojava uzdužnih pukotina od skretanja tlačne sile blizu oslonaca.

Poprečnu armaturu u rebru čine vilice koje s donje strane obuhvaćaju uzdužnu armaturu, a s gornje strane su usidrene u ploču kolnika.

Konstruktivna armatura promjera 20,00 mm, postavlja se na način da se na krajevima sidri iznad armature glavnog nosača.

Glavna armatura poprečnog nosača prilagođava se armaturi glavnog nosača koja se ne smije prekidati.[11]

## 4. Troškovnik

Ovim troškovnikom prikazani su detaljni opisi izvedbe i količine određene vrste radova i materijala predviđenih za gradnju predmetnog vijadukta.

Kod izrade troškovnika korišteni su Opći tehnički uvjeti, OTU, koji obuhvaćaju važeće hrvatske propise i tehničke norme (HRN). Pisani su na način da su dio ugovora. Ovi OTU za radove na cestama sadrže tehničke uvjete izvođenja radova, način osiguranja kakvoće i ocjenjivanje kakvoće, te način obračuna izvedenih radova. Vrijede za radove predviđene u troškovniku projekta i za radove koji se naknadno odrede na gradilištu, a koji su potrebni za potpuno dovršenje izgradnje ugovorenih građevina. Za pojedine građevine mogu se izraditi posebni uvjeti kojima se reguliraju razni dodatni zahtjevi, odnosno osobitosti takvih građevina. [12]

### Stavke troškovnika

- A. DONJI USTROJ MOSTA
  - 1. Pripremni radovi
  - 2. Zemljani radovi
  - 3. Betonski radovi
  - 4. Armirački radovi
  - 5. Završni i ostali radovi
- B. GORNJI USTROJ MOSTA
  - 6. Betonski radovi
  - 7. Armirački radovi
- C. LEŽAJI I PRIJELAZNE NAPRAVE
- D. OPREMA VIJADUKTA
  - 8. Betonski radovi
  - 9. Armirački radovi
  - 10. Izolaterski radovi
  - 11. Odvodnja
  - 12. Asfatni zastor
  - 13. Ograde
- E. Završni i ostali radovi
- F. Ispitivanje vijadukta probnim opterećenjem

| <b>A DONJI USTROJ</b>      |  |                       |                 |                    |               |
|----------------------------|--|-----------------------|-----------------|--------------------|---------------|
| <b>Redni broj</b>          | <b>Opis stavke troškovnika</b>   | <b>Jedinica mjere</b> | <b>Količina</b> | <b>Jed. cijena</b> | <b>Ukupno</b> |
| <b>1. PRIPREMNI RADOVI</b> |  |                       |                 |                    |               |
| 1.1.                       | Organizacija i uređenje gradilišta: čišćenje terena (sječanje šiblja , vađenje korijenja), pregrađivanje gradilišnog prostora, uređenje pristupnih cesta (vanjski i unutarnji transport), opskrba struje, vode i osiguranje sanitarnog čvora. Troškovi uključeni u stavku i ne naplaćuju se posebno. | m2                    | 120,00          |                    |               |
| 1.2.                       | Postavljanje jaraka za odvodnju drenaže iza upornjaka. Potrebno je izvesti pravilan pad drenaže i odvodnje prema zasebnom projektu.<br>O.T.U. 3 - Knjiga II  | m'                    | 60,00           |                    |               |
| 1.3.                       | Izvedba drenaže iza upornjaka od perforiranih drenažnih cijevi.  | m2                    | 30,00           |                    |               |
| <b>2. ZEMLJANI RADOVI</b>  |  |                       |                 |                    |               |
| 2.1.                       | Iskop humusa u debljini sloja od cca. 30,00 m s utovarom iskopanog materijala u prijevozna sredstva. Iskopavanje humusa vrši se strojno, odgovarajućom mehanizacijom.<br>O.T.U. 2 - Knjiga II.   | m3                    | 14,00           |                    |               |
| 2.2.                       | Strojni iskop nosivog kamenog tla za temelje upornjaka i stupova. Dubina i širina iskopa cca. 2,00 m. U cijenu uključiti utovar i odvoz iskopanog materijala na deponij. Obračun po m3 u zbijenom stanju.<br>O.T.U. 2 - Knjiga II.   | m3                    | 144,00          |                    |               |
| 2.3.                       | Korištenje iskopanog materijala u slojevima debljine od 30,00 za strojno ispunjavanje temelja upornjaka i stupova. Rad obuhvaća nasipavanje, zbijanje i dotjerivanje. Materija za zatrpavanje treba po kakvoći zadovoljiti uvjete propisane knjigom II i III Tehničkih uvjeta.                       | m3                    | 42,52           |                    |               |

|   |    |        |
|---|----|--------|
| <p>2.4. Izrada nasipa iza upornjaka od zemljanog materijala "C" kategorije. Rad uključuje zbijanje materijala u sloju debljine 30,00 cm. Izvedba nasipa prema visinskim kotama predviđenim projektom. Rad na izvedbi nasipa obračunat u kubičnim metrima ugrađenog i zbijenog nasipa.<br/>O.T.U. 2 - Knjiga II.</p> | m3 | 225,00 |
| <p>2.5. Izrada pokosa nasipa uz upornjak od zemljanog materijala kategorije "C". Rad obuhvaća nasipanje, razastiranje, planiranje materijala u nasipu i zbijanje.<br/>O.T.U. 2 - Knjiga II.</p>   | m3 | 98,60  |
| <p>2.6. Izrada drenažnog sloja iza zida upornjaka, korištenjem kamenog materijala debljine 50,00 cm.<br/>O.T.U. 2 - Knjiga II.</p>  | m3 | 9,00   |

### 3. BETONSKI RADOVI

|  |    |        |
|--|----|--------|
| <p>3.1. Izvedba podložnog sloja betona debljine 10,00 cm ispod temelja, betonom klase C12/15. Stavka obuhvaća nabavu betona, dopremu do gradilišta, prijevoz po gradilištu, kontrolu prije ugradnje, zatim ugradnju i zbijanje, potrebnu njegu betona, te kontrolu nakon ugradnje. Obračun u kubnim metrima ugrađenog betona.<br/>O.T.U. 7 - Knjiga IV.</p>  | m3 | 12,00  |
| <p>3.2. Izvedba armiranobetonskih temelja upornjaka i stupova betonom klase C30/37, kako je predviđeno projektom. Stavka obuhvaća nabavu betona, dopremu do gradilišta, prijevoz po gradilištu, kontrolu prije ugradnje, zatim ugradnju i zbijanje, potrebnu njegu betona, te kontrolu nakon ugradnje, izradu, montažu i demontažu potrebne oplata. Obračun u kubnim metrima ugrađenog betona.<br/>O.T.U. 7 - Knjiga IV.</p> | m3 | 113,40 |



3.3. Izvedba armiranobetonskog zidića i krila upornjaka betonom klase C30/37, kako je predviđeno projektom. Stavka obuhvaća nabavu betona, dopremu do gradilišta, prijevoz po gradilištu, kontrolu prije ugradnje, zatim ugradnju i zbijanje, potrebnu njegu betona, te kontrolu nakon ugradnje, izradu, montažu i demontažu potrebne oplata.

m3 51,00

O.T.U. 7 - Knjiga IV.

3.4. Izvedba armiranobetonskih prijelaznih pločana upornjacima, betonom klase C30/37, kako je predviđeno projektom. Stavka obuhvaća nabavu betona, dopremu do gradilišta, prijevoz po gradilištu, kontrolu prije ugradnje, zatim ugradnju i zbijanje, potrebnu njegu betona, te kontrolu nakon ugradnje, obračun u kubnim metrima ugrađenog betona.

m3 18,50

O.T.U. 7 - Knjiga IV.

3.5. Izvedba armiranobetonskih upornjaka betonom klase C30/37, kako je predviđeno projektom. Stavka obuhvaća nabavu betona, dopremu do gradilišta, prijevoz po gradilištu, kontrolu prije ugradnje, zatim ugradnju i zbijanje, potrebnu njegu betona, te kontrolu nakon ugradnje, izradu, montažu i demontažu oplata.

m3 76,50

O.T.U. 7 - Knjiga IV.

3.6. Izvedba armiranobetonskih stupova u jednodijelnoj oplati betonom C30/37, kako je predviđeno projektom.

m3 23,04

O.T.U. 7 - Knjiga IV.

3.7. Izvedba ležajnih kvadra ispod ležaja.

m3 2,40

O.T.U. 7 - Knjiga IV.

#### 4. ARMIRAČKI RADOVI

4.1. Izrada armature temelja upornjaka i stupova prema projektu.

kg 9500,00

4.2. Izrada armature zidova i paralelnih krila upornjaka prema projektu.

kg 5600,00

4.3. Izrada armature stupova prema projektu.

kg 800,00



|   |     |          |
|---|-----|----------|
| 4.4. Izrada armature prijelaznih ploča na upornjacima prema projektu.   | kg  | 2800,00  |
| 4.5. Izrada armature ležajnih kvadra prema projektu.  | kg  | 120,00   |
| <b>5. ZAVRŠNI I OSTALI RADOVI</b>   |     |          |
| 5.1. Izvedba vertikalne i horizontalne hidroizolacija betonskih ploha u dodiru s tlom. Radove izvesti prema projektu.<br>O.T.U. 7 - Knjiga IV   | m2  | 267,68   |
| 5.2. Izvedba hidroizolacije prijelaznih ploča prema projektu.<br>O.T.U. 7 - Knjiga IV   | m2  | 95,50    |
| 5.4. Zaštita (oblaganje) zida upornjaka kamenom oblogom.  | m2  | 12,60    |
| 5.5. Nepomični ležajevi.  | kom | 2,00     |
| 5.6. Pomični ležajevi.  | kom | 6,00     |
| <b>B GORNJI USTROJ</b>  |     |          |
| <b>6. BETONSKI RADOVI</b>   |     |          |
| 6.1. Betoniranje rebrastog rasponskog sklopa vijadukta, betonom klase C30/37 prema projektu. Obračun po kubnom metru ugrađenog betona. Stavka obuhvaća nabavu betona, dopremu do gradilišta, prijevoz po gradilištu, kontrolu prije ugradnje, ugradnju i zbijanje, njegu betona, te kontrolu nakon ugradnje, izradu, montažu i demontažu potrebne oplata i skele.<br><br>O.T.U. 7 - Knjiga IV | m3  | 258,74   |
| <b>7. ARMIRAČKI RADOVI</b>  |     |          |
| 7.1. Izvedba armature rasponskog sklopa prema projektu.   | kg  | 24344,54 |
| <b>C LEŽAJI I PRIJELAZNE NAPRAVE</b>  |     |          |
| 8.1. Elastomjerni ležaji za pomake do 25,00 mm. Stavka obuhvaća nabavu, prijevoz i ugradnju ležaja.   | kom | 8,00     |

|   |    |         |
|---|----|---------|
| 8.2. Nabava i ugradnja vodonepropusnih prijelaznih naprava nad upornjacima, s mogućnošću dilataranja do ±40,00 mm.  | m' | 9,00    |
| <b>D OPREMA MOSTA</b>   |    |         |
| <b>9. BETONSKI RADOVI</b>   |    |         |
| 9.1. Betoniranje i montaža vijenca betonom klase C30/37, po dužini mosta, prema projektu. Obračun je po kubnom metru ugrađenog betona. Jedinичna cijena obuhvaća nabavu betona, transport, izradu, montažu i demontažu oplata i skele, rad na ugradnji i njezi betona, te sav drugi potrebni rad i materijal. | m3 | 7,40    |
| O.T.U. 7 - Knjiga IV  |    |         |
| 9.2. Betoniranje hodnika betonom klase C30/37, prema projektu. Obračun po metru kubnom ugrađenog betona. Jedinичna cijena obuhvaća nabavu betona, transport, izradu, montažu i demontažu potrebne oplata i skele, rad na ugradnji i njezi betona, te sav drugi potrebni rad i materijal.                      | m3 | 20,09   |
| O.T.U. 7 - Knjiga IV  |    |         |
| 9.3. Betoniranje i montaža rubnjaka na prethodno izvedenu podlogu, duž kolnika, dim. 10x20x100 cm, betonom klase C30/37. Stavka obuhvaća nabavu betona, transport, izvedbu i ugradnju rubnjaka u betonsku podlogu prema projektu.   | m3 | 2,09    |
| <b>10. ARMIRAČKI RADOVI</b>   |    |         |
| 10.1. Armiranje montažnog vijenca, korištenje čvrstoće čelika B500B.  | kg | 130,00  |
| O.T.U. 7 - Knjiga IV  |    |         |
| 10.2. Armiranje poslužne staze i prostora za odbojnu ogradu (hodnika).  | kg | 1000,00 |
| <b>11. IZOLATERSKI RADOVI</b>   |    |         |

|   |     |        |
|---|-----|--------|
| 11.1. Izrada jednoslojne horizontalne hidroizolacije kolničke ploče, zavarenim bitumenskim trakama debljine 0,5 cm. Stavka obuhvaća nabavu i dopremu svog materijala, skladištenje, prijenose i sav rad na postavljanju. U cijenu je uključena priprema podloge i ugradnja hidroizolacije. obračun po metru kvadratnom gornje površine stvarno položene i ugrađene hidroizolacije.<br>O.T.U. 7 - Knjiga 2 | m2  | 444,30 |
| 11.2. Izrada zaštitnog sloja hidroizolacije kolničke ploče debljine 0,5 cm. Stavkom je obuhvaćen anabava materijala, proizvodnja i ugradnja. Obračun po m2 gornje površine ugrađenog sloja.<br>O.T.U. 6 - Knjiga 3  | m2  | 444,30 |
| <b>12. ODVODNJA</b>   |     |        |
| 12.1. Nabava i ugradnja horizontalnih slivnika za odvodnju kolničke ploče prema propisima i nacrtima projekta. Ugradnja slivnika u betonski sklop. Obračun se vrši po komadu ispravno ugrađenog slivnika.   | kom | 4,00   |
| 12.2. Nabava i postavljanje cijevi za odvodnju. Cijevi promjera $\varnothing$ 200.  | m'  | 100,00 |
| 12.3. Kanalice za odvodnju vode s kolnika iza mosta. Radove izvesti prema knjizi IV, Tehničkih uvjeta.  | kom | 40,00  |
| <b>13. ASFALJNI ZASTOR</b>  |     |        |
| 13.1. Izrada donjeg zaštitnog sloja od asfaltnog betona, debljine 3,00 cm.  | m2  | 313,62 |
| 13.2. Izrada gornjeg habajućeg sloja od asfaltnog betona, debljine 4,00 cm.   | m2  | 313,62 |
| 13.3. Zalijevanje uzdužnih rešetki na spoju zastora i rubnjaka.   | m'  | 104,54 |
| <b>14. OGRADE</b>   |     |        |
| 14.1. Stavka obuhvaća nabavu potrebnog materijala, izradu i montažu poslužne ograde prema projektu.   | m'  | 104,54 |

|  |   |        |
|--|---|--------|
| O.T.U. 7 - Knjiga IV   |   |        |
| 14.2. Stavka obuhvaća nabavu potrebnog materijala, izradu i montažu odbojne ograde prema projektu.   | m'  | 120,00 |
| O.T.U. 7 - Knjiga IV   |   |        |
| <b>E</b>   | <b>ZAVRŠNI I OSTALI RADOVI</b>                |        |
| 15.1. Stavka obuhvaća postavljanje mjernih repera za geodetsko praćenje konstrukcije na samu konstrukciju mosta, sav potreban materijal i utrošen rad. | kom   | 50,00  |
| 15.2. Stavka obuhvaća postavljanje referentnih repera za geodetsko praćenje konstrukcije iza kraja mosta, sav potreban materijal i utrošen rad.        | kom   | 10,00  |
| 15.3. Postavljanje cijevi promjera $\phi 110$ mm za provođenje instalacija kroz hodnik.  | m'  | 100,00 |
| 15.4. Šahtovi na vijaduktu.  | kom   | 1,00   |
| 15.5. Nepredviđeni radovi.   | paušalno                                      |        |
| <b>F</b>   | <b>ISPITIVANJE MOSTA PROBNIM OPTEREĆENJEM</b> |        |
| 16.1. Ispitivanje mosta probnim opterećenjem prema HRN U.M1.046. Položaj i veličina probnog opterećenja određuju se projektom konstrukcije.            | paušalno                                      |        |

## 5. Zaključak

Diplomski rad sadrži sve elemente idejnog projekta mosta. Projektiran je most čija je namjena premošćenje suhe doline. Konstrukcija sa tri raspona se oslanja na armirano betonske upornjake i stupove, te zadovoljava sve uvjete za izgradnju. Rasponski sklop je kontinuirani nosač rebrastog poprečnog presjeka, od armiranog betona. Nakon tehničkog opisa konstrukcije, proveden je statički proračun u programu Tower, pojednostavljen na linijski model radi lakšeg računanja. Proračunom dobivene mjerodavne vrijednosti reakcija ležaja, momenata nad ležajevima i u polju, te vrijednosti poprečnih sila, korištene su za dimenzioniranje potrebne armature rasponskog sklopa. Računske vrijednosti mjerodavnih reznih sila manje su od računске nosivosti presjeka, te je time zadovoljen uvjet nosivosti.

Projektirani vijadukt zadovoljava sve propisane zahtjeve. Projektiran je na način da svojom veličinom i oblikom ne narušava sklad okoline, te je pouzdan i funkcionalan.

## Literatura

- [1] (2008.): Katedra za betonske konstrukcije i mostove, Kolegij Mostovi – skripta, Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split
- [2] Pržulj, M.: Viadukti i mostovi na autoputevima, stručni rad
- [3] Gukov, I. (2007.): Prednapeti beton, Predavanja, Zagreb
- [4] Radić, J. (2009.): Uvod u mostarstvo, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb
- [5] Vrančić, T., Nadilo, B. (2004.): Gradilišta – Zapadni krak „Istarskog ipsilona“ i most preko Mirne, Građevinar, Vol. 56, br. 7, str. 435-439
- [6] Marić, Z., Tkalčić, D. (2003.): Nova postignuća u građenju betonskih mostova u Hrvatskoj, Građevinar, Vol. 55, br. 4, str. 191-200
- [7] Narodne novine, (2001.): Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa, članak 5. stavka 5.
- [8] Temeljenje na stijeni, Predavanje, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet
- [9] Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima; Instalacije na mostovima, str 3-17
- [10] Narodne novine, (2017.): Tehnički propis za građevinske konstrukcije
- [11] Puž, G. (2021./2022.): Predavanja i vježbe iz kolegija Mostovi, Sveučilište Sjever, Varaždin
- [12] (2001.): Opći tehnički uvjeti za radove na cestama, Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb



## Popis slika

|  |    |
|--|----|
| Slika 1.1. Vijadukt Bukovo.....                                | 4  |
| Slika 1.2. Vijadukt Bukovo.....                                | 4  |
| Slika 1.3. Uzdužni presjek vijadukta preko rijeke Dobre .....  | 5  |
| Slika 1.4. Uzdužni presjek vijadukta Zečeve Drage .....        | 5  |
| Slika 1.5. Vijadukt Bajer.....                                 | 6  |
| Slika 1.6. Uzdužni presjek vijadukta Bajer.....                | 6  |
| Slika 1.7. i 1.8. Vijadukt preko rijeke Mirne .....            | 7  |
| Slika 1.9. Shematski prikaz vijadukta preko rijeke Mirne ..... | 8  |
| Slika 2.1. Poprečni presjek vijadukta.....                     | 12 |
| Slika 3.1. Uzdužni presjek vijadukta .....                     | 17 |
| Slika 3.2. Statički sustav glavnog nosača .....                | 17 |
| Slika 3.3. Poprečni presjek vijadukta.....                     | 18 |
| Slika 3.4. Shema rebra .....                                   | 18 |
| Slika 3.5. Raspodjela opterećenja .....                        | 20 |
| Slika 3.6. Prikaz utjecajne linije .....                       | 22 |
| Slika 3.7. Tlocrtna shema opterećenja .....                    | 23 |
| Slika 3.8. Shema slučajeva opterećenja .....                   | 25 |
| Slika 3.9. Raspodjela unutarnjih sila na nosaču.....           | 31 |
| Slika 3.10. Sudjelujuća širina.....                            | 33 |
| Slika 3.11. Određivanje statičke visine.....                   | 34 |
| Slika 3.12. Detalj oslonca .....                               | 36 |
| Slika 3.13. Raspored armature .....                            | 40 |
| Slika 3.15. Raspored armature drugog polja.....                | 47 |
| Slika 3.16. Raspored armature trećeg polja .....               | 49 |

## Popis tablica

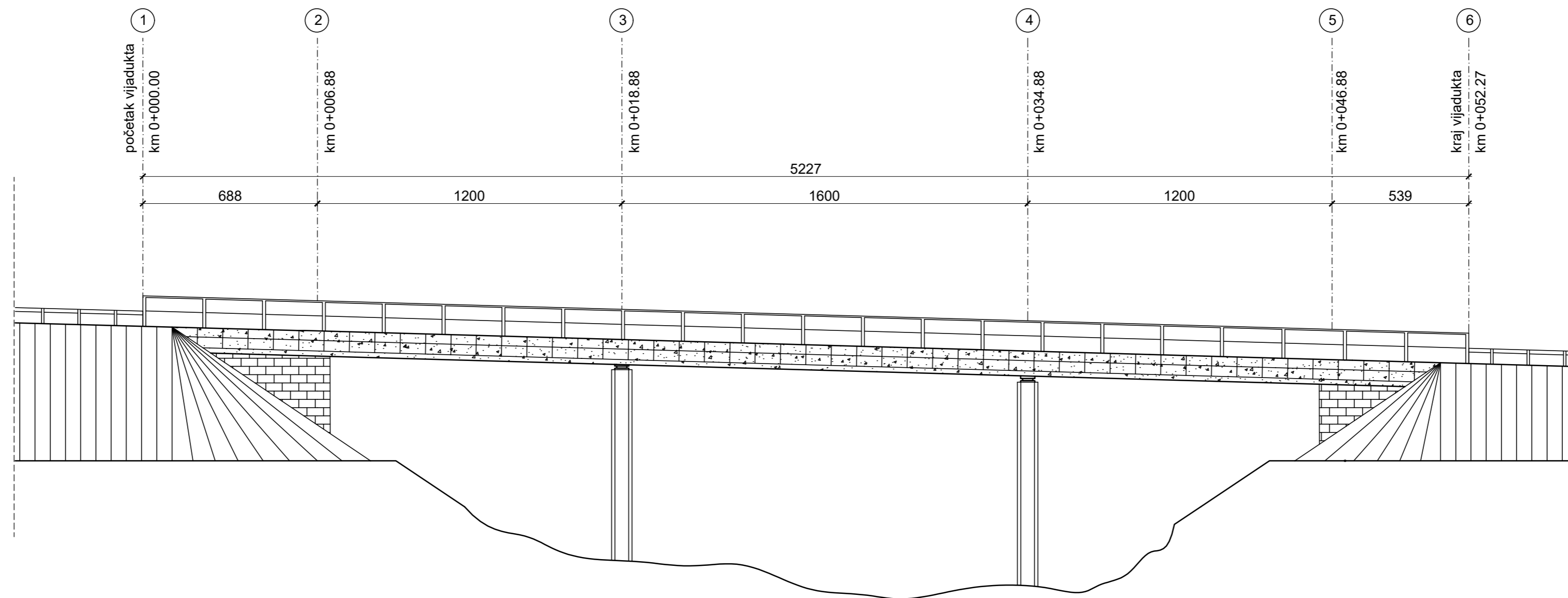
|   |    |
|---|----|
| Tablica 1. Mjerodavne reakcije i momenti nad ležajevima za dimenzioniranje..... | 30 |
| Tablica 2. Mjerodavni momenti u polju i poprečne sile za dimenzioniranje.....   | 31 |



## Popis priloga

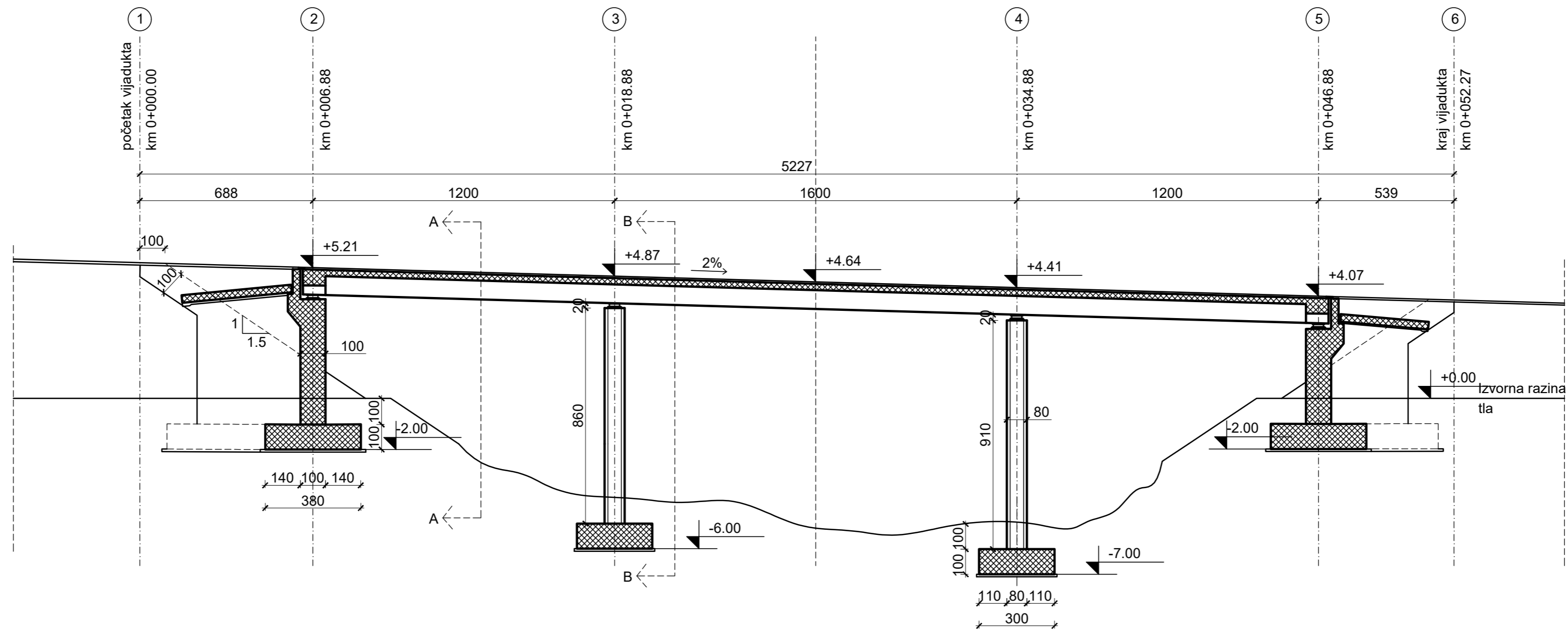
1. Pogled vijadukta, mj 1:100
2. Uzdužni presjek C-C, mj 1:100
3. Tlocrt gornjeg ustroja, mj 1:100
4. Tlocrt donjeg ustroja, mj 1:100
5. Poprečni presjek A-A, mj 1:100; Poprečni presjek B-B, mj 1:100
6. Detalj poprečnog presjeka rasponskog sklopa, mj 1:50
7. Nacrt armature
8. Nacrt armature, mj 1:100

# POGLED, MJ 1:100



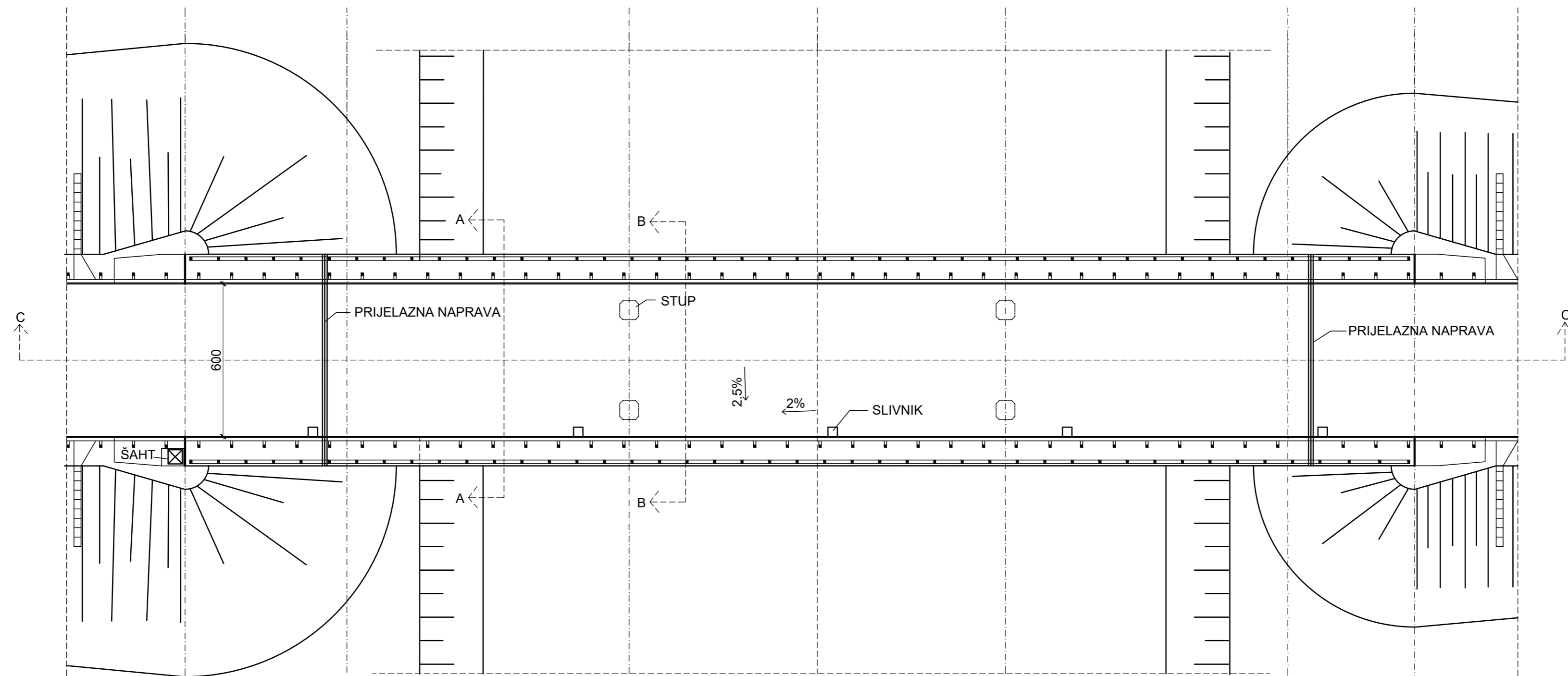
|   |
|---|
| Sveučilište Sjever                      |
| Odjel Graditeljstvo                     |
| Dispozicija mosta<br>programski zadatak |
| Izradio: Marta Krušec                   |
| Nastavnik: Goran Puž                    |
| Akadska godina: 2021/2022               |
| Dovršeno: rujan 2022.                   |

# UZDUŽNI PRESJEK C-C, MJ 1:100



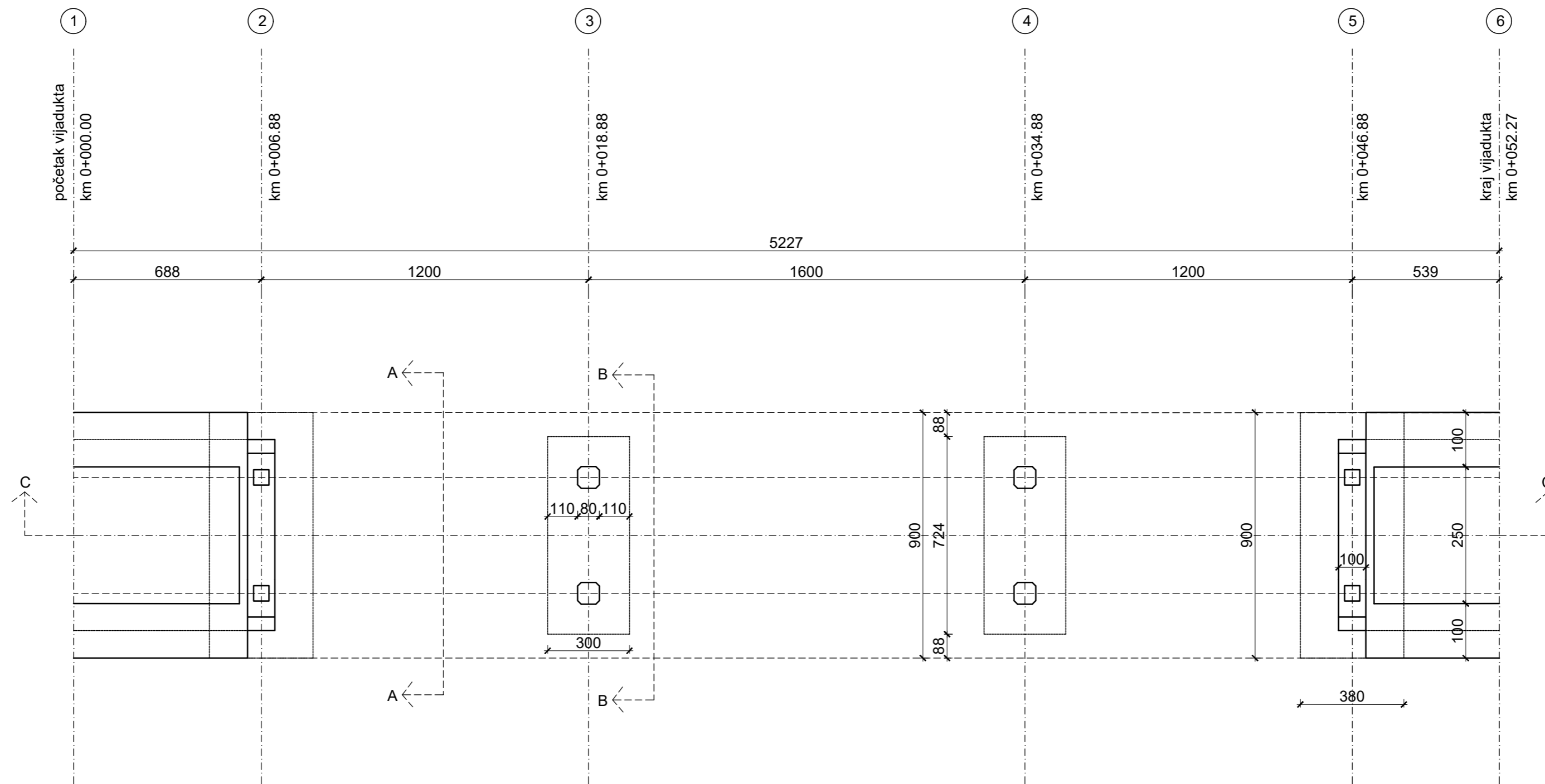
|   |
|---|
| Sveučilište Sjever                      |
| Odjel Graditeljstvo                     |
| Dispozicija mosta<br>programski zadatak |
| Izradio: Marta Krušec                   |
| Nastavnik: Goran Puž                    |
| Akadska godina: 2021/2022               |
| Dovršeno: rujan 2022.                   |

# TLOCRT GORNJEG USTROJA, MJ 1:100



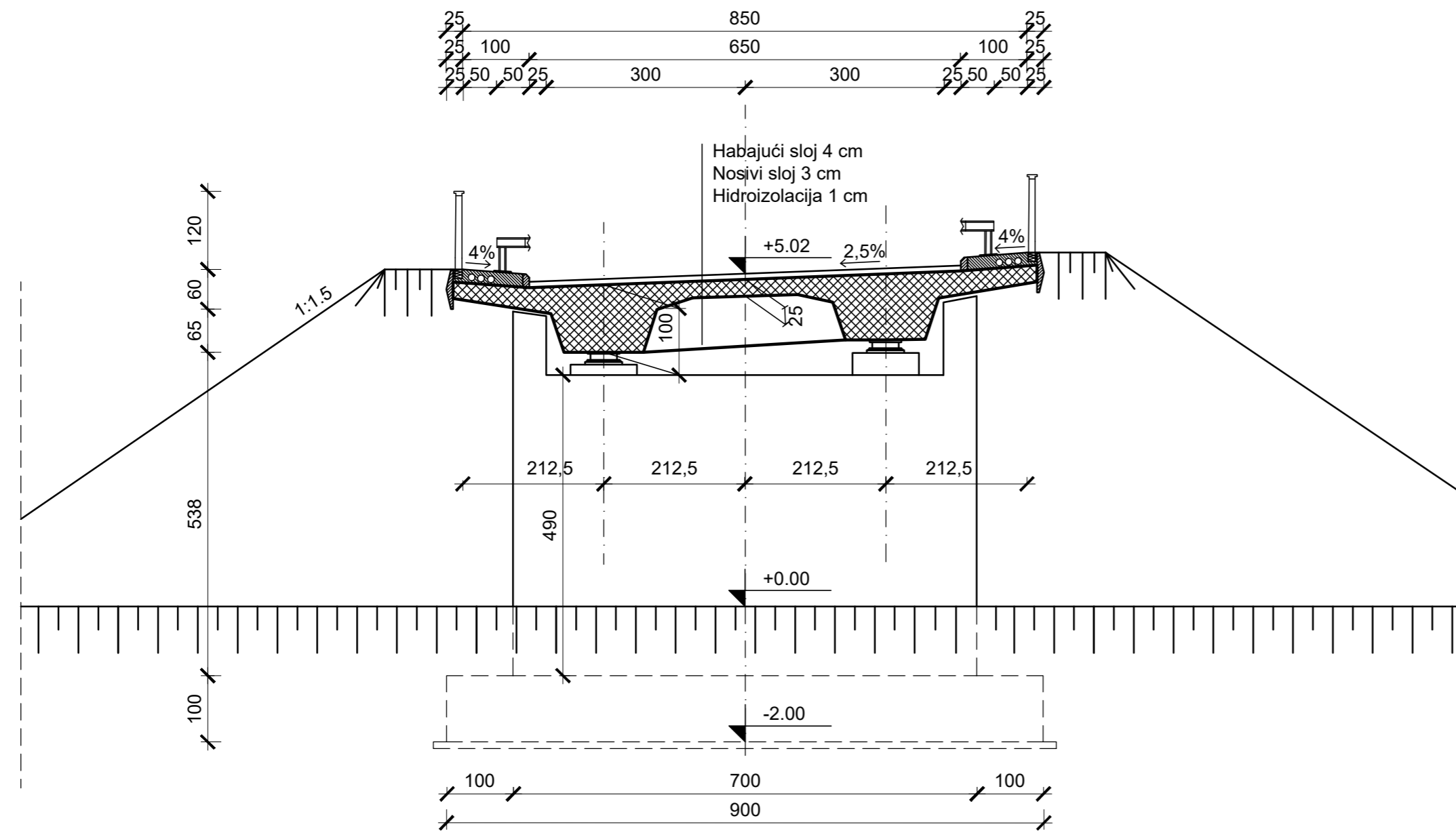
|   |
|---|
| Sveučilište Sjever                      |
| Odjel Graditeljstvo                     |
| Dispozicija mosta<br>programski zadatak |
| Izradio: Marta Krušec                   |
| Nastavnik: Goran Puž                    |
| Akademska godina: 2021/2022             |
| Dovršeno: rujan 2022.                   |

# TLOCRT DONJEG USTROJA, MJ 1:100

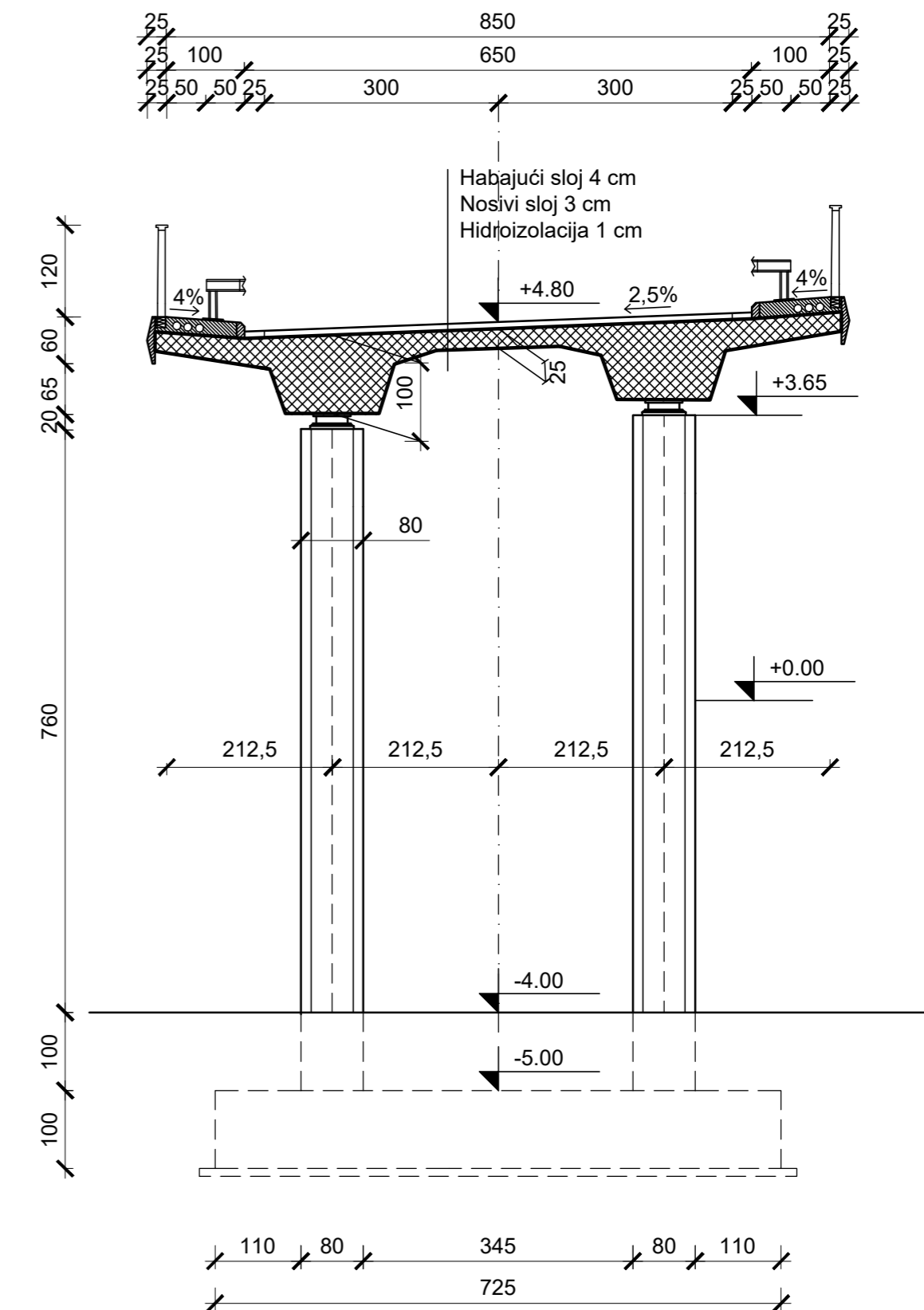


|   |
|---|
| Sveučilište Sjever                      |
| Odjel Graditeljstvo                     |
| Dispozicija mosta<br>programski zadatak |
| Izradio: Marta Krušec                   |
| Nastavnik: Goran Puž                    |
| Akadska godina: 2021/2022               |
| Dovršeno: rujan 2022.                   |

# POPREČNI PRESJEK A-A, MJ 1:100

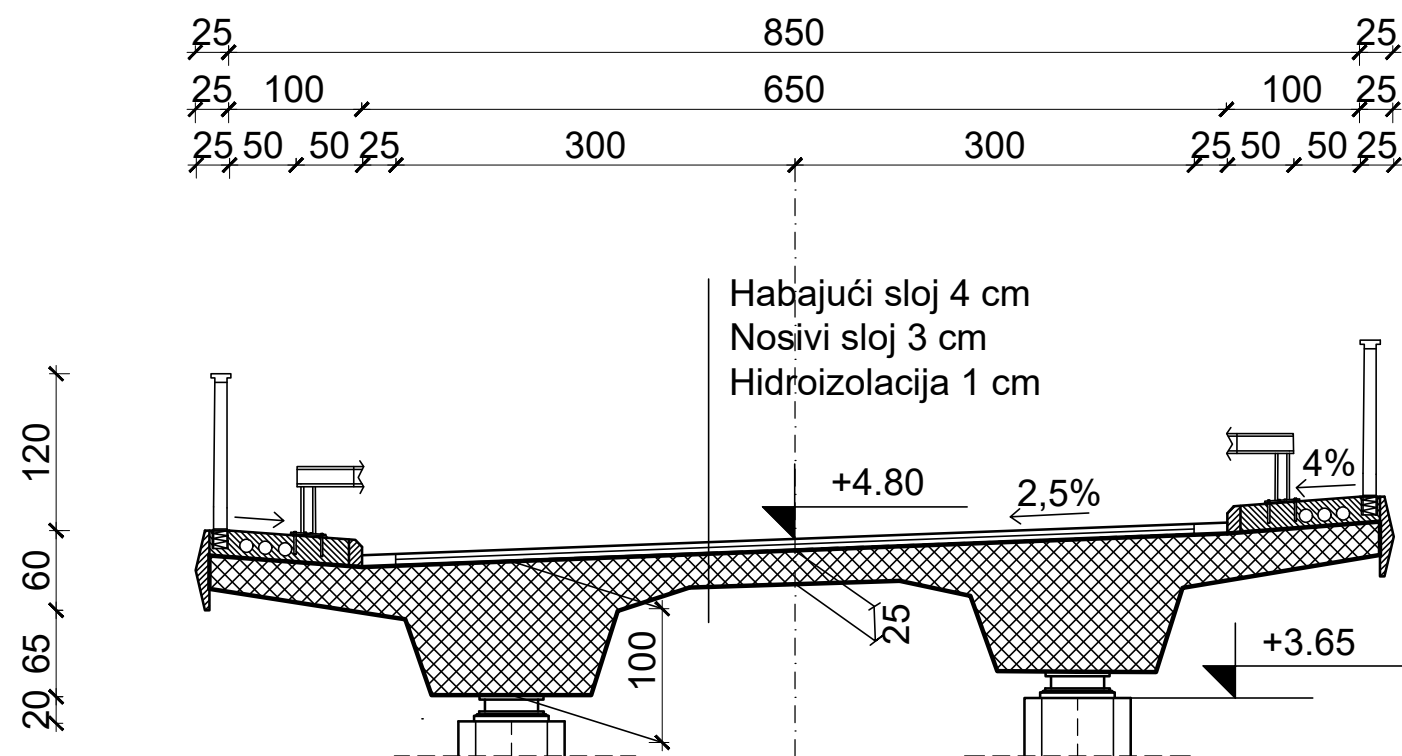


# POPREČNI PRESJEK B-B, MJ 1:100



|   |
|---|
| Sveučilište Sjever                      |
| Odjel Graditeljstvo                     |
| Dispozicija mosta<br>programski zadatak |
| Izradio: Marta Krušec                   |
| Nastavnik: Goran Puž                    |
| Akadska godina: 2021/2022               |
| Dovršeno: rujan 2022.                   |

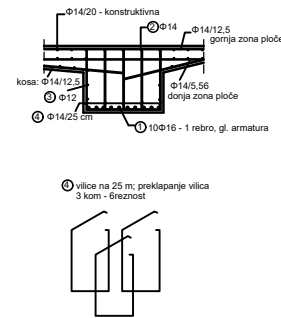
# DETALJ POPREČNOG PRESJEKA B-B RASPONSKOG SKLOPA, MJ 1:50



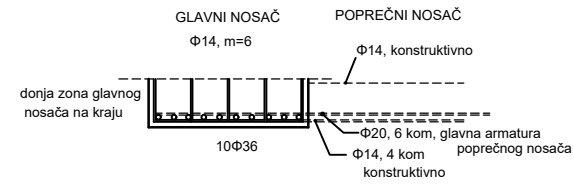
|                           |
|---------------------------|
| Sveučilište Sjever        |
| Odjel Graditeljstvo       |
| Dispozicija mosta         |
| programski zadatak        |
| Izradio: Marta Krušec     |
| Nastavnik: Goran Puž      |
| Akadska godina: 2021/2022 |
| Dovršeno: rujan 2022.     |

# NACRT ARMATURE

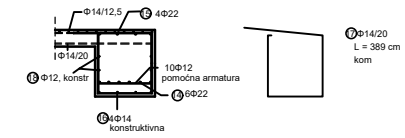
SREDNJI PRESJEK GLAVNOG  
UZDUŽNOG NOSAČA, MJ 1:50



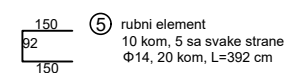
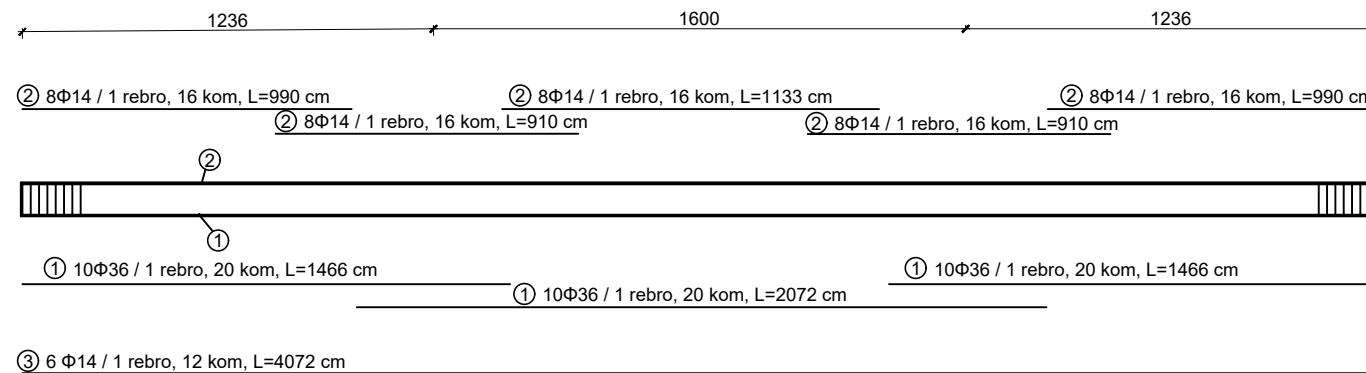
PRESJEK NA KRAJU NOSAČA, MJ 1:50



PRESJEK POPREČNOG NOSAČA, MJ 1:50



UZDUŽNI PRESJEK KROZ OS REBRA, MJ 1:100

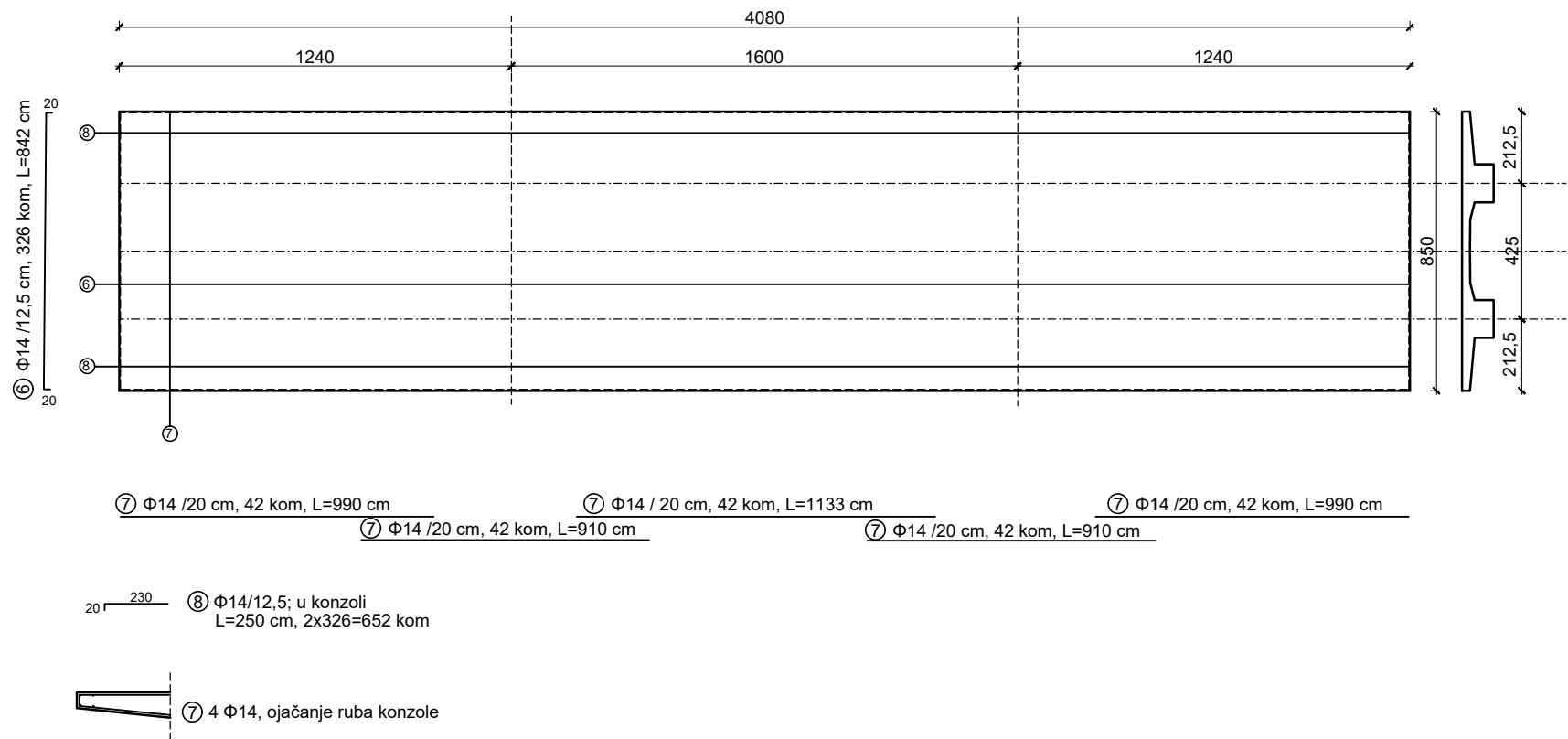


<math>\Phi</math> vilice, 3 kom, paralelno 162 puta u nosaču  
486 kom/ 1 rebro, 972 kom, L=306 cm  
 $\Phi 14$

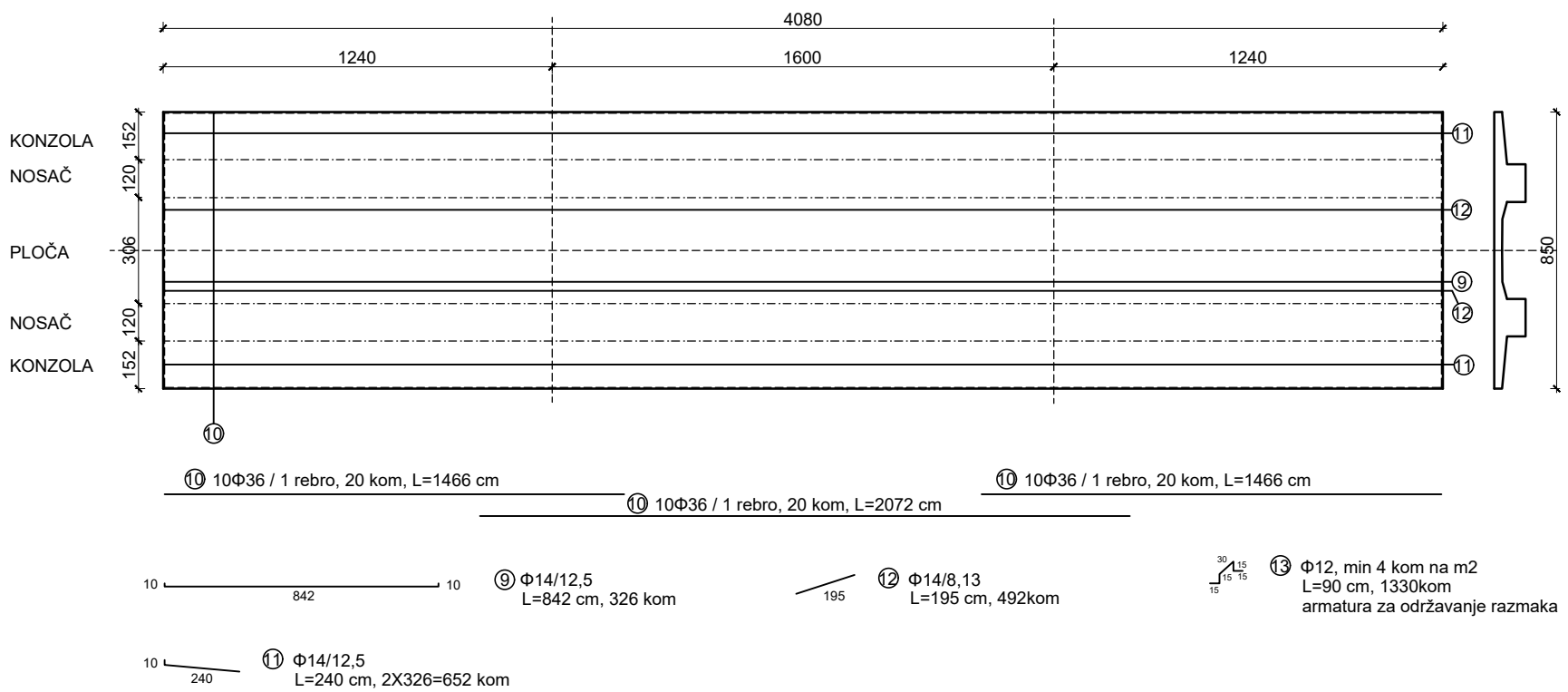
|                           |
|---------------------------|
| Sveučilište Sjever        |
| Odjel Graditeljstvo       |
| Armatura                  |
| programski zadatak        |
| Izradio: Marta Krušec     |
| Nastavnik: Goran Puž      |
| Akadska godina: 2021/2022 |
| Dovršeno: rujan 2022.     |



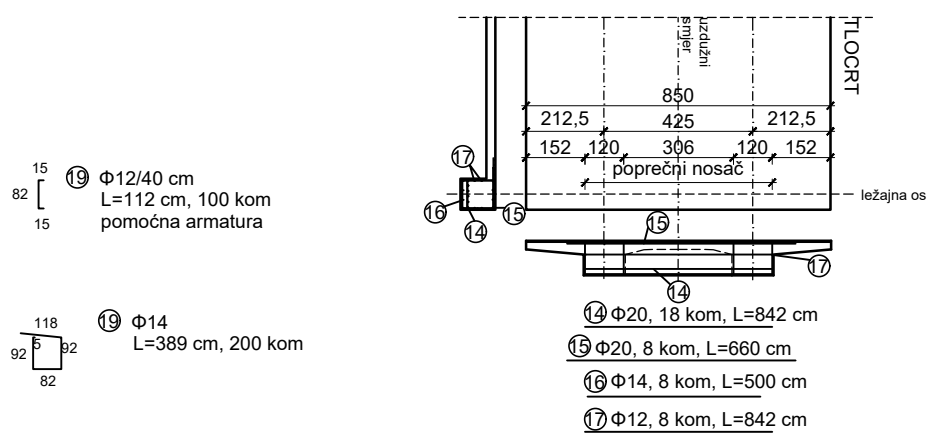
## ARMATURA PLOČE GORNJA ZONA, MJ 1:100



## ARMATURA PLOČE DONJA ZONA, MJ 1:100



## ARMATURA POPREČNOG NOSAČA, MJ 1:100



Sveučilište Sjever  
 Odjel Graditeljstvo  
 Armatura  
 programski zadatak  
 Izradio: Marta Krušec  
 Nastavnik: Goran Puž  
 Akademska godina: 2021/2022  
 Dovořeno: rujan 2022.

## Iskaz armature

| Dio sklopa             | Oznaka šipke | Ø mm | komada                    | Duljina m | Duljine po promjerima |          |        |         |
|------------------------|--------------|------|---------------------------|-----------|-----------------------|----------|--------|---------|
|                        |              |      |                           |           | Ø12                   | Ø14      | Ø20    | Ø36     |
| Rasponska konstrukcija | 1            | 36   | 20,00                     | 14,66     |                       |          |        | 293,20  |
|                        | 2            | 14   | 16,00                     | 9,90      |                       | 158,40   |        |         |
|                        | 3            | 12   | 12,00                     | 40,72     | 488,64                |          |        |         |
|                        | 4            | 14   | 972,00                    | 3,06      |                       | 2974,32  |        |         |
|                        | 5            | 14   | 20,00                     | 3,92      |                       | 78,40    |        |         |
|                        | 6            | 14   | 326,00                    | 8,42      |                       | 2744,92  |        |         |
|                        | 7            | 14   | 42,00                     | 9,90      |                       | 415,80   |        |         |
|                        | 8            | 14   | 652,00                    | 2,50      |                       | 1630,00  |        |         |
|                        | 9            | 14   | 326,00                    | 8,42      |                       | 2744,92  |        |         |
|                        | 10           | 14   | 20,00                     | 14,66     |                       |          |        | 293,20  |
|                        | 11           | 14   | 652,00                    | 2,40      |                       | 1564,80  |        |         |
|                        | 12           | 14   | 492,00                    | 1,95      |                       | 959,40   |        |         |
|                        | 13           | 12   | 1330,00                   | 0,90      | 1197,00               |          |        |         |
|                        | 14           | 20   | 18,00                     | 8,42      |                       |          | 151,56 |         |
|                        | 15           | 20   | 8,00                      | 6,60      |                       |          | 52,80  |         |
|                        | 16           | 14   | 8,00                      | 5,00      |                       | 40,00    |        |         |
|                        | 17           | 14   | 200,00                    | 3,89      | 778,00                |          |        |         |
|                        | 18           | 12   | 8,00                      | 8,42      | 67,36                 |          |        |         |
|                        | 19           | 12   | 100,00                    | 1,12      | 112,00                |          |        |         |
|                        |              |      | Ukupno(m)                 |           | 2643,00               | 13310,96 | 204,36 | 586,40  |
|                        |              |      | Masa (kg/m)               |           | 0,91                  | 1,24     | 3,06   | 8,20    |
|                        |              |      | Ukupno po promjerima (kg) |           | 2405,13               | 16505,59 | 625,34 | 4808,48 |
|                        |              |      | Sveukupno (kg)            |           | 24344,54              |          |        |         |

Sveučilište  
Sjever

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski 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, MARTA KRUŠEC (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom KARAKTERISTIČNI ČESTOMI NADUKI U HRVATSKOJ (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Marta Krušec

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, MARTA KRUŠEC (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom KARAKTERISTIČNI ČESTOMI NADUKI U HRVATSKOJ (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Marta Krušec

(vlastoručni potpis)