

# Pločasti nadvožnjak preko ceste u ravnici

---

**Petrović, Nikolina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:905599>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-27**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



DIPLOMSKI RAD br. 22/GRD/2021

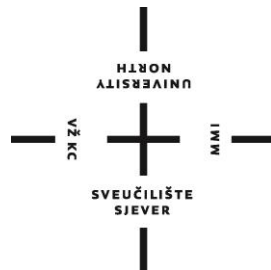
**PLOČASTI NADVOŽNJAK PREKO CESTE U  
RAVNICI**

Nikolina Petrović

Varaždin, listopad 2021.



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Studij graditeljstvo**



DIPLOMSKI RAD br. 22/GRD/2021

**PLOČASTI NADVOŽNJAK PREKO CESTE U  
RAVNICI**

Student:  
Nikolina Petrović, 1188/336D.

Mentor:  
doc. dr. sc. Goran Puž

Varaždin, listopad 2021.

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Nikolina Petrović	MATIČNI BROJ	0336016186
DATUM	28. lipnja 2021.	KOLEGIJ	Mostovi
NASLOV RADA	Pločasti nadvožnjak preko ceste u ravnici		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Slab-type overpass across the road in a plain		
MENTOR	dr. sc. Goran Puž	ZVANJE	docent
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc. dr. sc. Danko Markovinović		
	2. doc. dr. sc. Goran Puž		
	3. prof.dr.sc. Božo Soldo		
	4. izv.prof.dr.sc. Bojan Đurin		
	5. _____		

## Zadatak diplomskog rada

PROJ: 22/GRD/2021

OPIS

Potrebno je načiniti projekt nadvožnjaka preko ceste u ravnici. Rasponski sklop građevine biti će kontinuirani pločasti nosač od armiranog betona, raspona koji su uobičajeni za ovakav tip sklopa. Stupovi i upornjaci biti će također armiranobetonski, a temeljenje plitko. Dispozicija mosta treba biti prilagođena prepreci. Most prevodi preko prepreke cestovnu prometnicu zadanog profila uz koju će biti dodane pješačke staze. Rad treba sadržavati:

- tehnički opis s obrazloženjem odabranog rješenja
- dispozicijske nacрте u preglednom mjerilu
- osnovni statički proračun rasponskog sklopa
- dimenzioniranje najopterećenijih presjeka rasponskog sklopa
- skicu armature rasponskog sklopa
- približni troškovnik radova s dokaznicom mjera
- literatura

ZADATAK URUČEN

27.09.2021.



Goran Puž

## Sažetak

U ovom diplomskom radu prikazano je idejno rješenje pločastog nadvožnjaka preko ceste u ravnici. Nadvožnjak se sastoji od četiri raspona, a ukupna duljina nadvožnjaka iznosi 61,78 m. Rasponski sklop je oslonjen na stupove kružnog poprečnog presjeka, dok je na krajevima oslonjen na upornjake. Nadvožnjak je projektiran od armiranog betona, a izvodit će se monolitnom gradnjom.

Rad sadrži detaljan tehnički opis u kojem su opisane karakteristike projektiranog nadvožnjaka. U prilogu su dani dispozicijski nacrti nadvožnjaka: pogled, uzdužni presjek, tlocrti gornjeg i donjeg ustroja te dva poprečna presjeka.

Proveden je statički proračun za rasponski sklop. Riječ je o kontinuiranom nosaču pločastog poprečnog presjeka, koji je tripud statički neodređen (gledano kao štapni kontinuirani nosač sa četiri raspona). Zbog statičke neodređenosti, proračun unutarnjih sila proveden je na plošnom sistemu programskim paketom GRAFeM (Kovač & Presečki). Dimenzioniranje nosača se provodi za najkritičniji presjek, dakle u kojem djeluju najveće unutarnje sile. Na temelju dobivene potrebne površine armature, nosač se armira armaturnim šipkama kako bi se zadovoljila nosivost rasponskog sklopa. U prilogu rada, dani su nacrti armature.

Na kraju diplomskog rada, napravljena je dokaznica mjera i troškovnik radova za projektirani nadvožnjak.

**Ključne riječi:** pločasti nadvožnjak, numerički model, statički proračun rasponskog sklopa, nacrti armature, troškovnik radova

## Abstract

In this master's thesis, presents the conceptual design of a slab-type overpass across the road in the plain. The overpass consists of four spans, and the total length of the overpass is 61.78 m. The span assembly rests on columns of circular cross-section, while at the ends it rests on abutments. The overpass is designed of reinforced concrete and will be constructed by monolithic construction.

The master's thesis contains a detailed technical description in which the characteristics of the designed overpass are described. Attached are the disposition drawings of the overpass: view, longitudinal section, floor plans of the upper and lower structure and two cross-sections.

A static calculation for the span assembly was performed. It is a continuous girder of slab-type cross section, which is three times statically indeterminate (seen as a rod continuous girder with four spans). Due to static uncertainty, the calculation of internal forces was performed on a planar system with the GRAFeM (Kovač & Presečki) software package. The sizing of the girder is carried out for the most critical cross section, in which the largest internal forces act. Based on the obtained required reinforcement surface, the girder is reinforced with reinforcement bars to meet the load-bearing capacity of the span assembly. Attached to the paper, drawings of reinforcement are given.

At the end of the thesis, a proof of the measures for the overpass and the cost estimate of the works to be performed was made.

**Key words:** slab-type overpass, numerical model, static calculation of span assembly, reinforcement drawings, cost estimate of works

# SADRŽAJ

<b>1. Uvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Tehnički opis</b> .....	<b>3</b>
2.1. Općenito o nadvožnjaku .....	3
2.2. Značajke tla i temeljenje .....	3
2.3. Donji ustroj .....	5
2.4. Rasponski sklop .....	6
2.5. Odvodnja .....	7
2.6. Zaštitna oprema .....	8
2.7. Ostala oprema .....	9
2.8. Statički proračun .....	9
2.8.1. Analiza opterećenja .....	12
2.8.2. Proračunska situacija .....	14
2.8.3. Dimenzioniranje .....	15
2.8.4. Armiranje .....	16
2.9. Izvedba .....	17
2.10. Utrošak gradiva .....	17
2.11. Građevni proizvodi .....	17
<b>3. Dispozicijski nacrti</b> .....	<b>18</b>
3.1. Pogled na nadvožnjak .....	18
3.2. Uzdužni presjek 1-1 .....	20
3.3. Tlocrt gornjeg ustroja .....	21
3.4. Tlocrt donjeg ustroja .....	22
3.5. Poprečni presjek A-A .....	23
3.6. Poprečni presjek B-B .....	24
<b>4. Statički proračun rasponskog sklopa</b> .....	<b>25</b>
4.1. Statički sustav rasponskog sklopa .....	25
4.2. Analiza opterećenja .....	27
4.3. Dobiveni rezultati proračunom (reakcije i unutarnje sile) .....	42
4.4. Proračunske situacije .....	45
4.4.1. Prva proračunska situacija .....	45
4.4.2. Druga proračunska situacija .....	45
<b>5. Dimenzioniranje kritičnog presjeka rasponskog sklopa</b> .....	<b>46</b>
5.1. Kakvoća gradiva .....	46
5.2. Statička visina $d$ .....	46
5.3. Proračun uzdužne armature u polju: .....	46



5.4. Proračun uzdužne armature na ležaju: .....	47
5.5. Proračun poprečne armature .....	48
5.6. Armiranje – rekapitulacija .....	48
5.6.1. Donja zona.....	48
5.6.2. Gornja zona .....	49
5.7. Statička provjera konzole mosta.....	50
5.7.1. Analiza opterećenja:.....	50
5.7.2. Proračunska situacija .....	50
5.7.3. Dimenzioniranje .....	50
<b>6. Nacrti armature.....</b>	<b>51</b>
6.1. Armatura donje i gornje zone .....	51
6.2. Armatura u poprečnom presjeku rasponskog sklopa u poljima.....	51
6.3. Armatura u poprečnom presjeku rasponskog sklopa na ležajevima .....	51
6.4. Iskaz armature.....	55
<b>7. Dokaznica mjera na nadvožnjaku „Zagreb – Varaždin“ .....</b>	<b>56</b>
<b>8. Troškovnik radova na nadvožnjaku „Zagreb – Varaždin“ .....</b>	<b>61</b>
<b>9. Zaključak.....</b>	<b>68</b>
<b>10. Literatura.....</b>	<b>71</b>
Popis tablica.....	72
Popis slika.....	73

# 1. Uvod

Poznavanjem prošlosti graditeljstva, možemo vidjeti kako se način prelaska preko prepreke mijenjao. U prapovijesti, koristili su se postojeći prirodni prijelazi, da bi kasnije sami gradili prijelaze od materijala kojeg bi našli u prirodi (šiblje, drvo, kamen...). Današnji prijelazi novijeg doba, su samo usavršene replike prošlosti, a najčešće korišteni materijali su beton i čelik.

Za početak, bitno je razlikovati pojmove: most, nadvožnjak i vijadukt. Most je građevina koja prometnicu prevodi preko vodene površine, nadvožnjak je građevina koja prometnicu prevodi preko postojeće prometnice (cesta, željeznica), a vijadukt preko suhe doline. Potrebu za gradnjom mostova, nadvožnjaka i vijadukata imat ćemo tamo, gdje u trasi prometnice postoji takva zapreka da ne postoji mogućnost savladavanja izravnim oslanjanjem na tlo.

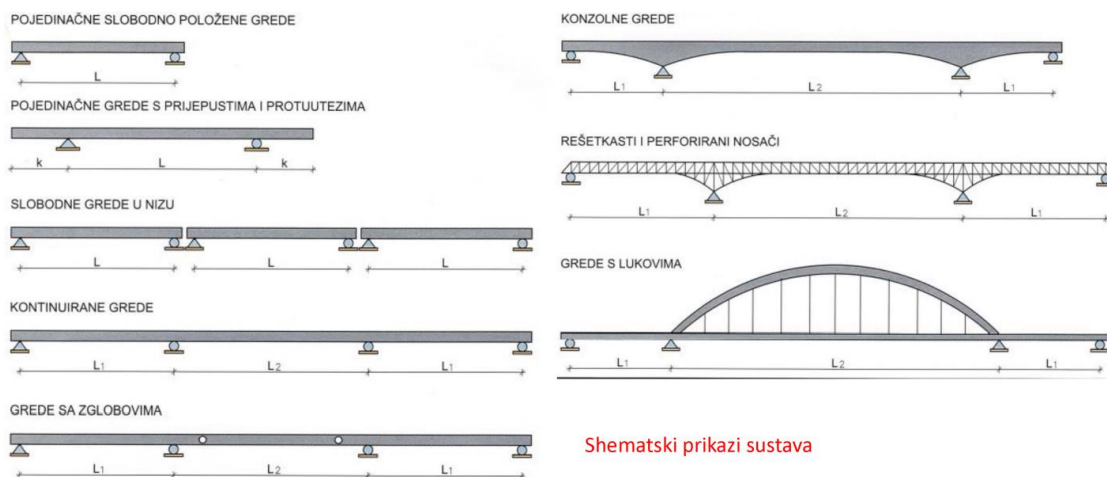
Prema namjeni razlikujemo mostove:

- pješačke,
- cestovne,
- željezničke mostove,
- akvadutke,
- kombinirane mostove
- industrijske mostove.

Prema statičkom sustavu razlikujemo mostove:

- gredne mostove, koji se dijele na (Slika 1.):
  - slobodne grede,
  - kontinuirane nosače sa zglobovima,
  - kontinuirane nosače bez prekida;
- svodeni,
- razuporni,
- okvirni,
- ovješeni,
- viseći mostovi,
- mostovi s kombiniranim statičkim sustavima.

## Grede – statički sustavi



Slika 1. Shematski prikaz statičkih sustava za gredne nosače

[Izvor podataka: literatura 1.]

Prema tipu glavnog nosača razlikujemo mostove (vrijedi za gredne mostove):

- pločaste mostove,
- rebraste mostove,
- rešetkaste mostove,
- sandučasti mostovi,
- mostovi sa složenim sustavima.

Most se dijeli na gornji i donji ustroj. Gornji ustroj su svi dijelovi koji se nalaze iznad ležišta glavne rasponske konstrukcije, a to su: glavni nosači, poprečni nosači, sekundarni nosači, spregovi i ukrute i kolnička konstrukcija. Donji ustroj su svi dijelovi koji se nalaze ispod ležišta glavne rasponske konstrukcije ili uz nju, a to su: upornjaci, stupovi i ležajevi.

Kao sastavni dio svakog mosta je i njegova oprema. Oprema mosta su svi oni dijelovi koji omogućuju ispravno funkcioniranje mosta i nesmetano odvijanje prometa na njemu. Dijelovi opreme mosta su: ležajevi, prijelazne naprave, prijelazne ploče, odvodnja, pješačka staza, ograde, rasvjeta, hidroizolacija, kolnički zastor i posebna oprema. [1]

## **2. Tehnički opis**

### **2.1. Općenito o nadvožnjaku**

Cestovni nadvožnjak Zagreb – Varaždin omogućava prijelaz državne ceste preko autoceste u ravničarskom kraju.

Nadvožnjak ima četiri raspona, duljina 11,00 m i 13,50 m. Ukupna duljina nadvožnjaka iznosi 61,78 m pa je početak nadvožnjaka na stacionaži 0+000,00 km, a završetak na stacionaži 0+061,78 km.

Niveleta nadvožnjaka je u vertikalnoj kružnoj krivini konveksnog zakrivljenja  $R_{\min} = 3700$  m, uzdužnog nagiba 0,7%. U tlocrtnoj dispoziciji nadvožnjak je u pravcu. Zadan je tipski poprečni presjek [TPP] autoceste 22, koji je prilagođen traženim zahtjevima projektiranja nadvožnjaka. Tlocrtni i vertikalni elementi autoceste ispod nadvožnjaka nisu predmet ovog projekta. Os nadvožnjaka, odnosno os državne ceste, siječe os autoceste pod kutem 90 stupnjeva.

U poprečnoj dispoziciji nadvožnjak ima: dvije prometne trake širine 3,50 m, dva rubna traka širine 0,50 m, prostore za smještaj odbojne ograde širine 1,00 m, dvije uzdignute pješačke staze širine 1,20 m, te prostore za smještaj pješačke ograde 0,25 m. Širina poprečnog presjeka nadvožnjaka iznosi 12,90 m. Kolnik ima jednostrešni poprečni nagib od 2,5%. Pješačka staza je uzdignuta za 20,00 cm iznad razine kolnika, te je nagib 2,5% prema najnižoj točki koja se nalazi na kolniku.

### **2.2. Značajke tla i temeljenje**

U proračunu nadvožnjaka, uzete su aproksimativne vrijednosti prema lokaciji na kojoj se nalazi nadvožnjak. Prije same izvedbe potrebno je provesti geotehnička ispitivanja tla. Ovim projektom, predviđeno je temeljenje u šljunkovitom tlu. Ukoliko se geotehničkim ispitivanjem tla, ustanove drukčiji slojevi tla po dubini, potrebno je ponoviti proračun nadvožnjaka s novim parametrima.

Nadvožnjak se temelji plitkim temeljenjem. Dubina temeljenja stupišta je 2,10 m, a upornjaka 1,40 m ispod razine terena. Tlocrtna dimenzija stupišta je 2,60 x 9,20 m, a upornjaka 2,80 x 14,20 m.

Za iskop temelja nadvožnjaka, primijenit će se široki iskop. Tlo pripada kategoriji „C“, a kako je riječ o šljunkovitom materijalu, nagib radnih pokosa za nevezana tla je 1:1. Nagib mora biti udaljen od budućeg temelja minimalno 0,50 m, kako bi se osigurao prostor za normalan rad. Iskopani materijal se odlaže minimalno 0,60 m od završetka pokosa na terenu. Građevinska jama koja je dublja od 2,00 m osigurat će se žmurjem.

Razina podzemne vode se nalazi ispod kote dna iskopa građevinske jame, točnije na dubini od 5,00 m. Zaštita građevinske jame od vanjske i vlastite oborinske vode može se izvesti pomoću drenova ili odvodnih jaraka koji odvede vodu do recipijenta koja se crpi na površinu terena na sigurnu udaljenost od ruba građevinske jame. [2]

Ukoliko se geotehničkim ispitivanjem tla ustanove drukčiji slojevi tla od predviđenog, potrebno je poduzeti mjere za poboljšanje i zamjenu tla, te spriječiti mogućnost diferencijalnih slijeganja.

Neke od mogućih mjera za poboljšanje i zamjenu tla:

- Zamjena betonom i produbljeno temeljenje
- Zamjena nasipom tražene zbijenosti iznad razine podzemne vode
- Zamjena tla nasipom kod visoke razine podzemne vode
- Dubinsko miješanje tla s dodacima
- Dubinsko zbijanje tla s površine
- Dubinsko zbijanje tla sondama i vibroflotacija
- Upravljanje procesom konsolidacije

Ovisno o karakteristikama ispitanog tla, primijenit će se adekvatna mjera za poboljšanje i zamjenu tla, koju će odrediti stručna osoba – geotehničar.

Pri projektiranju nadvožnjaka treba uzeti u obzir mogućnost pojave diferencijalnih slijeganja. Diferencijalna slijeganja mogu se spriječiti već pri samom projektiranju (tlo različitih litoloških karakteristika), ali postoji mogućnost njihove naknadne pojave, koja mogu nastati zbog različitih utjecaja (isušivanje površinskih slojeva tla, puknuća cijevi, kanalizacijskih odvoda, vibracije).

Metode sanacije temeljne konstrukcije zbog pojave diferencijalnog slijeganja, najčešće korištene su:

- Sanacija temelja podbetoniranjem
- Sanacija temelja mlazno injektiranim stupnjacima
- Sanacija temelja mikropilotima
- Sanacija temelja eskpandirajućim smjesama [3]

Metodu sanacije temeljne konstrukcije zbog pojave difencijalnog slijeganja, odabrat će stručna osoba – geotehničar na temelju provedenih geotehničkih istražnih radova.

### **2.3. Donji ustroj**

Projektom su predviđeni klasični „masivni“ upornjaci s kruto vezanim paralelnim krilima. Debljina zida upornjaka iznosi 80,00 cm, a debljina krila upornjaka iznosi 60,00 cm. Zid upornjaka ima svoj vlastiti temelj, a krila upornjaka su upeta u vlastiti temelj. Statički sustav upornjaka promatramo kao plošni element koji je pri dnu upet, a pri vrhu slobodan.

Stupište nadvožnjaka se sastoji od triju stupova koja su temeljena na zajedničkoj temeljnoj stopi dimenzija 2,60 x 9,20 m. Stupovi su punog kružnog poprečnog presjeka, promjera 80,00 cm. Po visini se njihov poprečni presjek ne mijenja. Nadvožnjak ima sveukupno tri stupišta u uzdužnoj dispoziciji. Statički sustav stupova promatramo kao štapni element koji je pri dnu upet, a pri vrhu slobodan. U proračunu je provjerena duljina izvijanja stupova i ona zadovoljava uvjet da je vitkost stupova manja od 70 ( $\lambda < 70$ ).

Sve plohe upornjaka i stupišta koje su u dodiru s tlom treba hidroizolirati s dva sloja specijalnog bezbojnog vodonepropusnog premaza na bazi polimera koji penetrira u beton.

Na gornjim ploham upornjaka i stupišta, potrebno je osigurati prostor, kojim će se omogućiti izmjena ležaja tijekom vijeka trajanja nadvožnjaka. Visina ovog prostora iznosi 24,00 cm.

Budući da ispod nadvožnjaka prolazi autocesta, gdje je brzina vožnje veća od 100 km/h, postoji mogućnost udara vozila u stup nadvožnjaka. Iznos sile udara vozila u smjeru vožnje iznosi  $\pm 1000$  kN, a okomito na smjer vožnje  $\pm 500$  kN. Potencijalna opasnost od udara vozila u stup nadvožnjaka, postignuta je udaljavanjem prometnog profila autoceste od ruba stupa nadvožnjaka za 1,60 m.

Upornjaci i stupišta izgradit će se od armiranog betona pri čemu će se koristiti segmentna čelična oplata ili druga, prema izboru izvođača. Kod betoniranja koristit će se klasa betona C30/37, razred izloženosti XC2, XF4.

Upornjaci će biti obloženi kamenom, a stupišta će biti zaštićena premazom otpornim na atmosferske utjecaje. [2]

## **2.4. Rasponski sklop**

Rasponski sklop je kontinuirani nosač pločastog poprečnog presjeka s konzolama duljine 1,80 m. Visina rasponskog sklopa je izračunata na temelju preporučenog odnosa koji iznosi  $L/h = 22$  za ploču koja je armiranobetonska. Duljina [L] najvećeg raspona iznosi 13,50 m, rješavanjem jednadžbe saznajem preporučenu visinu [h] koja iznosi 62,00 cm. Ukupna duljina rasponskog sklopa iznosi 49,00 m, a širina sklopa s konzolama iznosi 12,80 m.

Rasponski sklop izvest će se od armiranog betona, klase betona C30/37, razred izloženosti XC4, XF4. Čvrstoća čelika je B500B. Zaštitni sloj armature iznosi 4,00 cm, Sklop će se armirati šipkama koje su izračunate u proračunu, a način postavljanja armature je prikazan u nacrtima.

Rasponski sklop se oslanja na tri stupišta i na krajnje upornjake. Na prvom upornjaku se nalazi nepomičan ležaj, a na ostalima četiri ležaja nalaze se pomični ležajevi. Na upornjacima se nalaze po tri ležajeva, kao i na svakom stupištu. Ležajevi su oslonjeni na uzdignute betonske kvadre, čime je omogućeno umetanje preša ispod rasponskog sklopa, odnosno omogućeno je odizanje i izmjena ležajeva.

Na dilataciji između rasponskog sklopa i upornjaka ugrađujemo prijelazne naprave koje moraju omogućiti pomake konstrukcije od  $\pm 40$  mm. U ovom projektu ugradit će se modularne (lamelarne) prijelazne naprave s elastomernim vodonepropusnim brtvenim profilom. Isti tip prijelazne naprave odabran je za postavu na kolniku i na pješačkim stazama. Izvedbom prijelaznih naprava treba osigurati da linije prijelazne naprave prate liniju kolnika i pješačkih staza u cijeloj širini ploče nadvožnjaka. Montažu prijelazne naprave treba izvesti stručno osoblje prema uputama proizvođača.

Hidroizolacija kolničke ploče izvodi se bitumenskim trakama koje se vare na prethodno pripremljenu podlogu u jednom sloju. Podloga mora biti ravna, bez oštih ispupčenja, odmašćena i suha. Temperatura pri izvedbi ne smije pasti ispod  $5^{\circ}\text{C}$ . Prijeklopi i način ugradbe moraju biti usklađeni s proizvođačkom specifikacijom. Prije izvedbe kolničkog zastora ne smije se dopustiti vožnja teških vozila po hidroizolaciji. Hidroizolacija se, također postavlja ispod pješačke staze.

Zaštitni sloj hidroizolacije je zaštitni sloj asfalta. Stavlja se sloj lijevanog asfalta debljine 4 – 5 cm. Kolnički zastor je asflatni zastor koji se izvodi u dva sloja: zaštitni sloj od lijevanog asfalta i gornji habajući sloj od asflatnog betona.

Za zaštitu nosivih dijelova nadvožnjaka koristit će se proizvodi na bazi polimer – cement. Oni osiguravaju vodonepropusnost, visoku paropropusnost, dobru prionjivost te otpornost na cikluse smrzavanja i odmrzavanja. Također, štite od prodiranja ugljikovog dioksida  $[\text{CO}_2]$  duže od 50 godina. [2]

## **2.5. Odvodnja**

Nadvožnjak ima otvoren sustav odvodnje. Na nadvožnjaku se nalaze četiri slivnika koja su položena na najnižoj strani kolnika (uz rubnjak) u poprečnom presjeku nagiba 2,5%.

Slivnik se sastoji od donjeg fiksnog dijela (koji se ugrađuje u kolničku ploču), gornjeg fiksnog dijela (koji se ugrađuje prije izvedbe zastora) i kišne rešetke. Slivnik omogućava prihvrat površinskih i procijednih voda. Hidroizolaciju kolničke ploče treba



zalijepiti na donji dio slivnika kako bi se spriječilo procijeđivanje vode kroz kolničku ploču oko slivnika. Potrebno je osigurati padove oko slivnika. Oko slivnika treba ostaviti rešku do visine hidroizolacije, koju treba naknadno zaliti masom za zalijevanje. Tlocrtna dimenzija kišne rešetke su 50 x 50 cm.

Uzdužni nagib nivelete nadvožnjaka je 0,7%, što znači da je najveći razmak slivnika 10 – 20 m. Poprečne cijevi su  $\Phi 150$  mm, nagiba 5%. Uzdužne cijevi su  $\Phi 200$  mm, nagiba 2%. Uspravne cijevi su  $\Phi 150$  mm i njih treba postaviti što pravocrtnije. Voda s nadvožnjaka se priključuje na vanjsku kanalizacijsku mrežu. Svi elementi za vješanje trebaju biti vruće pocinčani.

Iza upornjaka je potrebno napraviti drenažu kako bi se smanjio hidrostatski tlak vode iz slojeva iza zida i krila upornjaka i za preuzimanje oborinske vode. Procjedni sloj je debljine 1,00 m, napravljen od šljunka. Procjedna voda se odvodi u podnožju procjednog sloja pomoću drenažne cijevi.

Ugradnju slivnika, montažu cijevi i drenažu iza upornjaka treba obaviti stručno i precizno. Odvodnja mora biti napravljena funkcionalno i postojano. [2]

## **2.6. Zaštitna oprema**

Nadvožnjak ima pješačku i odbojnu ogradu. Iznad prometnog profila autoceste nalazi se gusta zaštitna mreža.

Pješačka ograda se sastoji od rukohvata, usidrenih stupaca i ispune. Visina ograde je 1,20 m. Razmak usidrenih stupaca iznosi 2,00 m, a međusobni razmak ispuna iznosi 12,00 cm.

Odbojnom ogradom se razdjeljuje kolnik od pješačke staze, čime se postiže osjećaj sigurnosti. Ona je čelična, udaljena je 1,20 m od pješačke ograde, visine je 75,00 cm nad kolnikom, a razmak stupaca iznosi 1,34 m.

## 2.7. Ostala oprema

Elektro i TT instalacije vode se kroz PVC cijev  $\Phi 160$  mm, koje su ugrađene u obje pješačke staze s obje strane nadvožnjaka. Elektro i TT kabeli unutar PVC cijevi trebaju biti „opušteni“, tako da bez naprezanja mogu pratiti dilatiranja rasponske konstrukcije. Ostavljen je jedan otvor sa svake strane, za vođenje instalacija u budućnosti.

Revizijska okna za instalacije se nalaze ispred upornjaka.

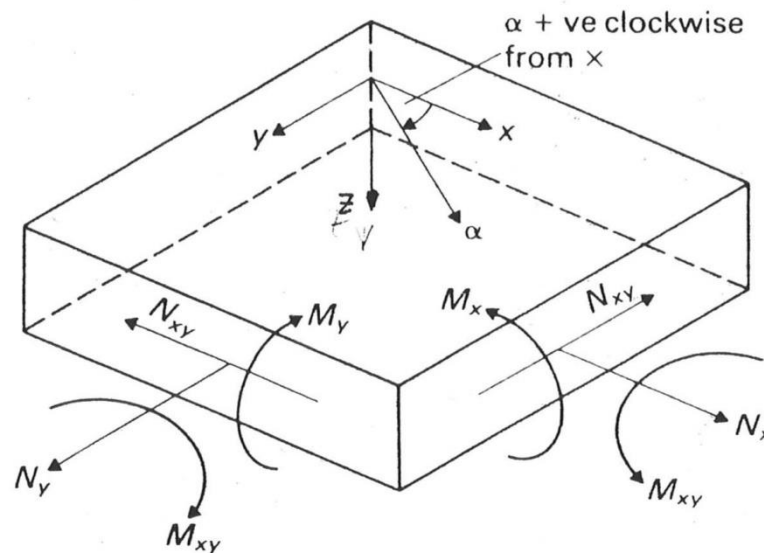
## 2.8. Statički proračun

Statički proračun je proveden za rasponski sklop. Riječ je o kontinuiranom nosaču pločastog poprečnog presjeka s konzolama duljine 1,80 m. Proračun je proveden za 1/2 uzdužne duljine nosača, radi simetričnosti nadvožnjaka i radi olakšanja postupka proračuna. Pravilo simetričnosti je, da sve što se nalazi i što se događa s nosačem u njegovoj prvoj polovici, zrcalno je jednako i u drugoj polovici nosača. Duljina polovice nosača iznosi 24,50 m, a širina nosača u poprečnom presjeku iznosi 12,80 m.

Kontinuirani nosač se sastoji od dva klizna ležaja i jednog upetog ležaja na osi simetrije. Naravno, numerički model sa pločastim konačnim elementima nema samo tri nepoznata stupnja slobode kao kod štapnog kontinuiranog modela, nego šest stupnjeva slobode po svakom čvoru konačnih elemenata. Plošni numerički model (1/2 mosta radi korištenja simetrije) ima 850 čvorova, 726 konačnih elemenata tanke ploče – ljuske i 9 rubnih elemenata (oslonaca). Proračunati model ima ukupno 3864 jednadžbe sa istim brojem nepoznanica, koje softver rješava direktnom metodom Gaussove eliminacije. Za potrebe izrade diplomskog rada omogućeno je korištenje nekih od softvera. U radu je korišten softver GRAFeM (Kovač & Presečki) pomoću kojeg su dobiveni rezultati proračuna.

Za analizu konstrukcije nadvožnjaka korištena je metoda konačnih elemenata [MKE]. Korišten je element tanke ploče – ljuska i rubni element za očitavanje reakcije oslonaca. Konačni element tanke ploče – ljuske, opisuje četiri čvora sa šest stupnjeva slobode po svakom čvoru. Kad bi model naše ploče bio takav, da bi koristili samo momente savijanja bez uzdužnih membranskih sila, tada bi prema teoriji savijanja ploča, svaki slobodni čvor imao samo tri stupnja slobode: jedan vertikalni pomak i dvije rotacije. Međutim, u našoj analizi koristili smo točniju analizu

ekscentričnih srednjih ravnina različite debljine ploča, preko kinematskih veza – „master – slave“. Upravo zbog toga, u konačnim elementima imamo uzdužne sile i naprezanja, te svim čvorovima dajemo šest stupnjeva slobode kako bi se ostvarile uzdužne (aksijalne) deformacije. Na slici 2. prikazan je konačni element ploče – ljuske sa konvencijom momenata savijanja i uzdužnih naprezanja.



Slika 2. Plošni element sa konvencijom momenata savijanja i uzdužnih naprezanja  
[Izvor podataka: literatura 4.]

Sljedeće formule prikazuju izraze, koji prilikom dimenzioniranja armature iz momenata savijanja uključuju i doprinos momenta torzije.

Dno:

$$M_x^* = M_x + |M_{xy}|$$

$$M_y^* = M_y + |M_{xy}|$$

Ako je,  $M_x^* < 0$

$$M_x^* = 0$$

$$M_y^* = M_y + \left| \frac{M_{xy}^2}{M_x} \right|$$

Ako je,  $M_y^* < 0$

$$M_y^* = 0$$

$$M_x^* = M_x + \left| \frac{M_{xy}^2}{M_y} \right|$$

Vrh

$$M_x^* = M_x - |M_{xy}|$$

$$M_y^* = M_y - |M_{xy}|$$

Ako je,  $M_x^* > 0$

$$M_x^* = 0$$

$$M_y^* = M_y - \left| \frac{M_{xy}^2}{M_x} \right|$$

Ako je,  $M_y^* > 0$

$$M_y^* = 0$$

$$M_x^* = M_x - \left| \frac{M_{xy}^2}{M_y} \right|$$

[Izvor podataka: literatura 8.]

Budući da model nadvožnjaka ima pravokutni oblik ploča, korišteni su pravokutni konačni elementi sa četiri čvora, čije se lokalne osi poklapaju s globalnim koordinatnim osima. [4]

Svi momenti i uzdužne sile u konačnim elementima odnose se na jediničnu širinu, tj. na metar dužni (m').

Za izradu proračuna korišteni su sljedeći propisi: Eurocode 0 [EC0], EC1 i EC2. EC0 daje osnove projektiranja konstrukcija. Jedan od glavnih zahtjeva koje propisuje ovaj Eurocode, je pouzdanost konstrukcije. Ona se ostvaruje na način da djelovanja budu manja ili jednaka otpornosti konstrukcije:  $M_{Ed} \leq M_{Rd}$ . EC1 govori o djelovanjima na konstrukciji. Neka od mogućih djelovanja na konstrukciju su: vlastita težina i uporabna opterećenja, snijeg, vjetar, toplinska djelovanja, izvanredna djelovanja uzrokovana udarom vozila ili eksplozija, prometna opterećenja mostova i tako dalje. Uz EC0 i EC1 kombiniraju se ostali Eurocode-ovi, ovisno o tome od kojeg

materijala je projektirana konstrukcija. Budući da je nadvožnjak od betona, za dimenzioniranje nosača, primjenjujemo EC2 – projektiranje betonskih konstrukcija.

### **2.8.1. Analiza opterećenja**

Na rasponski sklop djeluje stalno opterećenje - vlastita težina nosača  $G_{v.t.}$  koja iznosi  $15,50 \text{ kN/m}^2$ . Uz nju, kao dodatno stalno opterećenje  $\Delta g$  djeluju: asfalt, hidroizolacija, betonska staza, konzola i ograda, iznosa  $17,85 \text{ kN/m}^2$ . Što znači da ukupno stalno djelovanje na rasponski sklop iznosi  $33,50 \text{ kN/m}^2$ .

Osim stalnih opterećenja imamo promjenjiva opterećenja. Budući da je riječ o nadvožnjaku, koji je namijenjen prometovanju motornih vozila, uzet ćemo ju kao mjerodavnu proračunsku situaciju. Dakle, stalno djelovanje množit ćemo s parcijalnim faktorom 1.35, a prometno opterećenje s 1.5.

Ostala promjenjiva djelovanja (snijeg, vjetar, potres, temperatura...) nisu uzeta u obzir u diplomskom radu.

Prometna opterećenja nemaju stalan položaj i postoji mogućnost različitih kombinacija pojavljivanja na mostu. Europski propisi daju četiri modela opterećenja cestovnih nadvožnjaka. Model 1 je glavni sustav opterećenja i upravo njega primjenjujemo u proračunu.

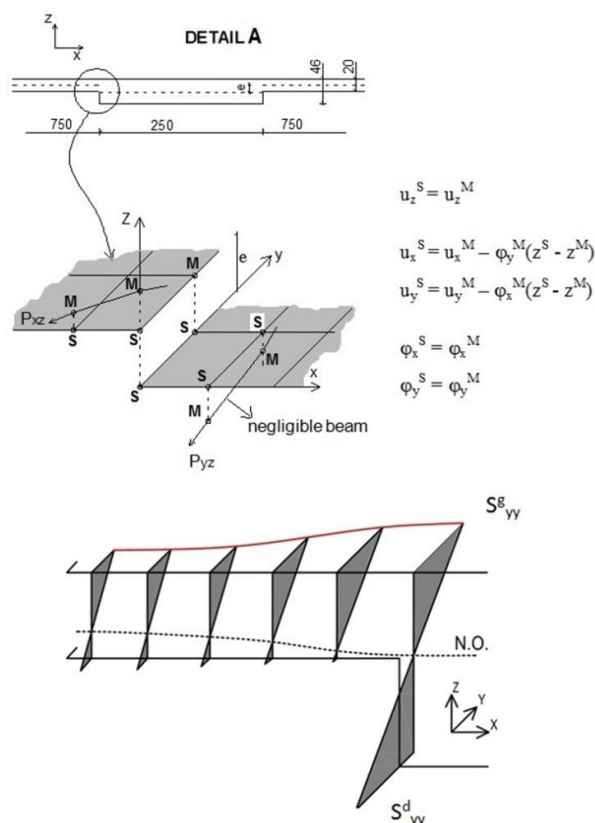
Proračunska opterećenja se postavljaju na nadvožnjak, tako da izazovu najveće djelovanje na promatrani element. Proračunska opterećenja se sastoje od koncentriranih sila, koje simuliraju osovine,  $Q$  i površinskog opterećenja  $q$ . U poprečnom smislu nadvožnjak se dijeli na trake, koje nisu povezane s prometnim trakama i podjelom kolnika. Trake se u poprečnom presjeku raspoređuju proizvoljno, na način da izazovu najveću unutarnju silu za proračun. Prva traka je širine 3,00 m na kojoj djeluje osovinski teret 4 puta po 150 kN i kontinuirano opterećenje od  $9,00 \text{ kN/m}^2$ . Druga traka je širine 3,00 m na kojoj djeluje osovinski teret 4 puta po 100 kN i kontinuirano opterećenje od  $2,50 \text{ kN/m}^2$ . Osovinski razmak je 1,20 m, a naplatak kotača je 40x40 cm. Na ostale plohe djeluje isključivo kontinuirano opterećenje iznosa  $2,50 \text{ kN/m}^2$ . Dinamički učinci uključeni su u prometne proračunske modele.

U statičkom proračunu razrađene su dvije varijante djelovanja koncentriranih sila (osovinskog tereta). Prvi slučaj je da koncentrirane sile djeluju u prvom polju na razmaku 40% od duljine raspona, jer se tu nalazi maksimalni moment. Duljina raspona iznosi 11,00 m. Drugi slučaj je da koncentrirane sile djeluju u drugom polju.

Jednako udaljene od ležajeva s lijeve i desne strane u uzdužnom smjeru, a duljina raspona iznosi 13,50 m. [1]

Kada znamo sva djelovanja i sheme opterećenja rasponskog sklopa, prelazimo na modeliranje. Nosač je modeliran plošno, što je i puno precizniji način za razliku od štapnog proračuna. Zato što je širina nadvožnjaka približno jednaka dužini raspona. Širina nadvožnjaka iznosi 12,80 m, a duljine raspona su 11,00 i 13,50 m.

U modelu su korištene kinematske restrikcije „master - slave“. Razlog primjene je taj, što se težišna linija konzolne ploče ne podudara sa težišnom linijom središnjeg dijela nosača. Kada bismo stavili da konzola ima težišnu liniju u ravnini s linijom središnjeg nosača, tada bi na prijelazu s konzole na središnji dio nosača imali veliki skok rubnih napreznja. Primjenom kinematičkih veza, linija rubnih napreznja je blago zakrivljena, bez naglih skokova i daje puno realnije rezultate. Prednost kinematičkih veza je ta, što za vezani („slave“) pomaci nemaju dodatne jednadžbe u matrici krutosti, nego su njihovi pomaci definirani pomacima i zaokretima vodećih („master“) čvorova. [4]



Slika 3. Kompatibilnost uzdužnih rubnih napreznja gornjeg ruba ploče korištenjem kinematskih veza

[Izvor podataka: literatura:4.]

Kada je napravljen model rasponskog sklopa pridružimo prethodno opisana opterećenja da djeluju na njega. Slučajevi opterećenja su:

- 1) Vlastita težina nosača  $G_{v.t}$  + dodatno stalno opterećenje  $\Delta g$
- 2) Kontinuirano opterećenje  $q$  + koncentrirane sile koje djeluju u prvom polju  $Q$
- 3) Kontinuirano opterećenje  $q$  + koncentrirane sile koje djeluju u drugom polju  $Q$

Preko softvera smo dobili iznose reakcija i unutarnjih sila, koje će nam kasnije trebati za dimenzioniranje rasponskog sklopa. Vrijednosti su dane u tablicama 2 i 3. Osim toga, softver nam omogućuje da vidimo liniju deformiranja nosača uslijed djelovanja opterećenja, te prikazuje pomake konstrukcije.

### **2.8.2. Proračunska situacija**

Proračunska situacija se računa 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. [1]

Kombinacije opterećenja su:

- 1) Vlastita težina nosača  $G_{v.t}$  + dodatno stalno opterećenje  $\Delta g$  + kontinuirano opterećenje  $q$  + koncentrirane sile koje djeluju u prvom polju  $Q$
- 2) Vlastita težina nosača  $G_{v.t}$  + dodatno stalno opterećenje  $\Delta g$  + kontinuirano opterećenje  $q$  + koncentrirane sile koje djeluju u drugom polju  $Q$

Dobivene proračunske situacije analiziramo i za dimenzioniranje uzimamo mjerodavnu proračunsku situaciju. Mjerodavna proračunska situacija je ona koja daje najnepovoljniju unutarnju silu (moment i poprečnu silu). Konkretno, u mom slučaju je to za polje, prva proračunska situacija, a za ležaj druga proračunska situacija.

### 2.8.3. Dimenzioniranje

Poznavajući unutarnje sile možemo pristupiti dimezioniranju kontinuiranog nosača pločastog poprečnog presjeka prema graničnom stanju nosivosti. Za dimenzioniranje, primjenjujemo propis EC2 jer je riječ od betonskoj konstrukciji. Ugrađuje se beton klase C30/37 i armature B500B. To nam je potrebno kako bismo znali računsku čvrstoću betona i čelika.

Za početak je potrebno odrediti statičku visinu nosača. Računa se kao razlika visine nosača  $h$ , debljina zaštitnog sloja  $c$ , promjera razdjelne armature  $\varnothing_{opr.arm.}$  i  $\frac{1}{2}$  promjera glavne uzdužne armature  $\varnothing_{gl.arm.}$ . Statička visina rasponskog sklopa iznosi 55,30 cm.

Dimenzionira se najnepovoljniji, najkritičniji presjek rasponskog sklopa u kojem djeluju najveće unutarnje sile. Pomoću softvera mogu se na temelju izolinja prepoznati kritični presjeci. Potrebno je provesti proračun uzdužne armature u polju i na ležajevima, te proračun poprečne armature. Cilj dimenzioniranja je da se ne dogodi slom konstrukcije, a da bi se to spriječilo, potrebno je armaturu postaviti u područjima najvećih momenata.

Proračunom uzdužne armature u polju dobili smo potrebnu površinu  $28,45 \text{ cm}^2$ , te je odabrano  $6\Phi 25$  ( $29,45 \text{ cm}^2/\text{m}$  širine). Proračunom uzdužne armature na ležaju dobivena je površina  $44,40 \text{ cm}^2$ , te je odabrano  $6\Phi 32$  ( $48,26 \text{ cm}^2/\text{m}$  širine). Proračunom poprečne armature odabrano je  $\Phi 14$  na razmaku 25 cm. Način odabiranja površine armature je da odabrana armatura bude veća ili jednaka od potrebne armature, veća od minimalne, a manja od maksimalne armature. Vrijednosti se očitaju iz tablice za odabir armature, tablica 1.



Tablica 1. Tablica za odabir armature (grede)

Tablice za odabir armature (grede)

Fi(mm)	kg/m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
8	0,405	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03	5,53	6,03	6,54	7,04	7,54
10	0,634	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,20	7,07	7,85	8,64	9,42	10,21	11,00	11,78
12	0,911	1,13	2,26	3,39	4,52	5,66	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31	12,44	13,57	14,70	15,83	16,97
14	1,242	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,86	15,39	16,93	18,47	20,01	21,55	23,09
16	1,621	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,09	18,10	20,11	22,12	24,13	26,14	28,15	30,16
18	2,170	2,54	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,90	25,45	27,99	30,54	33,08	35,63	38,17
19	2,288	2,84	5,67	8,51	11,34	14,18	17,01	19,85	22,68	25,52	28,35	31,19	34,02	36,86	39,69	42,53
20	2,536	3,14	6,28	9,43	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42	34,56	37,70	40,84	43,98	47,12
22	3,058	3,80	7,60	11,40	15,21	19,01	22,81	26,64	30,41	34,21	38,01	41,81	45,62	49,42	53,22	57,02
24	3,652	4,52	9,05	13,57	18,10	22,62	27,14	31,67	36,19	40,72	45,24	49,76	54,29	58,81	63,34	67,86
25	3,951	4,91	9,82	14,73	19,64	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09	54,00	58,90	63,81	68,72	73,63
28	4,956	6,16	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,10	49,26	55,42	61,58	67,73	73,88	80,05	86,21	92,36
32	6,474	8,04	16,09	24,13	32,17	40,21	48,26	56,30	64,34	72,38	80,42	88,47	96,50	104,55	112,60	120,64
36	8,200	10,18	20,36	30,54	40,72	50,89	61,07	71,25	81,43	91,61	101,79	111,97	122,15	132,32	142,50	152,68
razmak armature/m	100,00	50,00	33,34	25,00	20,00	16,67	14,30	12,50	11,11	10,00	9,10	8,33	7,70	7,14	6,67	

## 2.8.4. Armiranje

Armiramo rasponski sklop. Armaturu postavljamo u donju i gornju zonu. Donju zonu čine: glavna uzdužna armatura  $\Phi 25$  i razdjelna armatura  $\Phi 14$  koja je na razmaku 20 cm. Na konzoli duljne 1,80 m postavljena je glavna uzdužna armatura na gušćem razmaku od 10 cm, dok je na središnjem dijelu nadvožnjaka na razmaku 20 cm. Duljina šipki kod glavne uzdužne armature iznosi 8,0 m, kako bi se izbjeglo preklapanje šipki u područjima najvećih momenata (polje i ležaj). Preklop armature iznosi 1,30 m.

Gornju zonu čine: glavna uzdužna armatura na ležajevima  $\Phi 32$ , glavna uzdužna armatura u polju  $\Phi 14$ , konstruktivna uzdužna armatura  $\Phi 12$  i razdjelna armatura  $\Phi 14$ . Sve navedene armature su na razmaku 20 cm. Osnovna duljine šipki je 8,00 m.

Osim uzdužne i razdjelne armature potrebno je postaviti vilice, koje se suprotstavljaju djelovanju poprečnih sila. U poprečnom smjeru, vilice u središnjoj zoni su dimenzija su 25 x 51 cm, na razmaku 25 cm. U (ubnoj zoni vilice su dimenzija 27 x 51 cm, na razmaku 20 cm. U konzolama se još postavljaju „u“ vilice radi ukrućenja, šipke  $\Phi 14$ , na razmaku 20 cm. (pozicija 13). Vilice u uzdužnom smjeru se postavljaju na prvih i zadnjih 3,00 m duljine na razmaku 25 cm, dok središnji dio na razmaku 50 cm.

## **2.9. Izvedba**

Svi dijelovi nadvožnjaka izvest će se monolitnom gradnjom. Upornjaci se grade na klasičan način, izvodit će se na licu mjesta od armiranog betona. Stupište će se graditi pomoću standardne oplata, također na licu mjesta od armiranog betona. Za izvedbu rasponskog sklopa koristit će se pokretne čelične skele za betoniranje dugih odsječaka na licu mjestu.

Slobodni profil autoceste ispod nadvožnjaka iznosi 4,50 m, premostiti će autocestu širine 23,00 m. Tijekom gradnje nadvožnjaka, mora se osigurati nesmetano prometovanje vozila autocestom, barem jednim prometnim trakom.

Slobodna projektantska procjena trajanja izgradnje nadvožnjaka „Zagreb – Varaždin“ je 4 mjeseca.

## **2.10. Utrošak gradiva**

Troškovnikom radova dane su potrebne količine gradiva koje će se ugraditi u nadvožnjak. Količine su izračunate na temelju dokaznice mjera koja je priložena uz troškovnik. Troškovnikom radova definirani su svi radovi koje je potrebno izvesti u izgradnji nadvožnjaka. Za izgradnju nadvožnjaka ugradit će se cca. 100 tona armature, dok betona cca. 780 m<sup>3</sup>. Čelik i beton su među skupljim stavkama troškovnika te zasigurno treba obratiti pažnju na njih, prilikom projektiranja.

## **2.11. Građevni proizvodi**

Svi građevni proizvodi koji će se ugrađivati tijekom izgradnje ili proizvoditi na gradilištu moraju zadovoljavati uvjete: Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17), Zakon o građevnim proizvodima (NN 76/13, 30/14, 130/17, 39/19, 118/20), Tehnički propis o građevnim proizvodima (NN 35/18) i Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17). [5,6,7,8]

Ne ispunjavanjem uvjeta, koje propisuju prethodno navedeni dokumenti, kao takvi se ne smiju ugrađivati u objekt.

### **3. Dispozicijski nacrti**

**3.1. Pogled na nadvožnjak**

**3.2. Uzdužni presjek 1-1**

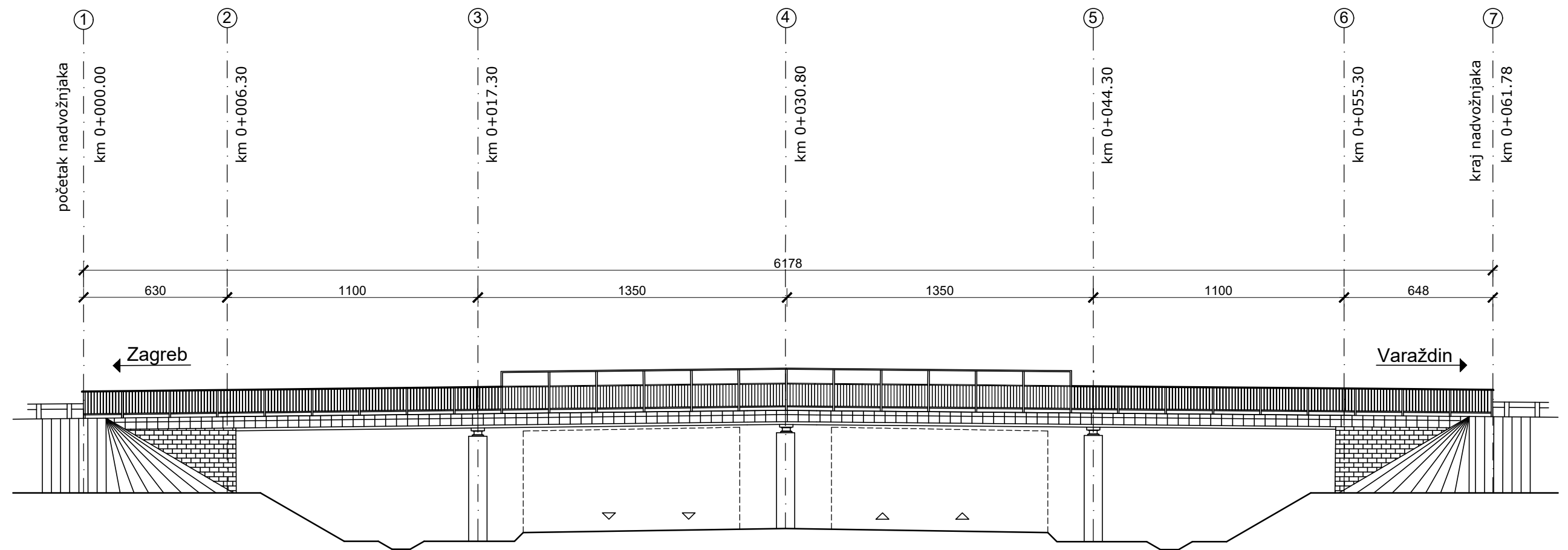
**3.3. Tlocrt gornjeg ustroja**

**3.4. Tlocrt donjeg ustroja**

**3.5. Poprečni presjek A-A**

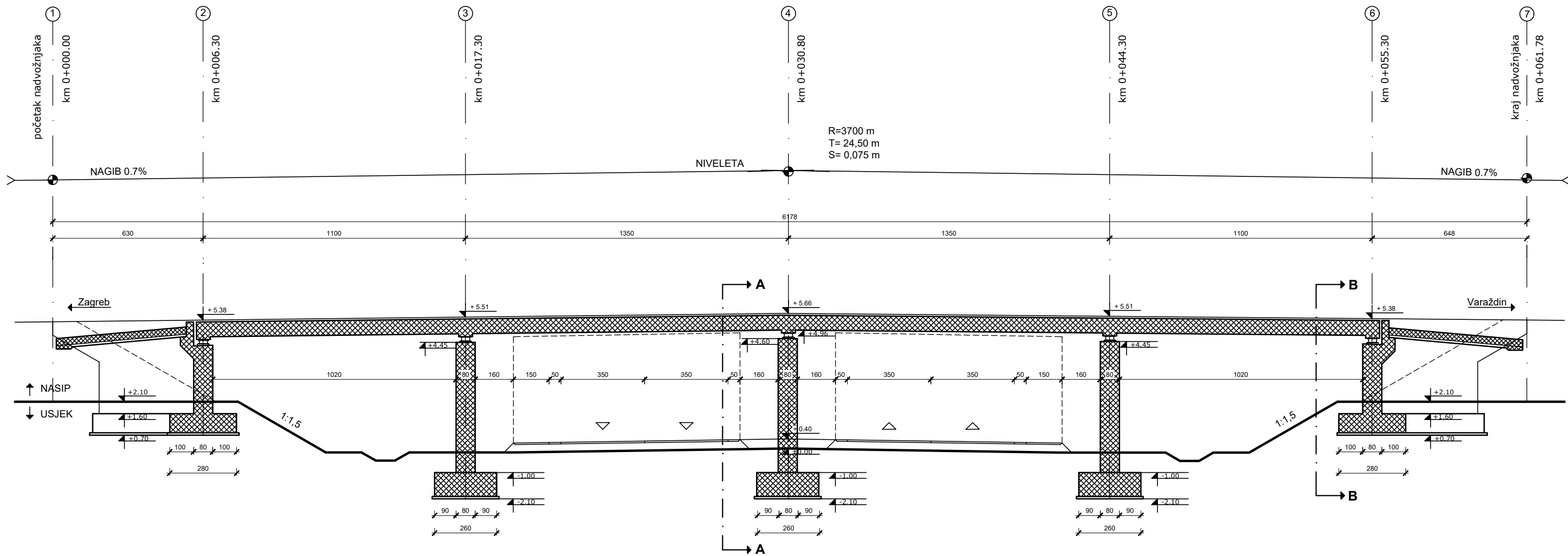
**3.6. Poprečni presjek B-B**

# POGLED NA NADVOŽNJAK MJ 1:200



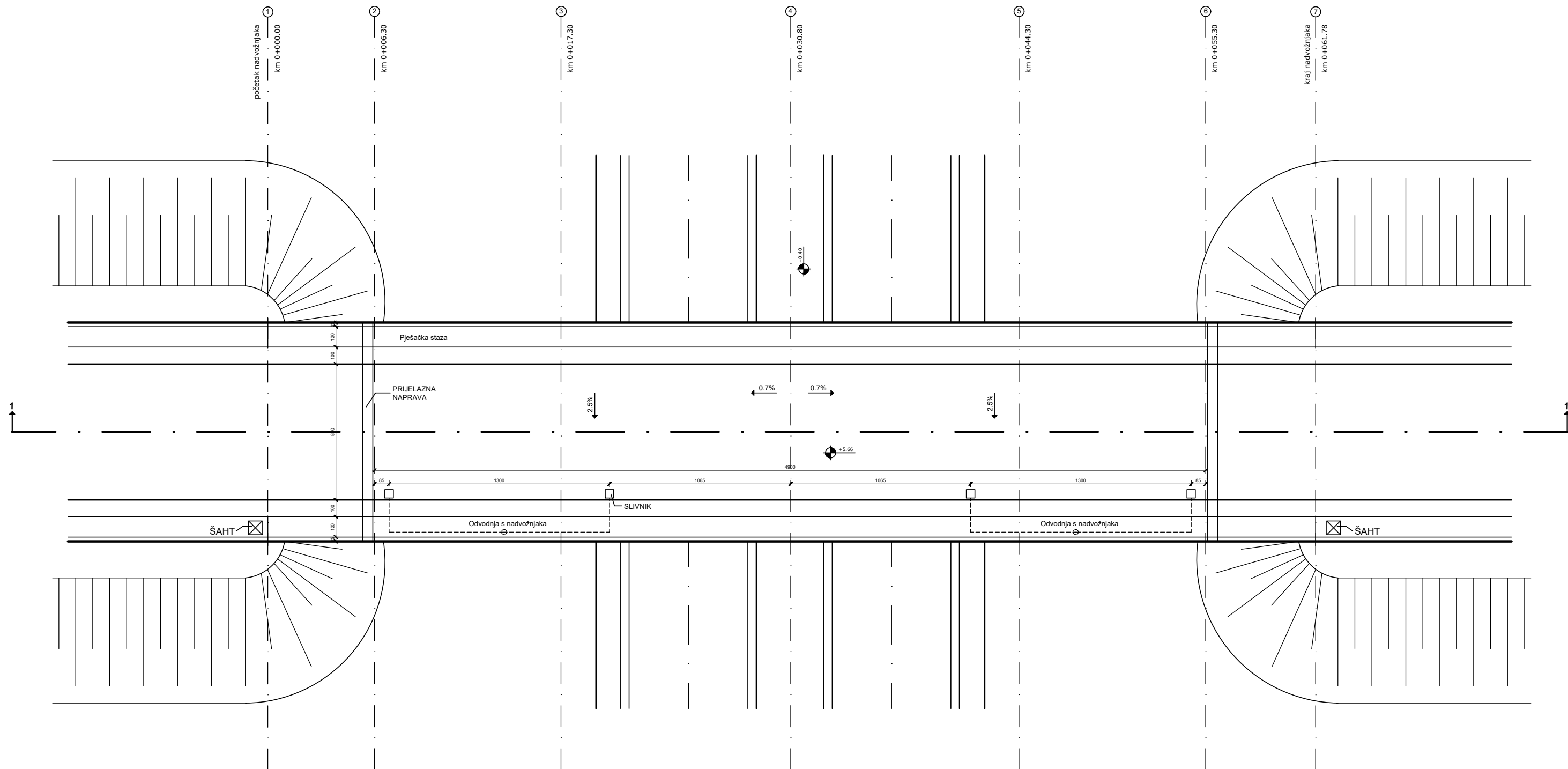
Sveučilište Sjever Odjel Graditeljstvo
Naslov rada: Pločasti nadvožnjak preko ceste u ravnici
Sadržaj priloga: Pogled na nadvožnjak
Mjerilo: 1:200
Izradila: Nikolina Petrović
Mentor: Goran Puž
Akadska godina: 2020/2021
Dovršeno: srpanj 2021.

# UZDUŽNI PRESJEK 1-1 MJ 1:100

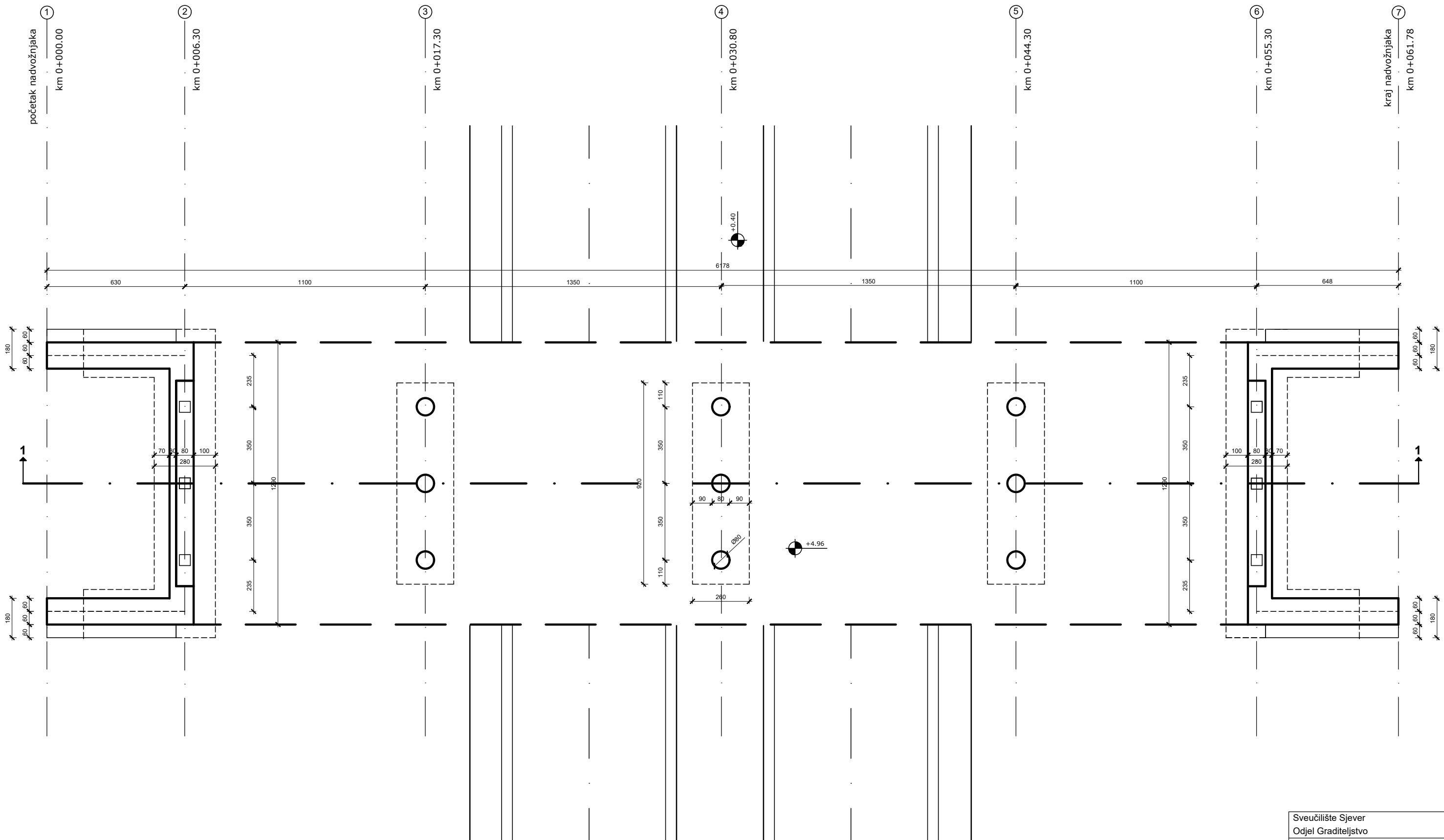


Sveučilište Sjever
Odjel Graditeljstvo
Naslov rada: Pločasti nadvožnjak preko ceste u ravni
Sadržaj priloga: Uzdužni presjek 1-1
Mjerilo: 1:100
Izradila: Nikolina Petrović
Mentor: Goran Puž
Akademski godina: 2020/2021
Dovršeno: srpanj 2021.

TLOCRT GORNJEG USTROJA MJ 1:100



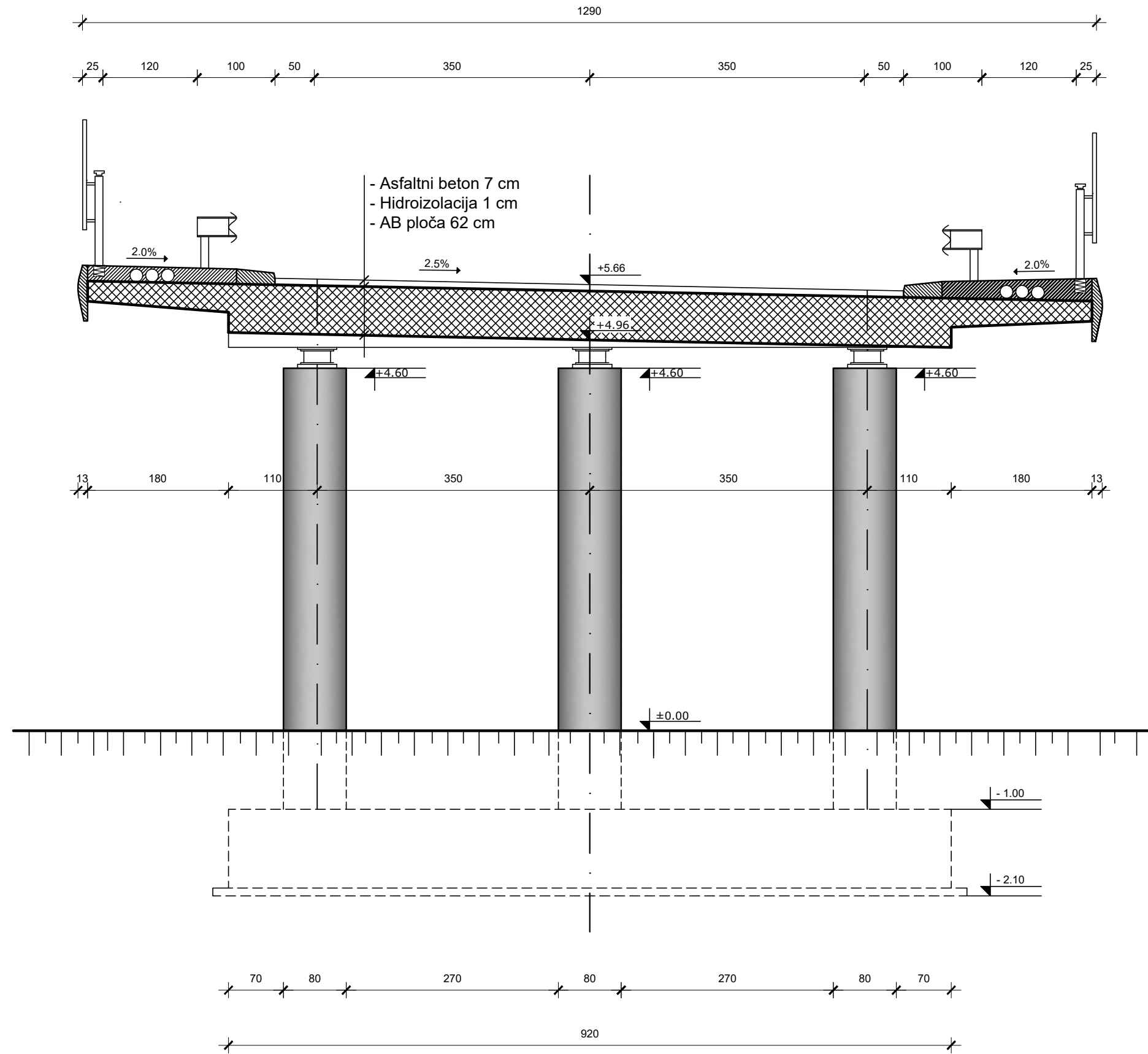
# TLOCRT DONJEG USTROJA MJ 1:100



Sveučilište Sjever
Odjel Graditeljstvo
Naslov rada: Pločasti nadvožnjak preko ceste u ravnici
Sadržaj priloga: Tlocrt donjeg ustroja
Mjerilo: 1:100
Izradila: Nikolina Petrović
Mentor: Goran Puž
Akademski godina: 2020/2021
Dovršeno: srpanj 2021.

# POPREČNI PRESJEK A-A

## MJ 1:50

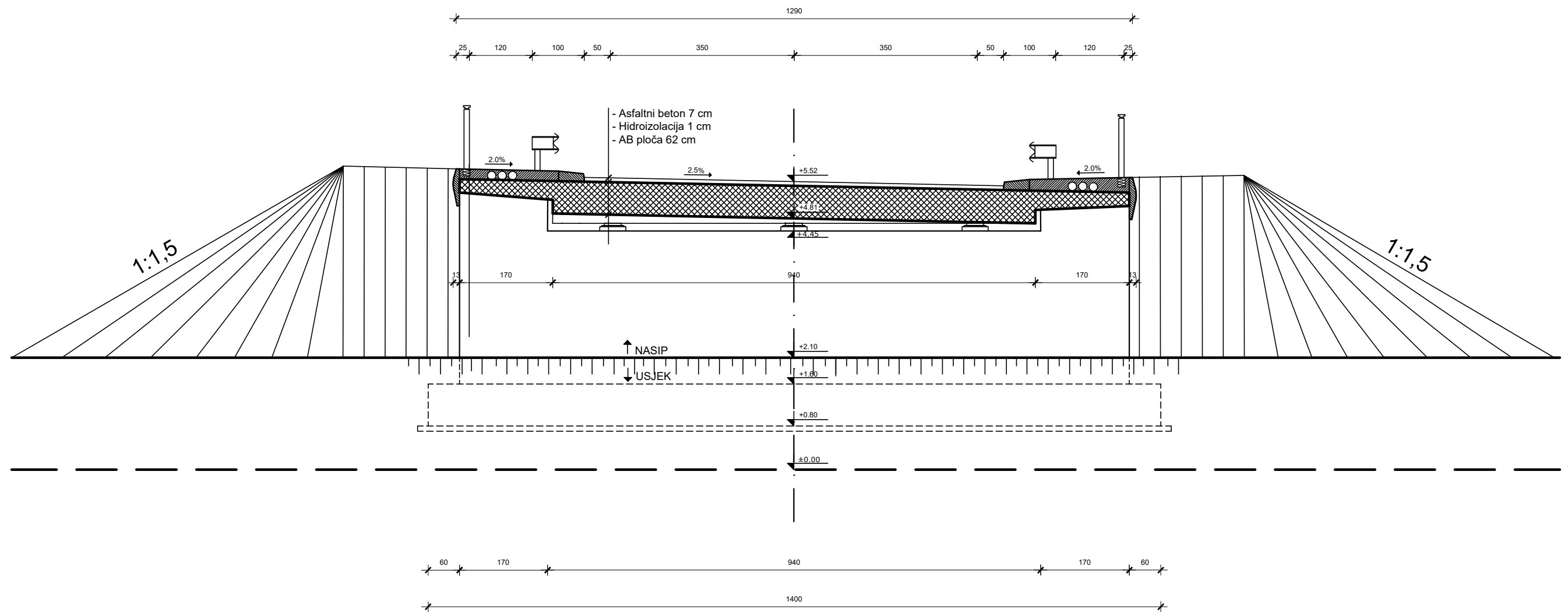


Sveučilište Sjever
Odjel Graditeljstvo
Naslov rada: Pločasti nadvožnjak preko ceste u ravnici
Sadržaj priloga: Poprečni presjek A-A
Mjerilo: 1:50
Izradila: Nikolina Petrović
Mentor: Goran Puž
Akadska godina: 2020/2021
Dovršeno: srpanj 2021.



# POPREČNI PRESJEK B-B

## MJ 1:50

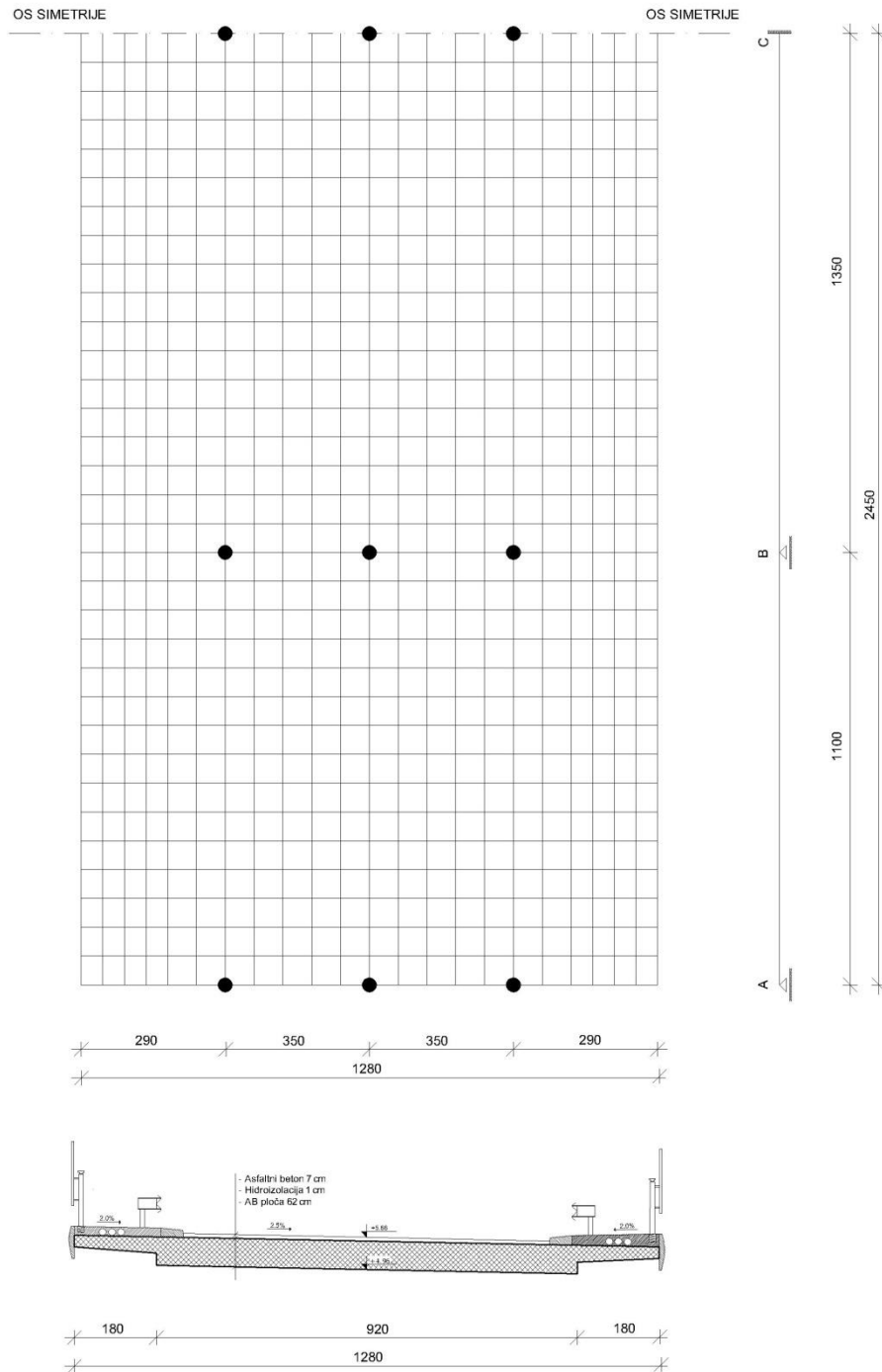


Sveučilište Sjever
Odjel Graditeljstvo
Naslov rada: Pločasti nadvožnjak preko ceste u ravnici
Sadržaj priloga: Poprečni presjek B-B
Mjerilo: 1:50
Izradila: Nikolina Petrović
Mentor: Goran Puž
Akademski godina: 2020/2021
Dovršeno: srpanj 2021.

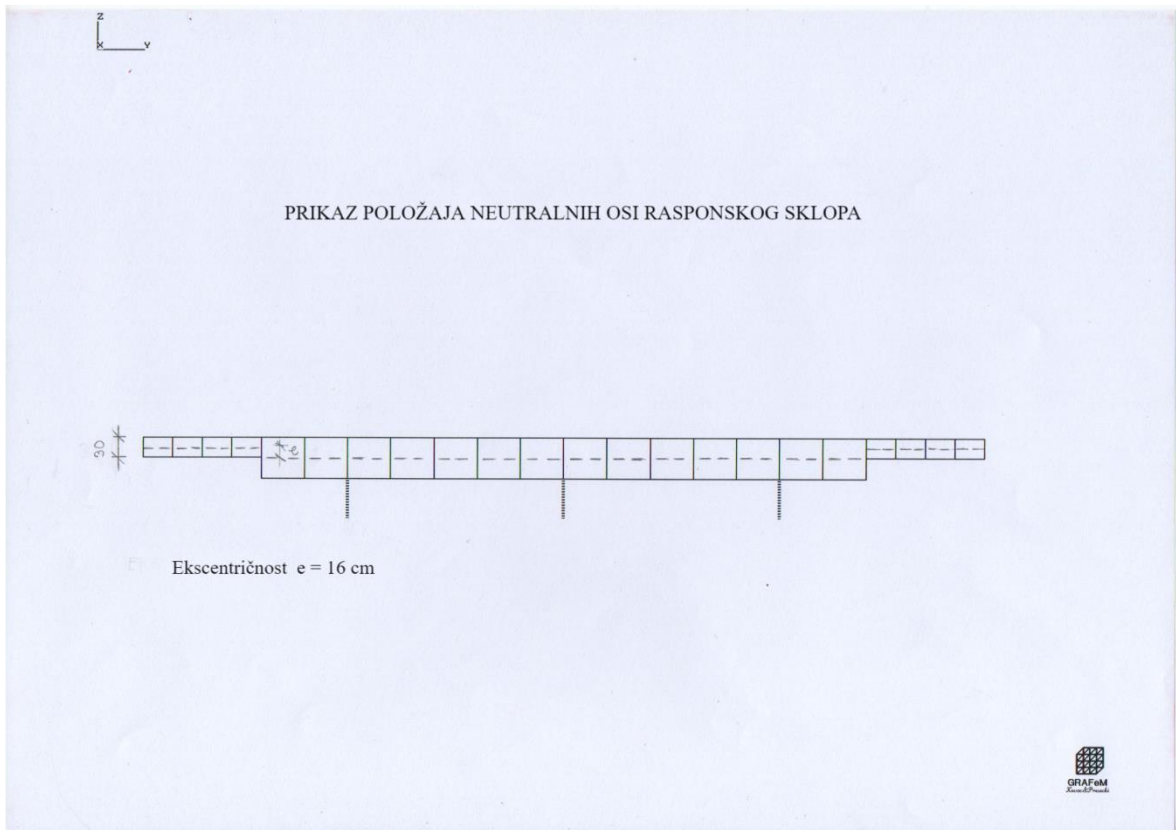
## 4. Statički proračun rasponskog sklopa

### 4.1. Statički sustav rasponskog sklopa

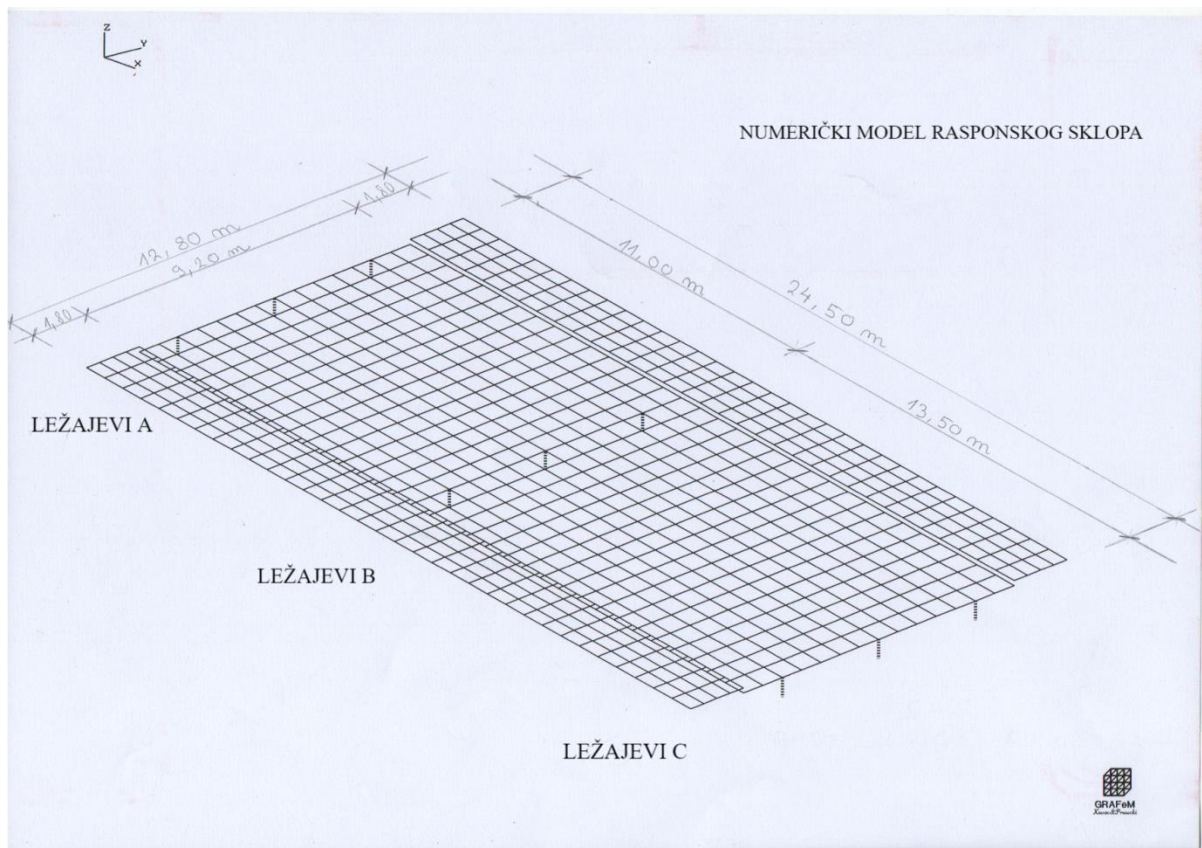
#### STATIČKI SUSTAV NADVOŽNJAKA



Slika 4. Statički sustav rasponskog sklopa: uzdužna i poprečna dispozicija

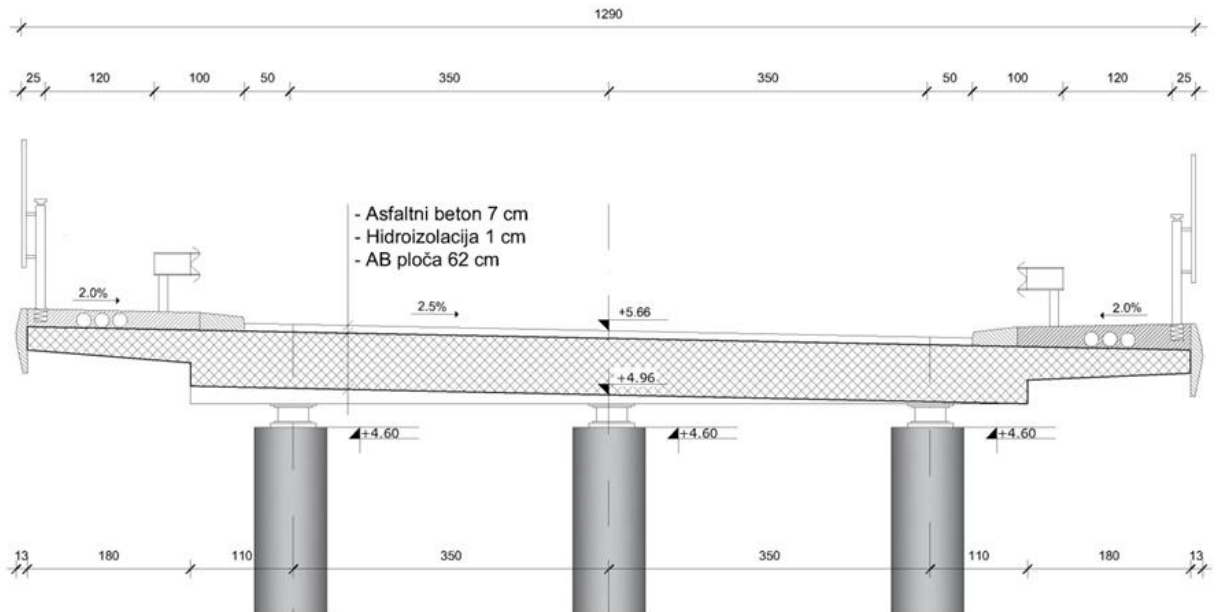


Slika 5. Prikaz položaja neutralne osi konzole i središnjeg dijela rasponskog sklopa – ekscentričnost



Slika 6. Numerički model rasponskog sklopa u softveru GRAFeM (lokalne osi elemenata poklapaju se sa globalnim koordinatnim osima)

## 4.2. Analiza opterećenja



Slika 7. Poprečna dispozicija nadvožnjaka

### Vlastita težina rasponskog sklopa:

$$G_{vl} = 0,62m \cdot 25kN/m^3 = 15,50 kN/m^2$$

### Dodatno stalno opterećenje:

#### Kolnik

$$\text{Asfalt } g_A = 0,07m \cdot 22kN/m^3 = 1,54 kN/m^2$$

$$\text{Hidroizolacija } g_H = 0,01m \cdot 11kN/m^3 = 0,11 kN/m^2$$

---

$$\Delta g_1 = 1,65 kN/m^2$$

## Hodnik

$$\text{Konzola } g_K = 0,3\text{m} \cdot 1,8\text{m} \cdot 25\text{kN/m}^3 \cdot 2 \cdot 1 = 27 \text{ kN/m}' \Rightarrow 7,5\text{kN/m}^2$$

$$\text{Betonska staza } g_{B.S.} = (0,25\text{m} \cdot 1,90\text{m} + 0,75\text{m} \cdot 0,25\text{m}) \cdot 25\text{kN/m}^3 \cdot 2 \cdot 1 = 33,125 \text{ kN/m}' \Rightarrow 7,7\text{kN/m}^2$$

$$\text{Ograda } g_O = 2 \cdot 0,5\text{m} \cdot 1,0\text{kN/m}^3 = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

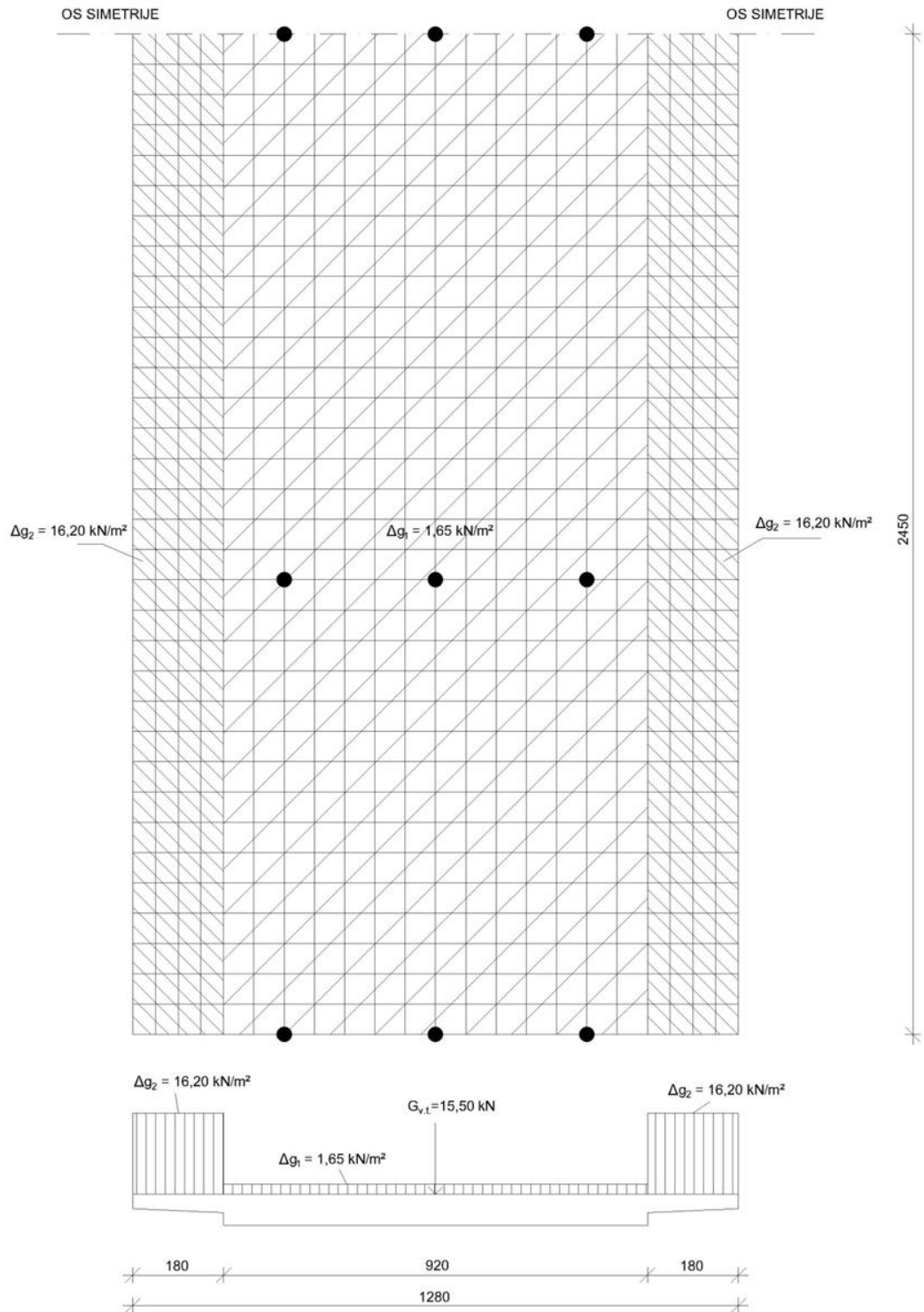
---

$$\Delta g_2 = 16,20 \text{ kN/m}^2$$

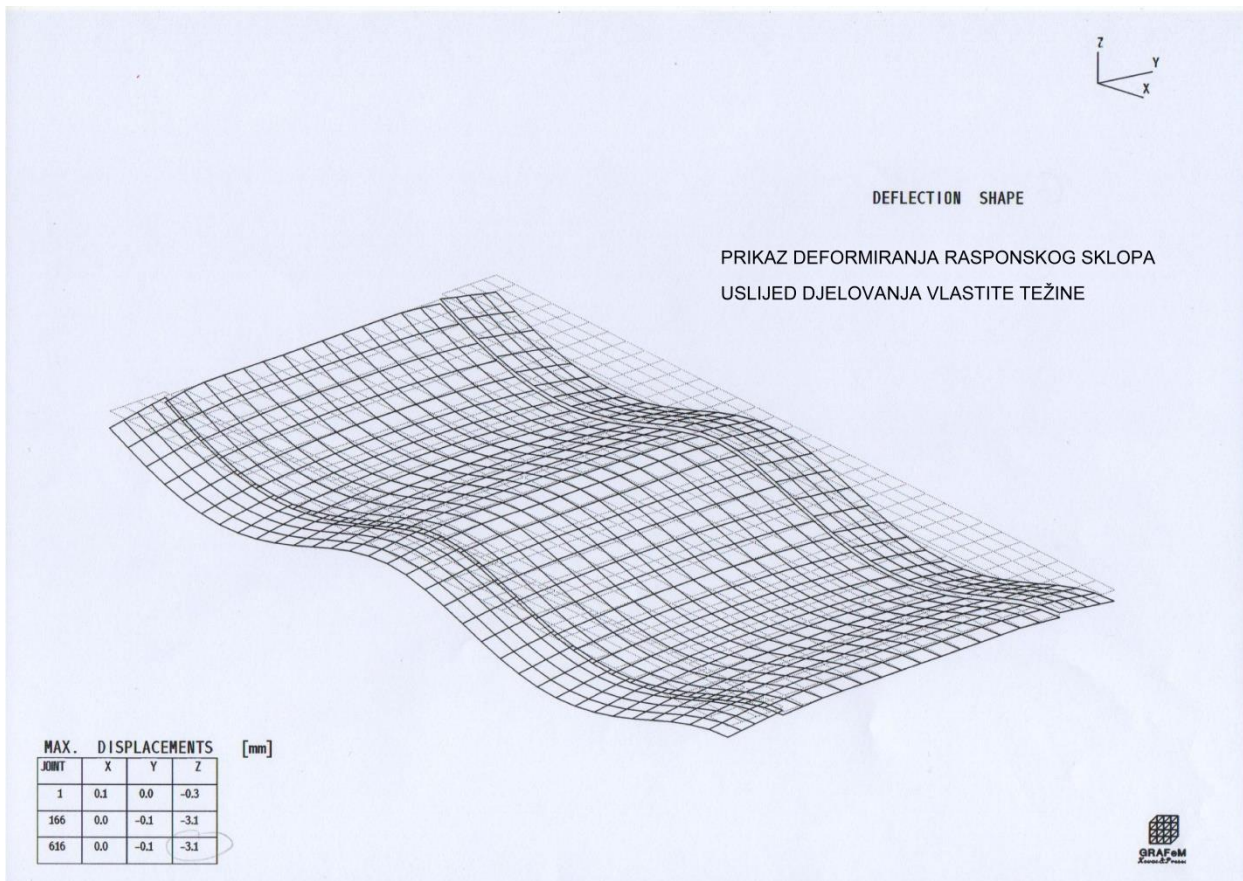
### **Ukupno stalno opterećenje:**

$$g = G_{vl} + \Delta g_1 + \Delta g_2 = 15,50 + 1,65 + 16,20 = \mathbf{33,50 \text{ kN/m}^2}$$

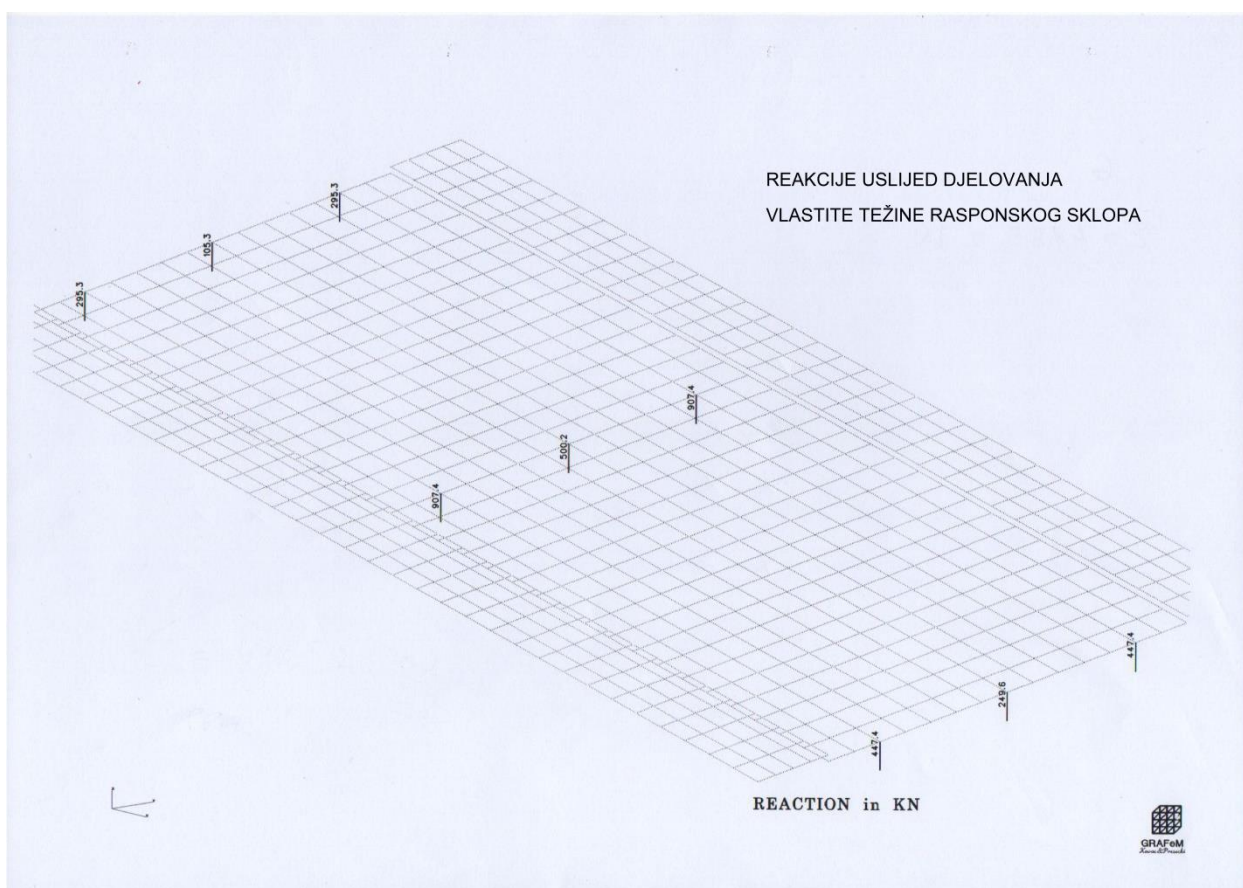
**SHEMA STALNOG OPTEREĆENJA**  
 (OPTEREĆENJE VLASTITE TEŽINE SKLOPA  $G_{v,t}$  I DODATNOG  
 STALNOG OPTEREĆENJA  $\Delta g_1$  I  $\Delta g_2$ )



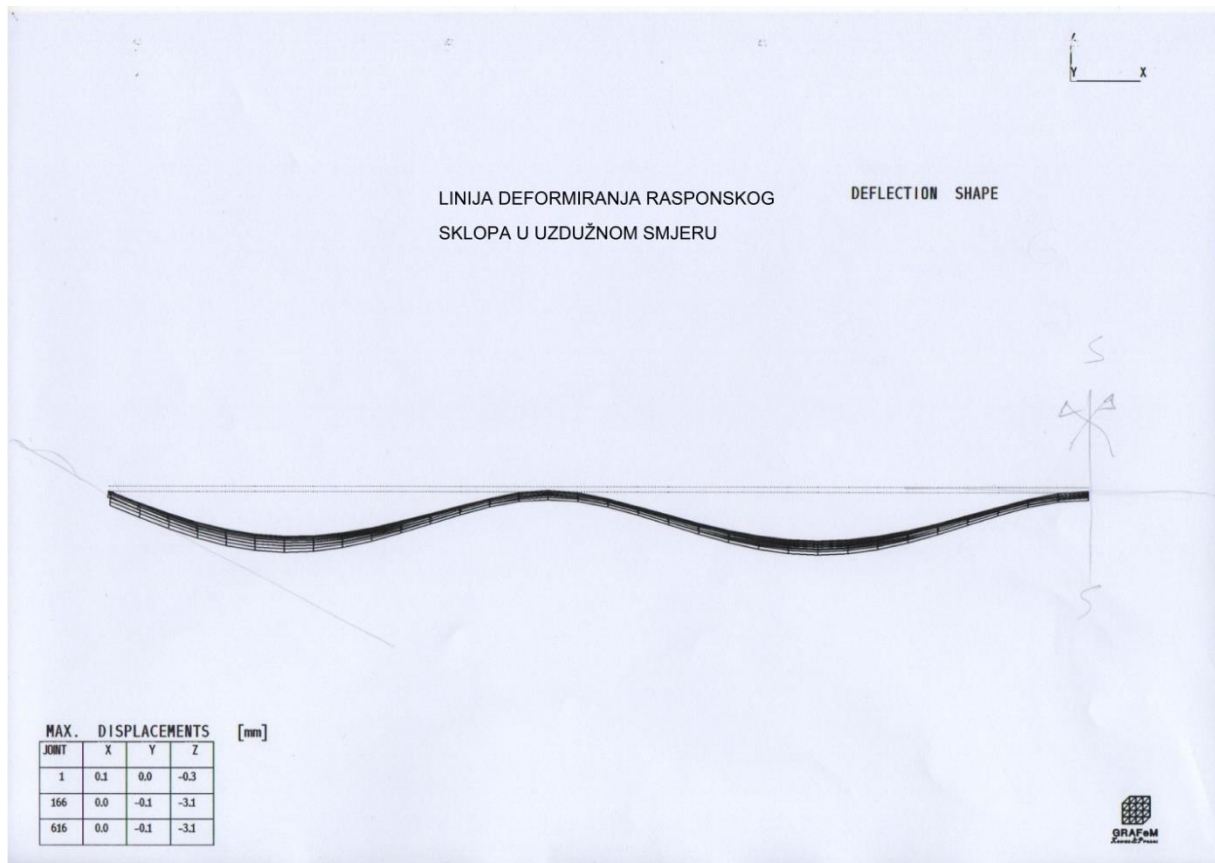
*Slika 8. Shema stalnog opterećenja (vlastita težina rasponskog sklopa i dodatnog stalnog opterećenja)*



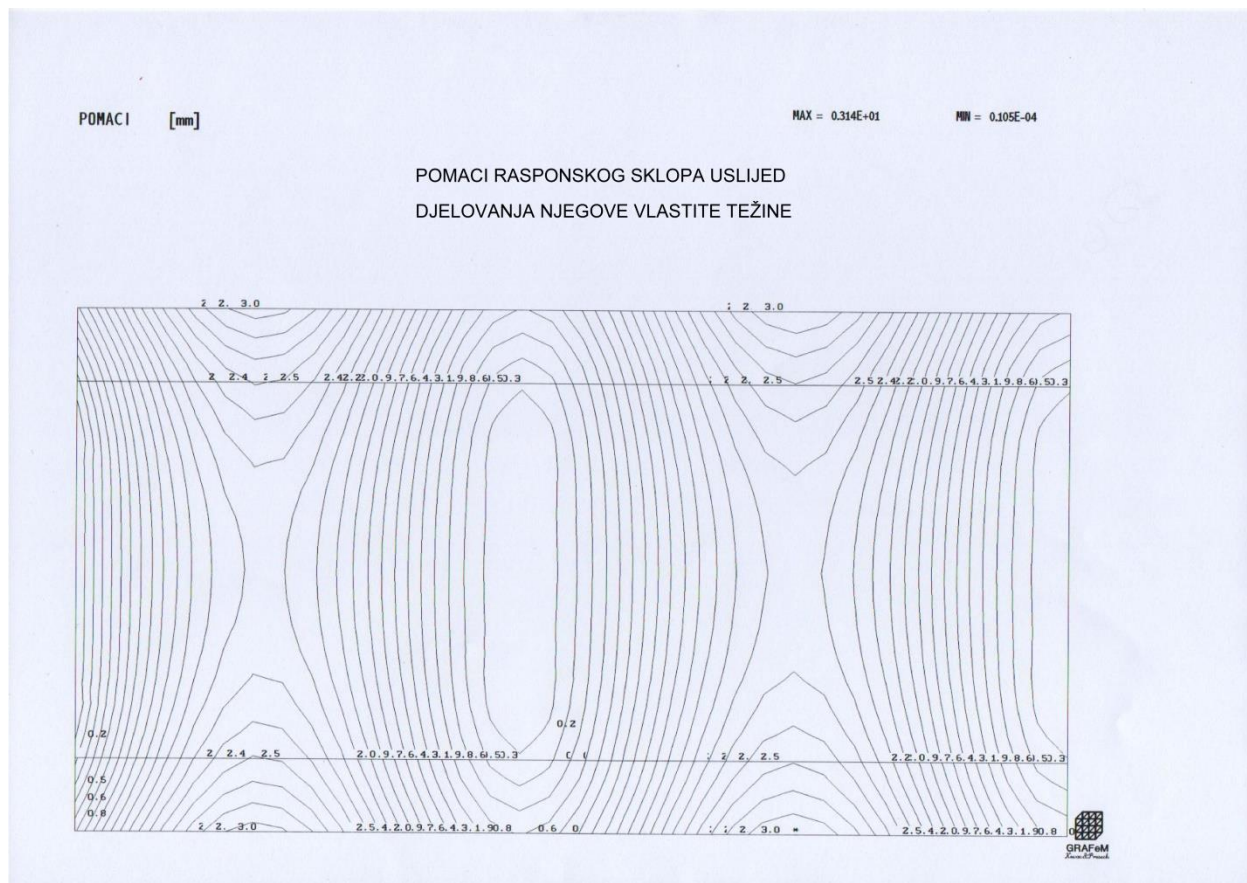
*Slika 9. Numerički model: prikaz deformiranja rasposkog sklopa uslijed djelovanja vlastite težine*



*Slika 10. Numerički model: reakcije uslijed djelovanja vlastite težine rasposkog sklopa*

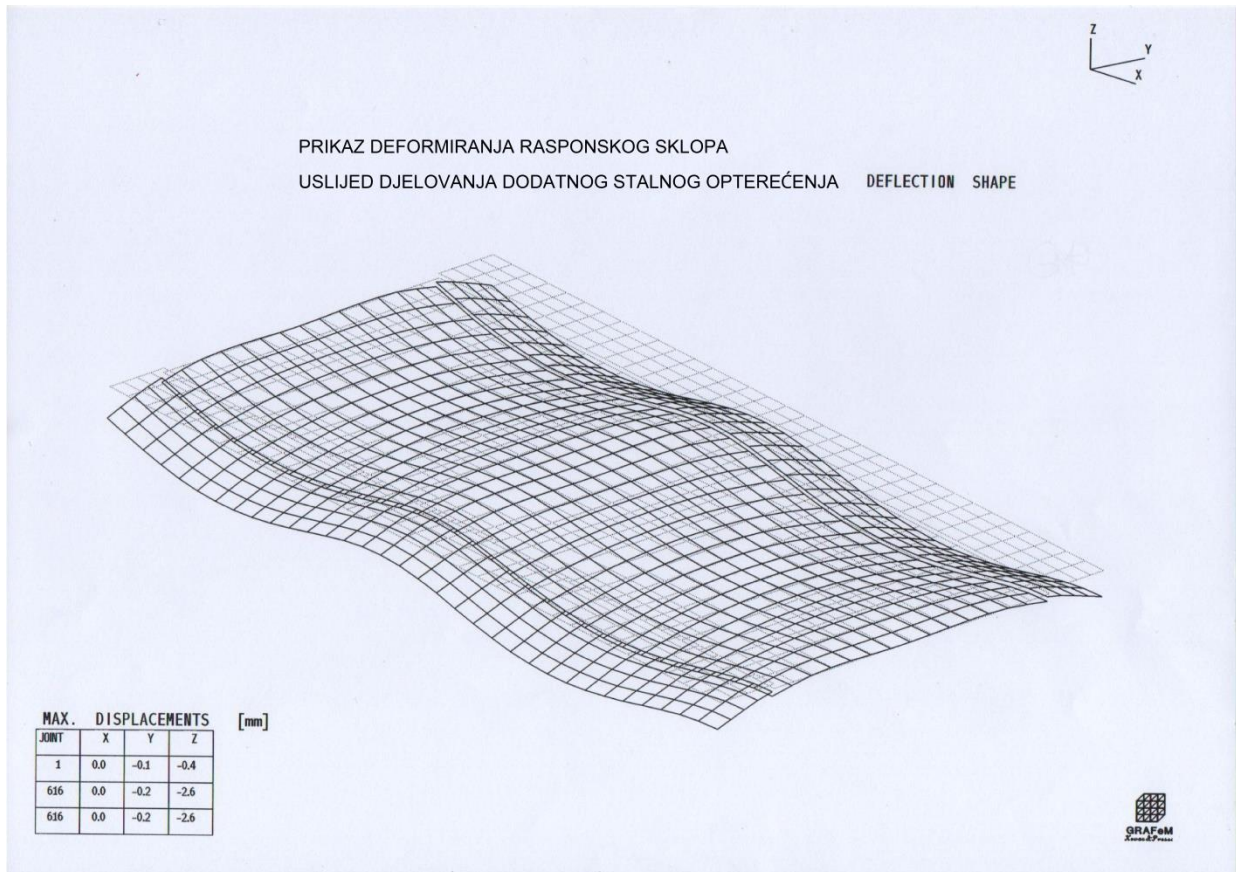


Slika 11. Numerički model: linija deformiranja rasposkog sklopa uslijed djelovanja vlastite težine

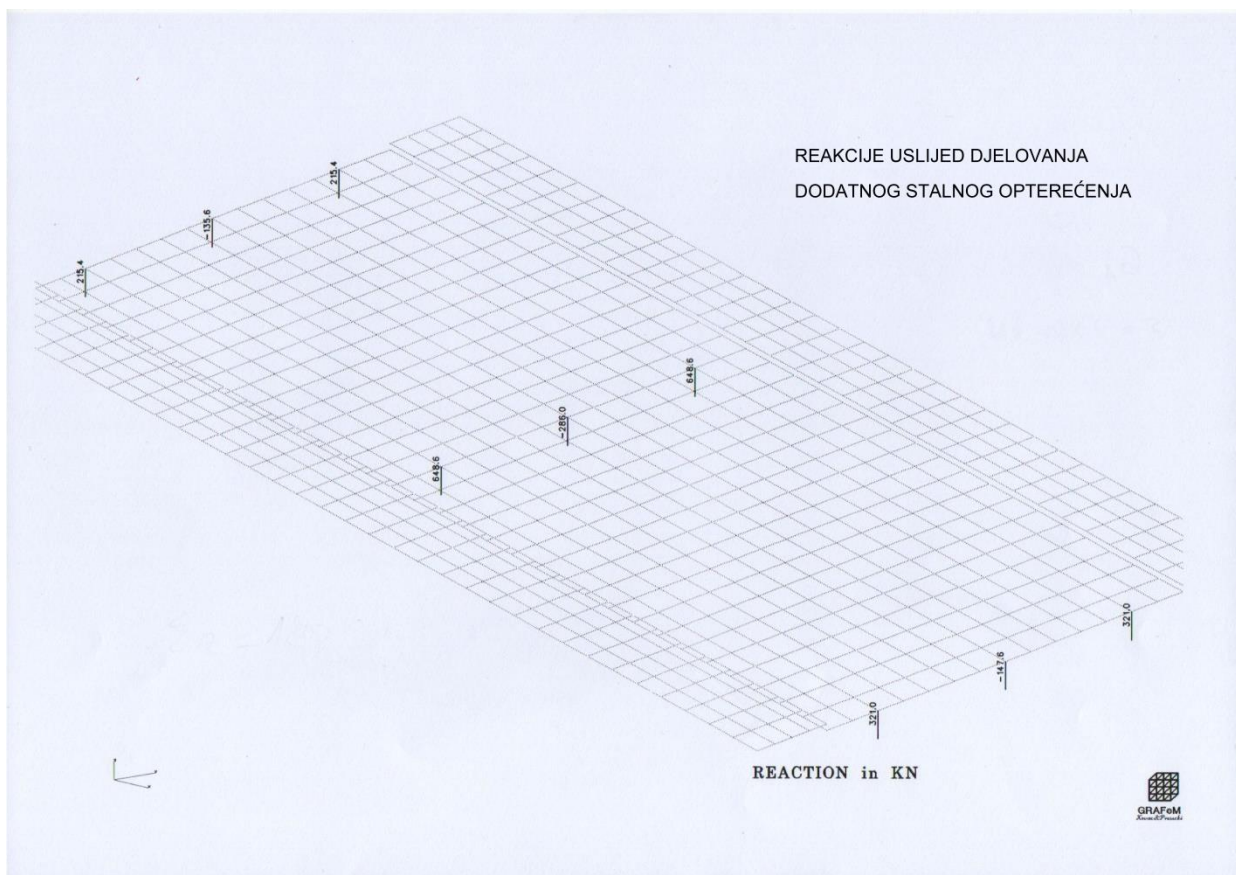


Slika 12. Numerički model: pomaci rasposkog sklopa uslijed djelovanja vlastite težine





*Slika 13. Numerički model: prikaz deformiranja rasposkog sklopa uslijed djelovanja dodatnog stalnog opterećenja*



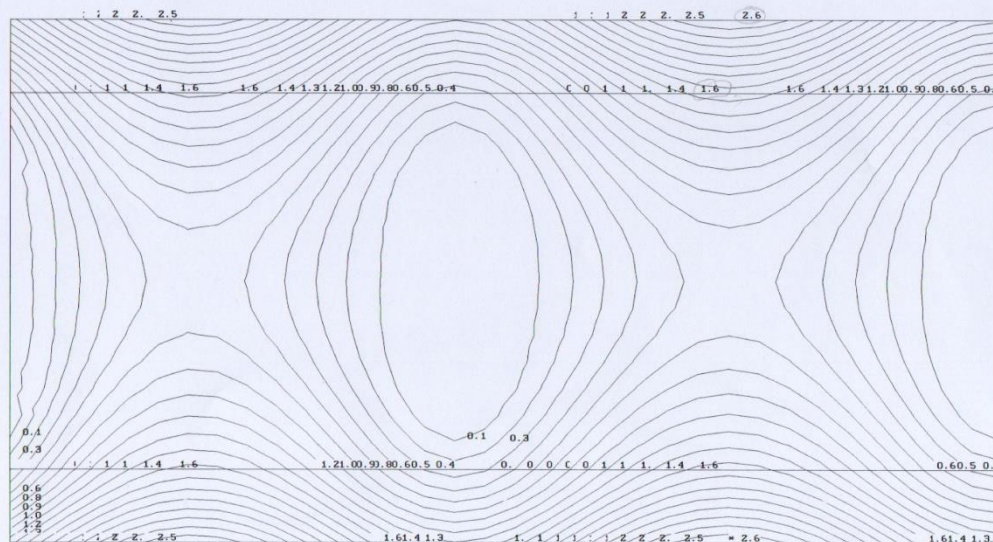
*Slika 14. Numerički model: reakcije uslijed djelovanja dodatnog stalnog opterećenja*

POMACI [mm]

MAX = 0.259E+01

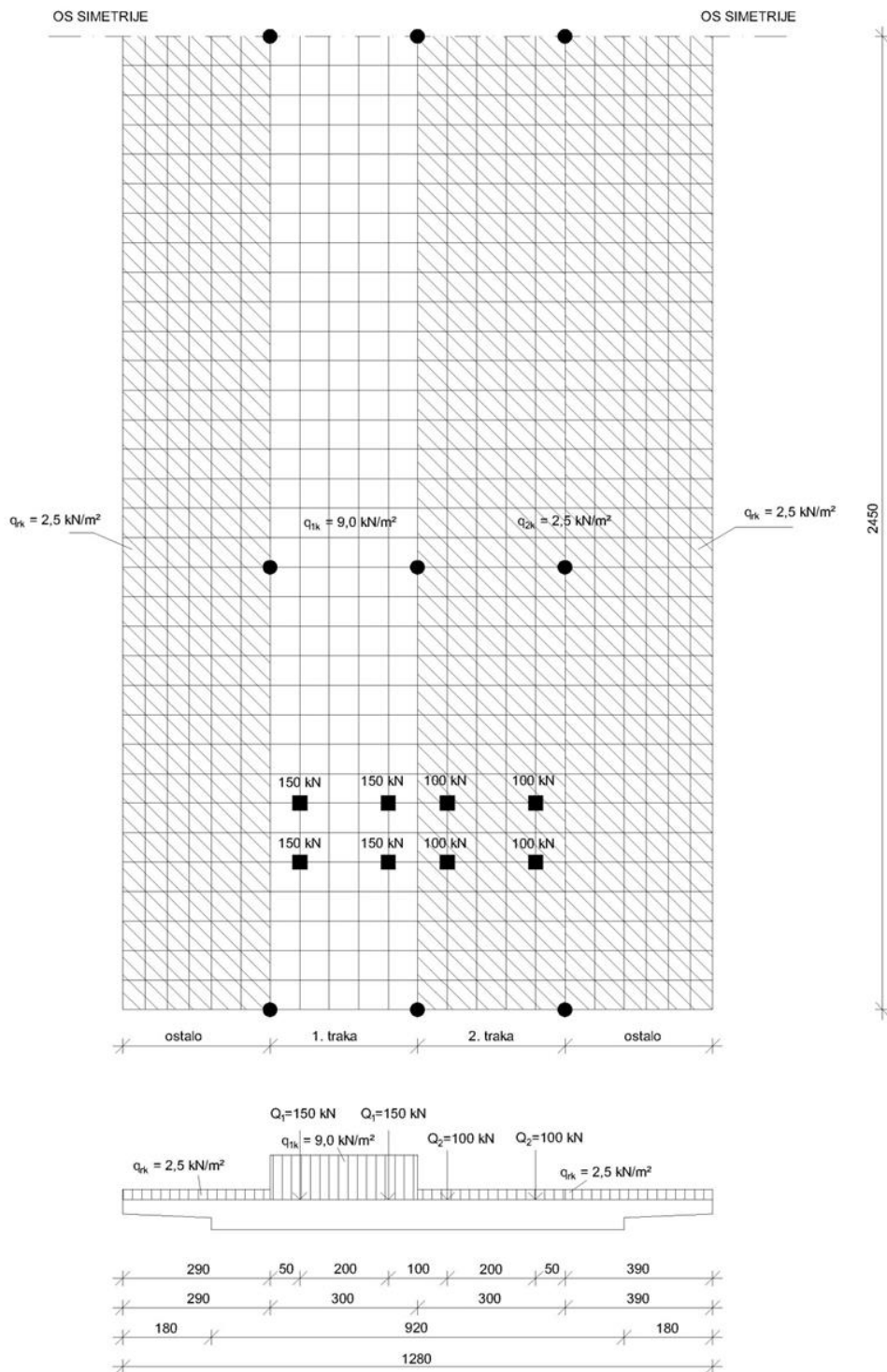
MIN = 0.136E-04

POMACI RASPONSKOG SKLOPA USLIJED  
DJELOVANJA DODATNOG STALNOG OPTEREĆENJA

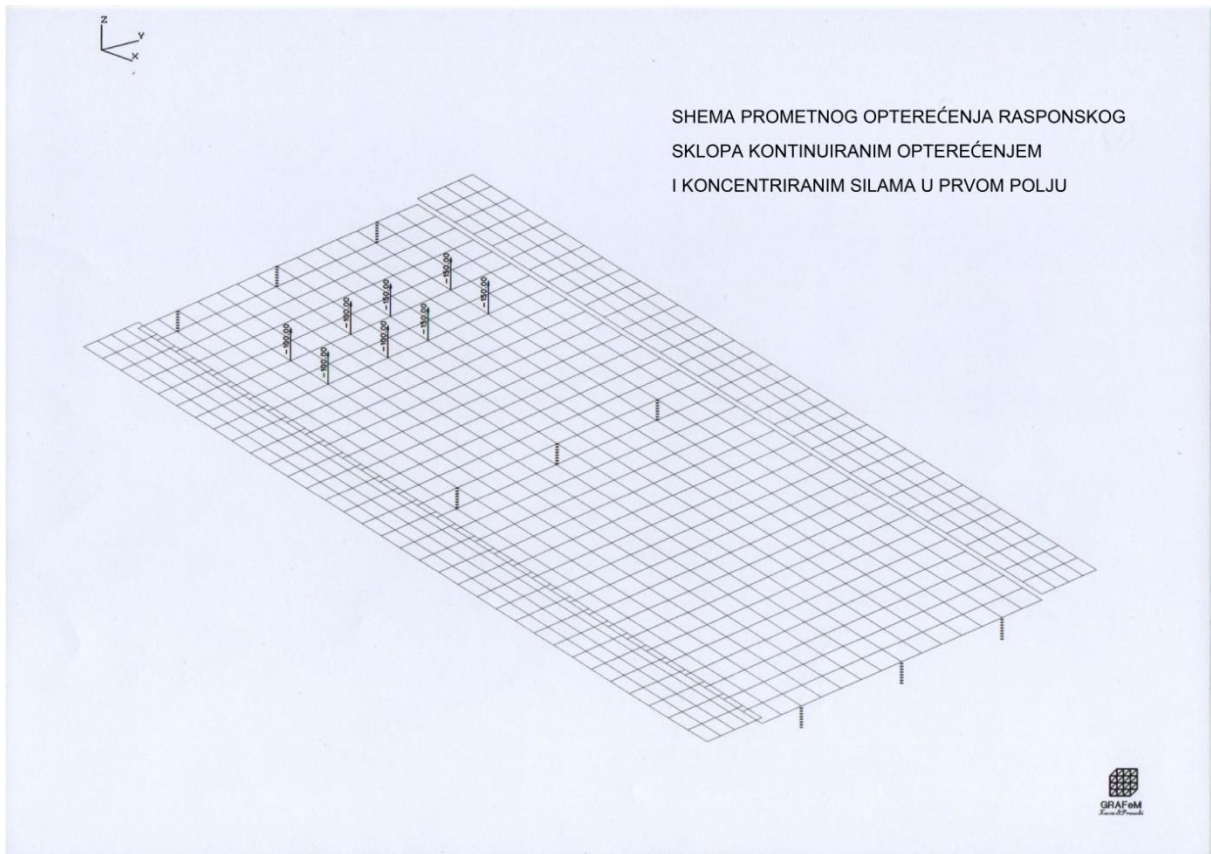


Slika 15. Numerički model: pomaci rasponskog sklopa uslijed djelovanja dodatnog stalnog opterećenja

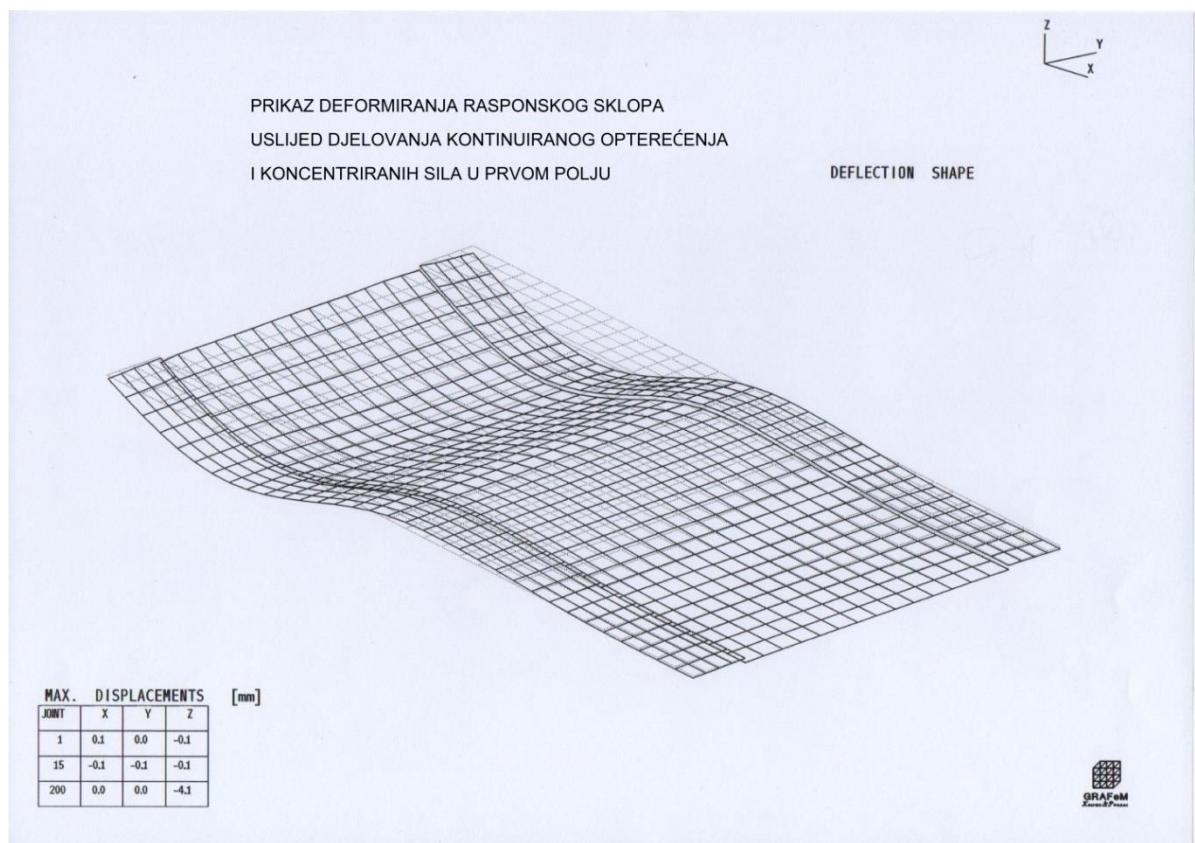
**HEMA PROMETNOG OPTEREĆENJA  
(OPTEREĆENJE PRVOG POLJA KONCENTRIRANIM SILAMA  $Q_1$ )**



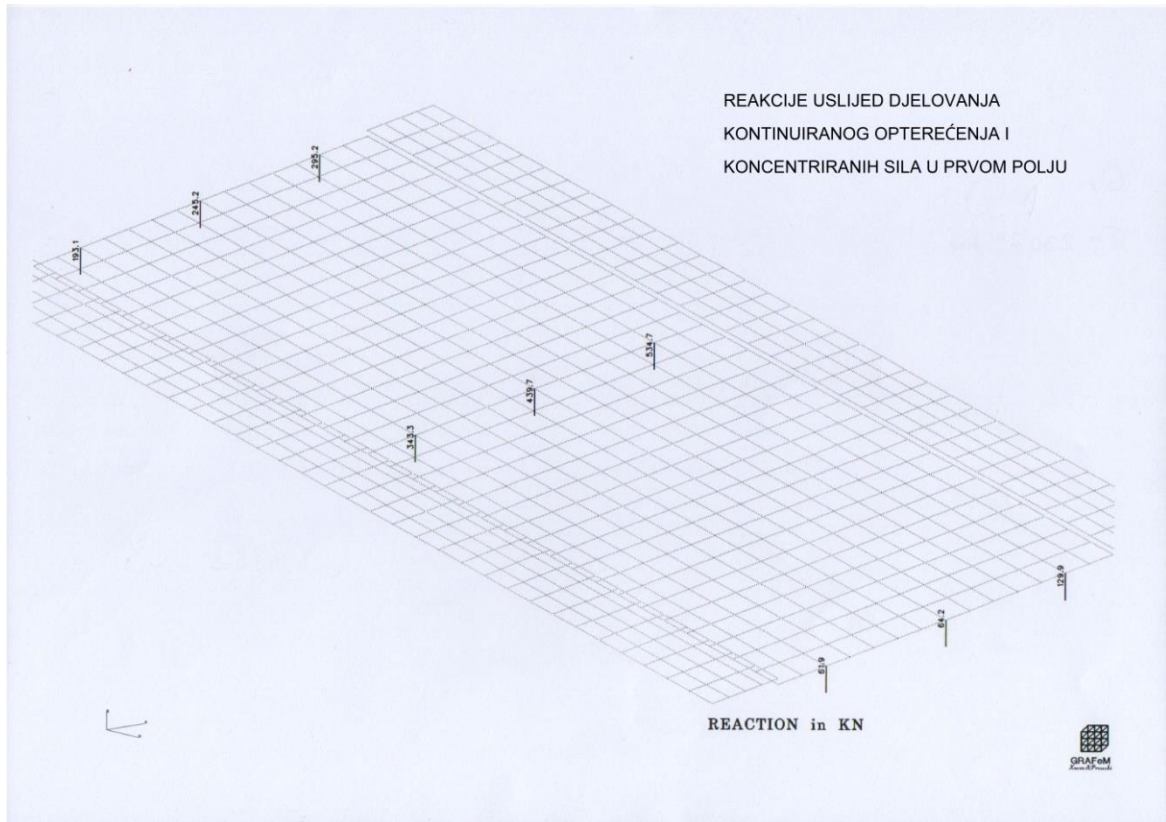
*Slika 16. Shema prometnog opterećenja (kontinuirano opterećenje i koncentrirane sile u prvom polju)*



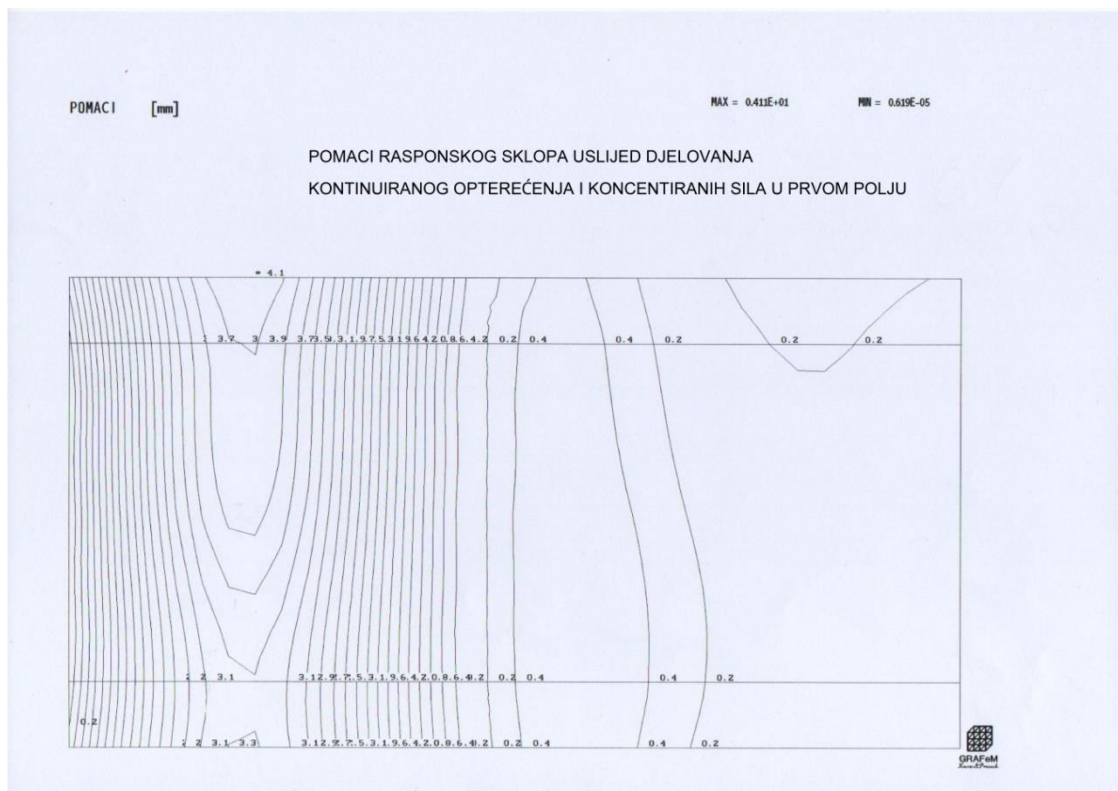
Slika 17. Numerički model: shema prometnog opterećenja rasponskog sklopa kontinuiranim opterećenjem i koncentriranim silama u prvom polju



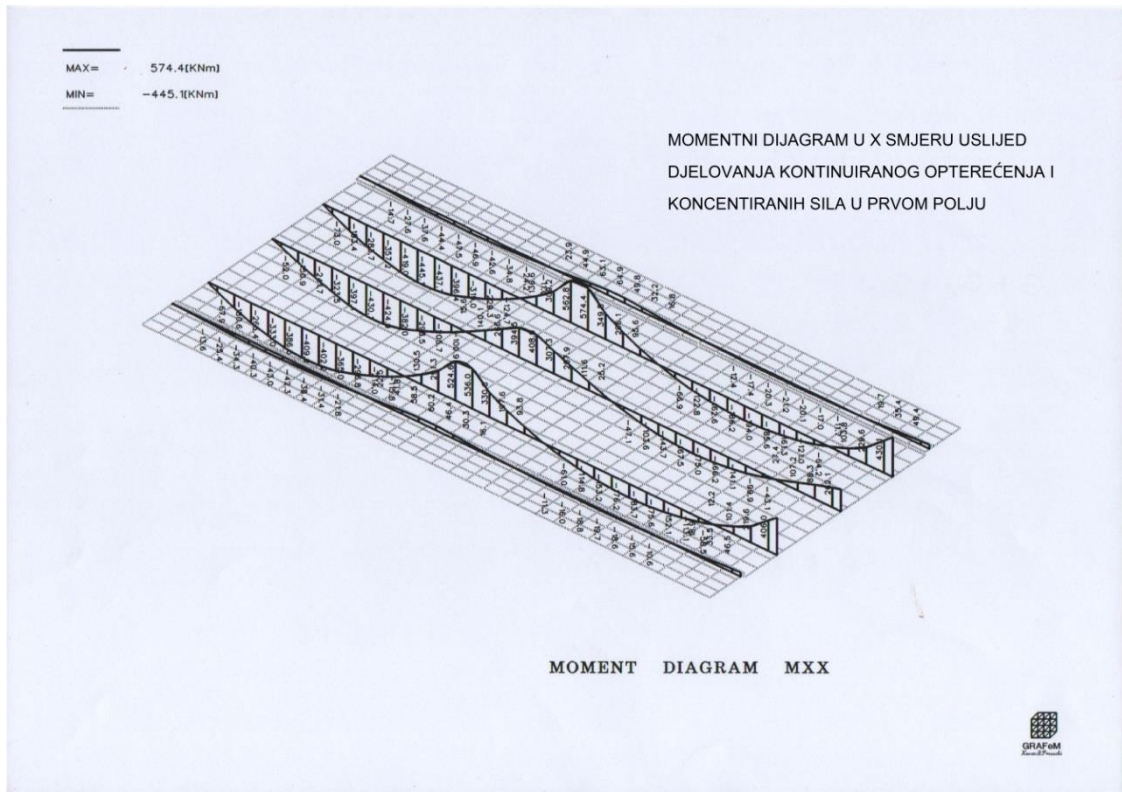
Slika 18. Numerički model: prikaz rasponskog sklopa uslijed djelovanja kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u prvom polju



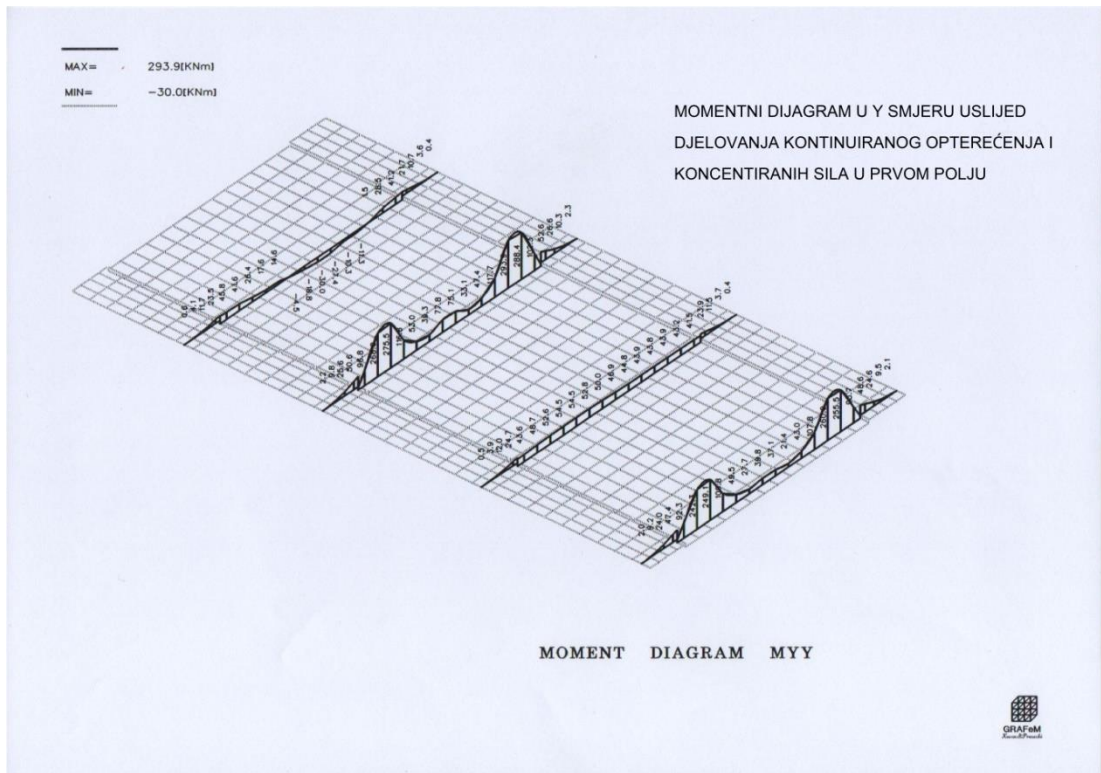
Slika 19. Numerički model: reakcije uslijed djelovanja kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u prvom polju



Slika 20. Numerički model: pomaci rasponskog sklopa uslijed djelovanja kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u prvom polju

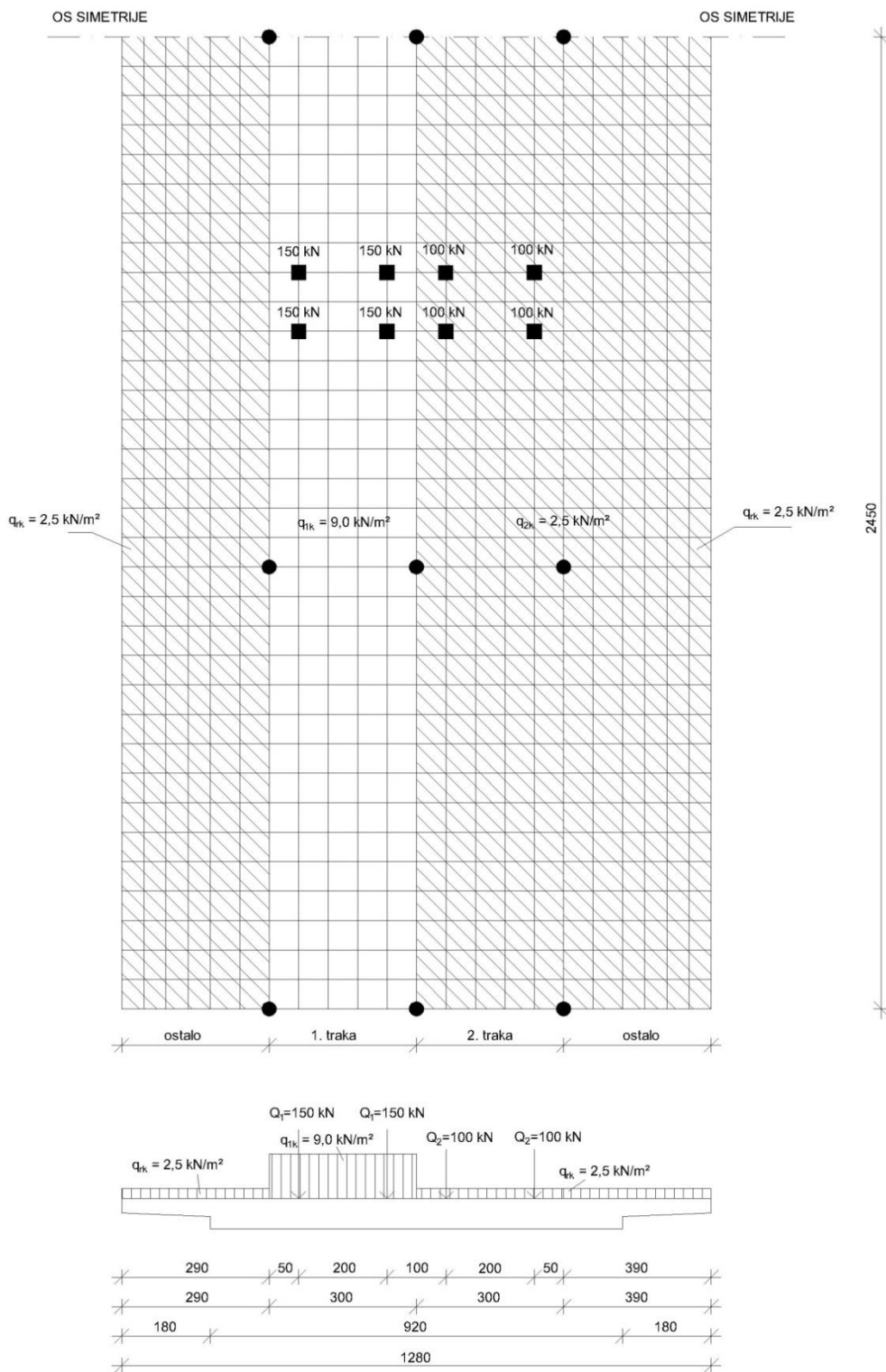


Slika 21. Numerički model: momentni dijagram u x smjeru uslijed djelovanja stalnog opterećenja, kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u prvom polju

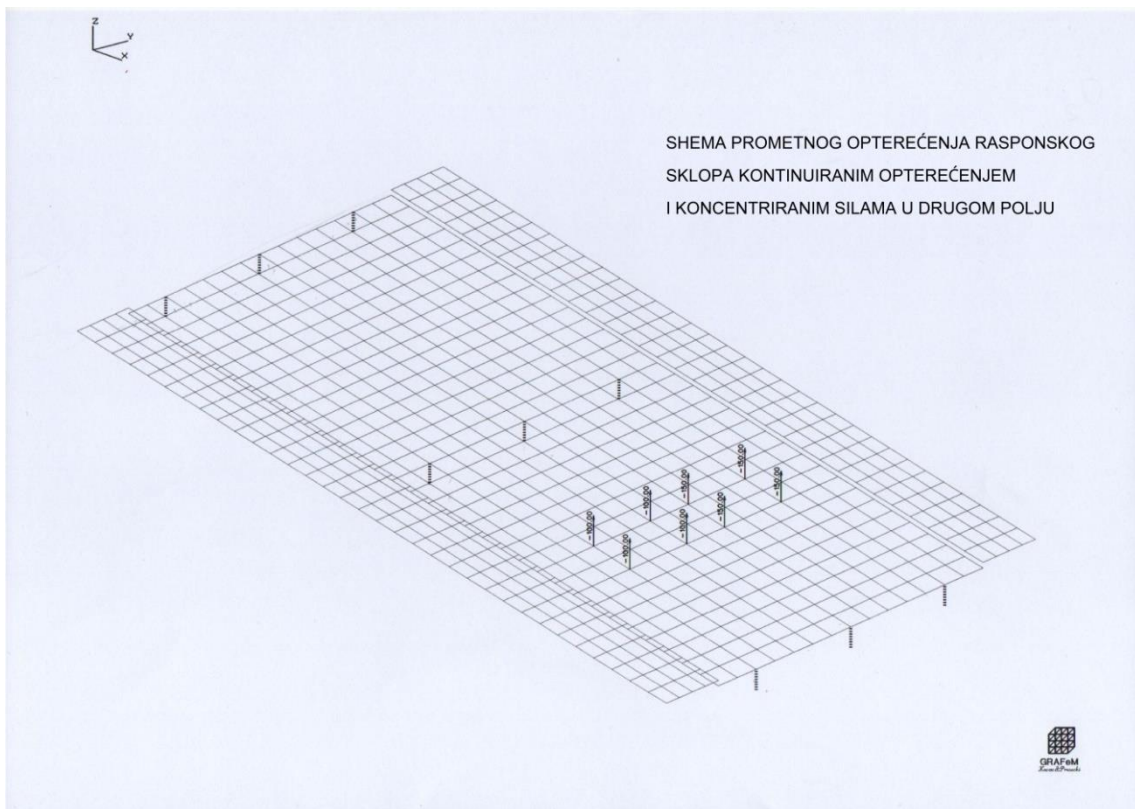


Slika 22. Numerički model: momentni dijagram u y smjeru uslijed djelovanja stalnog opterećenja, kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u prvom polju

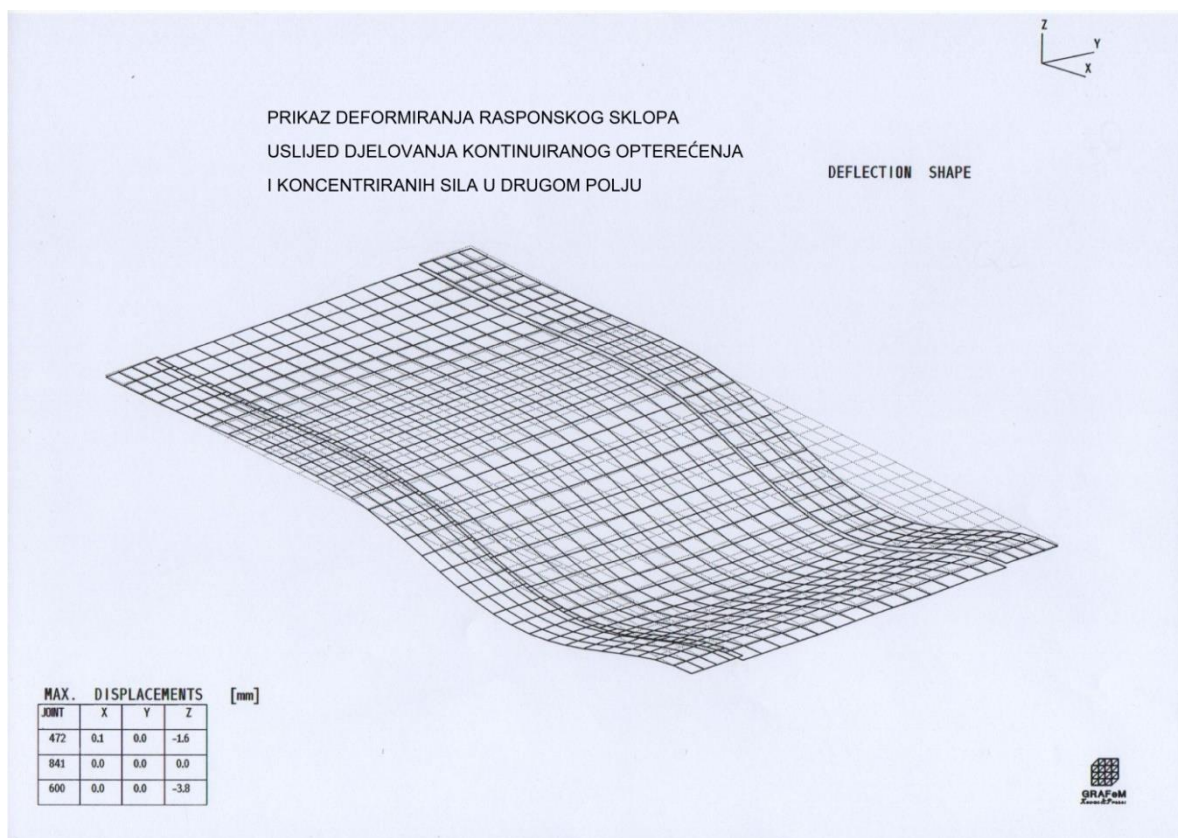
SCHEMA PROMETNOG OPTEREĆENJA  
(OPTEREĆENJE DRUGOG POLJA KONCENTRIRANIM SILAMA  $Q_2$ )



Slika 23. Shema prometnog opterećenja (kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u drugom polju)

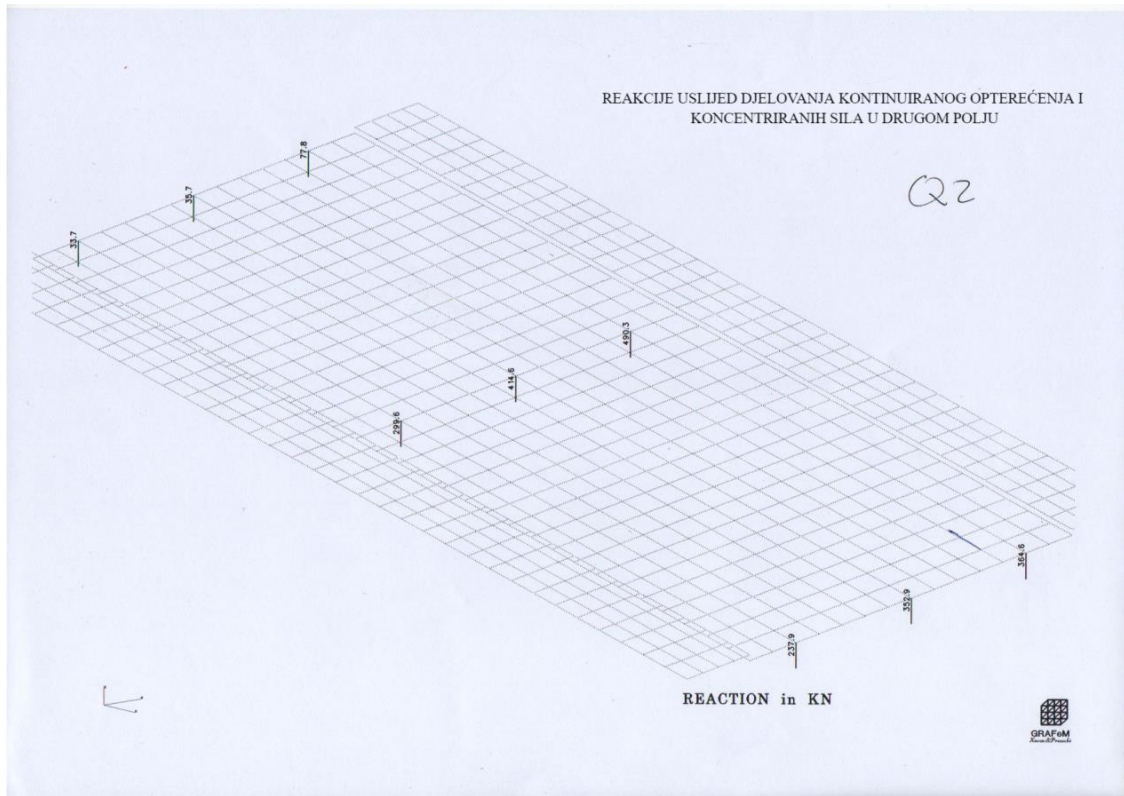


Slika 24. Numerički model: shema prometnog opterećenja rasponskog sklopa kontinuiranim opterećenjem i koncentriranim silama u drugom polju

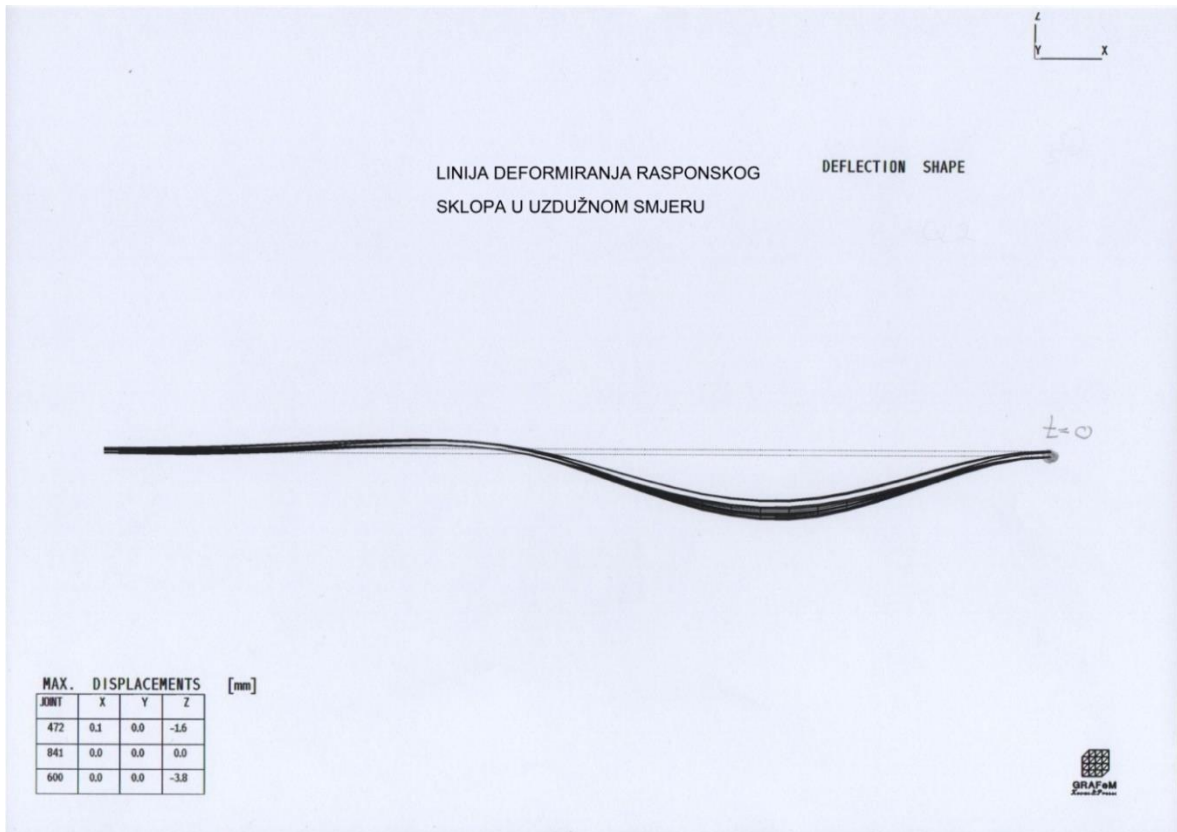


Slika 25. Numerički model: prikaz rasponskog sklopa uslijed djelovanja kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u drugom polju

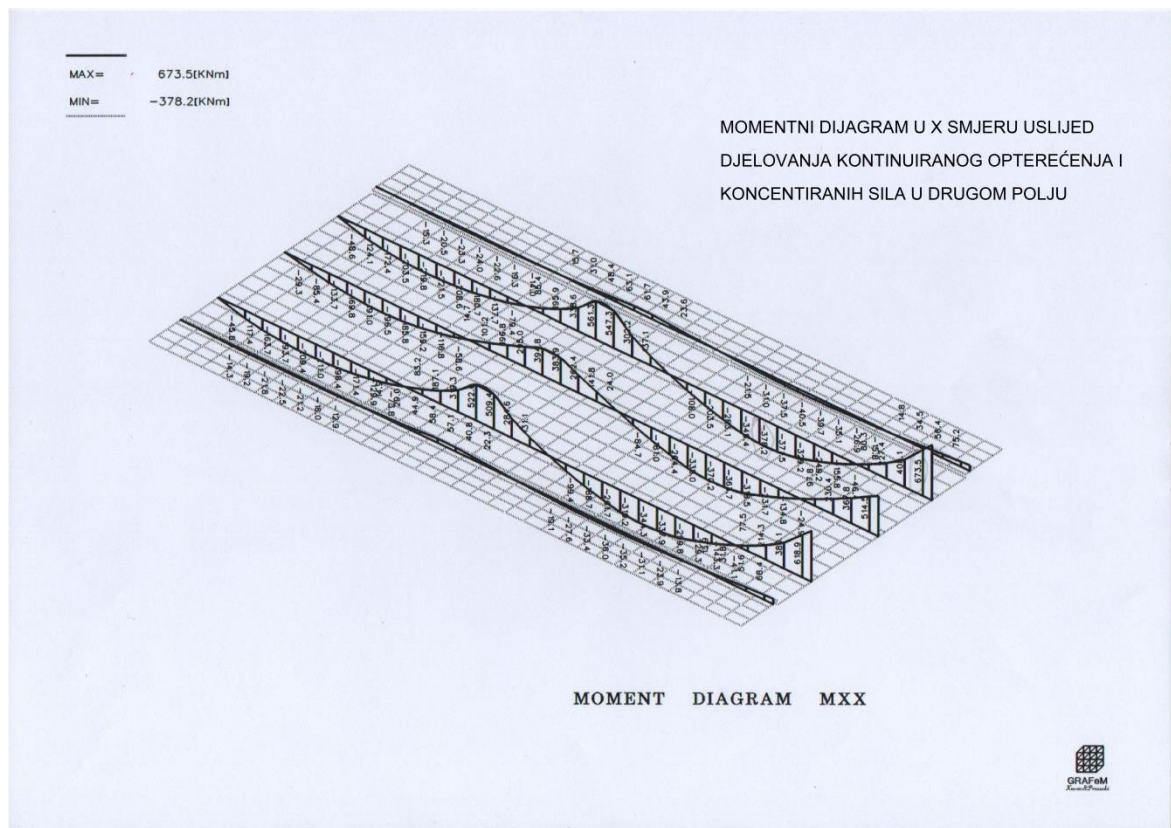




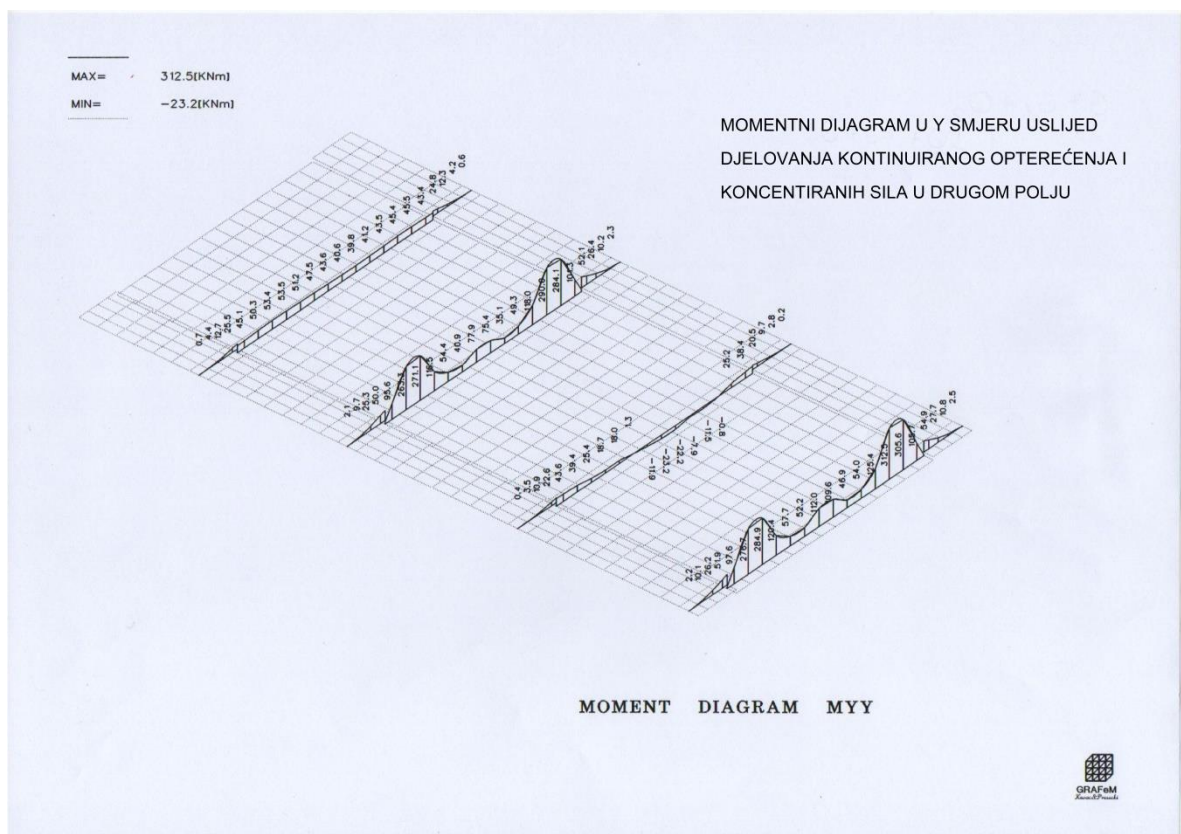
Slika 26. Numerički model: reakcije uslijed djelovanja kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u drugom polju



Slika 27. Numerički model: linija deformiranja rasponskog sklopa uslijed djelovanja kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u drugom polju



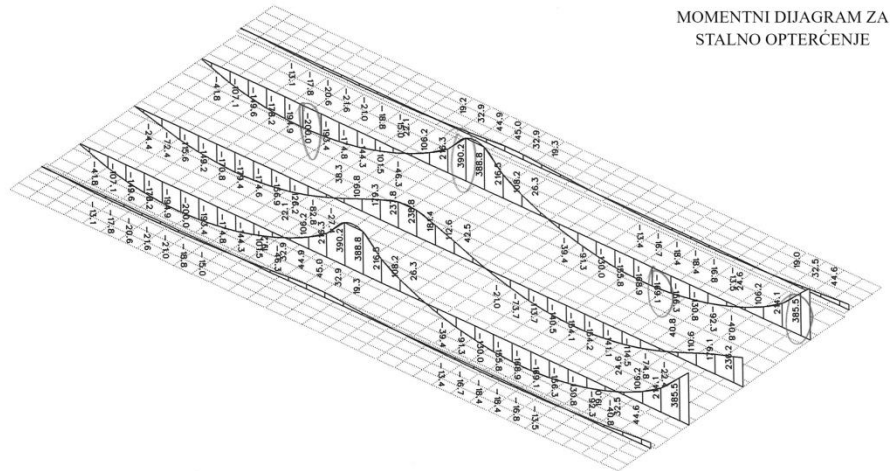
Slika 28. Numerički model: momentni dijagram u x smjeru uslijed djelovanja stalnog opterećenja, kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u drugom polju



Slika 29. Numerički model: momentni dijagram u y smjeru uslijed djelovanja stalnog opterećenja, kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u drugom polju

### 4.3. Dobiveni rezultati proračunom (reakcije i unutarnje sile)

MAX= 390.2(KNm)  
MIN= -200.0(KNm)



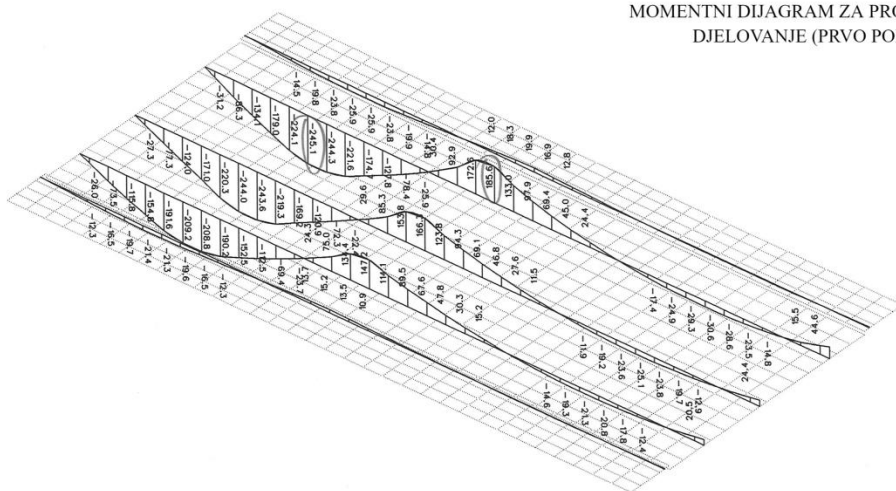
MOMENTNI DIJAGRAM ZA STALNO OPTEREĆENJE

MOMENT DIAGRAM MXX



Slika 30. Vrijednosti momenta savijanja uslijed djelovanja stalnog opterećenja u x smjeru

MAX= 185.6(KNm)  
MIN= -245.1(KNm)



MOMENTNI DIJAGRAM ZA PROMJENJIVO DJELOVANJE (PRVO POLJE)

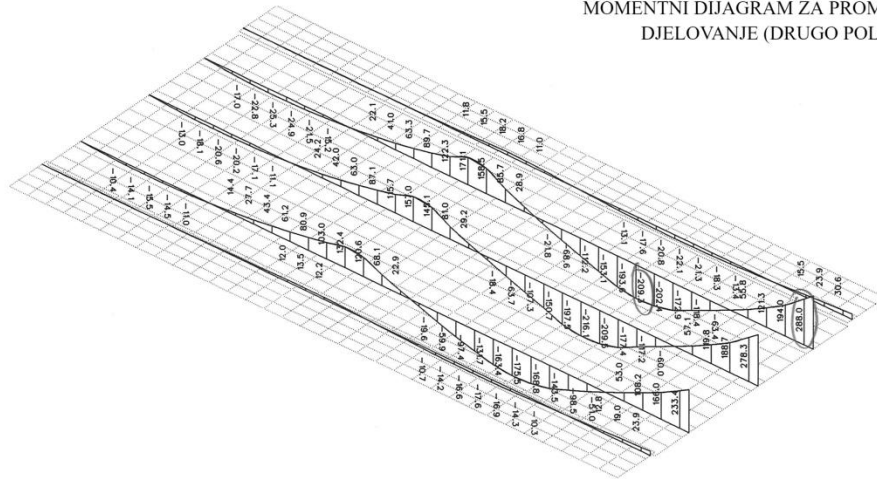
MOMENT DIAGRAM MXX



Slika 31. Vrijednosti momenata savijanja uslijed djelovanja promjenjivog djelovanja (prvo polje) u x smjeru

MAX= 288.0(KNm)  
 MIN= -216.1(KNm)

MOMENTNI DIJAGRAM ZA PROMJENJIVO  
 DJELOVANJE (DRUGO POLJE)



MOMENT DIAGRAM MXX



Slika 32. Vrijednosti momenata savijanja uslijed djelovanja promjenjivog djelovanja (drugo polje) u x smjeru

Tablica 2. Iznos dobivenih reakcija

OSLONAC	REAKCIJE [kN]								
	A			B			C		
	R <sub>a1</sub>	R <sub>a2</sub>	R <sub>a3</sub>	R <sub>b1</sub>	R <sub>b2</sub>	R <sub>b2</sub>	R <sub>c1</sub>	R <sub>c2</sub>	R <sub>c3</sub>
<b>Opterećenje</b>									
Stalno G <sub>vl</sub> +Δg	510,7	-30,3	510,7	1556,0	214,2	1556,0	768,4	102,0	768,4
Prometno Q+q (Prvo polje)	193,1	245,2	295,2	343,3	439,7	534,7	61,9	64,2	129,9
Prometno Q+q (Drugo polje)	33,7	35,7	77,8	299,6	414,6	490,3	237,9	352,9	364,6

Tablica 3. Iznos dobivenih momenata savijanja

OS	MOMENTI U POLJU [kNm]		MOMENTI NA LEŽAJU [kNm]	
	X	X	X	X
<b>Opterećenje</b>				
Stalno G <sub>vl</sub> +Δg	<b>-200,0</b>	<b>-169,1</b>	<b>390,2</b>	<b>385,5</b>
Prometno Q+q (Prvo polje)	<b>-245</b>	<b>-29,3</b>	<b>185,6</b>	<b>44,6</b>
Prometno Q+q (Drugo polje)	<b>-25,3</b>	<b>-209,3</b>	<b>171,1</b>	<b>288</b>

## 4.4. Proračunske situacije

### 4.4.1. Prva proračunska situacija

1. Stalno · 1,35 + Promjenjivo (1. polje) · 1,5

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

$$M_{sd} = (-200,0 \cdot 1,35) + (-245 \cdot 1,5) = -637,5 \text{ kNm}$$

2. Stalno · 1,35 + Promjenjivo (1. ležaj) · 1,5

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

$$M_{sd} = (390,2 \cdot 1,35) + (186,6 \cdot 1,5) = 806,67 \text{ kNm}$$

### 4.4.2. Druga proračunska situacija

3. Stalno · 1,35 + Promjenjivo (2. polje) · 1,5

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

$$M_{sd} = (-169,1 \cdot 1,35) + (-209,3 \cdot 1,5) = -542,24 \text{ kNm}$$

4. Stalno · 1,35 + Promjenjivo (2. ležaj) · 1,5

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

$$M_{sd} = (385,5 \cdot 1,35) + (288,0 \cdot 1,5) = 952,43 \text{ kNm}$$

## 5. Dimenzioniranje kritičnog presjeka rasponskog sklopa

### 5.1. Kakvoća gradiva

Beton C30/37,  $f_{ck} = 30\text{N/mm}^2$ ,  $f_{ck(kocka)} = 37\text{N/mm}^2$

Armatura B500B,  $f_{yk} = 50\text{kN/cm}^2$

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

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

Zaštitni sloj betona do armature  $c = 40\text{ mm}$ .

### 5.2. Statička visina $d$

$$d = h - c - \emptyset_{\text{popr.arm.}} + \frac{\emptyset_{\text{gl.arm.}}}{2}$$

$$d = 62 - 4 - 1,4 - \frac{2,6}{2}$$

$$d = 55,30\text{ cm}$$

### 5.3. Proračun uzdužne armature u polju:

Bezdimenzionalni moment savijanja:

$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{63750\text{kNcm}}{100\text{cm} \cdot (55,30\text{cm})^2 \cdot 2\text{kN/cm}^2} = 0,1042$$

Očitano:  $0,105 \rightarrow \zeta = 0,932$

$\rightarrow \xi = 0,163$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{d \cdot \zeta \cdot f_{yd}} = \frac{63750 \text{ kNcm}}{55,30 \text{ cm} \cdot 0,932 \cdot 43,48 \text{ kN/cm}^2} = 28,45 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura na ležaju:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b_{eff} \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 55,30 = 8,30 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura u polju:

$$A_{s,max} = 0,310 \cdot b_{eff} \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,310 \cdot 100 \cdot 55,3 \cdot \frac{2,0}{43,48} = 78,85 \text{ cm}^2$$

**Odabrano:  $A_{s1} = 6\text{Ø}25 (29,45 \text{ cm}^2) \geq A_{s1} = 28,45 \text{ cm}^2$**

#### 5.4. Proračun uzdužne armature na ležaju:

Bezdimenzionalni moment savijanja:

$$\mu_{Ed}^{101-102} = \frac{M_{Ed,red}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{95243 \text{ kNcm}}{100 \text{ cm} \cdot (55,30 \text{ cm})^2 \cdot 2 \text{ kN/cm}^2} = 0,155$$

Očitano:  $0,159 \rightarrow \zeta = 0,892$

$\rightarrow \xi = 0,259$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{d \cdot \zeta \cdot f_{yd}} = \frac{95243 \text{ kNcm}}{55,30 \text{ cm} \cdot 0,892 \cdot 43,48 \text{ kN/cm}^2} = 44,40 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura na ležaju:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b_{eff} \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 55,30 = 8,30 \text{ cm}^2$$



Maksimalna armatura na ležaju:

$$A_{s,max} = 0,310 \cdot b_{eff} \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,310 \cdot 100 \cdot 55,3 \cdot \frac{2,0}{43,48} = 78,85 \text{ cm}^2$$

**Odabrano:  $A_{s1} = 6\text{Ø}32 (48,26 \text{ cm}^2) \geq A_{s1} = 44,40 \text{ cm}^2$**

## 5.5. Proračun poprečne armature

Kod ploča nisu poprečne sile aktualne kao kod greda, nego momenti savijanja. Vilice se stavljaju prema preporukama iz literature [1,9]

**Odabrano  $\Phi 14/25 \text{ cm}$**

## 5.6. Armiranje – rekapitulacija

### 5.6.1. Donja zona

GLAVNA UZDUŽNA ARMATURA U SREDINI PLOČE U POLJU

**ODABRANO:  $6\text{Ø}25 (29,45 \text{ cm}^2/\text{m širine})$**

RAZDJELNA ARMATURA (u y smjeru)

$$\frac{A_{ar}}{A_a} = 0,2$$

$$A_{ar} = 0,2 \cdot A_a = 0,2 \cdot 29,45 \text{ cm}^2 = 5,89 \text{ cm}^2$$

**ODABRANO:  $4\text{Ø}14 (6,16 \text{ cm}^2/\text{m širine})$**

Rub ploče (u poprečnom smislu) više je opterećen: pojačanje glavne uzdužne armature za 15% na širini od 1,84 m od rubova (20% širine ploče, obostrano)

GLAVNA UZDUŽNA ARMATURA UZ RUB PLOČE

**ODABRANO:  $8\text{Ø}25 (39,27 \text{ cm}^2/\text{m širine})$**

### Određivanje duljine sidrenja armature:

$$l_b = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{f_{bd} \cdot u} = \frac{\emptyset \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{25\text{mm} \cdot 434,78\text{N/mm}^2}{4 \cdot 3\text{N/mm}^2} = 905,80\text{mm} \cong 0,905\text{ m}$$

$$l_s = l_b \cdot \alpha_1 = 0,905\text{m} \cdot 1,4 = 1,267\text{m} \cong 1,30\text{ m}$$

Duljina preklapanja za nastavljjanje armature iznosi 1,30 m. Odabire se osnovna duljina šipke 8,0 m

#### Dimenzije vilica 25 x 51 cm

Vilice u središnjem dijelu ploče:

Uz ležajeve na 20 cm, u zoni 3m od kraja u središnjem dijelu raspona na 50 cm.

Minimalno 4 vilice po m<sup>2</sup> površine zbog stabilnosti koša armature pri betoniranju.

Na svim dijelovima: 2 vilice u 1 m širine.

### 5.6.2. Gornja zona

GLAVNA UZDUŽNA ARMATURA NA LEŽAJEVIMA:

ODABRANO: **6Ø32 (48,26 cm<sup>2</sup>/m širine)**

GLAVNA UZDUŽNA TLAČNA ARMATURA U POLJU:

ODABRANO: **Ø14/20cm**

KONSTRUKTIVNA ARMATURA:

ODABRANO: **Ø12/20cm**

RAZDJELNA ARMATURA:

ODABRANO: **Ø14/20cm**

## 5.7. Statička provjera konzole mosta

ODABRANO: Ø14 (15,39 cm<sup>2</sup>/m širine)

### 5.7.1. Analiza opterećenja:

Stalno opterećenje:

$$g_{P,V} = (0,20 \cdot 0,70 + 1,9 \cdot 0,20) \cdot 25 = 13 \text{ kN/m'}$$

$$g_{P,V} = 13 \text{ kN/m' } + 1 \text{ kN/m' } = 14 \text{ kN/m'}$$

$$g_k = 0,3 \cdot 1,80 \cdot 25 \cdot 2 \cdot 1 = 27 \text{ kN/m'}$$

Pokretno opterećenje: navala ljudi

$$Q = 5 \text{ kN/m}^2 = 5 \text{ kN/m'}$$

### 5.7.2. Proračunska situacija

$$M_g = \frac{41 \cdot 1,8}{2} = 36,90 \text{ kNm}$$

$$M_q = \frac{5 \cdot 1,8}{2} = 4,50 \text{ kNm}$$

$$M_{ed} = 1,35 \cdot 36,90 + 1,50 \cdot 4,50 = 56,56 \text{ kNm}$$

### 5.7.3. Dimenzioniranje

Bezdimenzionalni moment savijanja:

$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5656,50 \text{ kNcm}}{100 \text{ cm} \cdot (21 \text{ cm})^2 \cdot 2 \text{ kN/cm}^2} = 0,0641$$

Očitano: 0,066 → ζ = 0,957

$$\rightarrow \xi = 0,111$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{d \cdot \zeta \cdot f_{yd}} = \frac{5656,50 \text{ kNcm}}{21 \text{ cm} \cdot 0,957 \cdot 43,48 \text{ kN/cm}^2} = 6,47 \text{ cm}^2 < 15,39 \text{ cm}^2$$

**Odobrana armatura konzole zadovoljava!**

## **6. Nacrti armature**

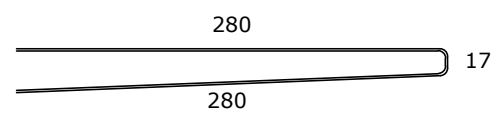
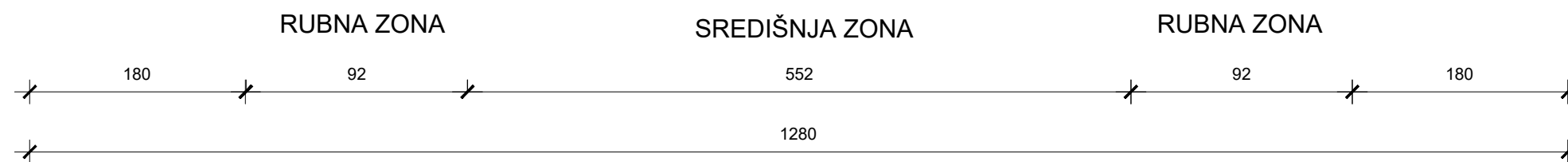
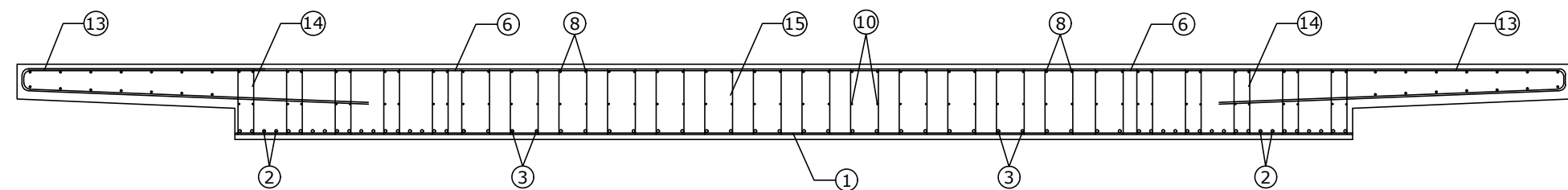
**6.1. Armatura donje i gornje zone**

**6.2. Armatura u poprečnom presjeku rasponskog sklopa u poljima**

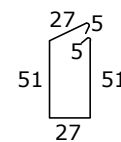
**6.3. Armatura u poprečnom presjeku rasponskog sklopa na ležajevima**



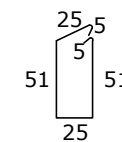
# NACRT ARMATURE POPREČNOG PRESJEKA U POLJU MJ 1:50



⑬ Ø14/20 cm,  
L=577 cm,  
490 kom



⑭ Vilica u rubnoj zoni  
Ø14/20 cm,  
L=166 cm,  
2450 kom



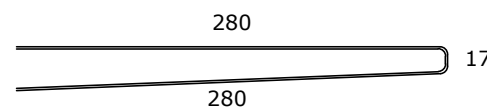
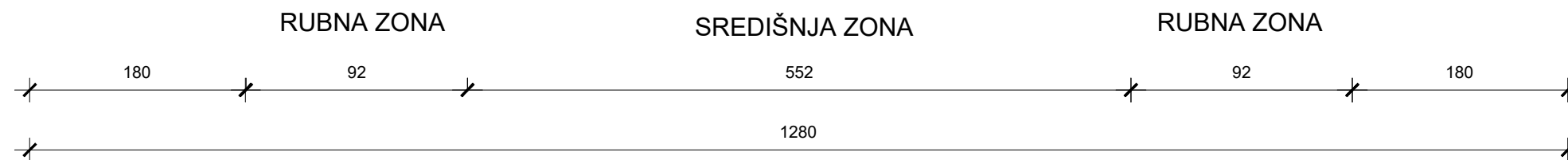
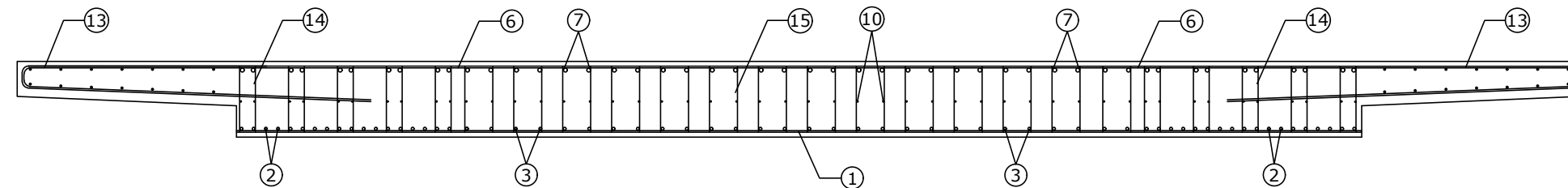
⑮ Vilica u srednjoj zoni  
Ø14/25 cm,  
L=162 cm,  
336 kom vilica na početnih i završnih 300 cm  
2408 kom središnji dio nosača

ukupno: 2744 kom

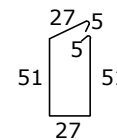
Sveučilište Sjever Odjel Graditeljstvo
Naslov rada: Pločasti nadvožnjak preko ceste u ravnici
Sadržaj priloga: Nacrt armature poprečnog presjeka u poljima
Mjerilo: 1:50
Izradila: Nikolina Petrović
Mentor: Goran Puž
Akadska godina: 2020/2021
Dovršeno: listopad 2021.

# NACRT ARMATURE POPREČNOG PRESJEKA NAD LEŽAJEM

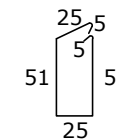
## MJ 1:50



⑬ Ø14/20 cm,  
L=577 cm,  
490 kom



⑭ Vilica u rubnoj zoni  
Ø14/20 cm,  
L=166 cm,  
2450 kom



⑮ Vilica u srednjoj zoni  
Ø14/25 cm,  
L=162 cm,  
336 kom vilica na početnih i završnih 300 cm  
2408 kom središnji dio nosača

ukupno: 2744 kom

Sveučilište Sjever
Odjel Graditeljstvo
Naslov rada: Pločasti nadvožnjak preko ceste u ravnici
Sadržaj priloga: Nacrt armature poprečnog presjeka na ležajevima
Mjerilo: 1:50
Izradila: Nikolina Petrović
Mentor: Goran Puž
Akadska godina: 2020/2021
Dovršeno: listopad 2021.

## 6.4. Iskaz armature

ISKAZ ARMATURE								
					Duljine po promjerima			
Dio sklopa	Oznaka šipke	Ø mm	Komada	Duljina u metrima	Ø12	Ø14	Ø25	Ø32
Rasponska konstrukcija	1	14	116	10,26		1190,16		
	2	25	216	8,00			1728,00	
	3	25	168	8,00			1344,00	
	4	25	36	8,80			316,80	
	5	25	28	8,80			246,40	
	6	14	245	9,36		2293,20		
	7	32	192	8,00				1536,00
	8	14	192	8,00		1536,00		
	9	14	64	8,80		563,20		
	10	12	36	28,00	1008,00			
	11	12	36	22,30	802,80			
	12	14	128	4,35		556,80		
	13	14	490	5,77		2827,30		
	14	14	2450	1,66		4067,00		
	15	14	2744	1,62		4445,28		
Ukupno (m)					1810,80	17478,94	3635,20	1536,00
Masa (kg/m)					0,911	1,242	3,951	6,474
Ukupno po promjerima (kg)					1.649,64	21.708,84	14.362,68	9.944,06
<b>Sveukupno (kg)</b>					<b>47.665,22</b>			



## 7. Dokaznica mjera na nadvožnjaku „Zagreb–Varaždin“

A	<b>DONJI USTROJ</b>		
Stavka	Opis radova	Jed. mj.	Količina
<b>1. PRIPREMNI RADOVI</b>			
1.1.	Jarci za odvodnju drenaže iza upornjaka	m'	$15 \cdot 4 = 60,00 \text{ m}'$
1.2.	Izvedba drenažnog sloja uz zidove i krila upornjaka	m <sup>3</sup>	$10,50\text{m} \cdot 5,70\text{m} \cdot 0,45\text{m} = 26,94 \text{ m}'$
1.3.	Izvedba drenaže upornjaka drenažnim PVC cijevima $\varphi=200\text{mm}$	m'	$(10,50\text{m} + 10\text{m}) \cdot 2 = 41,00 \text{ m}'$
1.4.	Izvedba odvodnje sa zida upornjaka PVC cijevima $\varphi=80\text{mm}$	m'	$0,5 \cdot 2 = 1,0 \text{ m}'$
<b>2. ZEMLJANI RADOVI</b>			
2.1.1.	Široki iskop do gornje kote temelja (u suhom)	m <sup>3</sup>	$(2,54\text{m}^2 \cdot 15,10\text{m}) \cdot 2 = 76,71\text{m}^3$ $(2,45\text{m}^2 \cdot 3,20\text{m}) \cdot 4 = 31,36 \text{ m}^3$ $(6,60\text{m}^2 \cdot 10,20\text{m}) \cdot 3 = 201,96 \text{ m}^3$
2.1.2.	Iskop za temelje upornjaka	m <sup>3</sup>	$(2,88\text{m}^2 \cdot 15,10\text{m}) \cdot 2 = 86,98 \text{ m}^3$ $(4,33\text{m}^2 \cdot 3,20\text{m}) \cdot 4 = 55,42 \text{ m}^3$
2.1.3.	Iskop za temelje stupova	m <sup>3</sup>	$(5,37\text{m}^2 \cdot 10,20\text{m}) \cdot 3 = 164,32 \text{ m}^3$
2.2.	Zatrpavanje temelja	m <sup>3</sup>	$(310,03 + 142,4 + 164,32)$ $- (157,81 + 81,88)$ $= 377,06 \text{ m}^3$
2.3.	Izrada nasipa iza zida upornjaka	m <sup>3</sup>	$(10,50\text{m} \cdot 5,70\text{m} \cdot 3,35\text{m}) - 26,94\text{m}^3$ $= 173,55 \text{ m}^3$
2.4.	Izrada pokosa nasipa uz upornjake	m <sup>3</sup>	$V = (R^2 \cdot \frac{\pi}{3}) \cdot (\frac{H}{4})$ $4 \cdot (9,5^2 \cdot \frac{\pi}{3}) \cdot (\frac{3,35}{4}) = 316,61 \text{ m}^3$
<b>3. BETONSKI RADOVI</b>			
3.1.	Izrada sloja podložnog betona C12/15	m <sup>3</sup>	$(3,00\text{m} \cdot 14,20\text{m} \cdot 0,10\text{m}) \cdot 2 = 8,52 \text{ m}^3$ $(2,40\text{m} \cdot 3,45\text{m} \cdot 0,10\text{m}) \cdot 4 = 3,31 \text{ m}^3$ $(2,80\text{m} \cdot 9,40\text{m} \cdot 0,10\text{m}) \cdot 3 = 7,90 \text{ m}^3$ $\Sigma = 19,73 \text{ m}^3$
3.2.	Betoniranje temelja upornjaka i stupova u suhom, C30/37	m <sup>3</sup>	$(2,80\text{m} \cdot 14,10\text{m} \cdot 0,80\text{m}) \cdot 2 = 63,17 \text{ m}^3$ $(3,25\text{m} \cdot 2,20\text{m} \cdot 0,80\text{m}) \cdot 4 = 22,88 \text{ m}^3$ $(2,60\text{m} \cdot 9,20\text{m} \cdot 1,00\text{m}) \cdot 3 = 71,76 \text{ m}^3$ $\Sigma = 157,81 \text{ m}^3$

3.3.	Izrada zidova i krila upornjaka, C30/37	m <sup>3</sup>	$(39,12m^2 \cdot 0,80m) \cdot 2 = 62,60 m^3$ $(17,06m^2 \cdot 1,20m) \cdot 4 = 81,88 m^3$ $\Sigma = 144,50 m^3$
3.4.	Izrada AB prijelaznih ploča na upornjacima, C30/37	m <sup>3</sup>	$(5,50m \cdot 10,50m \cdot 0,30m) \cdot 2 = 34,65 m^3$
3.5.	Izrada AB stupova, C30/37	m <sup>3</sup>	$V = r^2\pi \cdot h$ $(0,8m)^2 \cdot \pi \cdot 5,60m = 11,26 m^3$ $[(0,8m)^2 \cdot \pi \cdot 5,45m] \cdot 2 = 21,92 m^3$ $\Sigma = 33,20 m^3$
3.6.	Izrada ležajnih kvadera ispod ležaja od specijalnog morta	m <sup>3</sup>	$(0,5m \cdot 0,5m \cdot 0,15m) \cdot 19 = 0,72 m^3$
<b>4. ARMIRAČKI RADOVI</b>			
4.1.1.	Armatura temelja upornjaka do $\varnothing$ 12mm (uključivo i $\varnothing$ 12mm)	kg	$25 kg/m^3 \cdot 86,05m^3 = 2.151,25 kg$
4.1.2.	Armatura temelja upornjaka preko $\varnothing$ 12mm	kg	$80 kg/m^3 \cdot 86,05m^3 = 6.884,00 kg$
4.2.1.	Armatura temelja stupova do $\varnothing$ 12mm (uključivo i $\varnothing$ 12mm)	kg	$30 kg/m^3 \cdot 71,76m^3 = 2.152,80 kg$
4.2.2.	Armatura temelja stupova preko $\varnothing$ 12mm	kg	$85 kg/m^3 \cdot 71,76m^3 = 6.099,60 kg$
4.3.1.	Armatura zidova i krila upornjaka do $\varnothing$ 12mm (uključivo i $\varnothing$ 12mm)	kg	$30 kg/m^3 \cdot 144,50m^3 = 4.335,00 kg$
4.3.2.	Armatura zidova i krila upornjaka preko $\varnothing$ 12mm	kg	$60 kg/m^3 \cdot 144,50m^3 = 8.670,00 kg$
4.4.1.	Armatura prijelaznih ploča do $\varnothing$ 12mm (uključivo i $\varnothing$ 12mm)	kg	$50 kg/m^3 \cdot 34,65m^3 = 1.732,50 kg$
4.4.2.	Armatura prijelaznih ploča preko $\varnothing$ 12mm	kg	$85 kg/m^3 \cdot 34,65m^3 = 2.945,25 kg$
4.5.1.	Armatura stupova do $\varnothing$ 12mm (uključivo i $\varnothing$ 12mm)	kg	$35 kg/m^3 \cdot 33,20m^3 = 1.162,00 kg$
4.5.2.	Armatura stupova preko $\varnothing$ 12mm	kg	$80 kg/m^3 \cdot 33,20m^3 = 2.656,00kg$
4.6.	Armatura ležajnih istaka (kvadera) do $\varnothing$ 12mm	kg	$20 kg/kom \cdot 19 kom = 380,00 kg$
<b>5. ZAVRŠNI I OSTALI RADOVI</b>			
5.1.	Vertikalna hidroizolacija zidova i krila upornjaka	m <sup>2</sup>	$(12,90m \cdot 0,5m) \cdot 2 = 12,90 m^2$ $(10,35m \cdot 0,5m) \cdot 2 = 10,35 m^2$ $(6,75m \cdot 0,5m) \cdot 4 = 13,50 m^2$ $(5,65m \cdot 0,5m) \cdot 4 = 11,30 m^2$ $\Sigma = 48,05 m^2$

5.2.	Horizontalna hidroizolacija konzola krila, te vrha upornjaka	m <sup>2</sup>	$(6,80m \cdot 1,20m) \cdot 4 = 32,64m^2$ $(0,30m \cdot 10,35m) \cdot 2 = 6,21m^2$
5.3.	Hidroizolacija prijelaznih ploča	m <sup>2</sup>	$(5,50m \cdot 10,50m) \cdot 2 = 115,50 m^2$
5.4.1.	Pomični ležajevi	kom	<b>12 kom</b>
5.4.2.	Nepomični ležajevi	kom	<b>3 kom</b>

<b>B GORNJI USTROJ</b>			
Stavka	Opis radova	Jed. mj.	Količina
<b>1. BETONSKI RADOVI</b>			
6.1.	Izrada armiranobetonskog pločastog rasonskog sklopa nadvožnjaka, C30/37	m <sup>3</sup>	$(6,84m^2 \cdot 49,60m) = 340,00 m^2$
<b>2. ARMIRAČKI RADOVI</b>			
7.1.1.	Armatura betonskog pločastog rasponskog sklopa do $\varnothing$ 12mm (uključivo i $\varnothing$ 12mm)	kg	$20kg/m^3 \cdot 340,0m^3 = 6.800,00 kg$
7.1.2.	Armatura betonskog pločastog rasponskog sklopa preko $\varnothing$ 12mm	kg	$135kg/m^3 \cdot 340,0m^3 = 45.900,00 kg$

<b>C OPREMA NADVOŽNJAKA I OSTALO</b>			
Stavka	Opis radova	Jed. mj.	Količina
<b>1. BETONSKI RADOVI</b>			
8.1.	Izrada montažnog vijenca, C30/37	m <sup>3</sup>	$(0,0723m^2 \cdot 61,78m) \cdot 2 = 8,94 m^3$
8.2.	Izrada montažnog rubnjaka, C30/37	m <sup>3</sup>	$(0,0871m^2 \cdot 61,78m) \cdot 2 = 10,77 m^3$
8.3.	Izrada betonskog hodnika, C30/37	m <sup>3</sup>	$(0,40m^2 \cdot 61,78m) \cdot 2 = 24,71 m^3$
<b>2. ARMIRAČKI RADOVI</b>			

9.1.1.	Armatura montažnog vijenca do $\varnothing$ 12mm (uključivo i $\varnothing$ 12mm)	kg	$20 \text{ kg/m}^3 \cdot 8,94\text{m}^3 = 178,80 \text{ kg}$
9.1.2.	Armatura montažnog vijenca, mrežasta armatura MAR 500/560	kg	$10 \text{ kg/m}^3 \cdot 10,77\text{m}^3 = 107,70 \text{ kg}$
9.2.	Armatura hodnika nadvožnjaka do $\varnothing$ 12mm (uključivo i $\varnothing$ 12mm)	kg	$40 \text{ kg/m}^3 \cdot 24,71\text{m}^3 = 988,40 \text{ kg}$
<b>3. IZRADA PRIJELAZNIH NAPRAVA</b>			
10.1.	Prijelazna naprava	m'	$12,90\text{m} + 12,90\text{m} = 25,80 \text{ m}'$
<b>4. IZRADA I UGRADNJA SLIVNIKA ZA ODVODNJU</b>			
11.1.	Slivnik za odvodnju oborinske vode s kolnika nadvožnjaka	kom	<b>4 kom</b>
<b>5. IZRADA I UGRADNJA ČELIČNE OGRADE</b>			
12.1.	Ograda sa štapnom ispunom prema detaljnom nacrtu, 40 kg/m'	m'	$61,78\text{m} \cdot 2 = 123,56 \text{ m}'$
12.2.	Pješačka ograda visine 120 cm	m'	$61,78\text{m} \cdot 2 = 123,56 \text{ m}'$
12.3.	Zaštitna ograda nad profilom autoceste	m'	$25,00\text{m} \cdot 2 = 50,00 \text{ m}'$
<b>6. IZRADA HIDROIZOLACIJE KOLNIKA I HODNIKA</b>			
13.1.	Izrada hidroizolacije sa zavarenim bitumenskim trakama	m <sup>2</sup>	$12,80\text{m} \cdot 49,60 = 634,88 \text{ m}^2$
<b>7. IZRADA ASFLASTNOG ZASTORA</b>			
14.1.1.	Asfalt-beton, zaštitni sloj, 4 cm (navesti tip asfalta)	m <sup>2</sup>	$8,00\text{m} \cdot 61,78\text{m} = 494,24 \text{ m}^2$
14.1.2.	Asfalt-beton, habajući sloj, 3 cm	m <sup>2</sup>	$8,00\text{m} \cdot 61,78\text{m} = 494,24 \text{ m}^2$
<b>8. MASA ZA ZALIJEVANJE REŠKI</b>			
15.1.	Zalijevanje uzdužnih reški na spoju zastora i rubnjaka	m'	$61,78\text{m} \cdot 2 = 123,56 \text{ m}'$
<b>9. ZAVRŠNI I OSTALI RADOVI</b>			
16.1.	Izvedba otvora za instalacije u nadvožnjaku- polietilenske cijevi u pješačkoj stazi	m'	$61,78\text{m} \cdot 6 = 370,70 \text{ m}'$
16.2.	Postavljanje repera za geodetsko praćenje konstrukcije	kom	<b>2 kom</b>
16.3.	Nepredviđeni radovi	pauš.	paušalno

**10. ISPITIVANJE NADVOŽNJAKA PROBNIM OPTEREĆENJEM**

17.1.	Ispitivanje	pauš.	paušalno
-------	-------------	-------	----------

Dokaznica mjera je napravljena prema literaturi [2].

## 8. Troškovnik radova na nadvožnjaku „Zagreb – Varaždin“

A	<b>DONJI USTROJ</b>				
Stavka	Opis radova	Jed. mjere	Količina	Jed. cijena	Ukupno
<b>1. PRIPREMNI RADOVI</b>					
1.1.	Jarci za odvodnju drenaže iza upornjaka	m'	60,00		
1.2.	Izvedba drenažnog sloja uz zidove i krila upornjaka	m <sup>3</sup>	26,94		
1.3.	Izvedba drenaže upornjaka drenažnim PVC cijevima $\varphi=200\text{mm}$	m'	41,00		
1.4.	Izvedba odvodnje sa zida upornjaka PVC cijevima $\varphi=80\text{mm}$	m'	1,00		
<b>2. ZEMLJANI RADOVI</b>					
2.1.1.	Široki iskop do gornje kote temelja. Iskop se vrši pod kutem od 45° do gornjeg ruba temelja proširenog za po 0,5 m na svaku stranu. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga II, točka 2-02.3	m <sup>3</sup>	310,03		
2.1.2.	Strojni iskop za temelje upornjaka, uz ručno poravnavanje iskopa u materijalu „C“ kategorije. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga II, točka 2-04.	m <sup>3</sup>	142,40		
2.1.3.	Strojni iskop za temelje stupišta, uz ručno poravnavanje iskopa u materijalu „C“ kategorije. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga II, točka 2-04.	m <sup>3</sup>	164,32		
2.2.	Strojno zatrpavanje oko temelja materijalom iz iskopa u slojevima 30-50 cm uz lagano zbijanje glatkim valjcima. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga II, točka 2-08.1	m <sup>3</sup>	377,06		
2.3.	Izrada nasipa iza zida upornjaka od zemljanog materijala kategorije „C“. Ova stavka obuhvaća nasipanje, razastiranje, planiranje materijala u nasipu, zbijanje prema zahtjevima iz OTU, knjiga II, točka 2-09.1	m <sup>3</sup>	173,55		
2.4.	Izrada pokosa nasipa uz upornjake od zemljanog materijala kategorije „C“. Ova	m <sup>3</sup>	316,61		

	stavka obuhvaća nasipavanje, razastiranje, planiranje materijala u nasipu, zbijanje prema zahtjevima iz OTU, knjiga II, točka 2-09.1. i uključuje zaštitu pokosa primjenom humusnog materijala i travnate vegetacije prema točki 2-15.1.				
<b>3. BETONSKI RADOVI</b>					
3.1.	Betoniranje podložnog sloja betona ispod svih temelja betonom klase C12/15. Debljina sloja podložnog betona iznosi 10cm. Gornja ploha podložnog betona treba biti ravna i na projektiranoj visinskoj koti. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.4.	m <sup>3</sup>	19,73		
3.2.	Betoniranje temelja upornjaka i stupova u suhom, betonom klase C30/37 u temeljnoj jami u oplati, na licu mjesta. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.4.	m <sup>3</sup>	157,81		
3.3.	Betoniranje zidova i krila upornjaka, betonom klase C30/37 u oplati. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.4.	m <sup>3</sup>	144,50		
3.4.	Betoniranje prijelaznih ploča na upornjacima, betonom klase C30/37. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.4.	m <sup>3</sup>	34,65		
3.5.	Betoniranje stupova betonom klase C30/37. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.4.	m <sup>3</sup>	33,20		
3.6.	Betoniranje ležajnih kvadera ispod ležaja od specijalnog morta. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.4.	m <sup>3</sup>	0,72		
<b>4. ARMIRAČKI RADOVI</b>					
4.1.1.	Armiranje temelja upornjaka do $\phi$ 12mm (uključivo i $\phi$ 12mm), korištenjem čvrstoće čelika B500B. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5.	kg	2.1511,25		
4.1.2.	Armiranje temelja upornjaka preko $\phi$ 12mm korištenjem čvrstoće čelika B500B. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5.	kg	6.884,00		

4.2.1.	Armiranje temelja stupova do $\varnothing$ 12mm (uključivo i $\varnothing$ 12mm), korištenjem čvrstoće čelika B500B. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5.	kg	2.152,80		
4.2.2.	Armiranje temelja stupova preko $\varnothing$ 12mm, korištenjem čvrstoće čelika B500B. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5.	kg	6.099,60		
4.3.1.	Armiranje zidova i krila upornjaka do $\varnothing$ 12mm (uključivo i $\varnothing$ 12mm), korištenje čvrstoće čelika B500B. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5.	kg	4.335,00		
4.3.2.	Armiranje zidova i krila upornjaka preko $\varnothing$ 12mm, korištenje čvrstoće čelika B500B. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5.	kg	8.670,00		
4.4.1.	Armiranje prijelaznih ploča do $\varnothing$ 12mm (uključivo i $\varnothing$ 12mm), korištenje čvrstoće čelika B500B. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5.	kg	1.732,50		
4.4.2.	Armiranje prijelaznih ploča preko $\varnothing$ 12mm, korištenje čvrstoće čelika B500B. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5.	kg	2.945,25		
4.5.1.	Armiranje stupova do $\varnothing$ 12mm (uključivo i $\varnothing$ 12mm), korištenje čvrstoće čelika B500B. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5.	kg	1.162,00		
4.5.2.	Armiranje stupova preko $\varnothing$ 12mm, korištenje čvrstoće čelika B500B. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5.	kg	2.656,00		
4.6.	Armiranje ležajnih istaka (kvadera) do $\varnothing$ 12mm, korištenje čvrstoće čelika B500B. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5.	kg	380,00		
<b>5. ZAVRŠNI I OSTALI RADOVI</b>					
5.1.	Izvedba vertikalne hidroizolacije zidova i krila upornjaka. Hidroizolirati sve ukopane površine zida i krila upornjaka, unutarne i vanjske. Hidroizolirat će se s 2 sloja specijalnog bezbojnog vodonepropusnog premaza na bazi polimera. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.9	m <sup>2</sup>	48,05		
5.2.	Izvedba horizontalne hidroizolacije konzola krila, te vrha upornjaka. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.9	m <sup>2</sup>	38,85		



5.3.	Izvedba hidroizolacije prijelaznih ploča. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.9	m <sup>2</sup>	115,50		
5.4.1.	Pomični ležajevi	kom	12		
5.4.2.	Nepomični ležajevi	kom	3		

<b>B</b>		<b>GORNJI USTROJ</b>			
Stavka	Opis radova	Jed. mjere	Količina	Jed. cijena	Ukupno
<b>1. BETONSKI RADOVI</b>					
6.1.	Betoniranje pločastog rasponskog sklopa nadvožnjaka, betonom klase C30/37. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.4.	m <sup>3</sup>	340,00		
<b>2. ARMIRAČKI RADOVI</b>					
7.1.1.	Armiranje temelja stupova do $\varnothing$ 12mm (uključivo i $\varnothing$ 12mm), korištenjem čvrstoće čelika B500B. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5.	kg	6.800,00		
7.1.2.	Armiranje pločastog rasponskog sklopa preko $\varnothing$ 12mm, korištenje čvrstoće čelika B500B. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5.	kg	45.900,00		

<b>C</b>		<b>OPREMA NADVOŽNJAKA I OSTALO</b>			
Stavka	Opis radova	Jed. mjere	Količina	Jed. cijena	Ukupno
<b>1. BETONSKI RADOVI</b>					
8.1.	Betoniranje i montaža vijenca betonom klase C30/37. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.4.	m <sup>3</sup>	8,94		
8.2.	Betoniranje i montaža rubnjaka betonom klase C30/37.	m <sup>3</sup>	10,77		

	Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.4.				
8.3.	Betoniranje i montaža hodnika betonom klase C30/37. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.4.	m <sup>3</sup>	24,71		
<b>2. ARMIRAČKI RADOVI</b>					
9.1.	Armiranje montažnog vijenca do $\varnothing$ 12mm, korištenje čvrstoće čelika B500B. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5.	kg	178,80		
9.2.	Armiranje montažnog vijenca mrežastom armaturom MAR 500/560, korištenje čvrstoće čelika B500B. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5.	kg	107,70		
9.3.	Armiranje montažnog hodnika nadvožnjaka do $\varnothing$ 12mm, korištenje čvrstoće čelika B500B. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5.	kg	988,40		
<b>3. IZRADA PRIJELAZNIH NAPRAVA</b>					
10.1.	Nabava i ugradnja prijelaznih naprava nad upornjacima. Predviđene su vodonepropusne naprave s mogućnošću dilatiranja $\pm 40$ mm. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.7.	m'	25,80		
<b>4. IZRADA I UGRADNJA SLIVNIKA ZA ODVODNJU</b>					
11.1.	Nabava i montaža slivnika za odvodnju oborinske vode s kolnika nadvožnjaka. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga II, točka 3-04.5.	kom	4		
<b>5. IZRADA I UGRADNJA ČELIČNE OGRADE</b>					
12.1.	Nabava potrebnog materijala te izrada i montaža odbojne ograde prema projektu. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.10 i 7-01.12	m'	123,56		
12.2.	Nabava potrebnog materijala te izrada i montaža pješačke ograde prema projektu. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.10 i 7-01.12	m'	123,56		

12.3.	Nabava potrebnog materijala te izrada i montaža zaštitne ograde nad profilom autoceste prema projektu. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.10 i 7-01.12	m'	50,00		
<b>6. IZRADA HIDROIZOLACIJE KOLNIKA I HODNIKA</b>					
13.1.	Nabava i dobava potrebnog materijala te izvedba hidroizolacije kolničke ploče sa zavarenim bitumenskim trakama. Kvaliteta svih materijala mora odgovarati važećim normama. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.9.1.	m <sup>2</sup>	634,88		
<b>7. IZRADA ASFLATNOG ZASTORA</b>					
14.1.1.	Izrada donjeg zaštitnog sloja asfalt betona AB-8 debljine 4 cm na kolničkoj ploči. Kao vezivo primijeniti modificirani bitumen PmB 60-90. Kvaliteta materijala i izrada prema važećim propisima i pravilima struke. Uz rubove kolnika, te na spojevima sa slivnicima i prijelaznom napravom ostaviti reške širine 20 mm i dubine do hidroizolacije. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga III, točka 5-03.	m <sup>2</sup>	494,24		
14.1.2.	Izrada gornjeg habajućeg sloja asfalta betona AB-11S debljine 3 cm. Kao vezivo primijeniti modificirani bitumen PmB 60-90. Kvaliteta materijala i izrada prema važećim propisima i pravilima struke. Uz rubove kolnika, te na spojevima sa slivnicima i prijelaznom napravom ostaviti ireške širine 20 mmi dubine do hidroizolacije. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga III, točka 5-03.	m <sup>2</sup>	494,24		
<b>8. MASA ZA ZALIJEVANJE REŠKI</b>					
15.1.	Zalijevanje uzdužnih reški na spoju zastora i rubnjaka	m'	123,56		
<b>9. ZAVRŠNI I OSTALI RADOVI</b>					
16.1.	Izvedba otvora za instalacije u nadvožnjaku-polietilenske cijevi u pješačkoj stazi	m'	370,70		

16.2.	Postavljanje repera za geodetsko praćenje konstrukcije	kom	2		
16.3.	Nepredviđeni radovi	pauš.			
<b>10. ISPITIVANJE NADVOŽNJAKA PROBNIM OPTEREĆENJEM</b>					
17.1.	Ispitivanje	pauš.			

Troškovnik radova je napravljen prema literaturi [2].

## 9. Zaključak

Projektirani rasponski sklop nadvošnjaka je kontinuirani nosač pločastog poprečnog presjeka s konzolama duljine 1,80 m. U uzdužnom smjeru ima četiri raspona, duljina 11,00 i 13,50 m. Duljina nosača je 49,00 m, a širina rasponskog sklopa s konzolama 12,80 m.

Pitanje koje možemo postaviti glasi, jesu li se mogla primijeniti drukčija rješenja u projektiranju rasponskog sklopa nadvošnjaka?

Prvo smo trebali obratiti pažnju koju ćemo vrstu mosta prema statičkom sustavu primijeniti. Budući da su nam rasponi 11,00 i 13,50 m uzimamo gredni statički sustav. Upravo su gredni mostovi najuobičajeniji nosivi sustavi za mostove manjih i srednjih raspona. Prednost grednih mostova je njihova jednostavnost izvedbe, oblikovna i funkcionalna prilagodljivost na raznolike uvjete, nezamjenjivi za vrlo dugačke mostove, mostove u krivinama i pogodni za različita gradiva.

Zadatkom diplomskog rada zadan je kontinuirani nosač. Bez obzira na to, mogli smo primijeniti i neke druge gredne statičke sustave, kao što su to: slobodne grede u nizu, konzolne grede ili grede s lukovima. Primjenom prethodno navedenih grednih statičkih sustava, možemo smanjiti iznose momenata. Međutim, naši momenti nisu toliko veliki da odabrani kontinuirani nosač nebi izdržao. Upravo je statičkim proračunom dokazano da kontinuirani nosač, debljine 62 cm, zadovoljava uvjete graničnog stanja nosivosti uz pravilno armiranje.

Zadan je pločasti poprečni presjek nosača, ali mogli smo primijeniti i rebrasti poprečni presjek nosača. Primjenom rebrastog poprečnog presjeka nosača može se postići smanjenje površine poprečnog presjeka, ušteda na ugradnji materijala i ono najvažnije - vremena. Upravo zbog prethodno navedenih razloga, rijetko ćemo vidjeti da se danas u mostogradnji, grade mostovi punog pločastog poprečnog presjeka.

Za nosive ploče raspon konzole iznosi duljine 1,00 – 1,50 m kod pločastog poprečnog presjeka. Kod rebrastih i sandučastih poprečnih presjeka mogu ići do 5,00

m. Duljina konzole ovog nadvožnjaka iznosi 1,80 m, razlog tome je oblikovno rješenje nadvožnjaka i šira pješačka staza.

Donji ustroj nadvožnjaka se također mogao drukčije projektirati. Na primjer, stupovi su mogli biti od bilo kojeg oblika poprečnog presjeka, punog ili šupljeg presjeka, različitih materijala, ili se mogao mijenjati poprečni presjek po visini. Također i upornjaci su mogli imati drukčija rješenja (krila, manje masivniji).

Projektirani nadvožnjak zadovoljava sve propisane zahtjeve kod projektiranja. Projektiranjem nadvožnjaka ostvarena je pouzdanost i funkcija nadvožnjaka, te svojim oblikom i veličinom nije nametljiv okolišu.

Iskustvom izrade diplomskog rada zaključujem, da ne postoji samo jedno rješenje, niti da postoji jedino ispravno rješenje, već to rješenje ovisi od pristupa inženjera prilikom projektiranja. Dakle, dva inženjera koja projektiraju most za istu lokaciju, neće napraviti isto idejno rješenje.

U Varaždinu 21.listopada 2021.godine

Studentica  
Nikolina Petrović

**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, NIKOLINA PETROVIĆ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica ~~završnog~~/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom PLOČASTI NADVOŽNJAK PREKO CESTE U RAVNICI (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Nikolina Petrović  
(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, NIKOLINA PETROVIĆ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom ~~završnog~~/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom PLOČASTI NADVOŽNJAK PREKO CESTE U RAVNICI (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Nikolina Petrović  
(vlastoručni potpis)

## 10. Literatura

- [1] Puž Goran: Vježbe iz kolegija Mostovi, 2020.
- [2] Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet; Mostovi – skripta uz vježbe, 2010.
- [3] <https://www.geotech.hr/diferencijalna-slijeganja/> 10.8.2021.
- [4] P. Presečki, M. Kovač, S. Pičulin: Kinematičke veze u proračunima prednapetih armiranobetonskih ploča, Časopis Građevinar 59, 2007.
- [5] Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17)
- [6] Zakon o građevnim proizvodima (NN76/13, 30/14, 130/17, 39/19)
- [7] Tehnički propis o građevnim proizvodima (NN 35/18)
- [8] Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17)
- [9] Pržulj Milenko: Mostovi, Udruženje „Izgradnja“, Beograd 2014.



## **Popis tablica**

<i>Tablica 1. Tablica za odabir armature (grede) .....</i>	<i>16</i>
<i>Tablica 2. Iznos dobivenih reakcija .....</i>	<i>44</i>
<i>Tablica 3. Iznos dobivenih momenata savijanja .....</i>	<i>44</i>

## Popis slika

<i>Slika 1. Shematski prikaz statičkih sustava za gredne nosače .....</i>	<i>2</i>
<i>Slika 2. Plošni element sa konvencijom momenata savijanja i uzdužnih naprezanja</i>	<i>10</i>
<i>Slika 3. Kompatibilnost uzdužnih rubnih naprezanja gornjeg ruba ploče korištenjem kinematskih veza .....</i>	<i>13</i>
<i>Slika 4. Statički sustav rasponskog sklopa: uzdužna i poprečna dispozicija .....</i>	<i>25</i>
<i>Slika 5. Prikaz položaja neutralne osi konzole i središnjeg dijela rasponskog sklopa – ekscentričnost .....</i>	<i>26</i>
<i>Slika 6. Numerički model rasponskog sklopa u softveru GRAFeM (lokalne osi elemenata poklapaju se sa globalnim koordinatnim osima).....</i>	<i>26</i>
<i>Slika 7. Poprečna dispozicija nadvožnjaka .....</i>	<i>27</i>
<i>Slika 8. Shema stalnog opterećenja (vlastita težina rasponskog sklopa i dodatnog stalnog opterećenja).....</i>	<i>29</i>
<i>Slika 9. Numerički model: prikaz deformiranja rasponskog sklopa uslijed djelovanja vlastite težine.....</i>	<i>30</i>
<i>Slika 10. Numerički model: reakcije uslijed djelovanja vlastite težine rasponskog sklopa .....</i>	<i>30</i>
<i>Slika 11. Numerički model: linija deformiranja rasponskog sklopa uslijed djelovanja vlastite težine.....</i>	<i>31</i>
<i>Slika 12. Numerički model: pomaci rasponskog sklopa uslijed djelovanja vlastite težine .....</i>	<i>31</i>
<i>Slika 13. Numerički model: prikaz deformiranja rasponskog sklopa uslijed djelovanja dodatnog stalnog opterećenja .....</i>	<i>32</i>
<i>Slika 14. Numerički model: reakcije uslijed djelovanja dodatnog stalnog opterećenja .....</i>	<i>32</i>
<i>Slika 15. Numerički model: pomaci rasponskog sklopa uslijed djelovanja dodatnog stalnog opterećenja .....</i>	<i>33</i>
<i>Slika 16. Shema prometnog opterećenja (kontinuirano opterećenje i koncentrirane sile u prvom polju) .....</i>	<i>34</i>
<i>Slika 17. Numerički model: shema prometnog opterećenja rasponskog sklopa kontinuiranim opterećenjem i koncentriranim silama u prvom polju.....</i>	<i>35</i>
<i>Slika 18. Numerički model: prikaz rasponskog sklopa uslijed djelovanja kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u prvom polju.....</i>	<i>35</i>

<i>Slika 19. Numerički model: reakcije uslijed djelovanja kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u prvom polju.....</i>	<i>36</i>
<i>Slika 20. Numerički model: pomaci rasponskog sklopa uslijed djelovanja kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u prvom polju .....</i>	<i>36</i>
<i>Slika 21. Numerički model: momentni dijagram u x smjeru uslijed djelovanja stalnog opterećenja, kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u prvom polju .....</i>	<i>37</i>
<i>Slika 22. Numerički model: momentni dijagram u y smjeru uslijed djelovanja stalnog opterećenja, kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u prvom polju .....</i>	<i>37</i>
<i>Slika 23. Shema prometnog opterećenja (kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u drugom polju) .....</i>	<i>38</i>
<i>Slika 24. Numerički model: shema prometnog opterećenja rasponskog sklopa kontinuiranim opterećenjem i koncentriranim silama u drugom polju .....</i>	<i>39</i>
<i>Slika 25. Numerički model: prikaz rasponskog sklopa uslijed djelovanja kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u drugom polju .....</i>	<i>39</i>
<i>Slika 26. Numerički model: reakcije uslijed djelovanja kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u drugom polju .....</i>	<i>40</i>
<i>Slika 27. Numerički model: linija deformiranja rasponskog sklopa uslijed djelovanja kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u drugom polju .....</i>	<i>40</i>
<i>Slika 28. Numerički model: momentni dijagram u x smjeru uslijed djelovanja stalnog opterećenja, kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u drugom polju .....</i>	<i>41</i>
<i>Slika 29. Numerički model: momentni dijagram u y smjeru uslijed djelovanja stalnog opterećenja, kontinuiranog opterećenja i koncentriranih sila u drugom polju .....</i>	<i>41</i>
<i>Slika 30. Vrijednosti momenta savijanja uslijed djelovanja stalnog opterećenja u x smjeru.....</i>	<i>42</i>
<i>Slika 31. Vrijednosti momenata savijanja uslijed djelovanja promjenjivog djelovanja (prvo polje) u x smjeru .....</i>	<i>42</i>
<i>Slika 32. Vrijednosti momenata savijanja uslijed djelovanja promjenjivog djelovanja (drugo polje) u x smjeru .....</i>	<i>43</i>