

# Pješački metalni most - limeni glavni nosač

---

Čupić, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2015

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:465853>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-16**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **DIPLOMSKI RAD**

**Marko Čupić**

**Split, 2015**

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE SPLIT  
STUDENTI

|                          |       |        |
|--------------------------|-------|--------|
| Primljeno: 26. 06. 2015. |       |        |
| Org. jed.                | Broj  | Prijeg |
| 02                       | 48/15 |        |

SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

STUDIJ: DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA

KANDIDAT: Marko Čupić

BROJ INDEKSA: 454

KATEDRA: Katedra za Metalne i drvene konstrukcije

PREDMET: Metalni mostovi

## ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: Pješački metalni most – limeni glavni nosač

Opis zadatka: Zadatak diplomskog rada je projektirati pješački metalni most u varijanti limenog glavnog nosača raspona 20,00 m. Potrebno je izvršiti analizu svih mjerodavnih opterećenja te za ista projektirati nosivu konstrukciju pješačkog metalnog mosta.

Također je potrebno izraditi radioničku – izvedbenu dokumentaciju pješačkog metalnog mosta uz proračun svih karakterističnih spojeva na konstrukciji.

U Splitu, 20. Ožujka 2015.

Voditelj Diplomskog rada:

Prof. dr. sc. Bernardin Peroš

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:  
Prof. dr. sc. Ivica Boko

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Marko Čupić**

**Pješački metalni most-limeni glavni nosač**

**Diplomski rad**

**Split, 2015**

## Pješački metalni most-limeni glavni nosač

### **Sažetak:**

Prema zadanim gabaritima napravljen je projekt konstrukcije čeličnog mosta. Na temelju zadanih gabarita, napravljen je prostorni proračunski model čelične metalne konstrukcije na kojemu je izvršeno dimenzioniranje svih nosivih elemenata. Nakon toga napravljeno je oblikovanje konstrukcije, proračun priključaka, te je izrađena radionička dokumentacija metalne konstrukcije pomoću računalnog programa Autocad 2013.

Na kraju su dati iskazi materijala pojedinih elemenata i ukupne količine materijala potrebne za izgradnju čeličnog pješačkog mosta.

### **Ključne riječi:**

Pješački most, čelična konstrukcija, limeni nosač, nacrti

## Steel pedestrian bridge – main tin girder

### **Abstract:**

Based on given dimensions was made the project of construction of steel bridge. also, on the given dimensions was made spatial design model of steel metal construction on which was made dimensioning of load - bearing elements. After that was made design of construction, estimate of connections and was made workshop documentacion of metal construction using computer program Autocad 2013.

In the end are given statements of material of individual elements and the total quantity of material what is required for building pedestrian metal bridge.

### **Keywords:**

Pedestrian bridge, Steel construction, Tin girder ,Drawings

### SADRŽAJ:

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 1. TEHNIČKI OPIS .....                          | 3  |
| 2. ANALIZA OPTEREĆENJA .....                    | 11 |
| 3. PRORAČUNSKI MODELI .....                     | 22 |
| 4. KOMBINACIJE OPTEREĆENJA .....                | 23 |
| 5. DIMENZIONIRANJE ELEMENATA MOSTA.....         | 27 |
| 6. SPOJEVI.....                                 | 45 |
| 7. PRORAČUN LEŽAJEVA I PRIJELAZNIH NAPRAVA..... | 47 |
| 8. PRORAČUN UPORNJAKA.....                      | 51 |
| 9. ISKAZ MATERIJALA.....                        | 59 |
| 10. LITERATURA.....                             | 60 |
| 11. GRAFIČKI PRILOZI.....                       | 61 |

## 1. Tehnički opis

### 1.1. Općenito

Projektni zadatak je proračun čeličnog pješačkog mosta, ukupne dužine 20,0 m, čiste širine prijelaza 3,30 m s ortotropnom čeličnom pločom kao donjim pojasom glavnih nosača. Naglasak zadatka je na detaljnoj analizi konstruktivnih dijelova i nosivih sustava, izvršen je detaljan proračun glavne rasponske konstrukcije.

U poprečnoj dispoziciji pješački most ima samo jedan kolosijek i ukupne je širine 3,30 m.

Područje izgradnje je grad Zagreb, te je most izgrađen u skladu s mogućnostima i uvjetima mjesta izgradnje (ekonomski, geološki i ekološki...)

Gornji ustroj mosta: - Glavni nosači

Donji ustroj mosta: - Pješačka staza

-Poprečni nosači

- Ležajevi

-Stup upornjaka

- Krila upornjaka

-Temelj

Glavna nosiva konstrukcija sastoji se od dva limena nosača koja su na upornjacima oslonjeni na pokretne i nepokretne ležajeve.

Kolnička konstrukcija se sastoji od spregnute betonske ploče debljine 4 cm na ploču se vari hidroizolacija preko koje je zatim postavljen zastor od tvrdo ljevanog asfalt.

Radi sigurnog prelaska na mostu je postavljena ograda od pocinčanog čelika. Ograda je postavljena okomito na niveletu u prostoru. Naslon i uzdužne prečke ograde prate uzdužni nagib pješačke staze i horizontalnu zakrivljenost mosta.

Prostorna stabilizacija mosta osigurana je pločom kolničke konstrukcije.

Sva predviđena rješenja i proračuni sukladni su važećim propisima i pravilima struke, uz primjenu suvremenih postignuća u ovom području. Predmetni projekt osigurava dostatno funkcionalan, pouzdan, siguran i trajan objekt. Proračunati su svi mjerodavni elementi objekta. Za svako odstupanje od ovog projekta potrebna je suglasnost projektanta i investitora. Za vrijeme izvođenja radova potrebna je stalna prisutnost nadzornog inženjera, stalni geodetski nadzor, te povremeni projektantski nadzor.

## **1.2. Konstruktivni sklopovi( statička shema)**

Glavna nosiva konstrukcija dimenzionirana je po statičkoj shemi proste grede u obliku kružnog luka.

Opća karakteristika ove konstrukcije je što omogućuje pomake a posebno usljed promjene temperature. U nastavku su posebno dokazane nosivost i stabilnost elemenata glavne rasponske konstrukcije za najkritičnija mjesta u konstrukciji.

Spregnuta ploča je dimenzionirana po statičkoj shemi kontinuiranog nosača.

Konstrukcija se proizvodi u radionici te se specijalnim prijevozom transportiradovodi na mjesto ugradnje.

## **1.3. Materijali izvedbe**

### **1.3.1. Glavni nosač**

Glavni nosač izrađen je od čeličnih limenih nosača. Limeni nosač je dimenzija 800x300x12x22 kvalitete čelika S 235. Kvaliteta ugrađenih elemenata i uvijeti proizvodnje u skladu su s propisima.

Dimenzioniranje nosača je obavljeno uzimajući u obzir utjecaj od stalnog opterećenja cjelokupne konstrukcija, od korisnog opterećenja. Provjeren je utjecaj vijetra na most.

Glavni nosači čine kružni luk, a strelica iznosi 1.40 m.



### **1.3.2. Poprečni nosači**

Poprečni nosači izrađeni su od čeličnih limenih nosača. Limeni nosač je dimenzija 300x160x22 kvalitete čelika S 235. rešetkaste konstrukcije. Kvaliteta ugrađenih elemenata i uvijeti proizvodnje u skladu su s propisima. Veza poprečnih nosača i glavnog nosača ostvarena je zavarivanjem.

Na poprečne nosače kao i na glavne nosače postavlja se ortotropna ploča. Veza poprečnih nosača i ortotropne ploče ostvaruje se zavarivanjem.

### **1.3.3. Spregnuta ploča**

Ortotropna ploča je debljine 10 mm a nosaci su čelični L profili dimenzija 150x 150 x 10 . ploča je postavljena na 5 L profila koji su zajedno s orto pločom oslonjeni na poprečne nosače. spoj orto ploče i nosača postignut je zavarivanjem.

Na poprečne nosače kao i na glavne nosače postavlja se ortotropna ploča. Veza poprečnih nosača i orto ploče ostvaruje se zavarivanjem.

### **1.3.4. Hidroizolacija**

Na postojeću ortotropnu ploču ljepi se hidroizolacija sa zavarenim preklopima. Hidroizolacija je armirana poliesterskim filcom i debljine 1 cm.

### **1.3.5. Kolnički zastor**

Kolnički zastor izrađen je od tvrdo ljevanog asfalta debljine sloja 4 cm.

## **1.4. Upornjaci**

Upornjaci su dijelovi mosta koji preuzimaju i prenose opterećenja mosta na tlo preko temeljne ploče. Krila , stup upornjaka i temeljne ploče su armirano betonski C 30/35 i izvode se monolitno.

## **1.5. Uređenje okoliša**

Nakon izgradnje predmetne građevine, potrebno je izvršiti sanaciju okoliša gradilišta kako bi se građevina što bolje uklopila u postojeći prirodni ambijent. Na taj bi se način smanjio osjećaj devastacije okoliša, te udovoljilo ekološkim aspektima. Zahvaćeni i

devastirani okoliš potrebno je biološki sanirati. Stoga je potrebno sve nasipe, iskope i ostale površine ozeleniti autohtonim biljnim vrstama. Prilikom sanacije okoliša gradilišta, posebnu pozornost potrebno je obratiti na slijedeće:

- Posječena stabla i panjeve ukloniti, i zatrpati sve udubine materijalom kao na okolnom terenu.
- Sve putne prilaze gradilištu urediti prema vizualnim zahtjevima okoliša, a one putove koji trajno ostaju u funkciji sanirati i urediti sukladno potrebama.
- Prethodno oformljene deponije i pozajmišta urediti i sanirati kako bi se u što većoj mjeri uklopili u prirodni okoliš, a u što manjoj mjeri ugrozili susjedne građevine.
- Sve privremene građevine, opremu gradilišta, neutrošeni materijal, otpad i slično treba ukloniti, a predmetno zemljište adekvatno sanirati - dovesti u prvotno stanje.
- Kompletanu zonu, devastiranu zahvatom, urediti i dovesti na razinu blisku izvornom stanju.

U cilju zaštite životinjskog svijeta, potrebno je sve devastirane površine oko objekta zasaditi autohtonom vegetacijom, odnosno potrebno je poduzeti sve mjere da se omogući životinjskim vrstama brže privikavanje na nove pravce kretanja i očuvanje njihovog opstanka u novim uvjetima.

## **1.6. Zaštita od buke**

U skladu s uvjetima, a prema Zakonu o zaštiti od buke ("Narodne Novine" br: 17/90, i 26/93), te Pravilniku o najviše dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave ("Narodne Novine" br: 39/90), na mostu nije predviđena izgradnja građevina za zaštitu od buke. Sama konstrukcija pješačkog mosta predstavlja građevinu kojom se postiže maksimalno prigušenje buke, te se sukladno gore navedenom projektu ceste ne predviđaju nikakve dodatne građevine za zaštitu od buke na prilazu objektu.

## **1.7. Probno opterećenje**

Prije stavljanja objekta u uporabu, potrebno je izvršiti probno ispitivanje glavne rasponske konstrukcije objekta, a sukladno važećim propisima. Ispitivanja treba obaviti prema

prethodno izrađenom programu, od strane mjerodavne institucije. Svrha probnog ispitivanja je utvrđivanje da li se izvedena konstrukcija ponaša u skladu s projektiranim stanjem. U tom smislu, nužno je utvrđivanje stanja pomaka (deformacija) i naprezanja tipičnih glavnih rasponskih nosača objekta, te utvrđivanje dinamičkih karakteristika dilatacijskih jedinica.

### **1.8. Održavanje**

Objekt se treba održavati u stanju projektom predviđene sigurnosti i funkcionalnosti, a sukladno odredbama odgovarajućih zakona, normativa i pravila struke. Prije puštanja objekta u uporabu, mora se izvršiti detaljan vizualni pregled objekta i nulto mjerenje stanja elemenata prema kojem će se tijekom uporabe kontrolirati deformacije. Kontrolni pregledi ne smiju biti duži od 2 godine.

Tekućim (kontrolnim) pregledima potrebno je, između ostalog, kontrolirati:

Stanje progiba / deformacija (slijeganja) i eventualna oštećenja rasponske konstrukcije.

Stanje zavora glavnih rasponskih elementa, i ostalih zavora.

Stanje i funkcioniranje ležajeva.

Stanje svih instalacija.

Stanje svih čeličnih elemenata objekta.

Sve uočene nedostatke i oštećenja potrebno je što hitnije otkloniti, kako bi se postiglo projektirano stanje, odnosno povećala sigurnost, trajnost i funkcionalnost objekta. Da bi se što više smanjili troškovi održavanja objekta i povećala njegova uporabna vrijednost, odabrana su takva rješenja, materijali i oprema koji imaju dostatnu kvalitetu i trajnost.

### **1.9. Način zbrinjavanja građevnog otpada**

Način zbrinjavanja građevnog otpada mora biti u skladu s propisima o otpadu. Osnovni propisi iz tog područja su:

- Zakon o otpadu NN 34/95,
- Pravilnik o vrstama otpada NN 27/96,
- Pravilnik o uvjetima za postupanje s otpadom NN 123/97.

Prema Zakonu o otpadu građevni otpad spada u interni otpad jer uopće ne sadrži ili sadrži vrlo malo tvari koje podliježu fizikalnoj, kemijskoj i biološkoj razgradnji pa ne ugrožavaju okoliš.

Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpadaka i suvišnog materijala i okolni dio terena dovesti u prvobitno stanje.

Pravilnikom o vrstama otpada određeno je da je proizvođač otpada čija se vrijedna sredstva mogu iskoristiti dužan otpad razvrstati na mjestu nastanka, odvojeno skupljati po vrstama i osigurati uvjete skladištenja za očuvanje kakvoće u svrhu ponovne obrade.

Taj pravilnik predviđa slijedeće moguće postupke s otpadom:

- kemijsko – fizikalna obrada,
- biološka i termička obrada,
- kondicioniranje i odlaganje otpada.

S građevnim otpadom treba postupiti u skladu s Pravilnikom o uvjetima za postupanje s otpadom. Taj pravilnik predviđa moguću termičku obradu za slijedeći otpad: drvo, plastiku, katran i proizvode koji sadrže katran.

Kondicioniranjem se može obraditi slijedeći otpad:

- građevinski materijal na bazi azbesta,
- katran i proizvodi koji sadrže katran,
- izolacijski materijal koji sadrži azbest, i
- miješani građevni otpad i otpad od rušenja.

Najveći dio građevnog otpada (prethodno obrađen ili neobrađen) može se odvesti u najbliže javno odlagalište otpada: beton, cigle, pločice i keramika, građevinski materijal na bazi gipsa, drvo, staklo, plastika, bakar, bronca, aluminij, olovo, cink, željezo i čelik, kositar, miješani materijal, kablovi, zemlja i kamenje i ostali izolacijski materijali.

Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpada i suvišnog materijal, a okolni dio terena dovesti u prvobitno stanje.

### **1.10. Zaštita metalnih djelova**

Sve metalne djelove i spojeve potrebno je zaštititi od korozije pocinčavanjem. Te će mo cijeli most potom piturati po projektom predviđenom tonu boje.

### **1.11. Uvjeti održavanja i projektirani vijek trajanja**

Most ne zahtijeva poseban tretman održavanja, jer nije građevina koja se nalazi u jako agresivnoj sredini.

Ipak, izloženost atmosferilijama zahtijeva povećanu mjeru opreza i pojačani nadzor nad svim elementima (konstruktivnim i nekonstruktivnim) građevine. Objekt se treba održavati u stanju projektom predviđene sigurnosti i funkcionalnosti, a sukladno odredbama odgovarajućih zakona, normativa i pravila struke.

Tehnološkim mjerama, koje su navedene u ovom projektu pokušalo se dobiti što kvalitetniju i trajniju konstrukciju. U tom smislu neophodno je poštovati mjere za postizanje kvalitete materijala i konstrukcija, kao i posebne tehničke uvjete.

U cilju održavanja konstrukcije te povećanja njenog vijeka trajanja, potrebno je povremeno vršiti vizualne kontrole (najmanje jednom godišnje). Posebnu pažnju obratiti na:

veće deformacije (progibe) konstruktivnih elemenata;

moguće otpadanje dijelova konstrukcije;

koroziju konstruktivnih elemenata;

raspucavanje, nadizanje i otpadanje boje s metalnih elemenata;

spojeve različitih elemenata konstrukcije, kao što su spojevi konstrukcije s prijelaznom napravom, ograde i sl.

U slučaju pojave znatnijih sumnjivih mjesta, prije sanacije potrebno je provesti istražne radove da bi se utvrdilo stvarno stanje. Nakon izvršenih istražnih radova potrebno je napraviti plan sanacije i hitno provesti mjere za dovođenje konstrukcije u ispravno stanje.

Redoviti pregled predmetne građevine u svrhu održavanja konstrukcije treba provoditi najmanje svakih pet godina. Izvanredne preglede građevine treba provoditi nakon nekog izvanrednog događaja (ekstremne vremenske neprilike, potres, eksplozija i sl.) ili prema

zahtjevu inspekcije. Osim ovih pregleda preporučuju se i godišnji pregledi i ukoliko se zapaze nedostaci i oštećenja na konstrukciji potrebno je obaviti redoviti pregled.

Nakon obavljenih pregleda konstrukcije potrebno je izraditi dokumentaciju o stanju konstrukcije nakon pregleda sa potrebnim mjerama i radovima na saniranju i održavanju konstrukcije.

Sve radove pregleda i izvedbe radova na konstrukciji potrebno je povjeriti za to ovlaštenim osobama.

Očekivani vijek trajanja građevine je 100 godina.

Preduvjet za postizanje očekivanog vijeka trajanja je pravilno održavanje u skladu s prethodno navedenim zahtjevima te zakonima i pravilima struke.

## 2. Analiza opterećenja

### 2.1. Stalno opterećenje (g)

#### 2.1.1. Vlastita težina rasponske konstrukcije

Vlastita težina glavnih i sekundarnih nosača čeličnog pješačkog mosta uključena je u sklop programa paketa Scia Engineer 2013.

#### 2.1.2. Dodatno stalno opterećenje ( $\Delta g$ )

Dodatno stalno plošno opterećenje na pješački most čine:

- tvrdo ljevani asfalt

$$g_1 = 0,72 \text{ kN/m}^2$$

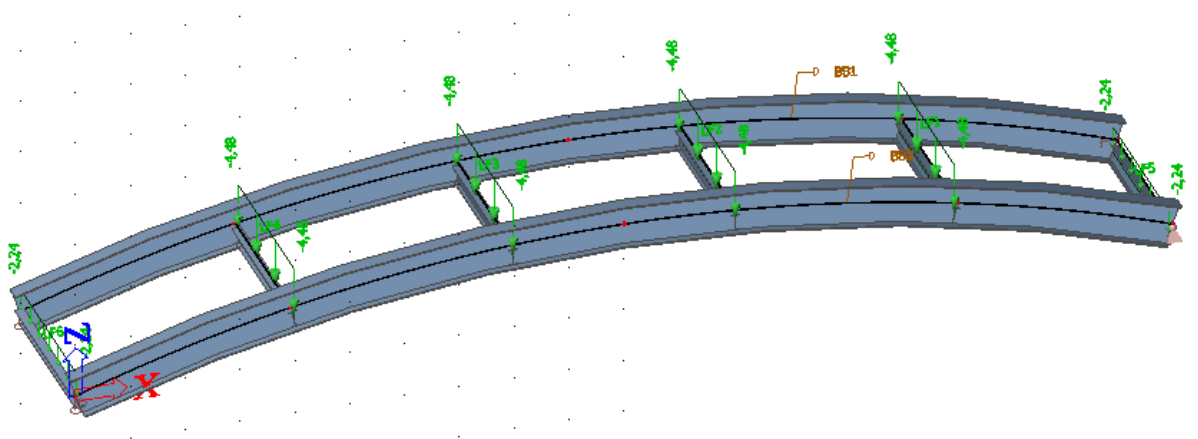
- hidroizolacija

$$g_2 = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

- ortotropna ploča

$$g_3 = 0,28 \text{ kN/m}^2$$

$$g_u = 1,10 \text{ kN/m}^2$$



Slika 1.. Raspodjela dodatnog stalnog opterećenja

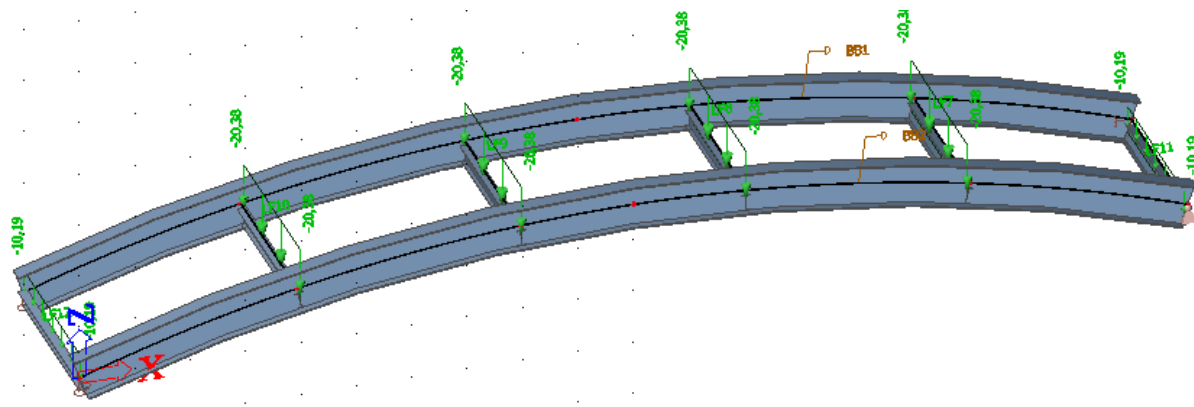
## 2.2. Opterećenje pješaka (q)

Korisno opterećenje na pješački most čine:

- korisno opterećenje

$$g_1 = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

$$g_u = 5,00 \text{ kN/m}^2$$



Slika 2.. Raspodjela pješačkog opterećenja

## 2.3. Opterećenje vjetrom (w)

- max. visina rezultirajuće sile vjetra iznad kote terena je

$$z_e = 6,00 \text{ m}$$

- ukupna širina mosta

$$b = 3,30 \text{ m}$$

-visina mosta

$$d = 1,40 \text{ m}$$

-  $w_e = q_{\text{ref}} \cdot c_e(z_e) \cdot c_d \cdot c_{fx} \text{ [kN/m}^2\text{]}$  - pritisak vjetra na jedinicu površine

$q_{\text{ref}}$  - referentni tlak pri srednjoj brzini vjetra

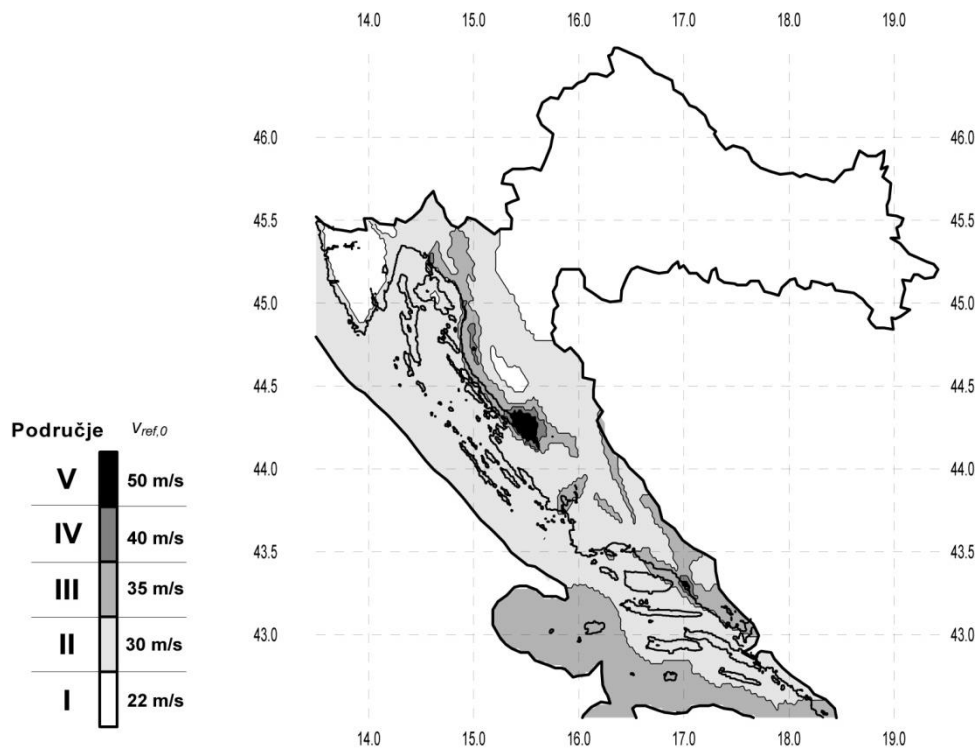
$c_e(z_e)$  - koef. izloženosti koji uzima u obzir neravnine terena, topografiju i visinu iznad tla

$c_d$  - dinamički koeficijent

$c_{fx}$  - aerodinamički koeficijent

$z_e$  - poredbena visina za lokalni tlak





Slika3.. Zemljovid područja opterećenja vjetrom

$$- q_{ref} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{ref}^2$$

$\rho$  - gustoća zraka

$$- v_{ref} = c_{DIR} \cdot c_{TEM} \cdot c_{ALT} \cdot v_{ref,0} \text{ - referentna brzina vjetra}$$

$$v_{ref,0} = 22 \text{ [m/s]} \text{ - osnovna referentna brzina vjetra}$$

$$c_{DIR} = 1,0 \text{ - koef. smjera vjetra}$$

$$c_{TEM} = 1,0 \text{ - koef. ovisan o godišnjem dobu}$$

$$c_{ALT} = 1 + 0.001 \cdot a_s = 1 + 0.001 \cdot 6,00 = 1.006 \text{ - koef. nadmorske visine,}$$

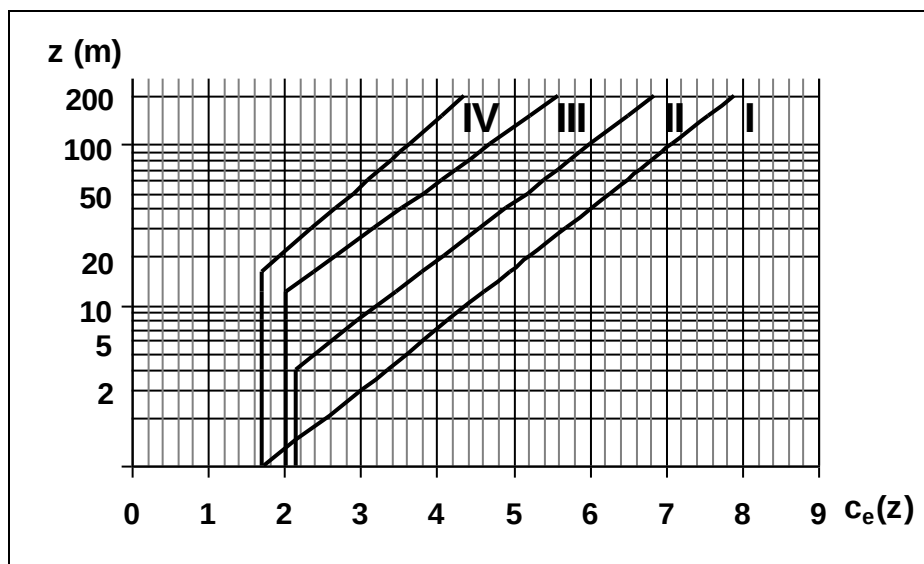
$$a_s \text{ - nadmorska visina [m]}$$

$$\Rightarrow v_{ref} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.006 \cdot 22 = 22,132 \text{ [m/s]}$$

$$\Rightarrow q_{ref} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{ref}^2 = \frac{1.25}{2} \cdot 22^2 = 302,5 \approx 0,302 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Područje I; III. kategorija zemljišta; regija P9 – Grad Zagreb

$$\text{visina objekta } z_e = 6,00 \text{ m}; \Rightarrow v_{ref} = 22 \text{ [m/s]}; \rho = 1.25 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$



Slika4. Koeficijent položaja  $c_e(z)$  u ovisnosti o visini  $z$  iznad terena i kategorijama terena I do IV.

$$\Rightarrow c_e(z_e) = 3.95$$

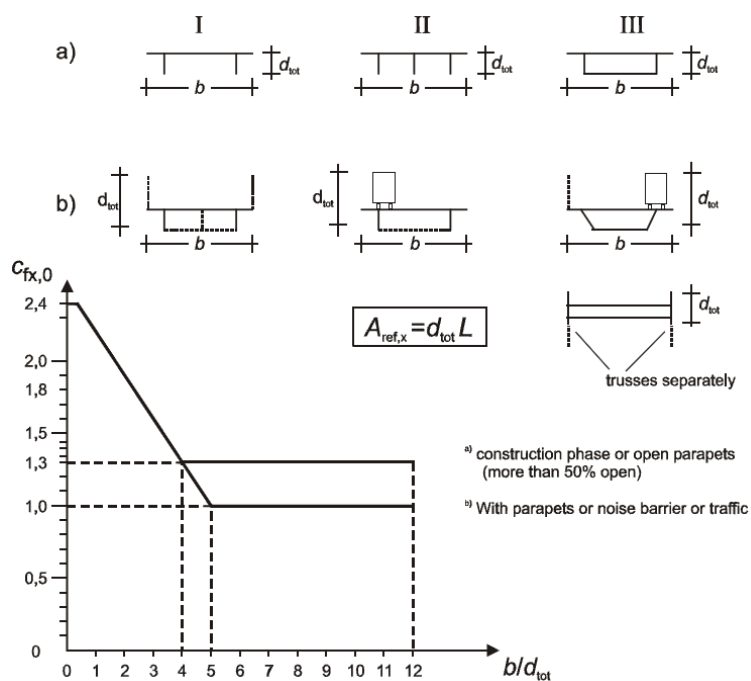
$c_d$  - dinamički koeficijent

Vrijednost dinamičkog koeficijenta  $c_d$  prema slici 9.4 u ENV 1991-2-4

$$\Rightarrow c_d = 0.95$$

$c_{fx}$  - aerodinamički koeficijent

$$c_{fx} = c_{fx,0} \cdot \psi_\lambda$$



Slika5. Koeficijent sile  $c_{fx,0}$  za mostove

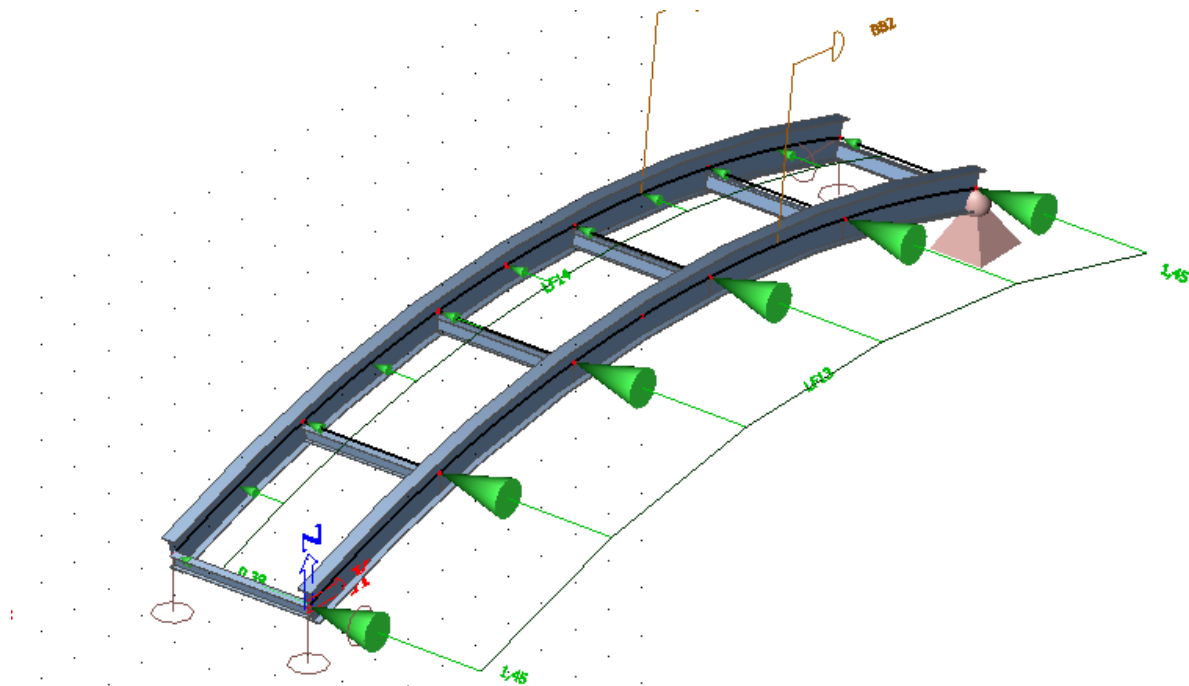
–puni most-  $b/d = 0.94$

$$b/d_{\text{tot}} = 5.9 / 6.3 = 0.94$$

$$\Rightarrow c_{f_{x,o}} = 2.25$$

$$\Rightarrow c_{f_{y,o}} = 0.25 \cdot c_{f_{x,o}} = 0.25 \cdot 2.25 = 0.5625 \approx 0.6$$

$$w = 1 \cdot 1.6 \cdot 1.5 \cdot 0.95 = 2.30 \text{ kN} / \text{m}^2$$

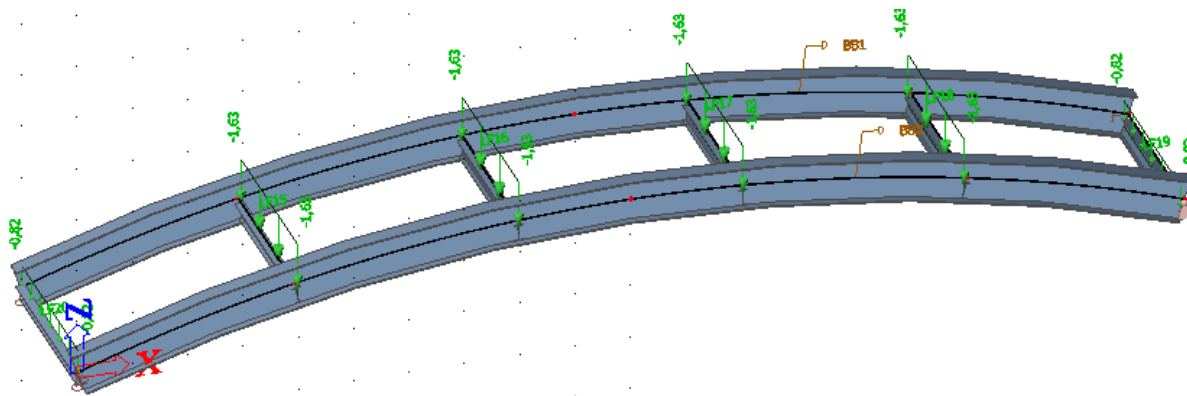


Slika 6.. Raspodjela vjetrovnog opterećenja okomito na most

### 2.3. Opterećenje snjegom (s)

Stavit kartu i sva ostala sranja nač nedim po programima

Snjeg-  $40 \text{ kg/m}^2$  -  $0,4 \text{ kN/m}^2$



*Slika 6..Raspodjela opterećenja od snjega*

## 2.4. Opterećenje temperaturom (t)

### 2.4.1. Jednolike temperaturne komponente

- temperaturno djelovanje na most Skupine 1. Skupina 1 kolničkih ploča; čelična kolnička ploča na čeličnom sanduku, rešetkastom ili limenom nosaču.

- karakteristična max. i min. vanjska temperatura zraka, određena iz karte najviših i najnižih temperatura u hladu, prema područjima u ovisnosti o nadmorskoj visini.

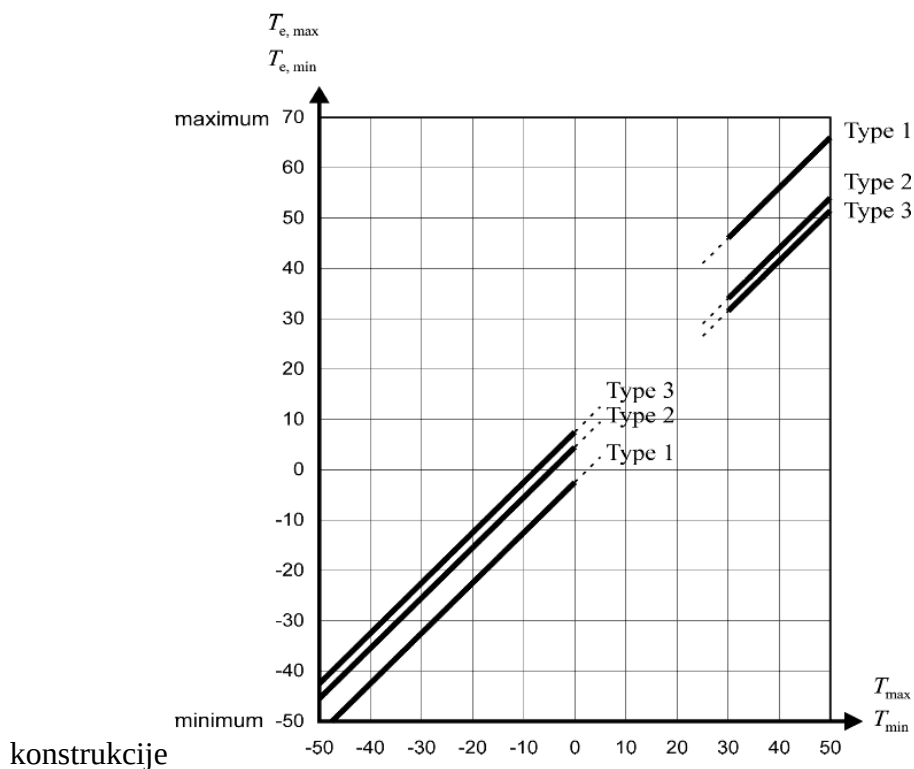
$$T_{\max} = 38^{\circ}C$$

područje III, nadmorska visina do 400m

$$T_{\min} = -10^{\circ}C$$

područje III, nadmorska visina do 400m

- max. i min. vrijednost konstantnog udjela temperature u djelovima



**Slika7.** Suodnos između najniže i najviše temperature u hladu ( $T_{min}/T_{max}$ ) te najniže i najviše proračunske temperature mosta ( $T_{e,min}/T_{e,max}$ )

$$T_{e,max} = 38^{\circ}C$$

$$T_{e,min} = -10^{\circ}C$$

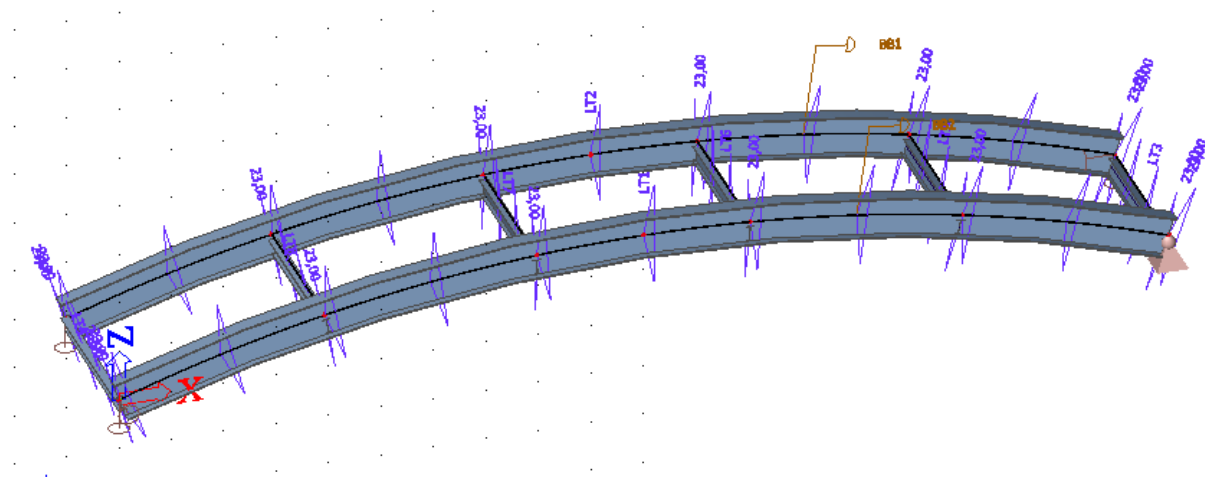
- vjerojatna proračunska temperatura mosta u vrijeme kada je konstrukcija djelotvorno upeta

$$T_0 = 15^{\circ}C$$

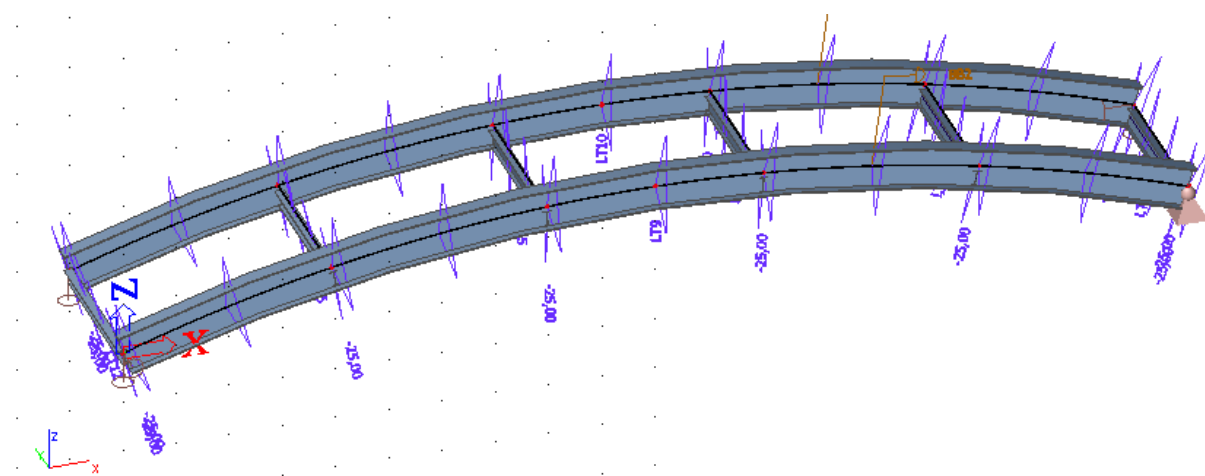
- karakteristične vrijednosti najvećeg raspona pozitivne i negativne proračunske temperature mosta

$$\Delta T_{N,pos} = T_{e,max} - T_0 = 38 - 15 = 23^{\circ}C \quad (\text{širenje})$$

$$\Delta T_{N,neg} = T_{e,min} - T_0 = -10 - 15 = -25^{\circ}C \quad (\text{skupljanje})$$



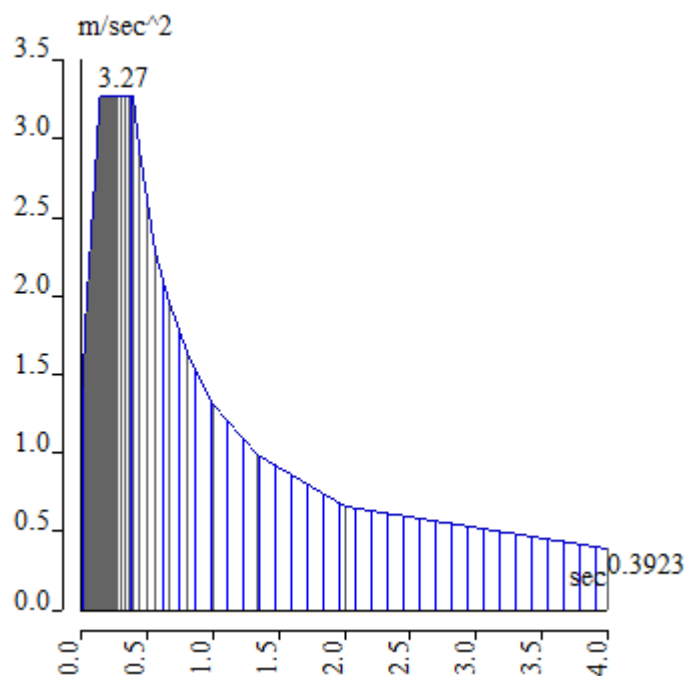
**Slika 8..** Raspodjela temperaturnog opterećenja – širenje



**Slika 9.. Raspodjela temperaturnog opterećenja – skupljanje**

## 2.7. Sile od potresa

VII. potresna zona  $a_g=0,2g$



*Slika 10. prikaz spektra*

Faktor ponašanja  $q=1,5$

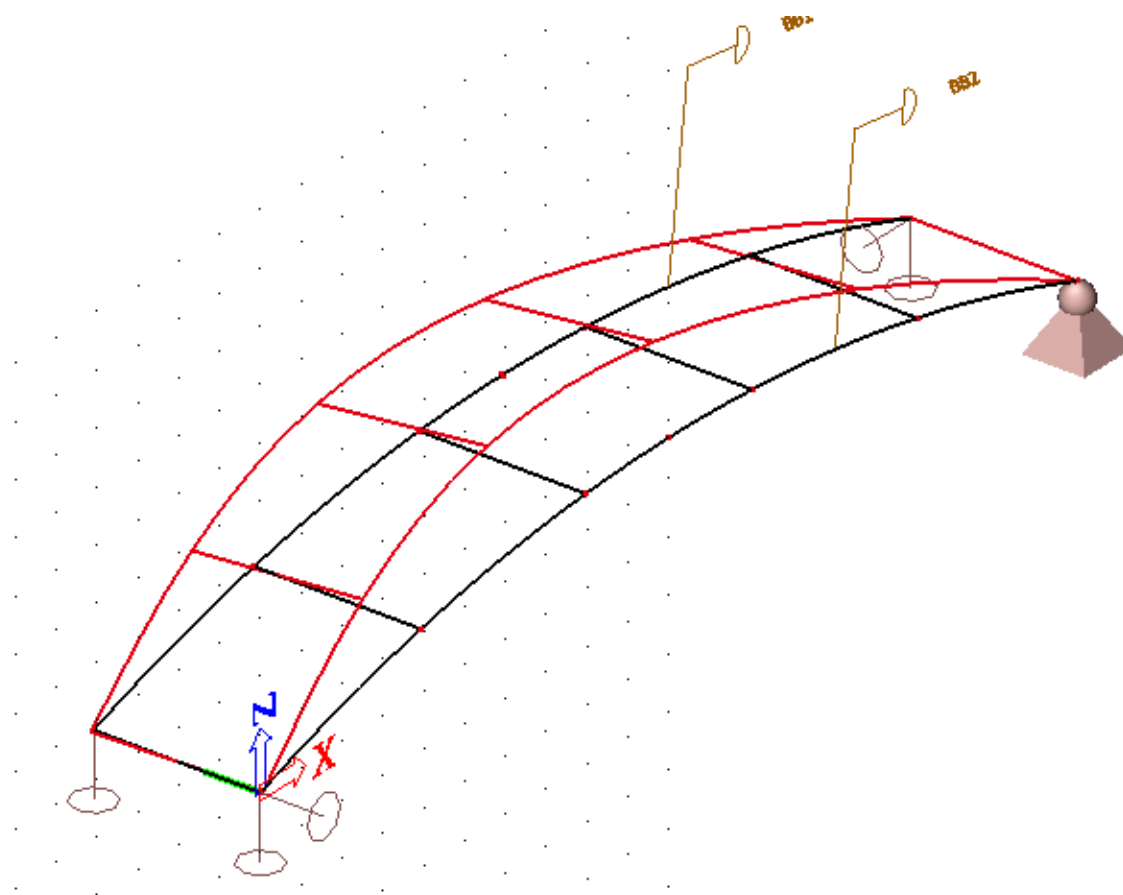
Tip tla – A

Tip spektra- 1

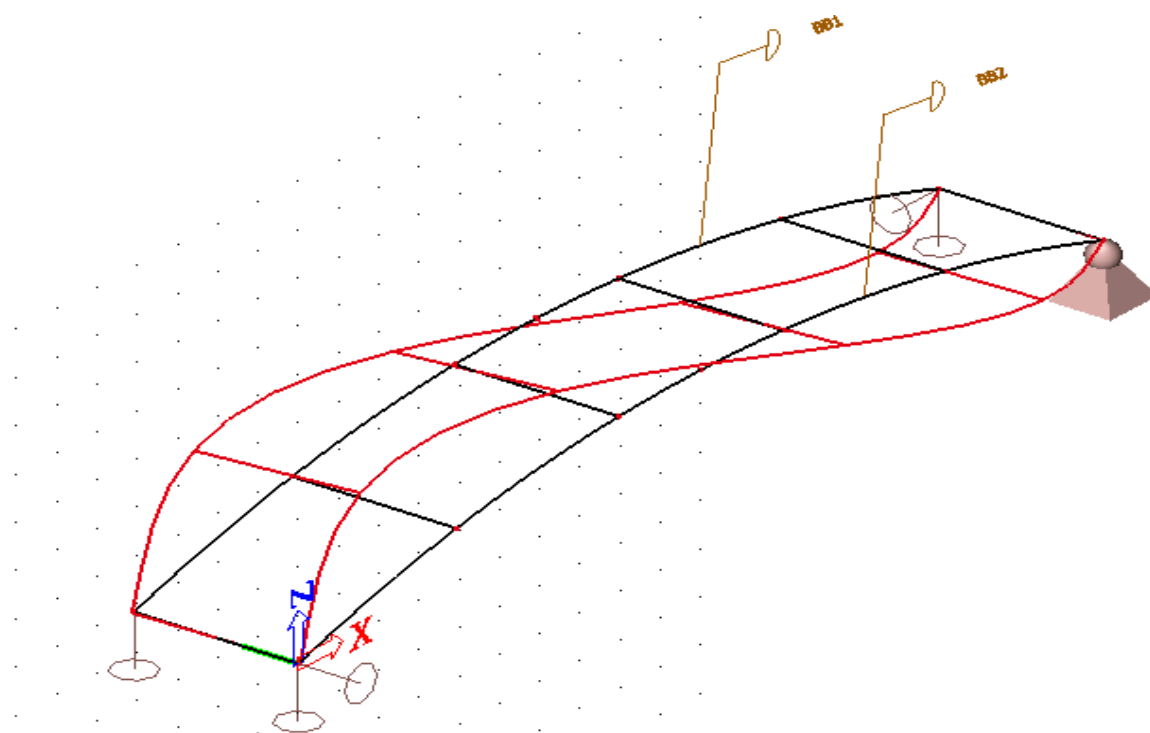
**Tablica 1.** prikaz perioda, frekvencija i aktiviranih masa**Modal participation factors**

| Mode | Omega<br>[rad/s] | Period<br>[s] | Freq.<br>[Hz] | Wxi /<br>Wxtot | Wyi /<br>Wytot | Wzi /<br>Wztot |
|------|------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| 1    | 27.8581          | 0.2255        | 4.4338        | 0.0000         | 0.7572         | 0.0000         |
| 2    | 36.5879          | 0.1717        | 5.8231        | 0.1759         | 0.0000         | 0.6772         |
| 3    | 46.0598          | 0.1364        | 7.3307        | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         |
| 4    | 63.1533          | 0.0995        | 10.0512       | 0.0000         | 0.0076         | 0.0000         |
| 5    | 66.7149          | 0.0942        | 10.6180       | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         |
| 6    | 80.8914          | 0.0777        | 12.8743       | 0.0000         | 0.0001         | 0.0000         |
| 7    | 101.9511         | 0.0616        | 16.2260       | 0.0000         | 0.1353         | 0.0000         |
| 8    | 102.7986         | 0.0611        | 16.3609       | 0.0000         | 0.0028         | 0.0000         |
| 9    | 110.8501         | 0.0567        | 17.6423       | 0.0000         | 0.0119         | 0.0000         |
| 10   | 116.3943         | 0.0540        | 18.5247       | 0.0000         | 0.0012         | 0.0000         |
| 11   | 122.7219         | 0.0512        | 19.5318       | 0.2477         | 0.0000         | 0.0436         |
| 12   | 142.9401         | 0.0440        | 22.7496       | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         |
| 13   | 152.9586         | 0.0411        | 24.3441       | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         |
| 14   | 164.5588         | 0.0382        | 26.1903       | 0.0000         | 0.0007         | 0.0000         |
| 15   | 167.1165         | 0.0376        | 26.5974       | 0.0000         | 0.0003         | 0.0000         |
| 16   | 181.5049         | 0.0346        | 28.8874       | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         |
| 17   | 184.3268         | 0.0341        | 29.3365       | 0.0000         | 0.0001         | 0.0000         |
| 18   | 189.0007         | 0.0332        | 30.0804       | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         |
| 19   | 205.8290         | 0.0305        | 32.7587       | 0.0000         | 0.0327         | 0.0000         |
| 20   | 223.6034         | 0.0281        | 35.5876       | 0.0000         | 0.0002         | 0.0000         |
| 21   | 229.1676         | 0.0274        | 36.4732       | 0.3957         | 0.0000         | 0.0169         |
| 22   | 245.6619         | 0.0256        | 39.0983       | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         |
| 23   | 262.8736         | 0.0239        | 41.8376       | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         |
| 24   | 274.7362         | 0.0229        | 43.7256       | 0.0943         | 0.0000         | 0.1668         |
| 25   | 275.5680         | 0.0228        | 43.8580       | 0.0002         | 0.0019         | 0.0004         |
| 26   | 285.9728         | 0.0220        | 45.5140       | 0.0000         | 0.0024         | 0.0000         |
| 27   | 318.3973         | 0.0197        | 50.6745       | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         |
| 28   | 330.0256         | 0.0190        | 52.5252       | 0.0000         | 0.0080         | 0.0000         |
| 29   | 341.3177         | 0.0184        | 54.3224       | 0.0000         | 0.0015         | 0.0000         |
| 30   | 348.3844         | 0.0180        | 55.4471       | 0.0000         | 0.0001         | 0.0000         |
|      |                  |               |               | 0.9138         | 0.9640         | 0.9049         |

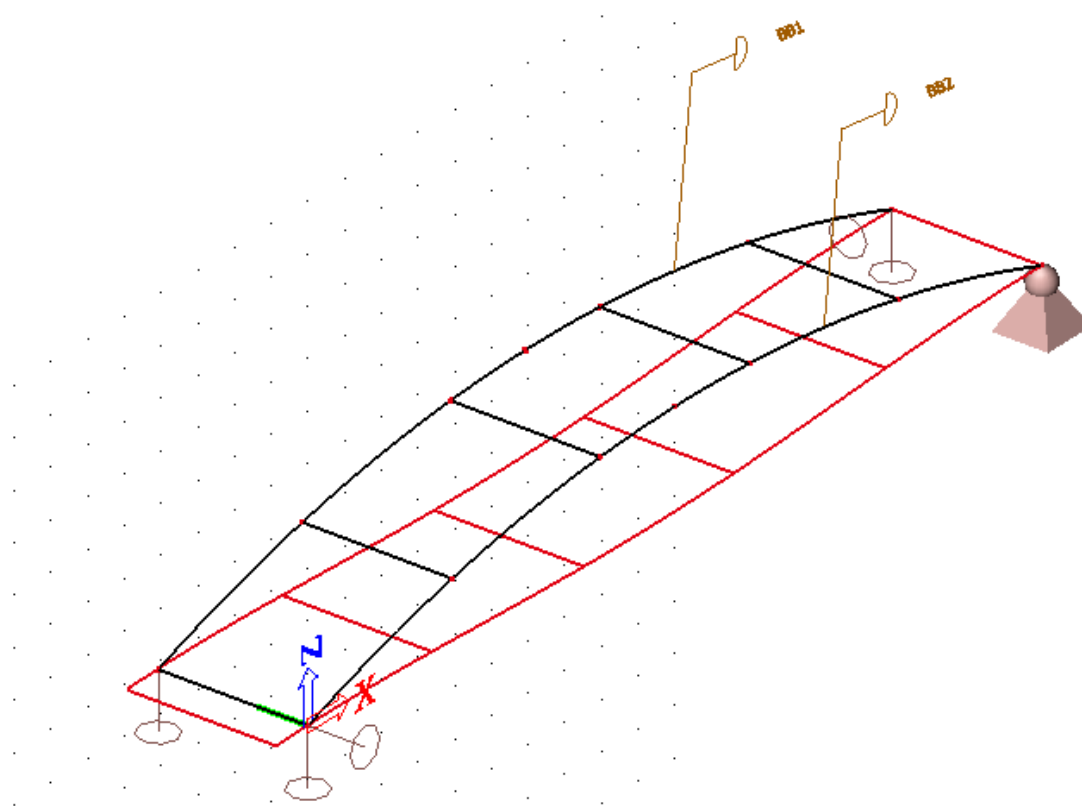




*Slika 11. prikaz 1. Vlastitog vektora*



*Slika 12. prikaz 2. Vlastitog vektora*

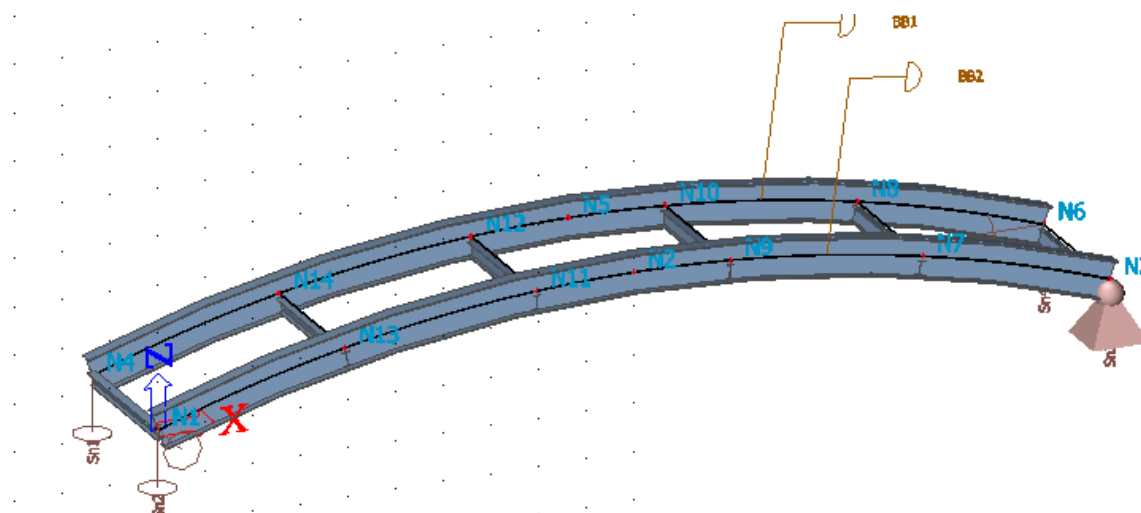


*Slika 13. prikaz 3. Vlastitog vektora*

### 3. Proračunski modeli

Računski modeli su izrađeni u programskom paketu Scia Engineer 2013.

Proračunski model je ravninski model sastavljen od uzdužnih i poprečnih štapova koji predstavljaju glavne i sekundarne nosače. Ležajevi su simulirani u idealiziranom stanju.



Slika 14. Prikaz modela

## 4. Kombinacije opterećenja

### 4.1. Granično stanje uporabljivosti (GSU)

-Kvazistalna kombinacija

$$K_i = 1,0 \cdot \text{stalno} + 1,0 \cdot \text{dodatno stalno} + 0,2 \cdot \text{prometno} + 0,5 \cdot \text{temperatura}$$

-kombinacije radimo za sva prometna opterećenja koja daju maksimalne rezne sile u poljima i ležajevima kako je prethodno prikazano

-Česta kombinacija

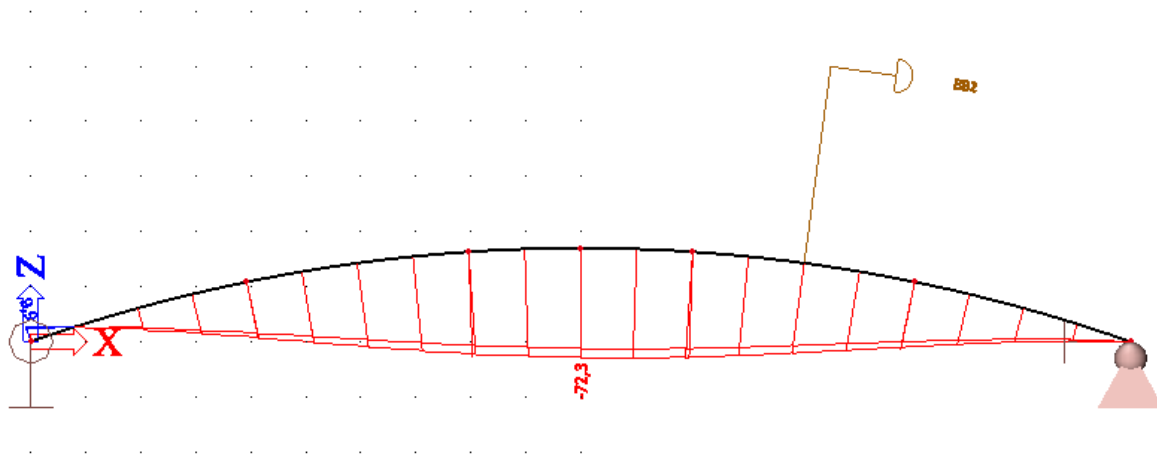
$$K_i = 1,0 \cdot \text{stalno} + 1,0 \cdot \text{dodatno stalno} + 0,4 \cdot \text{prometno površinsko} + 0,5 \cdot \text{temperatura}$$

-kombinacije radimo za sva prometna opterećenja koja daju maksimalne rezne sile u poljima kako je prethodno prikazano

#### 4.1.1. Dopušteni progibi

$$u_{dop} = \frac{2000}{250} = 8 \text{ cm}$$

#### 4.1.2. Kombinacija za max progib



Slika15. Pikaz progiba

$$u = 72,3\text{mm} < u_{\text{dop}} = 8\text{ cm}$$

Granično stanje uporabivosti je zadovoljeno!

#### 4.2. Krajnje granično stanje (KGS)

$$K_i = \gamma_g \cdot g + \gamma_{\Delta g} \cdot \Delta g + \gamma_q \cdot q_i$$

$$K_i = \gamma_g \cdot g + \gamma_{\Delta g} \cdot \Delta g + \gamma_q \cdot w$$

$$K_i = \gamma_g \cdot g + \gamma_{\Delta g} \cdot \Delta g + \gamma_q \cdot w + 1,5 \cdot k + 1,5 \cdot 0,8 \cdot T$$

$$K_i = \gamma_g \cdot g + \gamma_{\Delta g} \cdot \Delta g + \gamma_q \cdot q_i + 1,5 \cdot w_{\text{uzduzni}}$$

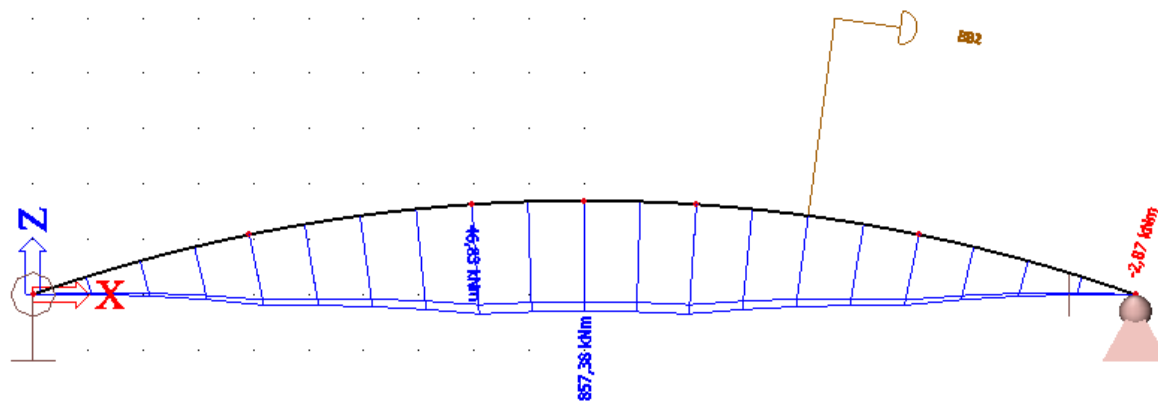
$\gamma_g = 1,35$  - parcijalni faktor za stalna djelovanja

$\gamma_{\Delta g} = 1,35$  - parcijalni faktor za dodatna stalna djelovanja

$\gamma_q = 1,5$  - parcijalni faktor za prometno djelovanje na željezničkim mostovima

$$K_i = \gamma_g \cdot g + \gamma_{\Delta g} \cdot \Delta g + \gamma_q \cdot q_i + 1,5 \cdot w_{\text{uzduzni}}$$

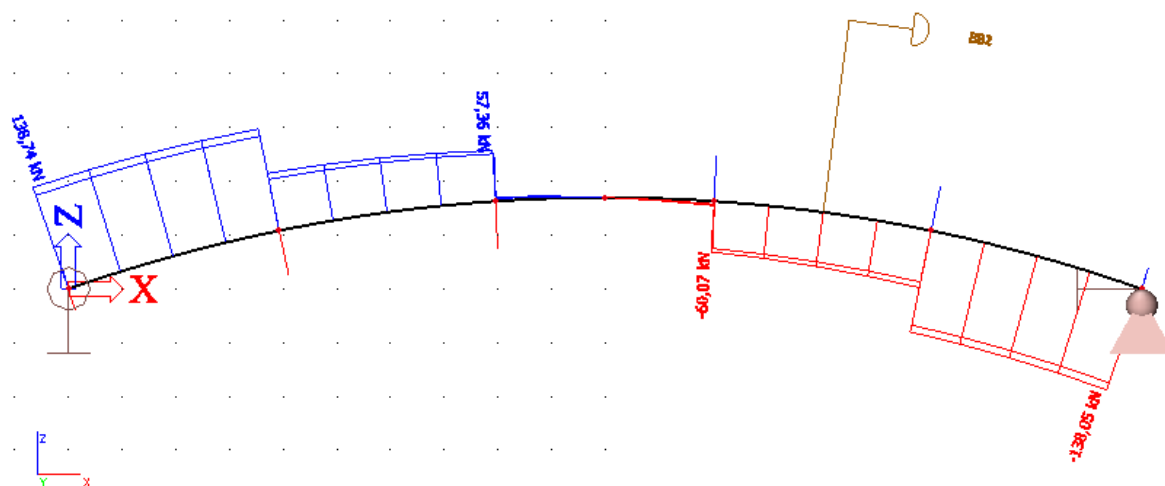
max. M u Polju



Slika 16. Pikaz max M

$$K_4 = \gamma_g \cdot g + \gamma_{\Delta g} \cdot \Delta g + \gamma_q \cdot q_4 + 1,5 \cdot k + 1,5 \cdot 0,8 \cdot T$$

max. T



Slika 17. Pikaz max T

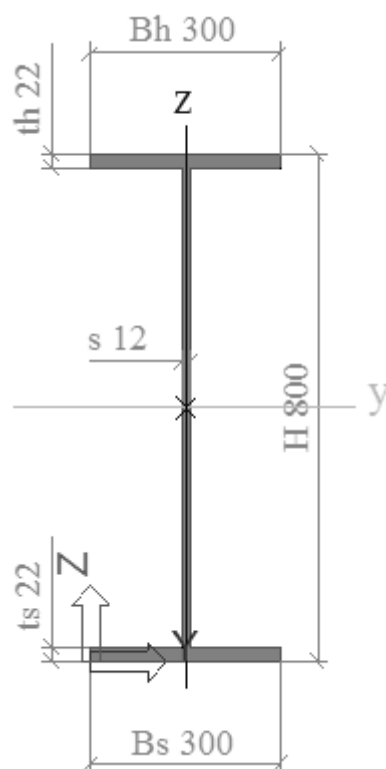
$$K_1 = \gamma_g \cdot g + \gamma_{\Delta g} \cdot \Delta g + \gamma_q \cdot q_i + 1,5 \cdot w_{uzduzni}$$

max. N



## 5. Dimenzioniranje elemenata mosta

### 5.1. Dimenzioniranje glavnog-uzdužnog nosača



Slika 19. Poprečni presjek glavnog-uzdužnog nosača

#### Rezne sile

$$M_{sd} = 857,36 \text{ kNm}$$

$$V_{sd} = 138,74 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 53,02 \text{ kN (tlak)}$$

***Karakteristike poprečnog presjeka***

|                        |            |
|------------------------|------------|
| Material               | S 235      |
| H [mm]                 | 300        |
| Bh [mm]                | 160        |
| Bs [mm]                | 160        |
| ts [mm]                | 22         |
| th [mm]                | 10         |
| s [mm]                 | 8          |
| A [m <sup>2</sup> ]    | 7,2640e-03 |
| Ay [m <sup>2</sup> ]   | 4,6996e-03 |
| Az [m <sup>2</sup> ]   | 2,3727e-03 |
| AL [m <sup>2</sup> /m] | 1,2240e+00 |
| AD [m <sup>2</sup> /m] | 1,2240e+00 |
| cYUCS [mm]             | 80         |
| cZUCS [mm]             | 116        |
| $\alpha$ [deg]         | 0,00       |
| Iy [m <sup>4</sup> ]   | 1,0649e-04 |
| Iz [m <sup>4</sup> ]   | 1,0934e-05 |
| iy [mm]                | 121        |
| iz [mm]                | 39         |
| Wely [m <sup>3</sup> ] | 5,7987e-04 |
| Welz [m <sup>3</sup> ] | 1,3668e-04 |
| Wply [m <sup>3</sup> ] | 7,6125e-04 |
| Wplz [m <sup>3</sup> ] | 2,0909e-04 |
| Mply+ [Nm]             | 1,79e+05   |
| Mply- [Nm]             | 1,79e+05   |
| Mplz+ [Nm]             | 4,91e+04   |
| Mplz- [Nm]             | 4,91e+04   |
| dy [mm]                | 0          |
| dz [mm]                | -17        |
| It [m <sup>4</sup> ]   | 5,9842e-07 |
| Iw [m <sup>6</sup> ]   | 1,8891e-07 |
| $\beta_y$ [mm]         | 94         |
| $\beta_z$ [mm]         | 0          |



### 5.1.1. Proracun dimenzija

**Check of steel**

Linear calculation, Extreme : Global  
 Selection : All  
 Combinations : CO1  
 Cross-section : uzduzni - I ng (800; 300; 300; 22; 22; 12)

**EN 1993-1-1 Code Check**  
 National annex: Standard EN

|           |          |                                  |       |       |        |
|-----------|----------|----------------------------------|-------|-------|--------|
| Member B1 | 20,383 m | I ng (800; 300; 300; 22; 22; 12) | S 235 | CO1/1 | 0,89 - |
|-----------|----------|----------------------------------|-------|-------|--------|

**Partial safety factors**

*\*Student version \*Student version \*Student version \*Student version \*Student v*

|                                           |      |
|-------------------------------------------|------|
| Gamma M0 for resistance of cross-sections | 1,00 |
| Gamma M1 for resistance to instability    | 1,00 |
| Gamma M2 for resistance of net sections   | 1,25 |

**Material**

*\*Student version \*Student version \*Student version \*Student*

|                         |        |     |
|-------------------------|--------|-----|
| Yield strength $f_y$    | 235,0  | MPa |
| Ultimate strength $f_u$ | 360,0  | MPa |
| Fabrication             | Rolled |     |

**Warning:** Strength reduction in function of the thickness is not supported for this type of cross-section.

....SECTION CHECK....

The critical check is on position 15.287 m

| Internal forces                                                    | Calculated | Unit |
|--------------------------------------------------------------------|------------|------|
| <i>*Student version *Student version *Student version *Student</i> |            |      |
| N,Ed                                                               | -11,80     | kN   |
| Vy,Ed                                                              | -0,96      | kN   |
| Vz,Ed                                                              | -69,76     | kN   |
| T,Ed                                                               | 0,02       | kNm  |
| My,Ed                                                              | 615,55     | kNm  |
| Mz,Ed                                                              | -0,36      | kNm  |

**Classification for cross-section design**

According to EN 1993-1-1 article 5.5.2

**Warning:** Classification is not supported for this type of cross-section.

The section is checked as elastic, class 3.

**Compression check**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.4 and formula (6.9)

|             |            |                |
|-------------|------------|----------------|
| A           | 2,2272e-02 | m <sup>2</sup> |
| Nc,Rd       | 5233,92    | kN             |
| Unity check | 0,00       | -              |

**Bending moment check for My**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.5 and formula (6.12),(6.14)

|             |            |                |
|-------------|------------|----------------|
| Wel,y,min   | 6,0751e-03 | m <sup>3</sup> |
| Mel,y,Rd    | 1427,65    | kNm            |
| Unity check | 0,43       | -              |

**Bending moment check for Mz**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.5 and formula (6.12),(6.14)

|             |            |                |
|-------------|------------|----------------|
| Wel,z,min   | 6,6073e-04 | m <sup>3</sup> |
| Mel,z,Rd    | 155,27     | kNm            |
| Unity check | 0,00       | -              |

**Shear check for Vy**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.6 and formula (6.19)

|             |       |     |
|-------------|-------|-----|
| Tau,Vy,Ed   | 0,1   | MPa |
| Tau,Rd      | 135,7 | MPa |
| Unity check | 0,00  | -   |

**Note:** No shear area is given for this section/fabrication, therefore the plastic shear resistance cannot be determined. As a result the elastic shear resistance according to EN 1993-1-1 article 6.2.6(4) is verified.

**Shear check for Vz**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.6 and formula (6.19)

|             |       |     |
|-------------|-------|-----|
| Tau,Vz,Ed   | 8,2   | MPa |
| Tau,Rd      | 135,7 | MPa |
| Unity check | 0,06  | -   |

**Note:** No shear area is given for this section/fabrication, therefore the plastic shear resistance cannot be determined. As a result the elastic shear resistance according to EN 1993-1-1 article 6.2.6(4) is verified.

**Torsion check**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.7 and formula (6.23)

|             |       |     |
|-------------|-------|-----|
| Tau,t,Ed    | 0,2   | MPa |
| Tau,Rd      | 135,7 | MPa |
| Unity check | 0,00  | -   |

**Note:** The unity check for torsion is lower than the limit value of 0,05. Therefore torsion is considered as insignificant and is ignored in the combined checks.

**Combined bending, axial force and shear force check**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.1(5) and formula (6.1)

**Elastic verification**

|                           |       |     |
|---------------------------|-------|-----|
| Fibre                     | 9     |     |
| $\sigma_{m,Ed}$           | 0.5   | MPa |
| $\sigma_{m,Ed}$           | 101.3 | MPa |
| $\sigma_{m,Ed}$           | 0.5   | MPa |
| $\sigma_{m,tot,Ed}$       | 102.4 | MPa |
| $\tau_{v,Ed}$             | 0.0   | MPa |
| $\tau_{v,Ed}$             | 0.0   | MPa |
| $\tau_{t,Ed}$             | 0.0   | MPa |
| $\tau_{t,tot,Ed}$         | 0.0   | MPa |
| $\sigma_{m,von Mises,Ed}$ | 102.4 | MPa |
| Unity check               | 0.44  | -   |

The member satisfies the section check

**STABILITY CHECK****Flexural Buckling Check**

According to EN 1993-1-1 article 6.3.1.1 and formula (6.46)

| Buckling parameters                        | W        | ZZ       |    |
|--------------------------------------------|----------|----------|----|
| Sway type                                  | sway     | sway     |    |
| System length L                            | 20.383   | 10.192   | m  |
| Buckling factor k                          | 1.00     | 0.40     |    |
| Buckling length L <sub>cr</sub>            | 20.383   | 4.077    | m  |
| Critical Euler load N <sub>cr</sub>        | 12122.51 | 12360.32 | kN |
| Slenderness Lambda                         | 61.71    | 61.11    |    |
| Relative slenderness Lambda <sub>rel</sub> | 0.66     | 0.65     |    |
| Limit slenderness Lambda <sub>rel,0</sub>  | 0.20     | 0.20     |    |

**Note:** The slenderness or compression force is such that Flexural Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.1.2(4).

**Torsional (-Flexural) Buckling check**

According to article EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. and formula (6.46)

| Table of values                          |          |    |
|------------------------------------------|----------|----|
| Torsional Buckling length                | 10.192   | m  |
| N <sub>cr,T</sub>                        | 4382.29  | kN |
| N <sub>cr,TF</sub>                       | 12122.51 | kN |
| Relative slenderness Lambda <sub>T</sub> | 1.09     |    |
| Limit slenderness Lambda <sub>0</sub>    | 0.20     |    |

The slenderness or compression force is such that Torsional (-Flexural) Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.1.2(4)

**Lateral Torsional Buckling Check**

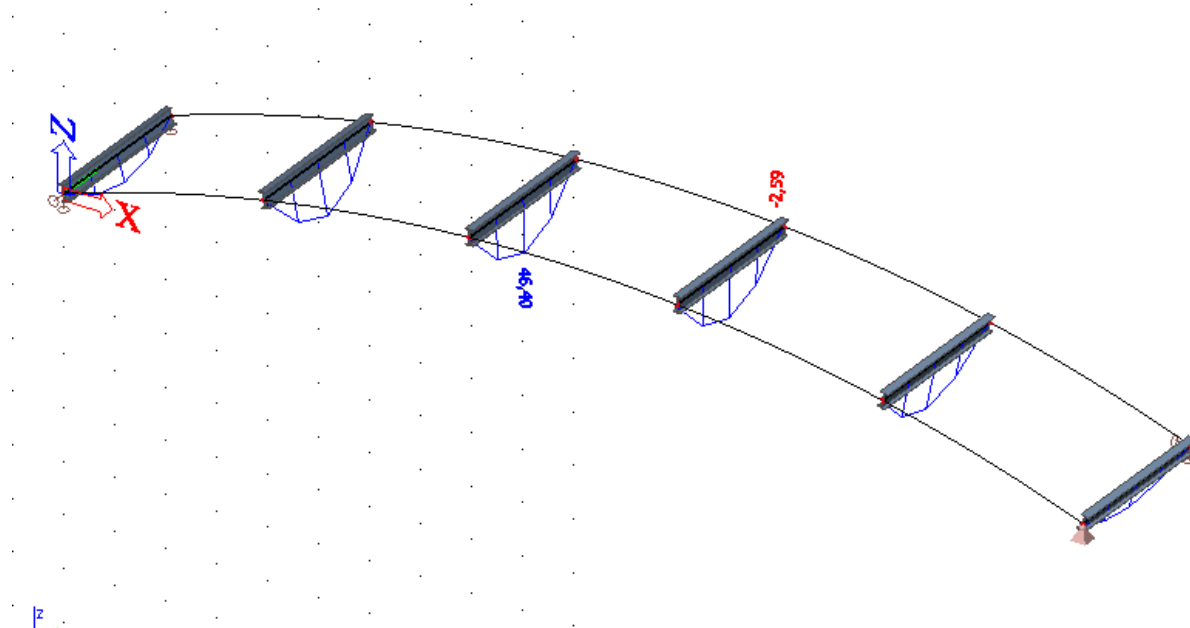
According to article EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. and formula (6.54)

| LTB Parameters                            |               |                    |
|-------------------------------------------|---------------|--------------------|
| Method for LTB curve                      | Art. 6.3.2.2. |                    |
| W <sub>y</sub>                            | 6.0751e-03    | m <sup>3</sup>     |
| Elastic critical moment M <sub>cr</sub>   | 3409.51       | kNm (manual input) |
| Relative slenderness Lambda <sub>LT</sub> | 0.65          |                    |
| Limit slenderness Lambda <sub>LT,0</sub>  | 0.40          |                    |
| LTB curve                                 | d             |                    |
| Imperfection Alpha <sub>LT</sub>          | 0.76          |                    |
| Reduction factor Chi <sub>LT</sub>        | 0.68          |                    |
| Buckling resistance M <sub>b,Rd</sub>     | 968.20        | kNm                |
| Unity check                               | 0.64          | -                  |

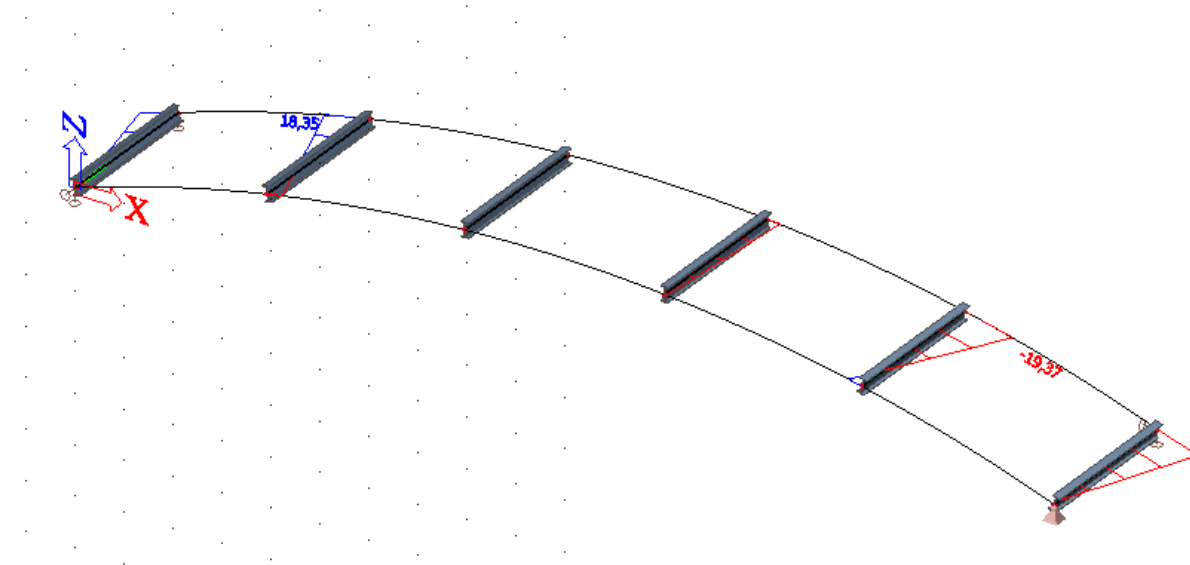
| Mcr Parameters |        |   |
|----------------|--------|---|
| LTB length     | 10.192 | m |



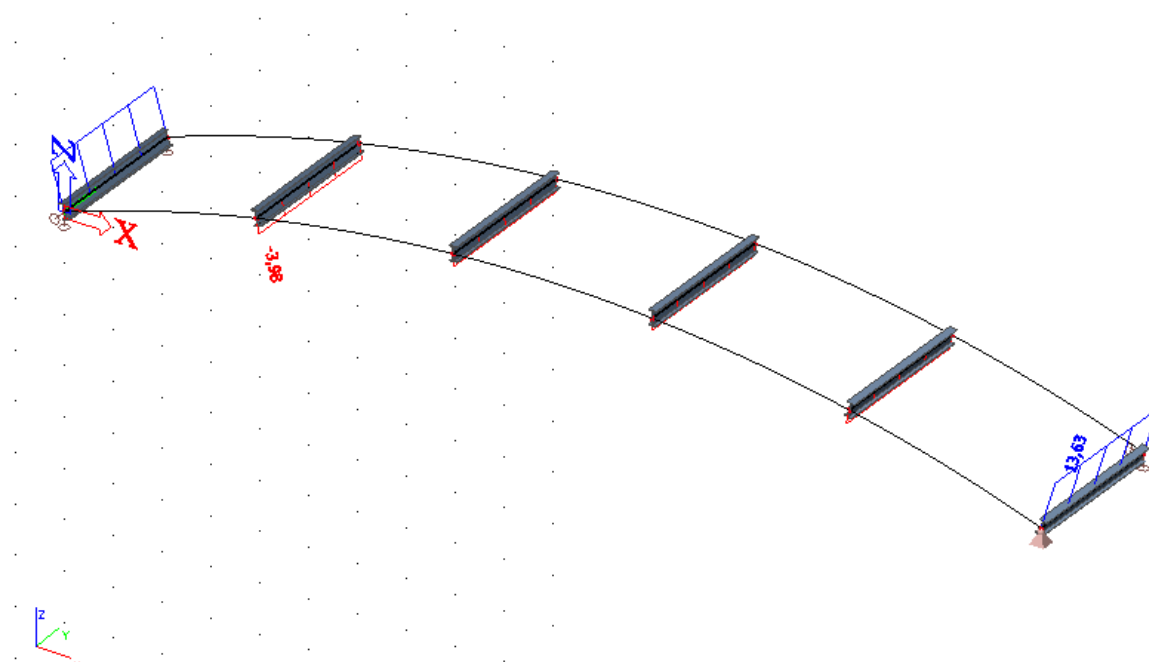
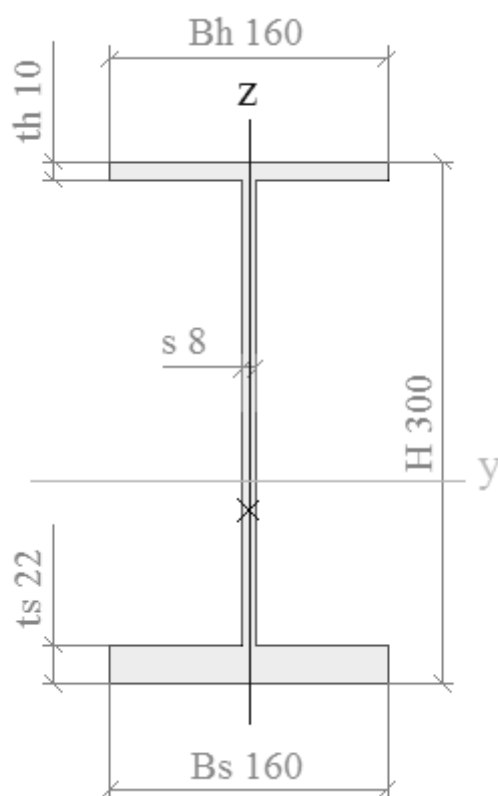
## 5.2. Dimenzioniranje sekundarnog-poprečnog nosača



Slika 20. Pikaz max  $M_y$



Slika 21. Pikaz max  $T$

Slika 22. Pikaz max  $N$ 

Slika 23. Poprečni presjek sekundarnog-poprečnog nosača

### Karakteristike poprečnog presjeka

|                        |            |
|------------------------|------------|
| Material               | S 235      |
| H [mm]                 | 300        |
| Bh [mm]                | 160        |
| Bs [mm]                | 160        |
| ts [mm]                | 22         |
| th [mm]                | 10         |
| s [mm]                 | 8          |
| A [m <sup>2</sup> ]    | 7,2640e-03 |
| Ay [m <sup>2</sup> ]   | 4,6996e-03 |
| Az [m <sup>2</sup> ]   | 2,3727e-03 |
| AL [m <sup>2</sup> /m] | 1,2240e+00 |
| AD [m <sup>2</sup> /m] | 1,2240e+00 |
| cYUCS [mm]             | 80         |
| cZUCS [mm]             | 116        |
| $\alpha$ [deg]         | 0,00       |
| Iy [m <sup>4</sup> ]   | 1,0649e-04 |
| Iz [m <sup>4</sup> ]   | 1,0934e-05 |
| iy [mm]                | 121        |
| iz [mm]                | 39         |
| Wely [m <sup>3</sup> ] | 5,7987e-04 |
| Welz [m <sup>3</sup> ] | 1,3668e-04 |
| Wply [m <sup>3</sup> ] | 7,6125e-04 |
| Wplz [m <sup>3</sup> ] | 2,0909e-04 |
| Mply+ [Nm]             | 1,79e+05   |
| Mply- [Nm]             | 1,79e+05   |
| Mplz+ [Nm]             | 4,91e+04   |
| Mplz- [Nm]             | 4,91e+04   |
| dy [mm]                | 0          |
| dz [mm]                | -17        |
| It [m <sup>4</sup> ]   | 5,9842e-07 |
| Iw [m <sup>6</sup> ]   | 1,8891e-07 |
| $\beta_y$ [mm]         | 94         |
| $\beta_z$ [mm]         | 0          |

### 5.2.1. Proracun dimenzija

**Check of steel**

Linear calculation, Extreme : Global  
 Selection : All  
 Combinations : CO4  
 Cross-section : poprecni - l ng (300; 160; 160; 22; 10; 8)

**EN 1993-1-1 Code Check**  
 National annex: Standard EN

|           |         |                                 |       |       |        |
|-----------|---------|---------------------------------|-------|-------|--------|
| Member B5 | 3,160 m | l ng (300; 160; 160; 22; 10; 8) | S 235 | CO4/2 | 1,00 - |
|-----------|---------|---------------------------------|-------|-------|--------|

**Partial safety factors**

|                                           |      |
|-------------------------------------------|------|
| Gamma M0 for resistance of cross-sections | 1,00 |
| Gamma M1 for resistance to instability    | 1,00 |
| Gamma M2 for resistance of net sections   | 1,25 |

**Material**

|                         |        |     |
|-------------------------|--------|-----|
| Yield strength $f_y$    | 235,0  | MPa |
| Ultimate strength $f_u$ | 360,0  | MPa |
| Fabrication             | Rolled |     |

**Warning:** Strength reduction in function of the thickness is not supported for this type of cross-section.

....SECTION CHECK:....

The critical check is on position 3.160 m

| Internal forces | Calculated | Unit |
|-----------------|------------|------|
| N,Ed            | -3,37      | kN   |
| Vy,Ed           | -21,61     | kN   |
| Vz,Ed           | -58,17     | kN   |
| T,Ed            | 0,01       | kNm  |
| My,Ed           | 0,17       | kNm  |
| Mz,Ed           | -20,98     | kNm  |

**Classification for cross-section design**  
 According to EN 1993-1-1 article 5.5.2

**Warning:** Classification is not supported for this type of cross-section.

The section is checked as elastic, class 3.



**Compression check**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.4 and formula (6.9)

|             |            |                |
|-------------|------------|----------------|
| A           | 7,2640e-03 | m <sup>2</sup> |
| Nc,Rd       | 1707,04    | kN             |
| Unity check | 0,00       | -              |

**Bending moment check for My**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.5 and formula (6.12),(6.14)

|                       |            |                |
|-----------------------|------------|----------------|
| W <sub>el,y,min</sub> | 5,7987e-04 | m <sup>3</sup> |
| M <sub>el,y,Rd</sub>  | 136,27     | kNm            |
| Unity check           | 0,00       | -              |

**Bending moment check for Mz**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.5 and formula (6.12),(6.14)

|                       |            |                |
|-----------------------|------------|----------------|
| W <sub>el,z,min</sub> | 1,3668e-04 | m <sup>3</sup> |
| M <sub>el,z,Rd</sub>  | 32,12      | kNm            |
| Unity check           | 0,65       | -              |

**Shear check for Vy**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.6 and formula (6.19)

|             |       |     |
|-------------|-------|-----|
| Tau,Vy,Ed   | 6,3   | MPa |
| Tau,Rd      | 135,7 | MPa |
| Unity check | 0,05  | -   |

**Note:** No shear area is given for this section/fabrication, therefore the plastic shear resistance cannot be determined. As a result the elastic shear resistance according to EN 1993-1-1 article 6.2.6(4) is verified.

**Shear check for Vz**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.6 and formula (6.19)

|             |       |     |
|-------------|-------|-----|
| Tau,Vz,Ed   | 27,8  | MPa |
| Tau,Rd      | 135,7 | MPa |
| Unity check | 0,20  | -   |

**Note:** No shear area is given for this section/fabrication, therefore the plastic shear resistance cannot be determined. As a result the elastic shear resistance according to EN 1993-1-1 article 6.2.6(4) is verified.

**Torsion check**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.7 and formula (6.23)

|             |       |     |
|-------------|-------|-----|
| Tau,tEd     | 0,4   | MPa |
| Tau,Rd      | 135,7 | MPa |
| Unity check | 0,00  | -   |

**Note:** The unity check for torsion is lower than the limit value of 0,05. Therefore torsion is considered as insignificant and is ignored in the combined checks.

### Combined bending, axial force and shear force check

According to EN 1993-1-1 article 6.2.1(5) and formula (6.1)

| Elastic verification      |       |     |
|---------------------------|-------|-----|
| Fibre                     | 9     |     |
| $\sigma_{m,Ed}$           | 0.5   | MPa |
| $\sigma_{m,My,Ed}$        | 0.3   | MPa |
| $\sigma_{m,Mz,Ed}$        | 153.5 | MPa |
| $\sigma_{m,tot,Ed}$       | 154.3 | MPa |
| $\tau_{v,Ed}$             | 0.0   | MPa |
| $\tau_{v,z,Ed}$           | 0.0   | MPa |
| $\tau_{t,Ed}$             | 0.0   | MPa |
| $\tau_{t,tot,Ed}$         | 0.0   | MPa |
| $\sigma_{m,von Mises,Ed}$ | 154.3 | MPa |
| Unity check               | 0.66  | -   |

The member satisfies the section check

### STABILITY CHECK:...

#### Flexural Buckling Check

According to EN 1993-1-1 article 6.3.1.1 and formula (6.46)

| Buckling parameters                        |          | VV       | ZZ |  |
|--------------------------------------------|----------|----------|----|--|
| Sway type                                  | sway     | non-sway |    |  |
| System length L                            | 3.160    | 3.160    | m  |  |
| Buckling factor k                          | 1.00     | 0.63     |    |  |
| Buckling length L <sub>cr</sub>            | 3.160    | 1.977    | m  |  |
| Critical Euler load N <sub>cr</sub>        | 22103.33 | 5796.43  | kN |  |
| Slenderness Lambda                         | 26.10    | 50.96    |    |  |
| Relative slenderness Lambda <sub>rel</sub> | 0.28     | 0.54     |    |  |
| Limit slenderness Lambda <sub>rel,0</sub>  | 0.20     | 0.20     |    |  |

**Note:** The slenderness or compression force is such that Flexural Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.1.2(4).

#### Torsional (-Flexural) Buckling check

According to article EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. and formula (6.46)

| Table of values                          |         |    |
|------------------------------------------|---------|----|
| Torsional Buckling length                | 3.160   | m  |
| N <sub>cr,T</sub>                        | 5325.58 | kN |
| N <sub>cr,TF</sub>                       | 4888.65 | kN |
| Relative slenderness Lambda <sub>T</sub> | 0.59    |    |
| Limit slenderness Lambda <sub>0</sub>    | 0.20    |    |

The slenderness or compression force is such that Torsional (-Flexural) Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.1.2(4)

#### Lateral Torsional Buckling Check

According to article EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. and formula (6.54)

| LTB Parameters                            |               |                |
|-------------------------------------------|---------------|----------------|
| Method for LTB curve                      | Art. 6.3.2.2. |                |
| W <sub>y</sub>                            | 5.7987e-04    | m <sup>3</sup> |
| Elastic critical moment M <sub>cr</sub>   | 502.36        | kNm            |
| Relative slenderness Lambda <sub>LT</sub> | 0.52          |                |
| Limit slenderness Lambda <sub>LT,0</sub>  | 0.40          |                |

| Mcr Parameters |       |   |
|----------------|-------|---|
| LTB length     | 3.160 | m |
| k              | 1.00  |   |
| k <sub>w</sub> | 1.00  |   |
| C <sub>1</sub> | 1.13  |   |
| C <sub>2</sub> | 0.45  |   |
| C <sub>3</sub> | 0.53  |   |

The slenderness or bending moment is such that Lateral Torsional Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.2.2(4)

**Compression and bending check**  
 According to article EN 1993-1-1 : 6.3.3. and formula (6.61), (6.62)  
 Interaction Method 1

| Table of values       |            |                |
|-----------------------|------------|----------------|
| k <sub>yy</sub>       | 1.000      |                |
| k <sub>yz</sub>       | 1.000      |                |
| k <sub>zy</sub>       | 1.000      |                |
| k <sub>zz</sub>       | 1.000      |                |
| Delta M <sub>y</sub>  | 0.00       | kNm            |
| Delta M <sub>z</sub>  | 0.00       | kNm            |
| A                     | 7.2640e-03 | m <sup>2</sup> |
| W <sub>y</sub>        | 5.7987e-04 | m <sup>3</sup> |
| W <sub>z</sub>        | 1.3668e-04 | m <sup>3</sup> |
| NR <sub>k</sub>       | 1707.04    | kN             |
| M <sub>y,Rk</sub>     | 136.27     | kNm            |
| M <sub>z,Rk</sub>     | 32.12      | kNm            |
| M <sub>y,Ed</sub>     | 46.45      | kNm            |
| M <sub>z,Ed</sub>     | -20.98     | kNm            |
| Interaction Method 1  |            |                |
| M <sub>cr0</sub>      | 445.74     | kNm            |
| reduced slenderness 0 | 0.55       |                |
| Ψ <sub>y</sub>        | 0.118      |                |
| Ψ <sub>z</sub>        | -0.406     |                |
| C <sub>my,0</sub>     | 1.000      |                |
| C <sub>mz,0</sub>     | 1.000      |                |
| C <sub>my</sub>       | 1.000      |                |
| C <sub>mz</sub>       | 1.000      |                |
| C <sub>mLT</sub>      | 1.000      |                |
| μ <sub>uy</sub>       | 1.000      |                |
| μ <sub>uz</sub>       | 1.000      |                |
| w <sub>y</sub>        | 1.313      |                |
| w <sub>z</sub>        | 1.500      |                |
| n <sub>pl</sub>       | 0.002      |                |
| a <sub>LT</sub>       | 0.994      |                |
| b <sub>LT</sub>       | 0.017      |                |
| c <sub>LT</sub>       | 0.155      |                |
| d <sub>LT</sub>       | 0.653      |                |
| e <sub>LT</sub>       | 1.300      |                |
| C <sub>y</sub>        | 0.995      |                |
| C <sub>z</sub>        | 0.924      |                |
| C <sub>zy</sub>       | 0.796      |                |
| C <sub>zz</sub>       | 1.000      |                |

Unity check (6.61) = 0.00 + 0.34 + 0.65 = 1.00  
 Unity check (6.62) = 0.00 + 0.34 + 0.65 = 1.00  
 The member satisfies the stability check

### 5.3. Stabilizacija rasponske konstrukcije

Općenito stabilizaciju rasponske konstrukcije potrebno je izvesti radi prihvaćanja sila od djelovanja okomito na os mosta te radi pridržanja glavnih nosača protiv izbočavanja. Izborom koritastog poprečnog presjeka onemogućena je izvedba klasičnih spregova za preuzimanje sila i pridržanje glavnih nosača.

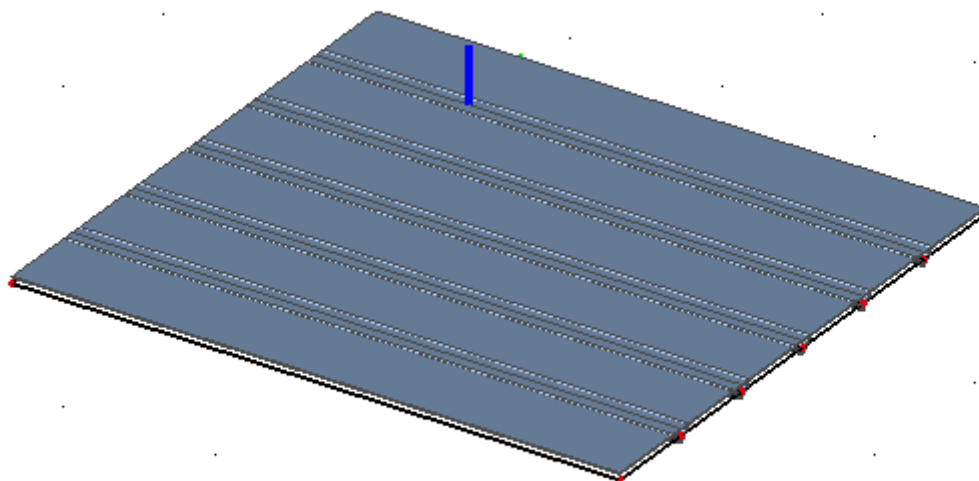
Prihvaćanje sila od djelovanja vjetra, bočnog udara i potresa izvodi se preko ortotropne ploče. Naime, usvojena je debljina gornjeg lima  $t=10\text{mm}$  čime je zadovoljen uvjet nosivosti u vertikalnom smjeru. Istovremeno, lim ortotropne ploče se ponaša kao kruta horizontalna dijafragma koja preuzima sva djelovanja okomito na os mosta čime su i sile i pomaci od tih

djelovanja svedeni na minimum. veoma je povoljno i to što je gornji lim ortotropne ploče postavljen gotovo u razini težišta glavnih nosača.

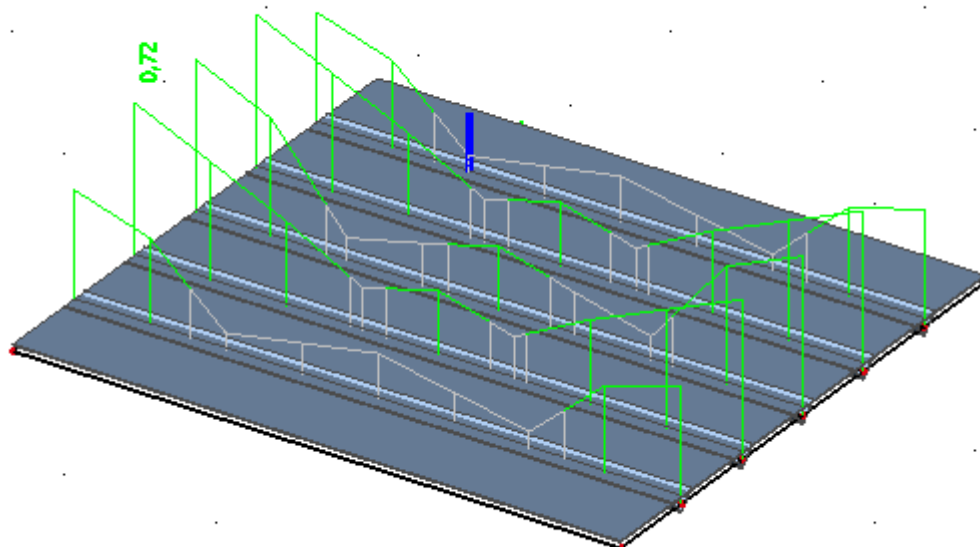
Pridržanje glavnih nosača protiv izbočavanja izvedeno je sustavom sekundarnih nosača i ukruta koji su postavljeni na razmaku od 4,0m čime se postiglo diskretno okvirno dječovanje.

#### 5.4. Dimenzioniranje čelične ploče

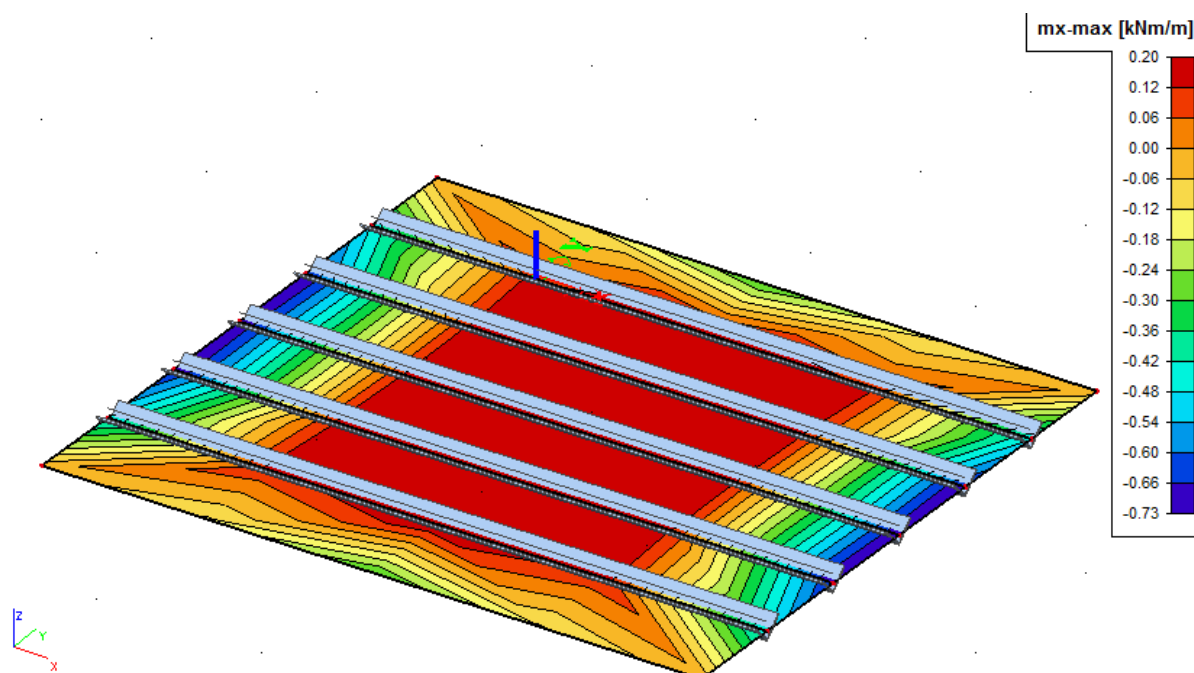
- Odabrana debljina metalne ploče je  $d = 10\text{mm}$ , duljine 4m te širine 3,6 m.
- Odabrani poprečni nosači su dimenzija 150x150x10.
- Čelik kvalitete S235
- $f_y = 235\text{ Mpa}$



**Slika 24.** Prikaz računalnog modela



*Slika 25. Prikaz iskoristivosti poprečnog nosača*



*Slika 26. Prikaz momenata  $m_x$*

### 5.4.1. Proracun dimenzija

#### Check of steel

Linear calculation, Extreme : Cross-section  
 Selection : All  
 Combinations : CO1  
 Cross-section : CS1 - PI+L box (RSEA150/150/10; 0; 0)

EN 1993-1-1 Code Check  
 National annex: Standard EN

|           |         |                                 |       |       |        |
|-----------|---------|---------------------------------|-------|-------|--------|
| Member B2 | 4,000 m | PI+L box (RSEA150/150/10; 0; 0) | S 235 | CO1/1 | 0,72 - |
|-----------|---------|---------------------------------|-------|-------|--------|

| Partial safety factors                                                                      |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <small>*Student version *Student version *Student version *Student version *Student</small> |      |
| Gamma M0 for resistance of cross-sections                                                   | 1,00 |
| Gamma M1 for resistance to instability                                                      | 1,00 |
| Gamma M2 for resistance of net sections                                                     | 1,25 |

| Material                                                                   |        |     |
|----------------------------------------------------------------------------|--------|-----|
| <small>*Student version *Student version *Student version *Student</small> |        |     |
| Yield strength fy                                                          | 235,0  | MPa |
| Ultimate strength fu                                                       | 360,0  | MPa |
| Fabrication                                                                | Welded |     |

**Warning:** Strength reduction in function of the thickness is not supported for this type of cross-section.

#### ...:SECTION CHECK:...:

The critical check is on position 0.000 m

Axis definition :

- principal y- axis in this code check is referring to the principal z axis in SciaEngineer
- principal z- axis in this code check is referring to the principal y axis in SciaEngineer

| Internal forces                                                            | Calculated | Unit |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|------|
| <small>*Student version *Student version *Student version *Student</small> |            |      |
| N,Ed                                                                       | -87,91     | kN   |
| Vy,Ed                                                                      | 11,71      | kN   |
| Vz,Ed                                                                      | -0,03      | kN   |
| T,Ed                                                                       | 0,00       | kNm  |
| My,Ed                                                                      | 0,00       | kNm  |
| Mz,Ed                                                                      | 4,31       | kNm  |

**Warning:** Torsion is not taken into account for this cross-section!

**Classification for cross-section design**

According to EN 1993-1-1 article 5.5.2

**Warning:** Classification is not supported for this type of cross-section.

The section is checked as elastic, class 3.

**Compression check**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.4 and formula (6.9)

|             |            |                |
|-------------|------------|----------------|
| A           | 2,9459e-03 | m <sup>2</sup> |
| Nc,Rd       | 692,28     | kN             |
| Unity check | 0,13       | -              |

**Bending moment check for My**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.5 and formula (6.12),(6.14)

|                       |            |                |
|-----------------------|------------|----------------|
| W <sub>el,y,min</sub> | 9,5000e-05 | m <sup>3</sup> |
| M <sub>el,y,Rd</sub>  | 22,33      | kNm            |
| Unity check           | 0,00       | -              |

**Bending moment check for  $M_z$** 

According to EN 1993-1-1 article 6.2.5 and formula (6.12),(6.14)

|                |            |       |
|----------------|------------|-------|
| $W_{el,z,min}$ | 4,5770e-05 | $m^3$ |
| $M_{el,z,Rd}$  | 10,76      | kNm   |
| Unity check    | 0,40       | -     |

**Shear check for  $V_y$** 

According to EN 1993-1-1 article 6.2.6 and formula (6.19)

|                 |       |     |
|-----------------|-------|-----|
| $\tau_{v,y,Ed}$ | 6,0   | MPa |
| $\tau_{v,y,Rd}$ | 135,7 | MPa |
| Unity check     | 0,04  | -   |

**Note:** No shear area is given for this section/fabrication, therefore the plastic shear resistance cannot be determined. As a result the elastic shear resistance according to EN 1993-1-1 article 6.2.6(4) is verified.

**Shear check for  $V_z$** 

According to EN 1993-1-1 article 6.2.6 and formula (6.19)

|                 |       |     |
|-----------------|-------|-----|
| $\tau_{v,z,Ed}$ | 0,0   | MPa |
| $\tau_{v,z,Rd}$ | 135,7 | MPa |
| Unity check     | 0,00  | -   |

**Note:** No shear area is given for this section/fabrication, therefore the plastic shear resistance cannot be determined. As a result the elastic shear resistance according to EN 1993-1-1 article 6.2.6(4) is verified.

**Combined bending, axial force and shear force check**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.1(5) and formula (6.1)

| Elastic verification           |       |     |
|--------------------------------|-------|-----|
| Fibre                          | 5     |     |
| $\sigma_{N,Ed}$                | 29,8  | MPa |
| $\sigma_{M_y,Ed}$              | 0,0   | MPa |
| $\sigma_{M_z,Ed}$              | 88,3  | MPa |
| $\sigma_{tot,Ed}$              | 118,1 | MPa |
| $\tau_{v,y,Ed}$                | 0,0   | MPa |
| $\tau_{v,z,Ed}$                | 0,0   | MPa |
| $\tau_{t,Ed}$                  | 0,0   | MPa |
| $\tau_{tot,Ed}$                | 0,0   | MPa |
| $\sigma_{\text{von Mises},Ed}$ | 118,1 | MPa |
| Unity check                    | 0,50  | -   |



The member satisfies the section check

...:STABILITY CHECK:...

### Flexural Buckling Check

According to EN 1993-1-1 article 6.3.1.1 and formula (6.46)

| Buckling parameters                        | yy       | zz     |    |
|--------------------------------------------|----------|--------|----|
| Sway type                                  | non-sway | sway   |    |
| System length L                            | 4,000    | 4,000  | m  |
| Buckling factor k                          | 1,00     | 1,00   |    |
| Buckling length L <sub>cr</sub>            | 4,000    | 4,010  | m  |
| Critical Euler load N <sub>cr</sub>        | 1305,33  | 338,37 | kN |
| Slenderness Lambda                         | 68,39    | 134,33 |    |
| Relative slenderness Lambda <sub>rel</sub> | 0,73     | 1,43   |    |
| Limit slenderness Lambda <sub>rel,0</sub>  | 0,20     | 0,20   |    |
| Buckling curve                             | b        | b      |    |
| Imperfection Alpha                         | 0,34     | 0,34   |    |
| Reduction factor Chi                       | 0,77     | 0,37   |    |
| Buckling resistance N <sub>b,Rd</sub>      | 531,34   | 255,54 | kN |

| Flexural Buckling verification        |            |                |
|---------------------------------------|------------|----------------|
| Cross-section area A                  | 2,9459e-03 | m <sup>2</sup> |
| Buckling resistance N <sub>b,Rd</sub> | 255,54     | kN             |
| Unity check                           | 0,34       | -              |

### Torsional (-Flexural) Buckling check

According to article EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. and formula (6.46)

| Table of values                          |            |                |
|------------------------------------------|------------|----------------|
| Torsional Buckling length                | 4,000      | m              |
| N <sub>cr,T</sub>                        | 3387,35    | kN             |
| N <sub>cr,TF</sub>                       | 338,37     | kN             |
| Relative slenderness Lambda <sub>T</sub> | 1,43       |                |
| Limit slenderness Lambda <sub>0</sub>    | 0,20       |                |
| Buckling curve                           | b          |                |
| Imperfection Alpha                       | 0,34       |                |
| A                                        | 2,9459e-03 | m <sup>2</sup> |
| Reduction factor Chi                     | 0,37       |                |
| Buckling resistance N <sub>b,Rd</sub>    | 255,54     | kN             |
| Unity check                              | 0,34       | -              |

### Lateral Torsional Buckling Check

According to article EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. and formula (6.54)

| LTB Parameters                            |               |                |
|-------------------------------------------|---------------|----------------|
| Method for LTB curve                      | Art. 6.3.2.2. |                |
| W <sub>y</sub>                            | 9,5000e-05    | m <sup>3</sup> |
| Elastic critical moment M <sub>cr</sub>   | 94,99         | kNm            |
| Relative slenderness Lambda <sub>LT</sub> | 0,48          |                |
| Limit slenderness Lambda <sub>LT,0</sub>  | 0,40          |                |

| M <sub>cr</sub> Parameters |       |   |
|----------------------------|-------|---|
| LTB length                 | 4,000 | m |
| k                          | 1,00  |   |
| k <sub>w</sub>             | 1,00  |   |
| C <sub>1</sub>             | 1,35  |   |
| C <sub>2</sub>             | 0,63  |   |
| C <sub>3</sub>             | 0,41  |   |



The slenderness or bending moment is such that Lateral Torsional Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.3.

#### Compression and bending check

According to article EN 1993-1-1 : 6.3.3. and formula (6.61), (6.62)

Interaction Method 1

| Table of values                 |                  |                  |
|---------------------------------|------------------|------------------|
| *Student version                | *Student version | *Student version |
| k <sub>yy</sub>                 | 1.183            |                  |
| k <sub>yz</sub>                 | 1.103            |                  |
| k <sub>zy</sub>                 | 0.985            |                  |
| k <sub>zz</sub>                 | 0.918            |                  |
| Delta M <sub>y</sub>            | 0.00             | kNm              |
| Delta M <sub>z</sub>            | 0.00             | kNm              |
| A                               | 2.9459e-03       | m <sup>2</sup>   |
| W <sub>y</sub>                  | 9.5000e-05       | m <sup>3</sup>   |
| W <sub>z</sub>                  | 4.5770e-05       | m <sup>3</sup>   |
| - Relative deformation          |                  |                  |
| formation                       |                  | m                |
| Results.1d.Relative deformation | Shortcut: rrd    | m                |
| Interaction Method 1            |                  |                  |
| Mcr0                            | 70.47            | kNm              |
| reduced slenderness 0           | 0.56             |                  |
| Psi y                           | 1.000            |                  |
| Psi z                           | 1.000            |                  |
| C <sub>my,0</sub>               | 0.988            |                  |
| C <sub>mz,0</sub>               | 0.830            |                  |
| C <sub>my</sub>                 | 0.990            |                  |
| C <sub>mz</sub>                 | 0.830            |                  |
| C <sub>mLT</sub>                | 1.133            |                  |
| mu <sub>y</sub>                 | 0.983            |                  |
| mu <sub>z</sub>                 | 0.819            |                  |
| w <sub>y</sub>                  | 1.500            |                  |
| w <sub>z</sub>                  | 1.500            |                  |
| n <sub>pl</sub>                 | 0.127            |                  |
| a <sub>LT</sub>                 | 0.982            |                  |
| b <sub>LT</sub>                 | 0.000            |                  |
| c <sub>LT</sub>                 | 0.001            |                  |
| d <sub>LT</sub>                 | 0.000            |                  |
| e <sub>LT</sub>                 | 0.001            |                  |
| C <sub>vy</sub>                 | 0.896            |                  |
| C <sub>yz</sub>                 | 0.962            |                  |
| C <sub>zy</sub>                 | 0.892            |                  |
| C <sub>zz</sub>                 | 0.965            |                  |

Unity check (6.61) = 0.17 + 0.01 + 0.44 = 0.61  
 Unity check (6.62) = 0.34 + 0.00 + 0.37 = 0.72  
 The member satisfies the stability check.

## 6. Spojevi

Spajanje glavnih uzdužnih limenih nosača je vršeno zavarivanjem za što nije potreban proračunski dokaz jer vršimo sučeoni var pri kojem je površina vara jednaka površini presjeka uzdužnog nosača. Međutim potrebno je držati se sljedećeg, a to je da materijal kojim varimo mora biti kvalitete čelika kao i uzdužni nosači. Treba uzeti u obzir da je posmična čvrstoća spoja manja i iznosi 60 % posmične čvrstoće uzdužnog nosača.

Izvedba zavarenih spojeva treba biti u skladu s Eurocode 3 i ENV 1090 (Pravila za izvedbu čeličnih konstrukcija). Za varove izložene umaranju treba se pridržavati usputa ENV 1090 - 5. dio. Za praktičnu primjenu treba poštovati slijedeće:

- Sučeoni varovi sa djelomičnom penetracijom tretiraju se kao varovi u uvali.
- Debljina sučeonog vara ne smije biti manja od debljine elementa koji se zavaruje.
- Krak vara u uvali ne smije se mijenjati više od 10% duž vara.
- Poprečni sučeoni varovi mogu imati udubljenja lica vara ako:
  - duljina nad kojom postoji udubljenje u smjeru pružanja vara nije veća od debljine elementa  $t$
  - visina udubljena vara nije veća od  $0.1t$
  - preostala debljina vara na svim mjestima nije manja od debljine elementa  $t$

## 7. Proračun ležajeva i prijelaznih naprava

### 7.1. Ležajevi

Zadaća ležajeva je prijenos vertikalnih i horizontalnih učinaka djelovanja na stupove i upornjake mosta. Ležajevi moraju omogućiti rotacijske i translacijske pomake konstrukcije uzrokovane stalnim i korisnim opterećenjem, seizmičkim i temperaturnim djelovanjem, djelovanjem vjetra te slijeganjem oslonaca. Ležajni sustav mosta se sastoji od;

- nepomičnih ležajeva - preuzima vertikalne sile te horizontalne sile u oba smjera (x i y)
- jednosmjerno pomičnih ležajeva - preuzima vertikalne sile, a horizontalne sile preuzima samo u jednom smjeru (x ili y)
- točkastih ležajeva - omogućuje horizontalne pomake u oba smjera (x i y).



Slika 27. Ležajni sustav mosta

Odabiremo ležajeve koji imaju dostatnu nosivost na sva vertikalna opterećenja, te omogućuju horizontalne pomake konstrukcije koji su posljedica djelovanja na most.

Ležaji preuzimaju horizontalne sile trenjem. Max. horizontalna sila koju ležaj može preuzeti jednaka je  $0,1V_{\max}$ .

Ukupno vertikalno i horizontalno opterećenje na ležajeve

Uobičajena kombinacija:

$$N = N_g + N_{\Delta g} + N_q = 171.75 \text{ kN}$$

Horizontalna sila na upornjaku:

$$N_H = 10,47 \text{ kN}$$

Izvanredna kombinacija:

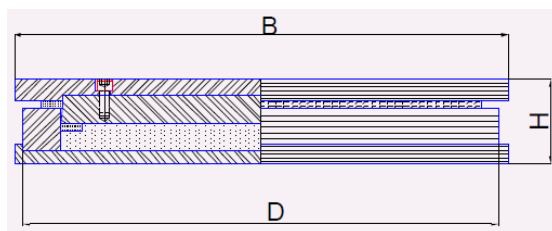
$$N_U = N_g + N_{\Delta g} + 0,5 \cdot N_q + N_s = 178,28 \text{ kN}$$

Horizontalna sila na upornjaku:

$$N_{H,U} = 1,0 \cdot N_{H,w} = 5 \text{ kN}$$

### 7.1.1. Nepomični ležaj

Nepomični ležaj postavljamo na upornjak, kako je prikazano na skici ležajnog sustava mosta.



Slika 28. Nepomičan ležaj

→ odabrani ležaj

NL 1000 (H=70mm, B=270mm, masa 37kg)

*Nepomični ležaj (NL)*

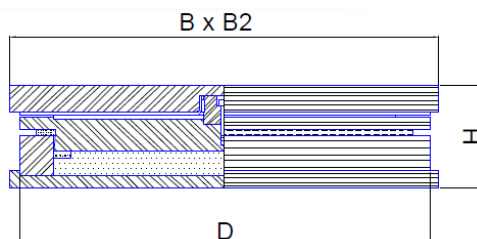
| Tip ležja | Opt. [kN] | Visina H [mm] | Širina g. pl. B [mm] | masa [kg] |
|-----------|-----------|---------------|----------------------|-----------|
| NL 1000   | 1000      | 70            | 270                  | 37        |
| NL 1500   | 1500      | 75            | 320                  | 52        |
| NL 2000   | 2000      | 80            | 360                  | 64        |
| NL 2500   | 2500      | 85            | 400                  | 85        |
| NL 3000   | 3000      | 90            | 430                  | 95        |
| NL 3500   | 3500      | 92            | 460                  | 115       |
| NL 4000   | 4000      | 94            | 490                  | 125       |
| NL 4500   | 4500      | 98            | 530                  | 150       |
| NL 5000   | 5000      | 101           | 550                  | 181       |
| NL 5500   | 5500      | 104           | 580                  | 182       |
| NL 6000   | 6000      | 106           | 600                  | 202       |
| NL 6500   | 6500      | 110           | 630                  | 230       |
| NL 7000   | 7000      | 112           | 650                  | 250       |
| NL 7500   | 7500      | 114           | 670                  | 265       |
| NL 8000   | 8000      | 116           | 690                  | 278       |
| NL 8500   | 8500      | 120           | 710                  | 300       |
| NL 9000   | 9000      | 124           | 730                  | 330       |

Tablica 2. Nepomični ležaji

Dopuštena horizontalna sila iznosi 10 % maksimalne vertikalne reakcije, a ona iznosi 178kN.

### 7.1.2. Jednosmjerno pomični ležaj

Jednosmjerno pomične ležajeve postavljamo na stupove i upornjak U2 desno.



Slika 29. Jednosmjerno pomičan ležaj

Ukupni horizontalni pomaci konstrukcije

$$d_{uk} = 30,30\text{mm}$$

Odabrani ležajevi dopuštaju horizontalne pomake  $e \pm 50\text{mm}$ .

| Jednostrano pomični ležaj klizni (JPLK) |           |        |        | $e = \pm 50$        |           | $e = \pm 100$       |           | $e = \pm 150$       |           |
|-----------------------------------------|-----------|--------|--------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
| Tip ležaja                              | Opt. [kN] | H [mm] | B [mm] | B <sub>2</sub> [mm] | Masa [kg] | B <sub>2</sub> [mm] | Masa [kg] | B <sub>2</sub> [mm] | Masa [kg] |
| JPLK 1000                               | 1000      | 117    | 300    | 400                 | 115       | 500                 | 125       | 600                 | 140       |
| JPLK 1500                               | 1500      | 120    | 350    | 450                 | 130       | 550                 | 150       | 650                 | 170       |
| JPLK 2000                               | 2000      | 123    | 400    | 500                 | 160       | 600                 | 170       | 700                 | 190       |
| JPLK 2500                               | 2500      | 126    | 420    | 520                 | 180       | 620                 | 200       | 720                 | 230       |
| JPLK 3000                               | 3000      | 129    | 450    | 550                 | 200       | 650                 | 220       | 750                 | 250       |
| JPLK 3500                               | 3500      | 133    | 500    | 600                 | 240       | 700                 | 260       | 800                 | 280       |
| JPLK 4000                               | 4000      | 136    | 520    | 620                 | 280       | 720                 | 300       | 820                 | 300       |
| JPLK 4500                               | 4500      | 141    | 560    | 660                 | 310       | 760                 | 340       | 860                 | 370       |
| JPLK 5000                               | 5000      | 145    | 580    | 680                 | 350       | 780                 | 380       | 880                 | 400       |
| JPLK 5500                               | 5500      | 147    | 600    | 700                 | 370       | 800                 | 410       | 900                 | 450       |
| JPLK 6000                               | 6000      | 149    | 620    | 720                 | 400       | 820                 | 450       | 920                 | 500       |
| JPLK 6500                               | 6500      | 153    | 650    | 750                 | 420       | 850                 | 470       | 950                 | 520       |
| JPLK 7000                               | 7000      | 156    | 670    | 770                 | 450       | 870                 | 500       | 970                 | 550       |
| JPLK 7500                               | 7500      | 159    | 700    | 800                 | 500       | 900                 | 550       | 1000                | 600       |
| JPLK 8000                               | 8000      | 162    | 720    | 820                 | 550       | 920                 | 600       | 1020                | 650       |
| JPLK 8500                               | 8500      | 166    | 730    | 830                 | 570       | 930                 | 620       | 1030                | 680       |
| JPLK 9000                               | 9000      | 169    | 750    | 850                 | 600       | 950                 | 650       | 1050                | 720       |
| JPLK 9500                               | 9500      | 172    | 770    | 870                 | 650       | 970                 | 700       | 1070                | 780       |
| JPLK 10000                              | 10000     | 175    | 800    | 900                 | 700       | 1000                | 780       | 1100                | 820       |

Tablica 3. Jednostrano pomični ležaji

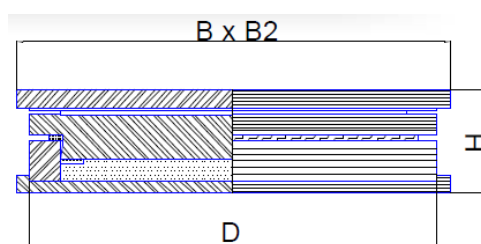
→ odabrani ležaj

JPLK 1000 (H=117mm, B=300mm)

$e \pm 50\text{mm}$  (B<sub>2</sub>=400mm, masa 115kg)

### 7.1.3. Točkasti ležaj

Točkaste ležajeve postavljamo na stupove i upornjak U2 lijevo, kako je prikazano na skici ležajnog sustava mosta.



Slika 30. Točkasti ležaj

Ukupni horizontalni pomaci:

$$d_{uk} = 27,14mm$$

Odabrani ležajevi dopuštaju horizontalne pomake  $e \pm 50mm$ .

*Svestrano pomični ležaj klizni (SPLK)*

| Tip ležaja | OPT [kN] | H [mm] | B [mm] | e=± 50              |           | e=± 100             |           | e=± 150             |           |
|------------|----------|--------|--------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
|            |          |        |        | B <sub>2</sub> [mm] | masa [kg] | B <sub>2</sub> [mm] | Masa [kg] | B <sub>2</sub> [mm] | Masa [kg] |
| SPLK 1000  | 1000     | 100    | 270    | 370                 | 75        | 470                 | 90        | 570                 | 100       |
| SPLK 1500  | 1500     | 104    | 320    | 420                 | 100       | 520                 | 120       | 620                 | 135       |
| SPLK 2000  | 2000     | 107    | 360    | 460                 | 120       | 560                 | 135       | 660                 | 150       |
| SPLK 2500  | 2500     | 110    | 390    | 490                 | 140       | 590                 | 150       | 690                 | 170       |
| SPLK 3000  | 3000     | 113    | 420    | 520                 | 160       | 620                 | 175       | 720                 | 190       |
| SPLK 3500  | 3500     | 117    | 450    | 550                 | 180       | 650                 | 200       | 750                 | 230       |
| SPLK 4000  | 4000     | 120    | 480    | 580                 | 200       | 680                 | 230       | 780                 | 250       |
| SPLK 4500  | 4500     | 125    | 510    | 610                 | 230       | 710                 | 260       | 810                 | 280       |
| SPLK 5000  | 5000     | 129    | 530    | 630                 | 260       | 730                 | 280       | 830                 | 310       |
| SPLK 5500  | 5500     | 131    | 550    | 650                 | 280       | 650                 | 320       | 750                 | 350       |
| SPLK 6000  | 6000     | 133    | 570    | 670                 | 300       | 770                 | 340       | 870                 | 370       |
| SPLK 6500  | 6500     | 136    | 590    | 690                 | 325       | 790                 | 370       | 890                 | 400       |
| SPLK 7000  | 7000     | 138    | 610    | 710                 | 350       | 810                 | 390       | 910                 | 425       |
| SPLK 7500  | 7500     | 141    | 630    | 730                 | 380       | 830                 | 420       | 930                 | 470       |
| SPLK 8000  | 8000     | 144    | 650    | 750                 | 400       | 850                 | 450       | 950                 | 500       |
| SPLK 8500  | 8500     | 148    | 670    | 770                 | 440       | 870                 | 480       | 970                 | 530       |
| SPLK 9000  | 9000     | 151    | 680    | 780                 | 470       | 880                 | 510       | 980                 | 560       |
| SPLK 9500  | 9500     | 154    | 690    | 790                 | 500       | 890                 | 540       | 990                 | 590       |
| SPLK 10000 | 10000    | 156    | 710    | 810                 | 530       | 910                 | 570       | 1010                | 620       |

Tablica 4. Točkasti ležaji

→ odabrani ležaj

SPLK 1000 (H=100mm, B=270mm)

$e \pm 50mm$  (B<sub>2</sub>=370mm, masa 75kg)

## 7.2. Prijelazne naprave

Prijelazne naprave osiguravaju kontinuitet površine kolnika na kontaktu između kolničke ploče mosta i upornjaka. Prijelazna naprava mora biti u mogućnosti prilagoditi se veličini pomaka, otvaranjem i zatvaranjem od svoga neutralnog položaja.

Ukupni horizontalni pomak konstrukcije u smjeru mosta:

Uobičajena kombinacija

$$d_{uk} = 28,14mm$$

Izvanredna kombinacija

$$d_{uk} = 30.00mm$$

→ odabrana prijelazna naprava

PS 50 (sa dva elastomerna vodonepropusna brtvena profila)

f<sub>80</sub> – procjep između čeličnih profila 50mm

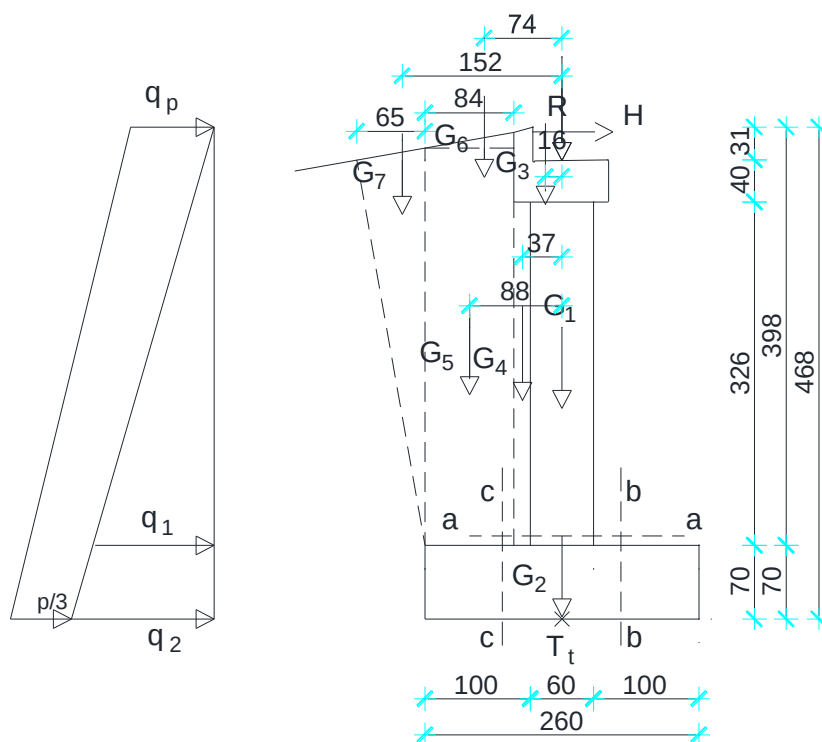
širina dilatacije 80mm, masa 70kg/m

## 8. Proračun upornjaka

### 8.1 Analiza opterećenja

Upornjaci su proračunati kao potporni zidovi.

Proračun upornjaka se vrši po  $m'$ . Opterećenja koja djeluju na upornjak prikazana su na slijedećim slikama.



**Slika 31.** Poprečni presjek upornjaka-dimenzije i djelovanje vlastite težine i tla

Težina tla iza upornjaka ( $\gamma_{tla} = 21.0 \text{ kN} / \text{m}^3$ ):

Koef. aktivnog tlaka (tlaka mirovanja) za projektne parametre  $\Rightarrow K_A = 0.4$

1) Opterećenja od tla i prometa iz upornjaka

$$q_1 = 21 \times 3.98 \times 0.4 = 33.43 \text{ kN/m'}$$

$$q_2 = 21 \times 4.68 \times 0.4 = 39.31 \text{ kN/m'}$$

$$q_p = 0.8 \times 0.4 \times 33 = 10.6 \text{ kN/m'}$$



## 2) Vlastita težina upornjaka i tla

$$G_1 = 1,95 \times 25 = 48,75 \text{ kN/m'}$$

$$G_2 = 1,82 \times 25 = 45,5 \text{ kN/m'}$$

$$G_3 = 0,4 \times 25 = 10 \text{ kN/m'}$$

$$G_4 = 0,51 \times 21 = 10,71 \text{ kN/m'}$$

$$G_5 = 3,18 \times 21 = 66,78 \text{ kN/m'}$$

$$G_6 = 0,06 \times 21 = 1,26 \text{ kN/m'}$$

$$G_7 = 1,22 \times 21 = 25,62 \text{ kN/m'}$$

## 3) Sile na ležaju upornjaka

Napomena: R i H su vertikalna odnosno horizontala reakcija koje se javljaju na ležajevima upornjaka od opterećenja na rasponskoj konstrukciji. Te reakcije su izračunate po  $m'$  tako da su očitane ukupne reakcije na ležajevima pa podijeljene sa širinom upornjaka ( $s_u = 4,10 \text{ m}$  – pola širine jer promatramo samo jednu polovicu upornjaka).

-Vertikalna reakcija (R) i ( $R_{prom}$ )

$$R = \frac{G}{s_u} + \frac{\Delta G}{s_u}$$

$G = 20,13 \text{ kN}$  - vertikalna reakcija na ležaju uslijed vlastite težine rasponske konstrukcije

$\Delta G = 17,71 \text{ kN}$  - vertikalna reakcija na ležaju uslijed dodatnog stalnog opterećenja

$Q = 80,55 \text{ kN}$  - vertikalna reakcija na ležaju uslijed prometnog opterećenja

$$R = \frac{20,13}{2,05} + \frac{17,71}{2,05} = 18,46 \text{ kN / m'}$$

$$R_{prom} = \frac{80,55}{2,05} = 39,29 \text{ kN / m'}$$

- Horizontalne sile (temperatura, skupljanje, vjetar):

$$H = \frac{H_{temp}}{S_u} + \frac{H_{skup.}}{S_u} + \frac{H_{vjetar\_prazni}}{S_u}$$

$H_{vjet} = 6,48 \text{ kN}$  - horizontalna reakcija na ležaju uslijed djelovanja vjetra u smjeru mosta (prazni most)

$$H = \frac{6,48}{2,05} = 3,16 \text{ kN / m'}$$

## 8.2 Proračun armature zida prema nasipu

### 8.2.1 Proračun reznim sila

$$M_{a-a} = (1.35 \cdot (33.43 \cdot 3.98 \cdot 0.5 \cdot 3.98 \cdot \frac{1}{3} + 10 \cdot 0.16)) + 1.5 \cdot (\frac{10.6 \cdot 4.2}{2} \cdot 3.98 \cdot 2.1 + 3.16 \cdot 3.66) \cdot 0,8$$

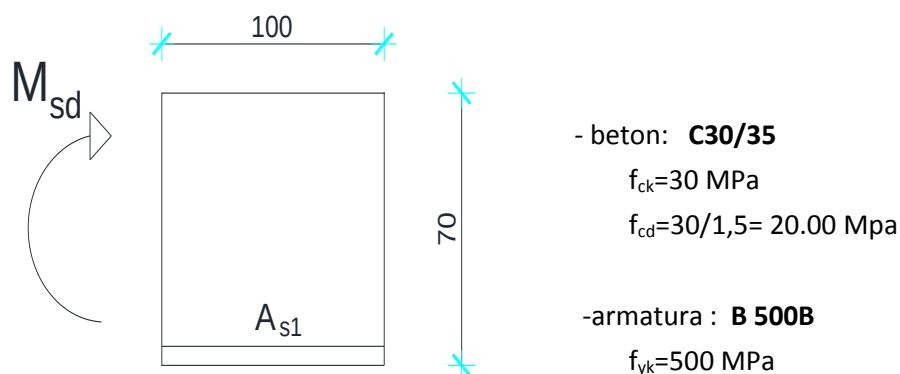
\* Redukcija zbog prostornog djelovanja cijelog upornjaka (stupa i krilnih zidova skupa s temeljima), moment smanjujemo za 20 %

$$M_{a-a} = (121,51 + 237,13) \cdot 0,8 = 286,91 \text{ kNm/m'}$$

$$N_{a-a} = 1.35 \cdot (G_1 + G_2 + R)$$

$$N_{a-a} = 1.35 \cdot (48,76 + 45,5 + 18,46) = 152,17 \text{ kN/m'}$$

### 8.2.2 Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu presjeka a-a



$$M_{sd} = 286,91 \text{ kNm}$$

$$N_{sd} = 152,17 \text{ kN (tlak)}$$

$$M_{sd,s} = M_{sd} + N_{sd} \cdot (d - h / 2) = 286.91 + 152.17 \cdot (0.93 - 0.50) = 352.34 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd,s}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{352.34 \cdot 100}{100 \cdot 63^2 \cdot 2} = 0.044$$

$$\text{za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \varepsilon_{c2} = -1.3\text{‰}, \zeta = 0.959, \xi = 0.115$$

$$A_{s1} = \frac{M_{sd,s}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{sd}}{f_{yd}} = \frac{352.34 \cdot 100}{0.959 \cdot 63 \cdot 43.5} - \frac{152.17}{43.5} = 9.78 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

odabrano 10Φ14 ( $A_s = 15.39 \text{ cm}^2$ ) ... (B500B)

### 8.3 Provjera naprezanja u tlu ispod temelja

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_T}{A} \pm \frac{M_T}{W}$$

$$N_T = G_6 + G_4 + R + G_2 + G_3 + G_5 + G_1 + G_7 + R_{\text{prom}}$$

$$N_T = 48,75 + 45,5 + 10,71 + 10 + 66,78 + 1,26 + 25,62 + 18,46 + 39,29 = 266,37 \text{ kN/m}'$$

$$M_t = G_3 \times 0,16 + G_6 \times 0,74 + G_7 \times 1,52 + G_5 \times 0,88 + G_4 \times 0,37$$

$$M_t = 10,71 \times 0,16 + 1,26 \times 0,74 + 25,62 \times 1,52 + 66,78 \times 0,88 + 10 \times 0,37 = 104,05 \text{ kNm/m}'$$

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{1.0 \cdot 2,6^2}{6} = 1.12 \text{ m}^3 ;$$

$$A = a \cdot b = 2,6 \cdot 1.0 = 2,6 \text{ m}^2$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{266,37}{2,6} \pm \frac{104,05}{1.12} = 102,45 \pm 92.90$$

$$\sigma_1 = 195.35 \text{ kPa}$$

$$\sigma_2 = 9.54 \text{ kPa}$$

Potrebna je redukcija temeljne plohe!

$a'$  - reducirana širina temeljne stope

$b$  - stranica suprotna od one na kojoj se vrši redukcija

$$a' = 3 \cdot \left( \frac{a}{2} - e \right); \quad e = \frac{M_T}{N_T}$$

$$e = \frac{104,05}{266,37} = 0,39 \text{ m}$$

$$a' = 3 \cdot \left( \frac{2,6}{2} - 0,39 \right) = 2,73 \text{ m}$$

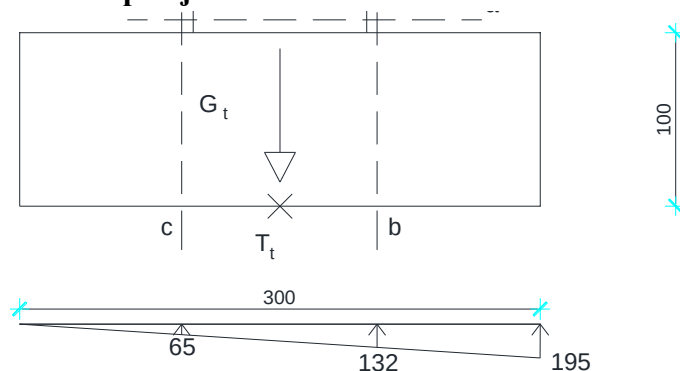
$$\sigma_E = \frac{2 \cdot N_T}{a' \cdot b} = \frac{2 \cdot 266,37}{2,73 \cdot 1,0} = 195,14 \text{ kPa} > \sigma_{dop} = 420 \text{ kPa} - \text{zadovoljava!}$$

#### 8.4 Kontrola stabilnosti

Kontrolu stabilnosti nije potrebno provjeravati!

## 8.5 Proračun armature temelja upornjaka

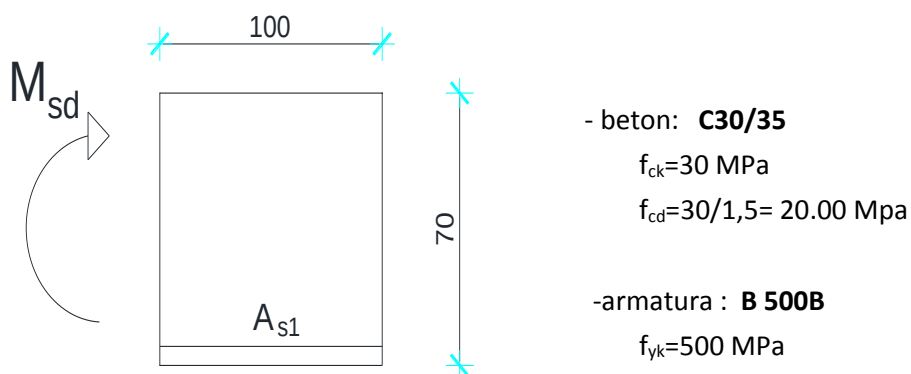
### 8.5.1 Proračun reznih sila u presjeku b-b



Slika32. - Naprezanja ispod temeljne plohe

$$M_{b-b} = (195+132)/2 \times 1.5 \times 0.75 = 184.01 \text{ kNm/m'}$$

### 8.5.2 Proračun potrebne armature u presjeku b-b



$$M_{sd} = 184.01 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{184.01 \cdot 100}{100 \cdot 63^2 \cdot 2.0} = 0.023$$

$$\text{za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \varepsilon_{c2} = 0.9\text{‰}, \zeta = 0.971, \xi = 0.083$$

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{184.01 \cdot 100}{0.971 \cdot 63 \cdot 43.5} = 6.91 \text{ cm}^2 / \text{m'} \approx 0.10\% A_c$$

$$A_{s1, \min} = 0.15\% \cdot A_c = 0.0015 \cdot 100 \cdot 100 = 1.5 \text{ cm}^2 / \text{m'} \approx 0.15\% A_c$$

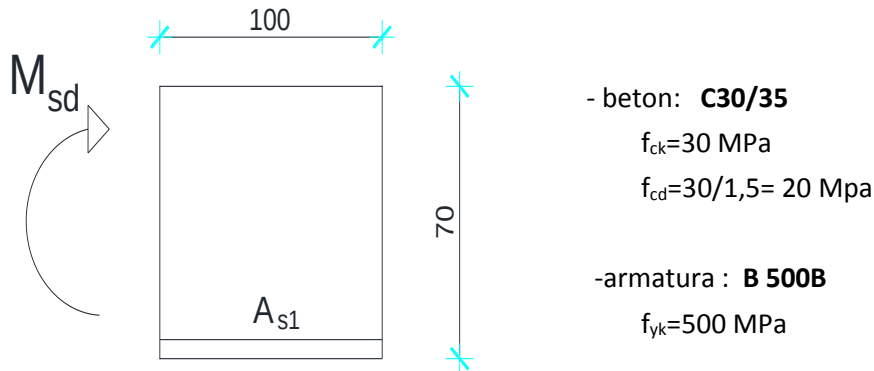
odabrano 10Φ10 ( $A_s = 7.75 \text{ cm}^2$ ) ... (B500B)

### 8.5.3 Proračun reznih sila u presjeku c-c

$$M_{c-c} = G_4 \times 0.07 + G_5 \times 1.58 + G_6 \times 0.44 + G_7 \times 1.32 - 60 \times 1.40 \times 0.5 \times 1.40 \times 0.5$$

$$M_{c-c} = 10,71 \times 0.07 + 66,78 \times 1.58 + 1,26 \times 0.44 + 25,62 \times 1.32 - 60 \times 1.40 \times 0.5 \times 1.40 \times 0.5 = 111,23 \text{ kNm}$$

### 8.5.4 Proračun potrebne armature u presjeku c-c



$$M_{sd} = 111.23, \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{111,23 \cdot 100}{100 \cdot 63^2 \cdot 2} = 0,014$$

$$\text{za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \varepsilon_{c2} = 0.17\text{‰}, \zeta = 0.978, \xi = 0.074$$

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{111,23 \cdot 100}{0.978 \cdot 63 \cdot 43.5} = 4,15 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

$$A_{s1, \min} = 0,15\% \cdot A_c = 0,0015 \cdot 70 \cdot 100 = 10.5 \text{ cm}^2 / \text{m}' \approx 0.15\% A_c$$

odabrano 6Φ10(  $A_c = 4,71 \text{ cm}^2$ )...(B500B)

## 9. ISKAZ MATERIJALA

U slijedećoj tablici je prikazan iskaz materijala za čelik, s oznakama svih pozicija, njihovom pojedinačnom težinom, količinom te ukupnom količinom. Sve pozicije su od čelika S 235.

| POZICIJA                                                    | DIMENZIJE<br>PRESJEKA (mm) | DULJINA<br>(mm) | TEŽINA/METRU<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | KOM. | UKUPNA TEŽINA<br>(kg) |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------------------------|------|-----------------------|
| 1.                                                          | 800x300x12x22              | 21227           | 7850                                 | 2    | 7127,4                |
| 2.                                                          | 300x160x10                 | 3588            | 7850                                 | 6    | 1081,1                |
| 3.                                                          | 756x144x10                 | 756             | 7850                                 | 12   | 102,54                |
| 4.                                                          | 468x144x10                 | 468             | 7850                                 | 12   | 63,48                 |
| 5.                                                          | 4332x3600x10               | 4495            | 7850                                 | 2    | 2540                  |
| 6.                                                          | 4060x3600x10               | 4094            | 7850                                 | 2    | 2313                  |
| 7.                                                          | 4059x3600x10               | 4059            | 7850                                 | 1    | 1147                  |
| 8.                                                          | 150x150x10                 | 4495            | 7850                                 | 10   | 208,56                |
| 9.                                                          | 150x150x10                 | 4094            | 7850                                 | 10   | 189,96                |
| 10.                                                         | 150x150x10                 | 4059            | 7850                                 | 5    | 94,16                 |
| Spojna sredstva (vijci, varovi, moždanici, dodatne ploče)5% |                            |                 |                                      |      | 743                   |
| <b>UKUPNO (kg)</b>                                          |                            |                 |                                      |      | <b>15608,52</b>       |

*Tablica 5. Iskaz materijala za čelik S235*

## 10. LITERATURA

Korištena literatura:

1. Androić, Boris; Čaušević, Mehmed; Dujmović, Darko; Džeba, Ivica; Markulak, Damir; Peroš, Bernardin; ČELIČNI I SPREGNUTI MOSTOVI; Zagreb: I.A. PROJEKTIRANJE, 2006.
2. Androić, Boris; Dujmović, Darko; Džeba, Ivica; ČELIČNE KONSTRUKCIJE 2; Zagreb: I.A. PROJEKTIRANJE, 2007.
3. EUROCODE 1
4. EUROCODE 2
5. EUROCODE 3
6. EUROCODE 8
7. Materijali s web stranice Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu, Katedra za metalne i drvene konstrukcije

KORIŠTENI PROGRAMSKI PAKETI:

9. SCIA ENGINEER 2013
10. AutoCAD 2013



## **11. Grafički prilozi**

### **11.1. Pogled na most M 1:100**

### **11.2. Uzdužni pogled na most M 1:100**

### **11.3. Tlocrt mosta M 1:100**

### **11.4. Normalni poprečni presjek M 1:50**

### **11.5. Plan pozicija M 1:100**

### **11.6. Prikaz pozicija za čelik M 1:100**

